


**Joonas Tamminen**

LT, erikoistuva lääkäri  
LSHP Lapin keskussairaala, LAY  
joonas.i.tamminen@lshp.fi

# Random forest -algoritmi ennustaa hätätilapotilaiden kuolleisuutta

**Joonas Tamminen**

Tampereen yliopisto 17.9.2021

**Vastaväittäjä**

Professori Teijo Saari, Turun yliopisto

**Esitarkastajat**

Apulaisprofessori Timo Laitio, Turun yliopisto

Apulaisprofessori Pekka Marttinen, Aalto-yliopisto

**Kustos**

Professori Arvi Yli-Hankala, Tampereen yliopisto

**Väitöskirja**

Prehospital Emergencies: Early Recognition, Response and Machine Learning in Risk Stratification

**Osatyöt**

- I Tamminen J, Lydén E, Kurki J, Huhtala H, Kämäräinen A, Hoppu S. Spontaneous trigger words associated with confirmed out-of-hospital cardiac arrest: a descriptive pilot study of emergency calls. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2020; 28: 1–1.
- II Tamminen J, Hoppu S, Kämäräinen A. Professional firefighter and trained volunteer first-responding units in emergency medical service. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2019; 63: 111–6.
- III Pirneskoski J, Tamminen J, Kallonen A, Nurmi J, Kuisma M, Olkkola KT, ym. Random forest machine learning method outperforms prehospital National Early Warning Score for predicting one-day mortality: A retrospective study. *Resuscitation Plus*. 2020; 4: 100046.
- IV Tamminen J, Kallonen A, Hoppu S, Kalliomaäki J. Machine learning model predicts short-term mortality among prehospital patients: A prospective development study from Finland. *Resuscitation Plus*. 2021; 5: 100089.

► Sairaalan ulkopuolella tapahtunut sydänpysähdys on hätätilanne, joka tulee tunnistaa ripeästi ja joka edellyttää välitöntä hoitoa (1). Harva sairaalan ulkopuolella elvytetyistä potilaista jää henkiin; vain joka kymmenes sydänpysähdyspotilasta selviytyy sairaalasta kotiin (2). On hieman nurinkurista, että ensihoitopalvelun resurssit on perinteisesti kohdennettu hoitoelvytykseen sekä sairaalahoitoon, kun taas potilaan enustamiseen voimakkaasti vaikuttavat asiat eloonjäämisketjun alkupäässä ovat jääneet vähemmälle huomiolle (3).

Hätäkeskuspäivystäjän ja hätäpuhelun soittajan välinen viestintä on avainasemassa hätätilanteen tunnistamisessa ja tarkoituksenmukaisen ensihoitoresurssin hälyttämisessä

tapahtumapaikalle (4). Elottomuuden tunnistamisen kompastuskivenä on ollut tajuttoman potilaan hengityksen arvioiminen hätäpuhelun aikana. Sydänpysähdys ei väistämättä johda hengityksen välittömään pysähtymiseen, ja potilaalla saattaa olla agonaalisia hengenvetoja. Maailman elvytysjärjestö (ILCOR) nimesi vuonna 2017 maallikon käyttämät luonnehdinnat elottomuudesta eli avainsanat tärkeiksi tutkimuskohteeksi ("knowledge gap") (5).

Harvaan asuttuna maana Suomi asettaa onnistuneen elvytyksen suorittamiselle erityisen haasteen, sillä

etäisyydet potilaan, ambulanssin ja sairaalan välillä ovat pitkiä. Jotta viive potilaan tavoittamiseen ja henkeä pelastavien toimenpiteiden aloittamiseen olisi mahdollisimman lyhyt, ambulanssin rinnalla hälytetään ensivasteyksikkö (6). Ensivasteyksiköitä käytetään laajalti osana ensihoitopalvelujärjestelmää erityisesti Pohjoismaissa. On kuitenkin epäselvää, mikä on suomalaisten ensivasteyksiköiden merkitys hätätilapotilaan ensihoidossa.

Poikkeavuudet potilaan hengityksessä, verenkierrossa ja tajunnantasossa ovat merkki uhkaavasta

sydänpysähdyksestä. Potilaan peruselintoimintojen häiriöiden tunnistaminen esimerkiksi National Early Warning Score (NEWS) -pisteytyksen avulla on vähentänyt elvytystilanteita sairaaloiden vuodeosastoilla (7, 8). Sairaalaympäristöön onkin lanseerattu eloonjäämisketjua vastaava käsite, ennaltaehkäisyketju ("chain of prevention") (9). Peruselintoimintoihin perustuvien riskipisteytysjärjestelmien käyttö ei kuitenkaan ole saanut jalansijaa osana hätätilapotilaiden hoitoa, vaikka NEWS kykenee kohtalaisesti ennustamaan lähipäivien kuolleisuutta myös sairaalan ulkopuolella (10). Modernien koneoppivien menetelmien on todettu päihittävän perinteiseen tilastotieteeseen pohjautuvat riskipisteytysjärjestelmät (11), mutta tietävästi vain yksi edeltävä tutkimus on käsitellyt "tekoälyn" hyödyntämistä hätätilapotilaan riskinarviossa (12).

### Tavoitteet

Väitöskirjassa käsitellään sydänpysähdyspotilaan eloonjäämisketjun ensimmäisiä vaiheita sekä hätätilapotilaiden kuolleisuuden ennustamista. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä maallikoiden avainsanat hätäpuhelussa assosioituvat myöhemmin varmennettuun sydänpysähdykseen ja miten ensivasteyksiköt osallistuvat hätätilapotilaan hoitoon ensihoitajien rinnalla. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena oli kehittää riskipisteytysjärjestelmä hätätilapotilaan lyhyen aikajänteen kuolleisuuden arvioimiseksi koneoppivan menetelmän avulla.

### Aineisto ja menetelmät

Ensimmäisen osatyön aineisto koostui hätäpuhelunauhoitteista, joissa hätäkeskuspäivystäjä oli epäillyt sydänpysähdystä. Hätäpuhelut kerättiin takautuvasti Pirkanmaan sairaanhoitopiiriin (PSHP) alueelta tammikuun 2017 ja toukokuun 2017 aikana. Nauhoitteet litteroitiin, ja avainsanat ryhmiteltiin 36 sanaluokkaan. Avainsanojen yhteys varmennettuun sydänpysähdykseen arvioitiin logistisella regressiolla.

Toisessa osatyössä tarkasteltiin ensivasteyksiköiden suorittamia tehtäviä PSHP:n alueella vuonna 2013.

>>



Kuvassa vasemmalta katsottuna vastaväittäjä professori Teijo Saari, kustos professori Arvi Yli-Hankala sekä väittelijä. Kuva: Marjo Alitalo, 2021.

Tutkimusjakson aikana ensivasteyksiköt koostuivat sopimuspalokunnista tai ammattipelastajista. Osatyössä kuvataan tehtävyyt, joihin ensivasteyksikkö oli hälytetty, ensiauttajien suorittamat hoitotoimenpiteet sekä hoidon vaste. Elvytetyiltä potilailta arvioitiin niiden potilaiden osuus, joiden verenkierto palautui kentällä.

Kolmannessa ja neljännessä osatyössä random forest -algoritmi rakennettiin täysi-ikäisiltä hätätilapotilailta, joilta ensihoitajat olivat mitanneet kaikki NEWS-muuttujat sekä verensokerin. Aineistot kerättiin takautuvasti Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriin (HUS) alueelta vuosilta 2008–2015 sekä etenevästi PSHP:n alueelta kesäkuulta 2015. Neljännen osatyön aikana PSHP:n ensihoitajat velvoitettiin mittaamaan kaikki NEWS-muuttujat jokaiselta kohtamaaltaan potilaalta tehtävyytistä riippumatta. Analyysistä rajattiin pois potilaat, joilla puuttui yksi tai useampi mitta. Mallien ennustamat päätetapahtumat olivat hätätilapotilaan yhden vuorokauden sekä yhden kuukauden kuolleisuus. Kymmenkertaista ristivalidaatiota käytettiin random forest -algoritmin rakentamiseen (13). Random forest -algoritmia ja NEWS-pisteytyksen suorituskykyä verrattiin arvioimalla ROC-käyrän alle jäävä pinta-ala (AUROC).

### Tulokset

Ensimmäisessä osatyössä hätäkeskuspäivystäjä epäili elottomuutta 78 potilaalla, joista 49 osoittautui todelliseksi sydänpysähdyksiksi. Hätäkeskuspäivystäjältä jäi toteamatta kaksi myöhemmin kohteessa todettua sydänpysähdyttä. Puheluista litteroitiin yhteensä 291 avainsanaa. Avainsanoja 'kaatunut' (varmennettu sydänpysähdyks [n = 12] vs ei sydänpysähdyttä [n = 2], odds ratio [OR] 4,15, 95 prosentin luottamusväli [LV] 0,86–20,1) ja 'korisee' (n = 17 vs n = 5, OR 2,40 [95 %:n LV 0,78–7,40]) käytettiin usein sydänpysähdyksen yhteydessä. 'Kuorsaa' liittyi virheelliseen epäilyyn sydänpysähdyksestä (n = 1 vs n = 6, OR 0,08 [95 %:n LV 0,009–0,67]).

Toisessa osatyössä ensivasteyksiköt kohtasivat 1 622 potilasta, josta ensiauttajat arvioivat 1 015 potilasta. Elvytetyjä potilaita oli yhteensä 83, joista 42 (51 %) potilaan kohdalla ensivasteyksikkö oli aloittanut elvytyksen ennen ambulanssin saapumista kohteeseen (mediaani 4 minuuttia).

Kolmannessa osatyössä HUSin ensihoidon tavoittamista täysi-ikäisistä potilasta (n = 620 280) vain pieni vähemmistö (n = 26 458) päätyi lopulliseen analyysiin, kun taas neljännessä osatyössä ensihoidon kohtamista aikuisista potilaista (n = 4 994) enemmistöllä (n = 2 853) oli mitattuna kaikki NEWS-muuttujat sekä verensokeri. Kolmannen osatyön potilaiden kuolleisuus oli korkeampi neljännen osatyön potilaisiin verrattuna (yhden vuorokauden kuolleisuus, 1,0 % vs 0,4 %; 30 päivän kuolleisuus, 4,2 % vs 3,1 %). Kolmannessa osatyössä random forest -malli ennusti yhden vuorokauden kuolleisuutta NEWS-pisteytystä paremmin (AUROC 0,87 [95 %:n LV 0,84–0,89] vs 0,84 [95 %:n LV 0,81–0,86], p < 0,001). Neljännessä osatyössä random forest -malli ennusti 30 päivän kuolleisuutta NEWS-pisteytystä paremmin (AUROC 0,76 [95 %:n LV 0,71–0,81] vs 0,68 [95 %:n LV 0,62–0,74], p < 0,001). Verensokeri paransi hieman mallien suorituskykyä.

### Johtopäätökset

Yksittäinen ensiauttaja kohtaa harvoin sydänpysähdyspotilaan, mutta ensivasteyksiköt lyhensivät viivettä elvytyksen aloittamiseen puolesta tapauksista. Ensivasteyksiköiden laajempaa yhteiskunnallista merkitystä ei voitu arvioida valitun tutkimusasetelman puitteissa. Mikään maallikon käyttämästä avainsanoista ei ollut yhteydessä varmennettuun sydänpysähdykseen, mutta 'korisee' lienee maallikon tulkinta agonaalisesta hengityksestä. Hätäkeskuspäivystäjän tulisi toistaa kysymys tajuttoman potilaan hengityksestä, mikäli soittajan vastaus on epäselvä. Random forest -algoritmi ennusti hätätilapotilaiden lyhyen aikajänteen kuolleisuutta perinteistä NEWS-pisteytystä paremmin, mikä havaittiin kahden eri sairaanhoitopiiriin alueella.

Kehittyneen riskilaskurin vieminen käytännön työhön olisi luonnollinen jatke sähköistyville ensihoitokertomuksille. Ennuste olisi heti käytettävissä päätöksenteon tueksi, kun peruselintoimintojen mittaukset on saatu tallennettua tietokoneelle. ■

### Viitteet

1. Olasveengen TM, Semeraro F, Ristagno G, Castren M, Handley A, Kuzovlev A, ym. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Basic Life Support. *Resuscitation*. 2021; 161: 98–114.
2. Gräsner J-T, Wnent J, Herlitz J, Perkins GD, Lefering R, Tjelmeland I, ym. Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe - Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation*. 2020; 148: 218–26.
3. Ong MEH, Perkins GD, Cariou A. Out-of-hospital cardiac arrest: prehospital management. *The Lancet*. 2018; 391: 980–8.
4. Berdowski J, Beekhuis F, Zwinderman AH, Tijssen JGP, Koster RW. Importance of the First Link Description and Recognition of an Out-of-Hospital Cardiac Arrest in an Emergency Call. *Circulation*. 2009; 119: 2096–102.
5. Olasveengen TM, de Caen AR, Mancini ME, Maconochie IK, Aickin R, Atkins DL, ym. 2017 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations Summary. *Resuscitation*. 2017; 121: 201–14.
6. Zijlstra JA, Stieglis R, Riedijk F, Smeekes M, van der Worp WE, Koster RW. Local lay rescuers with AEDs, alerted by text messages, contribute to early defibrillation in a Dutch out-of-hospital cardiac arrest dispatch system. *Resuscitation*. 2014; 85: 1444–9.
7. Royal College of Physicians. National Early Warning Score (NEWS) 2. Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS. Updated report of a working party. London: Royal College of Physicians. 2017.
8. Smith GB, Prytherch DR, Meredith P, Schmidt PE, Featherstone PI. The ability of the National Early Warning Score (NEWS) to discriminate patients at risk of early cardiac arrest, unanticipated intensive care unit admission, and death. *Resuscitation*. 2013; 84: 465–70.
9. Smith GB. In-hospital cardiac arrest: Is it time for an in-hospital "chain of prevention"? *Resuscitation*. 2010; 81: 1209–11.
10. Silcock DJ, Corfield AR, Gowens PA, Rooney KD. Validation of the National Early Warning Score in the prehospital setting. *Resuscitation*. 2015; 89: 31–5.
11. Churpek MM, Yuen TC, Winslow C, Meltzer DO, Kattan MW, Edelson DP. Multicenter Comparison of Machine Learning Methods and Conventional Regression for Predicting Clinical Deterioration on the Wards. *Critical care medicine*. 2016; 44: 368–74.
12. Spangler D, Hermansson T, Smekal D, Blomberg H. A validation of machine learning-based risk scores in the prehospital setting. *PLOS ONE*. 2019; 14: e0226518.
13. Refaeilzadeh P, Tang L, Liu H. Cross-Validation. In: *Encyclopedia of Database Systems*. Boston, MA: Springer US; p. 532–8.