

06.01.2022

# Mitä tutkIT, Sami Äyrämö? Koneoppimismallien hyödyntäminen terveyden ja hyvinvoinnin tutkimuksessa

Tässä jaksossa AamukahvitIT kurkistaa Jyväskylän yliopistossa toimivaan digitaalisen terveysälyn laboratorioon. Laboratorion johtaja, dosentti Sami Äyrämö, kertoo jaksossa mm. siitä, miten koneoppimista voidaan hyödyntää nivelrikon varhaisen vaiheen tutkimuksessa.

[Digitaalisen terveysälyn laboratorio](#)

*Jakso äänitetty joulukuussa 2021*

**Anna:** Miten koneoppimista voidaan hyödyntää nivelrikon varhaisen vaiheen diagnostiikassa? Entä mitä muuta terveyteen ja hyvinvointiin liittyvää voidaan tutkia ja ennustaa koneoppimista hyödyntämällä? Muun muassa näihin kysymyksiin meille on tässä jaksossa vastaamassa Jyväskylän yliopistosta dosentti Sami Äyrämö.

**\*Intro: Aamukahvit IT-tiedekunnassa, rakkaudella Mattilanniemestä.\***

**Anna:** Tervetuloa Aamukahvien pariin. Tämänkertaisessa Mitä tutkit -jaksossa haastattelemme it-tiedekunnassa toimivan digitaalisen terveysälyn laboratorion johtajaa, dosentti Sami Äyrämöä. Sami, tervetuloa!

**Sami:** Kiitos, kiitos.

**Anna:** Kiitos kun pääsit meidän vieraaksi. Kertoisitko ihan aluksi, että kuka olet ja mitä tutkit?

**Sami:** Joo, eli olen Sami Äyrämö ja it-tiedekunnassa toimin tutkimuskoordinaattorina ja tämän digitaalisen terveysäly laboratorion johtajana. Taustaltani olen data-analytiikan dosentti. 25 vuotta olen toiminut it-alalla aika monessakin erilaisessa roolissa siinä mielessä, että olen aloittanut vuonna 1996 Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella opinnot ja siitä aika nopeasti sitten 90-luvun it-huuman myötä eksyin sen aikaiseen Valmet-lentokoneteollisuuteen, nykyään tunnetaan Patriana paremmin, ohjelmistohommiin, lentolaiteohjelmistoja kehittämään ja sitten loppuvaiheessa algoritmihommia ja sitten alkoi kiinnostamaan opintojen myötä data-analyysiongelmia myös. Vaihdoin sitten it-tiedekuntaan jo silloin kun tiedekunta perustettiin vuosituhaten vaihteessa ja valmistuin ohjelmistotekniikan maisteriksi.

2006 tiedonlouhinnasta väittelin tohtoriksi ja sen jälkeen olen toiminut erilaisissa data-analyysi tutkimushankkeissa ja opetustehtävissä ja ohjaustehtävissä. 2009 hain liikuntatieteelliseen tiedekuntaan, liikuntateknologian maisteriohjelmaan lukemaan vielä yhden maisterin tutkinnon. Siinä oli taustalla ajatus, että tämä liikunta, hyvinvointi, terveys

voisi olla lupaava alue datatutkijalle. Oli halu ikään kuin erikoistua yhdelle sovellusalueelle, koin hiukan kuormittavaksikin sen, että kun tämä on paljon verkostotyötä ja yhteistyötä, niin sitten jos monella sovellusalueella yrittää toimia, niin sellaisen ymmärryksen ja luottamuksen rakentaminen vie aina oman aikansa. Niin sitten sellainen, joka itseä motivoi urheilu- ja liikuntataustaisena ihmisenä, niin liikunta, terveys, hyvinvointi on motivoiva alue, ja nyt sitten olen sen parissa ollut kymmenisen vuotta pääosin tämän datatutkimuksen kanssa. Tällä hetkellä tosiaan tuossa meidän labrassa on monenlaisiakin terveyden edistämiseen ja hyvinvointiin liittyviä sovellusalueita, joita tutkitaan. Eli mitä se tarkoittaa, menetelmien kehittämistä ja sovellusten kehittämistä erilaisten käytännön ongelmien ratkaisemiseksi.

**Anna:** Joo, kuulostaa kyllä mielenkiintoiselta, ja sinulla on kyllä tosi mielenkiintoinen polku sinänsä tähän nykyiseen pestiin, että olet ehtinyt monenlaista tekemään, mutta voisimme mennä vähän tarkemmin tuohon teidän digitaalisen terveysälyn laboratorioon ja siihen, että mitä kaikkea siellä tutkitaan? Millaisia tutkimuksia teillä on siellä tehty ja missä tutkimuksissa olet itse ollut mukana? Mitkä ovat ne sinun tutkimusalueet erityisesti, että mitä sinä teet?

**Sami:** Aika monenlaista siinä on nyt käynnissä. Tällä hetkellä ehkä isoimpana on tämä AI-Hub-Keski-Suomi-hanke, joka on rinnakkaishanke Pohjois-Savon AI-Hub-hankkeelle. Se on Euroopan aluekehittämisrahaston rahoittama useampivuotinen hanke, ja siinä tavoitteena on selvittää datatieteiden, tekoäly, koneoppimisen mahdollisuuksia erilaisten terveyden ja hyvinvoinnin tietoaaineistojen hyödyntämisessä ja toisaalta myös tekoälysovellusten kehittämisessä. Sitten yksi tietysti, kun meitä on kaksi rinnakkaishanketta, on synergiaetujen etsiminen, eli miten voisimme kahden eri alueen välillä saada tehostettua toimintaa yhdistämällä dataa ja sitten tietysti tietojen osaamista vaihtamalla, oppimalla toisiltamme. Se ei ole aina helppoa, että siinä on monia teknisiä kysymyksiä ja tietysti lainsäädäntöön liittyviä hidasteita ynnä muuta, eli monesti asiat ovat aika työläitä. Se ei ole pelkästään mallien virittelyä, vaan sitten tosi paljon on selvittelyä, että kuinka ylipäättään pääsisimme tekemään asioita käytännössä. Joskus ne vievät muutaman viikon, joskus ikävä kyllä muutaman vuodenkin, mutta se on taas sitä hankkeen pyörittämisen ongelmakenttää enemmänkin.

Mutta mitä siellä sitten käytännössä tehdään, niin niitä sovellusalueita, jossa on ihan oikeastikin jotain tehty datan kanssa, niin siinä on kolme työpakettia, joista yksi keskittyy nivelrikon varhaiseen diagnostiikkaan, yksi histopatologiaan eli syöpätutkimukseen. Näissä on Keski-Suomen sairaanhoitopiiri ja Biopankki hyvänä yhteistyökumppanina, ja he ovat sieltä se sovelluspään asiantuntemuksen vastaavana osapuolena. Ja tietysti se, että tietoaaineistojen toimittaminen meille ja lupaprosessit ynnä muut, siinä on monia eri kysymyksiä, ennen kuin päästään käytännössä tekemään. Ja yksi työpaketti on Toni Ruohosen vetämä sote-prosessien optimointiin ja tiedonlouhintaan liittyvä tutkimus. Tonilla on pitkä kokemus siltä osa-alueelta, ja se on sellainen, jossa en itse ole niin sisällöllisesti kiinni. Vaikka se tuota AI-Hub-hanketta on, mutta Toni käytännössä vetää sitä tutkimusta.

Nivelrikon osalta meillä on kovana haaveena edistää tätä varhaista diagnostiikkaa, eli yritetään kehittää menetelmiä, joilla voisimme tuoda työkaluja perusterveydenhuoltoon. Siellä nivelrikon varhaisen tunnistamisen edistämiseen, koska se ei ole mitenkään... Sen verran olen oppinut itsekkin tässä ortopediksi ja radiologiksi, että se ei ole aina niin helppoa, että selvät tapaukset melkein osaan itsekkin diagnosoida röntgenkuvista, mutta sitten taas tämä varhainen diagnostiikka, niin siinä kokeneen lääkärin kyky katsoa niitä kuvia on sellaista spesiaaliosaamista, jota ei niin vain hankita lyhyessä ajassa, vaan se vaatii paljon opintoja ja pitkästi töitä. Toisaalta sen... No erikoislääkärit ja kokeneet erikoislääkärit

toimivat erikoissairaanhoidossa, niin sitten taas perusterveydenhuoltoon olisi hyvä saada menetelmiä, joilla voisi sitä kokeneen lääkärin osaamista tuoda perusterveydenhuollon lääkärin avuksi, jolloinka ikään kuin saataisiin työkaluja siihen, että havaitaan ne nivelrikon varhaiset merkit ja sitten voidaan ehkä puuttua siihen aiemmin tai ennen kuin ollaan erikoissairaanhoidon vastaanotolla. Ja sitten ne operaatiot ovat yleensä kalliimpia, eli kun ihan näillä kotikonsteinkin siihen sairaanhoitoon voidaan vaikuttaa. Siinä on aineistona röntgenkuvat ja koneoppimismenetelmät.

Histopatologiassa taas on erilaisten kasvainten kuvia ja niiden analytiikkaa tutkittu, ja siinä on esimerkiksi tällaisten että kun syöpäsairauksia hoidetaan, niin sitä ennustetta, minkälainen hoito purisi ja mikä on eri skenaariossa tai hoitovaihtoehdolla taudin ennuste, niin voidaan sitten käyttää sitä kuvantamisdataa ja koneoppimista havaitsemaan ehkä jotain, mitä ihminen ei niin helposti siitä kuvasta havaitse. Sitten kentien parantaa hoidon laatua sitä kautta. Ja sitten voidaan toisaalta yrittää etsiä niitä sellaisia ennustavia tekijöitä, että mikä on sen sairauden etenemisen ennuste datapohjaisesti.

No sitten on lisäksi useita väitöskirjaprojekteja siinä. Pääosin ollaan hyvinvointi- ja terveyspuolella, mutta hiukan myös tuolla kilpa-, huippu-urheilututkimuksen puolella, että siellä on tällainen synteettinen urheilija väitöskirjatyö, Jukka Perkiö tutkii sitä, ja siinä ikään kuin urheilijoiden optimaaliseen kehittämiseen tähtäävää tai sen edistämiseen tähtäävää mallia kehitetään. Ja sitä tehdään yhteistyössä Kihun ja Sprint AI -yrityksen kanssa. On myös Eerikkilän Urheiluopiston Sami Hyypiä Akatemian kanssa tehty jalkapallolahjakkuuksien tunnistamismallia, eli siinä oikeastaan datan potentiaalia tutkittiin, eli miten paljon sellaista aineistosta voidaan jalkapalloilijan tulevaisuudesta ennustaa. Sanotaanko vielä, että vaikeaa on vielä nykyisillä aineistoilla, mutta näissä myös jokaisella, vaikka ei saada sellaista ehkä haaveissa olevaa mallia, niin joka kerta datasta opitaan jotain.

Yksi väitöskirjaprojekti liittyy kokonaisvaltaiseen terveysindeksin kehittämiseen, joka on David Health -klinikan kanssa yhteistyössä, Rautiaisen Ilkka tutkii väitöskirjatyönään sitä. Siinä taas on fysioterapiakuntoutukseen liittyvä kokonaisvaltaisen kuntoutumisen ennustemallin kehittäminen tavoitteena. Eli ihminen on kuitenkin monipuolinen kokonaisuus, ei pelkästään luita ja lihaksia kuntoutuksen näkökulmasta, vaikka olisikin selässä kipua, vaan kokonaisvaltainen hyvinvointi on tärkeä huomioida. Tuossa yhteistyössä Davidin kanssa on tavoitteena kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin edistämisen huomioivan terveysindeksin kehittäminen.

Yksi merkittävä on myös, Osllossa on Norges idrettshøgskole, eli Norjan liikuntatieteellinen yliopisto ja Suomessa UKK-instituutti, jotka ovat yhteistyössä tehneet paljon nuorten palloilulajiharrastajien eturistisidevamatutkimuksia. Siinä itse asiassa on itselle, kun olen aina tykännyt fysiikasta ja fysiikalla aloitin, mutta ei ollut sitten fysiikkaa opiskelemaan loppuun asti minusta, mutta sitten biomekaniikan tutkinnon liikunnalta, joka on myös fysiikkaa, niin eturistisidevamma, joka on vakava polvivamma, josta monesti pitkäaikaista ja vakavaa haittaa nuorelle pelaajalle, jos sellaisen saa. Niin sitä voisi tutkia näitten biomekaanisten riskitekijöiden näkökulmasta. Siinä on tehty osloilaisten ja tamperelaisten kanssa eli UKK-instituutti ja idrettshøgskole Oslosta yhteistyötä, ja Jauhiaisen Susannan väitöskirjaprojekti liittyy vahvasti siihen. Siinä on sitten tulevia suunnitelmiakin.

On myös pyritty ennustamaan lasten fyysisen kunnon kehittymistä Likesin kanssa ja ylipainon kehittymistä Äänekosken terveystieteellisen sairaalan kanssa oli ihan mielenkiintoinen projekti, jossa sellaista varhaista ylipainon kehittymisen ennustemallia tutkittiin. Tai ei kehitetty uutta mallia, vaan kerättiin maailmalta olemassa olevia malleja ja tutkittiin, että miten hyvin ne toimivat suomalaisella datalla ja suomalainen data toimi niissä erinomaisesti. Nyt on

myös tulehduksellisten suolistosairauksien varhaiseen diagnostiikkaan alkamassa väitöskirjaprojekti, eli melko monenlaista tässä on, joissa tulee oltua mukana, että en suinkaan tee itse kaikkia töitä, vaan on hyviä väitöskirjatekijöitä mukana. Näitä sitten mietitään, että miten kussakin tapauksessa aina edetään ja koitetaan löytää ratkaisuja.

Yksi mielenkiintoinen, joka pitää mainita, on synteettinen data, eli meillä on synteettinen polven röntgenkuvageneraattori kehitetty, sitä on nyt sairaanhoitopiirin kanssa validoitu ja testattu, että erottaako lääkärit tietokoneen, eli Fabi Prezja tutkii osana väitöskirjatutkimustaan tätä, ja se on myös osa AI-Hub-tutkimusta, niin tämä synteettinen polven röntgenkuvageneraattori. Parhaillaan ollaan testattu, että pystyvätkö lääkärit erottamaan ne tietokoneen luomat polvet niistä äitien ja isien tekemistä polvista. Ja yksi mielenkiintoinen tutkimus, joka on tässä menossa ja ollut pari vuotta nyt aktiivisena ja siihen on jatkorahoitustakin UKK-instituutin ja Kuopion yliopistollisen keskussairaalan kanssa haettu akatemialta, on tällainen liikkumismuotojen vaikuttavuuteen ja edistämiseen keskittyvä tutkimus, jossa Visa Nykänen tekee väitöskirjaa. Siinä on näitten laajojen väestöaineistojen, eli joissa on mitattu objektiivisesti liikunta-aktiivisuutta ja sitten toisaalta asuinympäristöä ja muita ihmisten taustatekijöitä, eli hyvin monipuolinen aineisto ihmisten näkökulmasta ja väestön näkökulmasta. Se on yksi mielenkiintoinen käynnissä oleva pitkän tähtäimen hanke. Siihen liittyy myös jatkohanke, jossa on sydänleikkauspotilaiden liikuntainterventioiden, eli minkälaiset potilaat, yksilöt, voivat hyötyä liikuntainterventioista sydänleikkausten yhteydessä, niin sellaisia ennustemalleja kehitetään. Se on äärimmäisen mielenkiintoinen projekti myös. Aika monenlaista tässä näin yleisellä tasolla noita eri tapauksia.

**Anna:** On kyllä todella monipuolista työtä, mitä te siellä teidän labrassa teette. Voisiko näin tiivistäen sanoa, että teillä tutkitaan, miten pystytään hyvinvointia ja terveyttä ennustamaan, että minkälaisia, tai esimerkiksi vammaisriskitekijöitä, ja sitten toisaalta myös sitä diagnostiikkaa ja sitten vielä kuntoutusta, että tavallaan koko siltä kaarelta teillä tuntuu olevan tutkimusta.

**Sami:** Joo, juuri näin, että siinä on niitä diagnostisia varhaisen diagnostiikan menetelmät ovat aina kiinnostavia, eli varhainen puuttuminen aina tärkeää ja toisaalta ne ennustemallit, jotka myös auttavat sitä varhaista puuttumista, että osataan esimerkiksi kiinnittää huomio niihin lapsiin, jotka ovat syystä tai toisesta riskissä kehittää ylipainoa jo nuoruudessa. Eli prognostiset mallit. Sitten toisaalta se kuntoutus juuri, että mikä optimaalinen kuntoutus kullekin yksilölle, niin juuri nämä. Kaikkiin liittyy data ja koneoppiminen. Eli se on ehkä se kaikkia yhdistävä tekijä.

**\*Kilinää\***

**Joonas:** Kiinnostaisi kuulla, että miten tällaiset tutkimusprojektit alkavat, että miten vaikka tämä nivelrikon tutkiminen, niin millä tavalla tämä tutkimus sai alkunsa?

**Sami:** Sen oikeastaan pystyy hyvin konkreettisesti kuvaamaan, että miten se tutkimuskysymys syntyi, että me olimme miettineet tätä yleisellä tasolla koneoppimisen mahdollisuuksia nivelrikon tutkimisessa sairaanhoitopiirin johtajaylilääkäri Juha Palonevan kanssa, joka on ortopedi koulutukseltaan ja Itä-Suomen yliopistossa toimii myös kirurgian professorina. Itse asiassa juuri tämä tutkimuskysymys tuli ihan sillä tavalla, että hän pisti minulle sähköpostia ja kysyi, että pystyisiköhän röntgenkuvasta luokittelemaan tekoälyn avulla nivelrikon vakavuusastetta.

Sitten googlettamalla löytyi aika nopeasti muutamia artikkeleita, että kun on

kuvantamisesta puhe ja koneoppimisesta, niin aika monesti löytyy nyt viimeisen kymmenen vuoden ajalta tutkimuksia, jossa konvoluutioverkkoja on koulutettu tällaisiin tehtäviin. Löysin sitten nopeasti, että sitä on tehtykin jo, että kun en tuntenut sairautta tarkemmin vielä, niin katsoin, että näyttäisi jollain lailla toimivankin, mutta itse asiassa useampia artikkeleita on tehty, mutta sitten kun laitoin niitä Juhalle, ja käytiin läpi niitä tuloksia, niin aika nopeasti selvisi, että siinä on se helpoin askel otettu, eli sellaiset vakavat nivelrikot, jotka nykypäivänä jo melkein itsekkin osaisin diagnosoida luotettavasti, niin neuroverkko osaa ne tunnistaa kyllä.

Me sitten otimme yhden julkaistun mallin validointiin, että kun ne on kehitetty tällaisilla standardipopulaatiodatoilla, joita on pari avoimessa käytössä olevaa tuhansien kuvien data- ja polviröntgenkuvajoukkoa, joihin on tehty KL-luokitus, joka kuvaa sitä nivelrikon vakavuusastetta, niin näillä muutamalla aineistolla on kehitetty niitä malleja ja ne on testattu myös niillä aineistoilla. Ja me otimme sitten oikeita potilaskuvia, kokeilimme, että miten hyvin ne oikeilla potilaskuvilla toimivat. Se suorituskky oli vähän heikompi, mutta etenkin se oli heikompi siinä varhaisessa diagnostiikassa, mikä myös niissä tutkimuksissa näkyi. Juha sanoi, että eivät nuo oikein vielä käytännössä hyödyllisiä ole, että hän melkein kenet tahansa opettaa tunnistamaan nuo nivelrikkotapaukset, mitä tuo neuroverkko osaa tunnistaa.

Siitä päädyttiin sitten kysymykseen, että voisimmeko me ratkaista tämä varhaisen diagnostiikan ongelma, ja sitten mentiinkin hiukan vaikeampaan kysymykseen, koska siinä tulee ihan sekin, että se ongelmanmäärittely jo, että mikä se varhainen tapaus on, mitkä ovat ne varhaisen nivelrikon merkit röntgenkuvassa. Se KL-luokitus, joka kuvaa sitä nivelrikon vakavuusastetta, se on nollasta neljään asteikko, että nolla on ei nivelrikon merkkejä ja neljä on vakavampi tapaus ja aika selkeä kenelle tahansa, joka niitä sitten hetken katselee tai opettelee katsomaan. Mutta sitten siinä nolla, yksi, kaksi erottaminen, niin siinä mennäänkin huomattavasti vaikeampiin kysymyksiin. Nyt sitten sitä on tehty muutama vuosi, eikä ole valmista vielä saatu, mutta tällainen esimerkiksi, että me päädyimme tähän varhaiseen diagnostiikkaan, eikä pelkkään, että opetetaan se neuroverkko tekemään KL-luokitusta 0, 1, 2, 3, 4. Siitä voi saada sen ensimmäisen tuloksen, että on mahdollista ainakin tällä tarkkuudella ja se on vielä aika helppo, mutta sitten se varhainen diagnostiikka, niin siitä on ollut vähän enemmän ihmeteltävää. Eli ensin tuli idea ja sitten se tutkimuskysymys tarkentui tuolla tavoin, käytännön vaikuttavuuden vuoksi. Nykyiset mallit eivät ole riittävän hyviä, että niistä olisi käytännössä hyötyä.

**Joonas:** Niin eli tämä olisi helppo tehtävä ikään kuin ne asteikolla neloset tunnistaa sieltä ja ne pystyy tunnistamaan ilmeisesti melkein pä kuka vain, mutta kysymys on nimenomaan nämä alkuvaiheen alkavat tapaukset?

**Sami:** Juuri näin, eli se mikä on lääkärillekin vaikea, niin se on myös koneelle vaikea. Ja neuroverkotkin ovat eli nämä konvoluutioneuroverkot, joita nykyään paljon käytetään, niin se on kuitenkin siitä datasta riippuvainen, ja kun se on lääkärillekin vaikea se luokittelu, niin se ei ole ihan johdonmukaista todennäköisesti se opetusdatakaan siellä varhaisessa vaiheessa, jolloinka neuroverkon opettaminenkin, kun se pohjatotuuskaan ei ole ihan täydellistä, siellä on epävarmuutta, niin se sama epävarmuus siirtyy vähän sitten neuroverkkoihin. Meillä on tässä sitten työn alla hiukan korjauskertoimia, että saisimmeko me tätä tilannetta parannettua.

**Joonas:** Niin eli se ei ole selkeä totuus siellä nollassa, ykkösessä, kakkosessa, vaikka sitä katsoisi ammattilainenkin? Eli se data on siinä mielessä hankalaa.

**Sami:** Joo, että ikään kuin ilmiökin on hiukan vaikeasti määriteltävissä, etenkin jos sitä sairautta katsotaan vain röntgenkuvan läpi, eli tuo on radiologista diagnostiikkaa. Ja sitten tietysti se nivelrikon diagnoosi, niin siinä myös ne oireet on merkityksellisiä, eli olen ymmärtänyt näin, että näytti se polvi nyt kuinka pahalta tahansa, mutta jos siitä ei ole mitään haittaa ihmisille, niin ei sille mitään isompaa ainakaan tehdä. Toki sitten varmasti näitä samoja suosituksia, ohjeita, joita annetaan siinä, kun havaitaan se varhainen nivelrikko, niin jos todetaan pahempi oireeton nivelrikko, niin varmaankin samat suositukset annetaan. Mutta olen ymmärtänyt näin, että polvi voi olla aika huonokuntoinenkin kuvassa, mutta jos se ei ole mitenkään oireinen, niin sille ei välttämättä mitään tarvitse edes tehdä, mutta nyt tietysti mennään vähän lääkärien tontille puhumaan, niin täytyy olla varovainen sanoissaan, mutta tämän verran olen tästä taudista tästä tutkimuksen ohessa oppinut.

**Joonas:** Joo mutta heillehän ilmeisesti tällaista lopputuotetta ollaan tekemässä, heille työkalua, jolla se olisi helpompi tunnistaa. Eli se olisi sellainen hyöty tästä.

**Sami:** Joo. Eli kun ensin mennään yleensä perusterveydenhuollon tai hoidon vastaanotolle, ja sitten siellä taas lääkäri tuntee ison joukon sairauksia, mutta ei millään voi tuntea joka nivelen ja elimen sairautta yksityiskohtaisesti, mikä taas on erikoissairaanhoidossa, eli sitten jos sieltä perusterveydenhuollosta lähdetään eteenpäin erikoissairaanhoitoon, niin sitten kyllä varmaankin selviää aina, että mistä sairaudesta on kyse, mutta se että havaittaisiin ne varhaiset merkit tuolla perusterveydenhuollossa, niin siellä etenkin se työkalujen arvo on suurempi, koska silloin jos pystyttäisiin koneoppimismalliin perustuvalla tekoälysovelluksella osoittamaan lääkärille, että tässä on todennäköisesti varhaisesta nivelrikosta kyse tässä polvikivussa ja sitten vielä ehkä osoittaa siitä kuvasta, että ne ovat näillä alueilla.

Jos se perustuu erikoislääkärin johdonmukaisesti luokittelemaan dataan se malli, niin sitten se todennäköisesti toistaisi sitä, jonka se erikoislääkärikin näkisi siinä. Ja silloin sitten voidaan puuttua aiemmin siihen sairauden hoitoon, ja se varmaan motivoikin ihmistä tekemään asialle jotain, jos sille voidaan luotettavasti sanoa, että sinulla näyttää vähän siltä, että olisi nivelrikkoa lähdössä kehittymään, niin sitten se ehkä motivoi tekemään jotain tai käyttämään niitä halpoja kotikonsteja siihen hoitamiseen, mitä nyt joka ihmisen pitäisi joka tapauksessa ennen nivelrikkoakin jo käyttää. Mutta arkielämä ei ole aina niin yksinkertaista. Sitten joskus tarvitsee potkun persauksiin, se signaali sieltä, että täällä on jotain, jolle pitäisi tehdä nyt jotain ennen kuin se on pahempaa.

**Joonas:** Niin tämä ilmeisesti on aika helppo hoitaa, jos se on siinä alkuvaiheessa ja käytännössä mahdotonta sitten, jos se on tosi paha?

**Sami:** Niin, olen ymmärtänyt, että alkuvaiheen nivelrikko niin merkittävästi ainakin hidastaisi sen kehittymistä ja jopa pysäyttäisi etenemisen. Minulla on tuossa oma polvi ollut testissä yli kymmenen vuotta, se on tähystetty joskus reilu kymmenen vuotta sitten, ja tämä on hauska, että minä itse ihmettelin saman asian kanssa yli kymmenen vuotta sitten ja ikäni olen juossut ja hiihtänyt, suunnistanut innokkaasti. Niin sitten polvesta oli lähtenyt sentti kertaa sentti rustonpalanen pois, ja sitten tuli suositus, että rajoittaa rajumpaa liikuntaa ja juoksukin. Ja ihmettelin, että ei kai nyt juoksua tarvitse lopettaa, että 35-vuotias, että en nyt vielä halua juoksua lopettaa, sauvakävelemään viitsi alkaa. Niin olen nyt yli kymmenen vuotta juossut edelleen, että tuhansia kilometrejä juossut sillä polvella, joka silloin oli ensisilmäyksellä tähystyksessä tuomio oli että tällä oli juoksut juostu. Mutta se on pysynyt aika hyväkuntoisena polvirustot siellä, että se on välillä vaivannut vähän, pari kertaa on taidettu kuvata sen jälkeen, useampi vuosi sen jälkeen, kun olen joutunut käymään valittelemassa, että se on vähän kipeytynyt. Niin se on näyttänyt kestävän ihan hyvin, eli minulla ainakin se liikunta, sinänsä olen aina liikkunut ja syönyt vihreitä ja värikkäitä

ruokiakin varmaan kohtuu hyvin, tällaiset perusjutut on sinänsä kunnossa. Mutta näyttää tuollainen tähystyspöydällä pahalta näyttävä polvi niin se näyttää kestävän ihan hyvin liikuntaakin. Ja siis se, että liike on tainnut olla lääke siihen ennemminkin.

**Anna:** Joo, näinhän se tuntuu olevan vähän melkein vaivaan kuin vaivaan, niin tuppaa tuo liike yleensä auttamaan sitten loppujen lopuksi kuitenkin. Että eipä siitä yleensä taida kauheasti haittaakaan olla.

**Sami:** Kyllä. Joo sitä ennaltaehkäisyä tietysti ennen kuin käy edes siellä perusterveydenhuollossa, niin siitä on todennäköisesti hyötyä ilman suositustakin.

**\*Kilinää\***

**Anna:** No kun teillä kehitetään paljon tällaisia malleja, niin miten näitä malleja validoidaan? Mistä te tiedätte, että ne toimivat? Tai tiedättekö te, että ne toimivat?

**Sami:** Tuo on erittäin tärkeä kysymys aina näissä koneoppimistutkimuksissa ja sellaisia ikään kuin... Ehkä nykypäivän riski tässä, että mahdollisuudet ovat kasvaneet mutta samalla riskitkin ajaa liian kovaa kasvavat, eli koneoppimismallien kehittäminen on ihan hirveän paljon helpottunut sieltä 20 vuoden takaa, vaikka mitä itse aloitin väitöskirjatutkimuksen, koska nykyään algoritmeja, menetelmiä on kirjastoina tarjolla kohtuu... Eli jos on kohtuulliset ohjelmointitaidot, niin ei hirveästi tarvitse ymmärtää välttämättä menetelmistä, niin pystyy nyt jo niillä tekemään malleja. Voi näyttää siltä, että tähän toimii hienosti.

Tuo validointi ja mallien testaaminen on sitten tietysti ennen kuin käytäntöön lähdetään viemään, niin se on ihan äärimmäisen tärkeä, koska monesti tämä nivelrikkotapaus esimerkiksi, siinä on rajallinen joukko niitä saatavilla olevia julkisia kehittämisaineistoja, eli tällaisia Amerikassa ikään kuin kadun väestöltä kerättyjä polviröntgenkuvia ja niihin tehty nivelrikkoluokituksia. Mutta sitten kun niitä samoja malleja käytetään pitkän aikaa opettamiseen ja myös siihen suorituskyvyn testaamiseen, kuinka hyvä tämä on, niin siinä voi päätyä johtamaan hiukan harhaankin itseänsä, eli sellainen objektiivinen virheen analysoiminen on tärkeää. Kaikista optimaalisimmassa tapauksessa se menee niin, että meillä on dataa käytössä ja me teemme niin hyvän mallin kuin mahdollista meidän mielestä. Ja meillä on ehkä siitä otettu sivuun joku testijoukko, sen testijoukon tarkoitus on simuloida sitä joukkoa, joka olisi vaikka tuolla sairaalalla vastassa, niitä kuvia. Eli ne eivät ole millään tavoin olleet siinä mallin opettamisessa mukana. Sitten tosiaan meidän mielestä malli toimii parhaalla mahdollisella tavalla, niin sitten olisi hyvä, että me saisimme sieltä yhteistyöverkostosta joku uusi aineisto, jolla kokeillaan, että miten hyvin tämä toimii sitten siinä aidossa tilanteessa, ja lasketaan siitä sitten jonkinlaisia tilastollisia tunnuslukuja, jotka kuvaavat sen ennustemallin suorituskyyä tehdä oikeita luokituksia tai ennustaa jotain lukuarvoa tarkasti.

Yleensä ne eivät ole täydellisiä läheskään aina, en oikeastaan usko, että koskaan, mutta sitten ovatko ne klinisen työn kannalta riittävän tarkkoja, että voidaan luottaa, että se toimii riittävän tarkasti ja luotettavasti. Siinä tarvitsee määritellä se hyväksymisraja ja toisaalta osoittaa se sillä riippumattomalla aineistolla. Meillä oli juuri siihen nivelrikkotutkimukseen validointitutkimus, jossa testattiin tätä tällaisella avoimella aineistolla kehitettyä neuroverkkomallia, aidolla potilasdatalla, niin se oli myös demonstraatio siitä, miten tuollainen malli... Eli se on sikälikin hyvä tulos, että se on tehnyt mallin kehittämisen näkökulmasta riippumaton tutkimustaho on kokeillut sitä täysin riippumattomalla kuva-aineistolla, niin siitä saadaan sitten objektiivinen tulos sille, että miten hyvin se malli toimii oikeassa tilanteessa. Mutta se data riittävyys, se yleensä vaatii luokiteltua dataa, että siinä

on lääkärin antama näkemys, että mikä se on se todellinen vastearvo, on se sitten vaikka sen nivelrikon vakavuusasteen luokitus. Sitten että me saamme sellaisia potilaskuvia paljon, niin se tarkoittaa sitä, että lääkärin tai jopa useamman lääkärin täytyy tehdä sitä aineistoa meille, sitä testaamista varten.

**Anna:** Joo, kiinnostaisi tietää, että mitä haasteita tuohon ns. aidon terveystietä käyttämiseen liittyy? Olen ymmärtänyt, että siinä on jonkun verran kai sellaista byrokratiaa ja muuta taustalla, niin onko tämä osittain se syy, jonka takia teillä on sitten ruvettu käyttämään myös tai olette ruvenneet luomaan myös sitä synteettistä dataa?

**Sami:** Joo, kyllä, eli ihmisten terveystiedot ovat varmaan sitä arkaluontoisimmasta päästä olevaa aineistoa, jokaisen ihmisen yksityisyyden suoja säilyy ja ei käytetä tietoja, joita ihmiset eivät halua käytettävän. Sitten toisaalta että ne pysyvät aina anonyymina, eli sieltä ei voi tunnistaa kenen vaikka polven röntgenkuvasta on kysymys. Siihen liittyvät juuri nämä tutkimuslupa- ja datan käyttölupaprosessit. Ne voivat välillä viedä hyvinkin paljon aikaa, että sinänsä on hyvä, että suunnitellaan tekeminen huolella etukäteen.

Mutta jos ajatellaan niin, että tulee hyvä idea, että haluaisin kokeilla tällaista, mutta sitten että pääset kokeilemaan sitä ideaa, niin kestää vuosi tai puoli vuotta, että saat luvan ja jonkun aineiston käyttöön byrokratian takia, niin siinä voi jo se joku muu olla tehnyt sen idean tai sitten itse on joutunut alkaa tekemään jotain muuta sen takia, että ei ole aikaa odottaa. Tämä synteettinen data, niin siinä on juuri tämä pointti, että esimerkiksi nopea ideoitten kokeilu ja datan jakaminen verkostossa, eli sitten toisaalta tällainen verkostoissa työskentely, eli jos me voimme tuottaa dataa sillä lailla, että me voimme jakaa sen kenen tahansa käyttöön, niin sillä laillahan yhteistä asiaa edistää sekin, että joku muukin yrittää sitten sillä, voi vapaasti ottaa sen datan käyttöön sieltä paikasta, josta me sen jaamme ja koittaa omaa ratkaisuaan sillä ja ehkä joku muu saa sen...

Tietysti olisi aina kiva ratkaista kaikki tärkeät ongelmat itse, mutta sitten taas jos mietitään sitä, että halutaan yhteisen hyvän eteen hyviä menetelmiä sairaanhoitoon, niin siinä mielessähän sillä ei ole väliä, että kuka sen ratkaisun keksii tai kehittää. Pyritään myös laajentamaan myös datan käyttömahdollisuuksia. Mutta synteettinen data on myös haastava ongelma, yksittäisen kuvantamisongelman kohdalla, niin se näyttäisi olevan tehtävissä esimerkiksi tuossa röntgenkuvapuolella, mutta sitten jos ajatellaan kokonaisvaltaista synteettistä dataa, niin se on hiukan tai se on aika haastava kysymys. Mutta siitäkin on nyt yhteistyökeskustelu käynnissä, että lähdettäisiin vielä sellaistakin ponnistusta yrittämään.

**\*Kilinää\***

**Anna:** Kiinnostaisi kuulla, että miten tätä synteettistä dataa validoidaan, eli miten voidaan sanoa, että se vastaa niin sanotusti sitä aitoa dataa? Eli että pystyykö esimerkiksi lääkäri erottamaan, että jos on kaksi röntgenkuvaa vierekkäin, toinen on synteettinen ja toinen on aito röntgenkuva, niin pystytäänkö se erottamaan, että kumpi on niin sanotusti oikea ja kumpi sitten tekemällä tehty?

**Sami:** No siinä juuri validointiprosessiin kuuluu lääkärin huijaaminen tai yritys huijata lääkäriä. Meillä on nyt juuri tämä polvinivelröntgenkuvien validointiprosessi ollut käynnissä tänä syksynä sairaanhoitopiirin kanssa yhteistyössä. Sieltä on kyllä kiitettävästi erikoislääkärit ottaneet osaa tutkimukseen, ja on käytännössä testattu ensin, että havaitsevatko ne mitään outoa, jos joukossa on synteettisiä kuvia, ja toisessa vaiheessa pyydetty suoraan tunnistamaan, että kerrottu että tässä on oikeita ja synteettisiä kuvia, ja

pyydetty kertomaan, että kummastako on kunkin kuvan kohdalla kyse. Minä en tiedä, siinä ei varmaan mitään standardia tai vakiotapaa ollut tehdä, mutta me koitimme tehdä validointi Fabi Prezjan kehittämälle synteettisen kuvadatageneraattorille huolellisesti ja perusteellisesti, ja siinä tosiaan ensimmäinen vaihe oli se, että annettiin 60 röntgenkuvaa, joista puolet oli synteettisiä, ja pyydettiin lääkäreitä tekemään niille KL-luokitus, eli nivelrikon vakavuusasteen luokittelu.

Meillä oli kaksi mallia siihen synteettiseen dataan, eli tällainen, jossa on ei-nivelrikkoa tai varhaisen nivelrikon tapauksia. Eli malli, joka generoi niitä, ja sitten vakavia tapauksia. En ihan tarkkoja tuloksia vielä tiedä, koska olemme saaneet ne aineistot vasta kokoon nyt ihan viime viikkoina. Tosiaan siitä tutkitaan, että eroaako ne luokitukset esimerkiksi niissä synteettisen ja aidon datan kohdalla ja toisaalta haluttiin nähdä se, että tuleeko siellä ihmettelyjä enemmän niitten synteettisten kuvien kanssa. Eli oli vapaa kommenttikenttä, niin sitten voi antaa kommentteja siitä kuvasta. Ei isompia ihmettelyjä ollut, eli ne oli ihan luokiteltu kaikki ikään kuin ne olisivat aitoja röntgenkuvia. Muutamissa kuvissa oli kommentteja, näyttäisi olevan kommentteja, että ihmetytti jotkut piirteet, eli siellä on varmaan jotain sellaisia piirteitä, joita ei yleensä ihmisen tekemissä polvissa näy. Mutta niitä oli aika vähän.

Toinen vaihe, kun saatiin tuo vaihe valmiiksi, niin sitten kerrottiin näille erikoislääkäreille, siellä oli radiologeja ja ortopedeja, niin että näistä oli osa synteettisiä ja osa aitoja ja nyt pyydetään teitä tunnistamaan, että mikä on synteettinen ja mikä on aito kuva. Ei ole niitäkään... Siis hajontaa on sen verran siellä, että se ei näytä olevan helppo tehtävä ollut, että sikäli meidän generaattori toimi, eli se pystyisi huijaamaan lääkäriä. Toisaalta siellä kommentit viittaa siihen, että se haastava tehtävä on ollut. Mutta toki täytyy tuossakin huomioida, että lääkärihän katsoo, niillä on kuvien resoluutiotarkkuus, joka me pystytään tarjoamaan niille tässä vaiheessa, niin ei vastaa ihan sitä aitoa röntgenkuva diagnosointitilannetta. Eli se on lääkärille ehkä hiukan aitoa tilannetta haastavampi tehtävä tämä generaattorin tuottamien kuvien ja sitten siihen samalla resoluutiolla olevien kuvien erottelu. Sekään ei ole täydellinen.

Ja sitten yksi, joka tietysti tuohon liittyy, tärkeä vaihe ennen sitä validointiprosessia on se, että me tarkastimme myös sen, että se malli ei tuota niitä samoja kuvia, jolla se on opetettu, eli kun on se jakauma, josta ne kuvat generoituu, niin opetettu neuroverkkomallille, niin sitten pitää olla äärimmäisen epätodennäköistä, että sieltä... Tai jos se toimii, niin on äärimmäisen epätodennäköistä, että sieltä tulisi mikään niistä alkuperäisistä opetusdatan kuvista. Se tarkistettiin, että mikään ei vastaa sitä sellaista opetusaineistossa olevaa kuvaa, eli ne ovat uusia polven röntgenkuvia. Nyt sitten sillä mallilla, jos se loppuun asti menee hyvin, niin voidaan käytännössä ääretön määrä tai mahdoton määrä kuvia generoida polvesta. Mutta näin me teimme sen validoinnin. Se on aika perusteellisesti sikäli tehty.

**Anna:** Kyllähän nuo synteettiset kuvat kieltämättä kuulostaa aika tavallaan aitoja vastaavilta, että jos sieltä on asiantuntijoidenkin hankala erottaa, että kumpi on kumpi, niin kyllähän se taitaa aika laadukasta tavaraa olla.

**Sami:** Ja vaikka minulla niitä on tullut muutama vuosi itsekin katseltua aitoja kuvia, niin minä en pysty niitä... Minulla ei ole mitään mahdollisuutta, että jotkut ovat tietysti niin mystisiä, että sieltä tulee satunnaisia kuvia, jotka ovat niin erikoisen näköisiä, että tulee jo mieleen, että onko tuo edes polvi, mutta ne ovat erittäin harvinaisia siinä, että ne on helppo sitten taas poistaakin, kun niitä tulee niin vähän. Se validointidata oli vielä niin, että se oli ihan rehellinen satunnainen otos, eli me otimme sen, mitä sieltä satunnaisesti saatiin se 30 kuvaa, ja ei ole mitenkään valikoitu parhaat kuvat, vaan sen pitäisi edustaa sitä

generaattorin suorituskykyä. Eli jos sinne tuli ihan sellainen hyvinkin oudonnäköinen polvi, niin se meni sinne validointiaineistoon, että emme me edes yrittäneet ottaa aidonnäköisiä. Silti kokeilin itse ne käydä läpi ilman mitään tunnistetietoa, tiedostonimeä, niin en pysty niitä... En ole toki lääkäri, ortopedi tai radiologi, mutta mahdollon tehtävä on itselle sanoa, että mikä on aito ja mikä synteettinen.

**\*Kilinää\***

**Joonas:** Eli kuultiinkin tuossa jo kaikennäköisestä, mitä on tällä hetkellä menossa. Onko mitään uutta alkamassa nyt siis lähiaikoina?

**Sami:** No nyt on ihan mielenkiintoinen väitöskirjaprojekti tuossa alkamassa, Erkki Mattilan väitöskirjatyö, joka keskittyy tulehduksellisiin suolistosairauksiin ja niitten varhaiseen havainnointiin ja riskitekijöihin. Se on ihan itsellekin uusi, kiinnostava alue, että se on taas sovellusalueena sellainen, jossa täytyy tehdä vähän työtä, että ymmärtää riittävässä sitä sovellusalueesta, mutta sitten meillä on taas toisaalta siinä erinomainen verkosto rikoslääkäreitä ohjausryhmänä mukana. Se on ihan mielenkiintoinen tutkimusaihepiiri.

Mutta sitten ihan näistä nykyisistä, niin varmaan tuo synteettisen urheilijan tutkimus, jossa ollaan vähän ehkä kilpa-, huippu-urheilupuolellakin, niin siinä varmaankin tulee nyt vauhtia, niin tässä on taustalla menossa tällainen huippu-urheilun tietovarantohankekin tiedekunnassa. Siihen liittyen varmaan vähän sitä data-analyysikoneoppimispuoltakin saadaan kiihdytettyä, mikä liittyy tähän Jukka Perkiön väitöskirjatutkimukseen. Siinä on Kihu mukana, ja sieltä Ari Nummela. Meillä on itse asiassa siinäkin hauska ohjausporukka, että siinä on minä meiltä vastuuohjaajana ja sitten on Kihulta Ari Nummela ohjaajana ja meiltä vielä Pekka Neittaanmäki tällaisen väitöskirjatyö ohjauskolme- Kun se oli monitieteinen ohjausryhmä.

Yksi mikä tietysti on sellainen, kertoo varmaan jotain, että olen fysiikalle aikanaan hakenut opiskelemaan ja sitten tuota biomekaniikkaa opiskellut, niin fysiikka ja biomekaniikka liikkuminen kiinnostaa ja siihen datatutkimus, niin nämä biomekaaniset alaraajavammariskitekijät, niin ne kiinnostavat, ja siihen ollaan nyt vähän uutta tulokulmaa, kun oikeastaan se tutkimus on tällä hetkellä siinä vaiheessa, että tällä hetkellä julkaisuun menossa oleva tutkimus tai arviointiin lähetettävä tutkimus norjalaisten kanssa, niin se on validointi Jauhaisen Susannen kehittämästä UKK-instituutin datalla kehittämästä no ei mallista, mutta frameworkista, tämän asian tutkimiseen, niin se validointitutkimus on menossa arviointiin pian. Ja siinä hiukan siinä päädytään, että tilastollisesti merkitseviä prediktoreita, riskitekijöitä näille eturistisidevammoille voidaan havaita, mutta ne eivät ole kliinisesti relevantteja, eli käytännössä ei ole hyötyä siitä, mitä sieltä havaitaan. Siinä oikeastaan ei pystytäkään tuottamaan sitä mallia, jolla voisi tuolla kenttäolosuhteissa vaikka urheilijoita skriinata niin, että katsotaan että kenellä olisi korkea tai matala eturistisidevamariski, mutta ymmärretään se, että niissä nykyisissä muuttujissa ei ole sellaista relevanttia tietoa vielä.

Nyt sitten siinä on kuitenkin niin uusia ideoita saatu, että miten päästäisiin niihin monimutkaisempiin taustatekijöihin siinä biomekaanisessa aineistossa, koska tällainen 3D-liikeanalyysidata on kuitenkin aika kompleksistakin, monimutkaista luonteeltaan, ja se toisaalta sitten tarjoaa mahdollisuuksia käyttää entistä enemmän laskentaa avuksi. Niissä pitää tietysti aina havainnossa olla kriittinenkin, että jos jotain löytää datapohjaisesti, niin onko se vain sattumaa vai jotain oikeasti merkityksellistä ja riittävän yleistyvää tietoa. Tällaisia nyt tässä, mutta oikeastaan noita hyvin monia näistä pyritään edelleen viemään eteenpäin, että mitä tuossa alussa esittelin, koska ei ole saatu maailmaa läheskään valmiiksi

tehtyä.

**Joonas:** Jos jollain opiskelijalla nousi nyt kiinnostus näitä kohtaan, niin onnistuuko opinnäytteiden tekeminen? Miten edetään?

**Sami:** Kyllä ilman muuta, ja niitä on tehtykin ja tehdään. Suurimpaan osaan noista tutkimuksista liittyy jonkinlainen väitöskirjaprojekti, eli väitöskirjoja tehdään labrassa, niitä on 6–7 hyvässä vauhdissa tällä hetkellä. Myös graduja, kandin työn aiheitakin voi varmasti liittää näihin meidän tutkimusaihepiireihin, mutta etenkin graduja on nyt työn alla muun muassa Petäisen Liisa tekee histopatologisen kuva-aineiston koneoppimismenetelmistä gradututkimusta, ja se liittyy myös hänen hanketyöhönsäkin. Sitten siinä on myös meillä suoritettu tutkimusprojekteja tänä vuonnakin pari kappaletta liittyen histopatologiaan eli syöpätutkimukseen ja ACL-vammariskitutkimukseen. Käytännössä miten edetä, niin voi ottaa minuun yhteyttä sähköpostilla tai soittamalla ja voidaan jutella, että minkälainen aihepiiri voisi kiinnostaa tai jos on omia ajatuksia, ideoita, niin toki niitäkin aina saa tietysti ehdottaa. Hyvin matalalla kynnyksellä voi ottaa yhteyttä, eli ei tarvitse olla varma, että kiinnostaako vai eikö.

**Joonas:** Eli vapaasti voi tulla juttelemaan jos on pienintäkään hajua, että kiinnostaisi.

**Sami:** Joo ihan perinteinen hihasta nykäisy -konstikin, niin tietysti tässä on korona-aika ja etätyöasiat ja muut muuttuneet ja olleet vallalla nyt viime aikoina, mutta jos [?? 00:50:37] törmää ja tunnistaa, niin saa ihan tulla koputtamaan ovelle tai sitten nykäistä hihastakin. Kaikki konstit on sallittuja. Jos nähdään, käytävällä voi tulla puhumaan tai ottaa yhteyttä sähköpostilla, puhelimella. Ja jos ei saa vastausta, niin kannattaa laittaa uudestaan, koska viestejä tietysti kulkee paljon, niin joskus voi jäädä joku huomaamatta, niin se ei tarkoita sitä, ettei kiinnosta. Rohkeasti vain puheille. Ja tietysti labrassa on muitakin henkilöitä, labran kotisivuilta näkee, ketä työskentelee labrassa, niin voi keskustella muittenkin kuin minun kanssani.

**Anna:** Jes, ja me laitetaan labran sivuille linkki tämän jakson kuvaukseen. Kiitos Sami, että pääsit meidän vieraaksi, oli tosi mielenkiintoista kuulla, mitä teidän labrassa tehdään ja ei muuta kuin tsemppiä rahoitushakemuksiin ja tähän loppuvuoteen ja alkuvuoteen tietysti myös.

**Sami:** Joo, kiitoksia, oli mukavaa olla kertomassa, mitä me puuhaamme.

**Anna:** Kiitos.

\*Kilinää\*

Anna: Kiitokset myös kuulijoille. Jos sinulle tuli jaksoa kuunnellessa mieleen kysymyksiä tai kommentteja, niin niitä voi lähettää meille Instagramissa @jyu.it tai sähköpostitse itcrew@jyu.fi. Kiitos kun kuuntelit tämän jakson, palataan taas seuraavassa jaksossa. Moikka!