Tehisintellekt tervishoiu teenistuses

Aime Keis[1]

Tehisaru kasutamise võimalikkust uuritakse aina rohkem ka tervishoiutöötajate abivahendina, seda just patsientide arvu suurenemise ja tööjõu vähenemise tingimustes. Artiklis on käsitletud tehisaru rolli eeskätt erakorralise meditsiini osakonnas (EMO), kus otsuseid tuleb teha kiiresti, personal on ülekoormatud ja andmed patsiendi kohta puudulikud, mistõttu suureneb vea tegemise risk. Tehisaru saab toetada (eel)triaaži tegemist, dokumenteerimist, riski hindamist ja otsuse vastuvõtmist, näiteks saab tehisaru olla triaažietapis abiks võimalike eluohtlike seisundite tuvastamisel, kaasa arvatud südameinfarktiga patsientide leidmisel. Tehisaru aitab suurendada patsientide ohutust, kuid selle kasutusele võtmine nõuab hoolikat valideerimist.

Eesti Arst 2026; 105(11):553–557

Saabunud toimetusse: 18.03.2026
Avaldamiseks vastu võetud: 18.05.2026
Avaldatud internetis: 23.11.2026

[1] TÜ Kliinikumi erakorralise meditsiini osakond

Kirjavahetajaautor:
Aime Keis
aimekeis42@gmail.com

Võtmesõnad:
tehisaru, tervishoid, erakorraline meditsiin, erakorralise meditsiini osakonna triaaž

Haige ravimine on sajandeid olnud arstikunst, mille edendamiseks on inimkonna ajaloos otsitud võimalusi, et muuta inimest paremaks, tugevamaks ja tervemaks. Siinkohal meenub ehk kõige tuntum on ulmevaldkonda kuuluv Mary Shelly teos „Frankenstein“. Tänaseks päevaks on arenenud võimsaks meditsiinitehnoloogia võimalused, ravimid muutuvad järjest tõhusamaks, kõik selle nimel, et aidata inimestel elada võimalikult kaua ja võimalikult kvaliteetselt. Kaasajal järjest suurenev haigete hulk ja personalinappus suunab meid otsima võimalusi, kuidas arste ja õdesid nende töös toetada. Appi on tulnud tehisaru oma võimalustega.

Tehisaru mõiste on võetud kasutusele juba 1950. aastatel. Maailma esimene arstiteaduses diagnoosimist toetav tarkvara platvorm INTERNIST-1 loodi USAs 1971. aastal. Tegemist oli otsingumootoriga, mis leidis diagnoosi, tuginedes patsiendi sümptomitele. Suurema hoo sai tehisaru kasutamine meditsiinis sisse 2000. aastatel, eelkõige geneetikal põhinevas personaalmeditsiinis ja radioloogias (1). Robotkirurg nimega „Da Vinci“ on jõudnud ennast tutvustada juba ka Eestis. Praegu kasutame tehisaru eelkõige teaduses suuremahuliste terviseandmete analüüsimiseks ja haigusseisundite prognoosimiseks.

Reaalselt oleks tehisarul igapäevaselt patsientide haiguste diagnoosimises ja ravis märksa suurem potentsiaal kõigis arstiteaduse valdkondades. Tehisaru võimekust on Euroopas näiteks Hollandis rakendatud perearstisüsteemis patsiendi eeltriaaži tegemiseks. 42% perearstile helistajatest ei vaja samal päeval arsti poole pöördumise võimalust. Programmi nimi on *„Moet ik naar de dokter“* ehk tõlkes „Kas ma pean arsti nägema?“. Patsient täidab tehisaruga koos küsimustiku ning saab vastuse, kas tema probleem on erakorraline või mitte ja viimasel juhul annab ravisoovitused. Juhul kui patsient vajab erakorralist abi, ühendab tehisaru rakendus patsiendi erakorralise meditsiini osakonnaga. Kui patsient peab pöörduma perearsti poole, siis kogu eeltäidetud info saadetakse perearstikeskusesse (2).

Eestis on olemas sarnane platvorm Perearst24, mida inimene saab kasutada hõlpsasti oma terviseprobleemi kirjeldamiseks. Info läheb pereõe kätte, kes siis otsustab, kas ja kui kiiresti vajab patsient perearsti vastuvõttu või on vaja pöörduda hoopis erakorralise meditsiini osakonda (EMO). Seda platvormi kasutab ligi 350 perearstikeskust. Praegu küll ei võimalda Perearst24 platvorm sellist eeltriažeerimist nagu Hollandis (3).

Tartu Ülikooli Kliinikumi kõrvakliinik pakub enne EMOsse pöördumist enesetestimist. Testimise abil on võimalik patsiendil hinnata, kas tema probleem on erakorraline või mitte (4).

Eeltriažeerimises kasutatav tehisaru on õpetatud esitama küsimusi vastavalt ravijuhenditele ning seetõttu on risk, et mõni tähtis info anamneesi kohta jääb teada saamata, üsna väike. Siinkohal on tehisarul eelis inimese ees – tema ei unusta ära, tema töötab algoritmi alusel. Arstil või õel aga võib kiire töötempo juures anamneesi kogumise käigus mõni oluline küsimus

ununeda. Eeltriažeerimisel ehk patsiendi enesetestimist võimaldavatel programmidel oleks Eestis suur potentsiaal, et vähendada koormust EMOdele ja perearstidele.

Kaasaegse meditsiini üks koormatuimaid ja patsiendi ohutuse mõttes riskantsemaid erialasid on erakorraline meditsiin. Erakorralisse töösse on sisse kirjutatud ravivea tekkimise riskid – kiire otsuste tegemise vajadus, ülekoormus, väsimus, olemasoleva ravidokumentatsiooni puudused, erialadevahelise kollegiaalsuse vajalikkus.

Pole ju saladus, et Eesti tervishoiusüsteemi korraldus võimaldab haigel EMO uksest sisse pääseda ükskõik millise kaebusega ja ükskõik mis ajal. Lohutuseks võib öelda, et EMO ülekoormatus ei ole ainult Eesti probleem. Nii ongi maailmas hakatud otsima võimalusi, kuidas erakorralises meditsiinis tööprotsessi tehisaru rakenduste abil kiiremaks muuta, tagades samas patsientide diagnostika ja ravikvaliteedi. Siinkohal ei piirduta vaid kroonilise haiguse progresseerumise või suremuse prognoosimisega. Arstid oskavad seda piisavalt hästi ilma tehisaru toeta. Samuti on diagnoosimise toetamisel olemas mitmed andmebaasid, näiteks programmid UpToDate ja tarkvaralahendus Synbase.

Erakorralises meditsiinis pööratakse fookus tehisaru kasutamisele haigete tiražeerimisel, kus õe roll on väga suur ja arst ei pruugi patsiendini jõuda mitme tunni jooksul. Triaaž tegeleb küll patsiendi haigestumise dokumenteerimisega, terviseseisundi ja selle raskusastme määramisega, aga ei hõlma diagnoosimist. Samuti heidetakse praegusele triažeerimisele ette liigset subjektiivsust, mis viib patsiendi seisundi üle- või alahindamisele. Ületriažeerimine ehk siis tegelikkusest kõrgema triaažikategooria määramine suurendab EMOdes patsientide hulka, kes tegelikult ei vaja kiiret sekkumist, samas kui alatriažeerimise puhul tekib risk, et raske terviserike jääb kahe silma vahele (5).

EMOs on vaja selliseid tehisaru rakendusi, mis lühikese aja jooksul suudavad töödelda patsiendi kohta suure hulga kliinilisi ja varasemate haiguste andmeid ning annaksid reaalajas kasutatava tulemuse (6). Ideaalis tuleks erakorralises meditsiinis triaaži läbiviimisel kasutada tehisaru võimekust kombineerituna. Loomuliku keeletöötluse programm (Natural Language Processing, NLP) tuvastab haigestumise narratiivi ja dokumenteerib patsiendi anamneesi automaatselt, masinõppe algoritmid (*machine learning algorithms*) suudavad üles leida ja analüüsida haigusjuhtude ajaloost haigestumiste mustreid ning kokkuvõttes saab arst ja õde kliiniliselt kasutatavad andmed ja info võimalikust haigusseisundist (7).

Kõige olulisem eesmärk EMOs on leida ja tuvastada võimalikud eluohtlikud seisundid, mis vajavad kohest sekkumist, aga paraku kõik haigusseisundid ei avaldu nii, nagu on õpikus kirjas. Näiteks nähakse tehisaru toetatud triaažil suurt rolli EMOsse isepöörduvate ebatüüpiliste rindkerevalu kaebustega patsientide osas. Kõigis Eesti EMOdes sarnaselt muu maailmaga on isepöördujate ja rohelise triaažikategooria saanud patsientide hulgas olnud müokardiinfarktiga patsiente, kelle puhul diagnostika ja ravitaktika on hilinenud. Tehisaru toel oleks suurem tõenäosus tuvastada selline haige juba triažeerimise ajal.

Tehisaru tugi võimaldab ka prognoosida EMOsse pöördujate edasist käsitlust. Avaldatud on andmeid, kus tehisaru toel prognoositakse hospitaliseerimise vajadust ja kohest erakorralise sekkumise vajadust ning haiguse süvenemise riske (8).

Hollandi ülikoolihaiglatel on tööle rakendatud eraldi tehisaru meeskonnad. Nii näiteks on Hollandis Leideni Ülikooli meditsiinikeskuses välja töötatud tehisaru programm, mis prognoosib EMOsse pöörduva patsiendi haiglaravi vajaduse tõenäosust. Süsteem võtab arvesse patsiendi sümptomid, seisundi EMOsse pöördumisel ja varasema haigusjuhtude ajaloo riiklikust digiloost (9). Aega kulub tehisarul patsiendi haiguste ajaloo analüüsimiseks märksa vähem kui inimesel.

Cho A. koos kaasautoritega on avaldanud 2022. aastal prospektiivse sekkumisuuringu masinõppe mudeli rakendamise kohta triaaži sooritamisel. Tegemist oli reaalajas terviseandmete sisestamise abiga, mis kasutab häältehisintellekti. Lihtsalt seletatuna – õde ei pidanud andmeid sisestama käsitsi, vaid tehisaru dokumenteeris leiu ütluste järgi. Uuring kestis 6 kuud ja osales 19 triaažiõde. Uuringu esmane eesmärk oli võrrelda inimese ja seadme poolt läbiviidud triaaži sooritamise aega. Tehisarul kulus triaaži tegemiseks keskmiselt 204 sekundit ja inimesel 234 sekundit. Statistiliselt oli tegemist märkimisväärse erinevusega (10). Samamoodi oleks sellisest tehisaru prog-

rammist kasu arstidel. Patsiendi anamneesi kogumisel ja objektiivse leiu dokumenteerimisel ei peaks sellisel juhul kulutama aega teksti sisestamisele. Tehisaru dokumenteerib ise kogu teksti jooksvalt ja arst saab pühenduda patsiendiga suhtlemisele. On ju korduvalt meie patsiendid nurisenud, et arst tegeleb arvutis dokumenteerimisega, selmet patsiendiga silmast silma suhelda. Meie patsiendid oleksid rohkem rahul ja ambulatoorsele visiidile ettenähtud kakskümmend minutit kasutataks tõhusamalt.

Mitte ainult arsti tööd, vaid ka triaažiõe tööd annaks tehisaru toel muuta tõhusamaks. Sotsiaalministeerium annab alates 1. aprillist 2026 õdedele EMOs õiguse iseseisvalt osutada tervishoiuteenust kergemate tervisehädade korral. See on tekitanud palju poleemikat nii meditsiiniringkondades kui ka ühiskonnas. Kui aga õdedel oleks kättesaadav selline tehisarutööriist nagu ERTriage, siis see vähendaks oluliselt nii triaažile kuluvat aega kui ka patsiendi seisundi valesti hindamise riski.

ERTriage on väidetavalt esimene tehisaru süsteem, mis võimaldab teostada triaaži ja langetada otsus vähem kui 180 sekundiga. Rakendus töötab reaalajas, võtab arvesse patsiendi kliinilised andmed, varasema haiguste ajaloo, suudab korraga töödelda kuni 50 kliinilist parameetrit. Mõelge, kui kaua võtab inimesel aega, et vaadata läbi patsiendi haigusjuhtude ajalugu eri andmebaasides: digiloos, retseptikeskuses, pildipangas jne. ERTriage on lingitud mitmete algoritmidega, näiteks *Emergency Severity Index* (ESI), aga ka mitmed teised tunnustatud ravijuhised. Rakenduse väidetav tundlikkus on 97% ehk siis eksimise risk selle puhul on 3% (11).

Kui suur on inimese eksimise võimalus kiiret otsustamist vajavas protsessis? Maailma Terviseorganisatsiooni andmetel kannatab üks kümnest patsiendist ravivea tõttu (12). Francesco De Micco ja Gianmarco Di Palma on oma artiklis „Artificial intelligence in healthcare: transforming patient safety with intelligent systems – A systematic review" teinud ülevaate 52 publikatsioonist ning jõudnud järeldusele, et tehisaru mängib märkimisväärset rolli patsiendiohutuse parandamises. Nii näiteks tunnevad tehisaru ennustavad algoritmid kui ka masinõppe rakendused ära kiiremini võimalike kõrvaltoimete esinemise. Küll aga on artiklis rõhutatud, et ülioluline on tehisaru algortimide valideerimine. Kahtlemata mängib tehisaru võimekuse eraldiseisva instrumendina rakendamise kõrval väga suurt rolli ka selle sidumine riiklike ja haiglate elektroonsete terviseandmebaasidega (13).

Muidugi tekitab kõik, mis on uus ja tundmatu, skepsist, nii ka tehisaruga. Takistused kasutamiseks tulenevad erinevatest aspektidest – nii ratsionaalsetest kui ka mitteratsionaalsetest. Ratsionaalseks vastuargumendiks on vähene tõenduspõhisus. Valdav osa publikatsioone käsitleb retrospektiivseid uuringuid ja vaid väike hulk on publitseeritud prospektiivseid uuringuid. Porto andmetel on 88% publikatsioonidest retrospektiivsete uuringute tulemused või siis kirjanduse süstemaatilised ülevaated. Suure osa ehk 69% teaduslikest uuringutest on tehtud Ameerika Ühendriikides, Lõuna-Koreas ja Taiwanis (14).

Tehisaru rakendamisel tervishoius on alati ka dilemma – kumb vastutab – inimene või tehisaru? Siin ei saa küsimustki olla: vastutab inimene – arst või õde. Tehisaru on ainult toeks otsuste tegemisel meditsiinis. Seega ei ole raviotsuste vastutuse küsimust keeruline lahendada.

Mitteratsionaalsetest põhjustest, mis takistab tehisaru kasutamist, tuuakse välja klinitsistide skeptilisust ehk hirmu (8), millele võib lisada veel ühiskonna skeptilisuse. Kardetakse tehisaru programmide keerulisust ja valearvamuste esitamist. Kindlasti on nooremad põlvkonnad tehisaru rakendamisel julgemad.

Tehisaru ei ole lõpuni ideaalne rakendus. Erakorralises meditsiinis parima tulemuse saavutamiseks tuleb kasutada nii häältehisintellekti kui ka suuri tekstimudeleid (LLM). Eriti viimaste puhul on risk selliseks kõrvalekaldeks, mida nimetatakse AI hallutsinatsiooniks. See on olukord, kus tehisaru esitab infot, mis ei põhine tegelikel andmetel ega vasta tõele (15). Siinkohal tuleb aru saada, et tehisarul ei ole kavatsusi, sest tal puudub selleks võimekus – kavatsused on inimestel. Tehisaru hallutsinatsiooni põhjused peituvad inimese tegevuses. Tehisaru võib hakata hallutisneerima siis, kui mudel on liiga keeruline ja andmemaht on väga suur, sisestatud andmed on ebatäpsed või kallutatud, viited andmete allikatele on ebatäpsed või puudulikud.

Pigem on tehisarust siiski rohkem kasu kui kahju, kuid Eestis seisab veel ees pikk

tee, et tehisarust saaks tervishoiule vajalik tugi. Üks takistus on rahastus ning teine raviasutuste kasutatavate infotehnoloogiate killustatus. Rootsi ja Holland on tehisaru rakendamise valdkonnas saavutanud edu tänu haiglate ja ülikoolide laiapõhjalisele koostööle. Rootsis on loodud Rakendusliku Tehisintellekti Keskus – AI Sweden –, mille üheks tegevusvaldkonnaks on tervishoid. Keskusesse on investeerinud üle 170 ettevõtte ning lisaks rahastatakse seda riiklikest ja Euroopa Liidu fondidest. Rakendusliku Tehisintellekti Keskuse projekti raames teevad koostööd tehisaru edendamise võimaluste uurimisel kliinilises meditsiinis Rootsi kolm ülikoolihaiglat ja Toronto Ülikool (16).

Teisalt tuleb enne tehisaru programmide kasutuselevõtmist neid hoolikalt testida ning olemasolevaid seadmeid ja pakutavaid programme hinnata, kas need tõesti töötavad piisavalt hästi ja sellisel moel, nagu tootjad on lubanud, ning alles siis tehisaru programm kasutusele võtta.

KOKKUVÕTE

Lõpetuseks, kui küsida, mida tehisintellekt ise arvab arstiameti püsima jäämise kohta, siis ChatGPT ütleb, et haiguse käes kannatav patsient vajab inimest ja inimlikkust. Lisaks on ChatGPT arvamusel, et inimese tervisega seonduv ei ole alati õpikunäidis ja tehisaru võib sel juhul pigem hätta jääda.

Mõistlik on võtta teistest riikidest eeskuju ja hakata Eestis otsima ja arendama võimalusi, et tehisintellekt üleriigilises tervishoiusüsteemis enda kasuks tööle rakendada. Ravikvaliteet ja patsientide rahulolu sellest ainult paraneb ning ühiskond võidab.

SUMMARY

Artificial Intelligence in Healthcare

Aime Keis[1]

Artificial intelligence (AI) is increasingly being explored as a tool to support healthcare professionals in the context of growing patient volumes and workforce shortages. The article focuses particularly on the potential role of AI in emergency medicine (EM), where rapid decision-making, overcrowding, workload, and incomplete information increase the risk of errors.

AI can support pre-triage, emergency department (ED) triage, clinical documentation, risk prediction, and decision support. Natural language processing (NLP) can automatically extract information from a patient's narrative and document the medical history, while machine-learning algorithms can analyse previous clinical data and identify patterns associated with serious illness or subsequent healthcare needs.

A major potential benefit is improved identification of time-critical conditions that may present atypically. The article highlights patients with atypical chest pain, including those with myocardial infarction who may otherwise receive a lower triage category and experience delayed diagnosis and treatment. AI-assisted triage could potentially identify such high-risk patients earlier. AI systems may also predict hospitalisation, need for immediate intervention and risk of clinical deterioration.

AI may improve patient safety, but its implementation requires rigorous validation. The article notes that 88% of publications in one cited review were retrospective studies or systematic reviews, indicating that prospective clinical evidence remains limited.

Important limitations include algorithmic bias, inaccurate input data, AI hallucinations, insufficient validation, fragmented health-information systems, and uncertainty regarding generalisability. Large language models may generate clinically incorrect information that is not supported by the underlying data.

Crucially, AI should function as a decision-support tool rather than an autonomous clinical decision-maker. Responsibility for diagnosis and treatment decisions remains with the healthcare professional.

The article argues that AI is likely to provide more benefit than harm when appropriately validated and implemented as a clinician-support technology. In emergency medicine, its greatest near-term value may lie in triage, early risk identification, automated documentation, and prediction of patient disposition, rather than replacing clinical judgement.

[1] Anestesiology and Intensive Care Clinic of the Tartu University Hospital

Correspondence to:
Aime Keis
aime.keis@kliinikum.ee

Keywords:
artificial intelligence, health care, emergency medicine, emergency department triage

KIRJANDUS / REFERENCES

1. Hirani R, Noruzi K, Khuram H, et al. Artificial intelligence and healthcare: a journey through history, present innovations, and future possibilities. Life 2024;14:557.
2. PR Newswire, Sinch AI Used to safely pre-triage patients. August 13 2024, https://www.prnewswire.com/news-releases/sinch-ai-used-to-safely-pre-triage-patients-302220801.html.

3. Perearst 24 programm. https://www.certific.co/ee/users.
4. TÜ Kliinikumi kõrvakliinik. Enesetestimine. https://www.kliinikum.ee/enesetest/korvakliinik.
5. Abdalhalim AZA, Ahmed SNN, Ezzelarab AMD, et al. Clinical impact of artificial intelligence-based traige system in emergency deapratments: a systematic review. Cureus 2025;17:e85667.
6. Araouchi Z, Adda M. A comprehensive literature review on AI-assisted multimodal triage systems for health centers. Procedia Comput Sci 2025;257:206–14.
7. Rashinkar GK. The impact of artificial intelligence on healthcare: A revolution in progress. North West London J Gen Practice 2024;10:1–9.
8. Piliuk K, Tomforde S. Artificial Intelligence in emergency medicine. Asystematic literature review. INT J Med Inform 2023:180:105274.
9. van Bossum P. From Theory to practice: how Dutch Healthcare is implementing AI. Blog. 20.01.2026. https://kickstart.ai/news/how-dutch-healthcare-is-implementing-ai.
10. Cho A, Min IK, Hong S et al. Effect of applying a real-time medical record input assistance system with voice artificial intelligence on triage task performance in the emergency department: Prospective Interventional Study. JMIR Med Inform 2022;10:e39892.
11. ERTRIAGE™ - The world's first device-based AI triage system. https://ertriage.com/.
12. World Health Organisation. WHO Patient Safety. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/patient-safety.
13. De Micco F, Di Palma G, Frorelli D et al. Artificial Intelligence in healthcare: transformation patient safety with intelligent systems – A systematic review. Front Med 2025;11:1522554.
14. Porto MB. Improving triage performance in emergency departments using machine learning and natural language processing: a systematic review. BMC Emerg Med 2024;24:219.
15. China CR. What are AI Hallucinations? IBM, 2023. https://www.ibm.com/think/topics/ai-hallucinations.
16. AI Sweden. National center for applied AI. https://www.ai.se/en.

Ateroskleroos hakkab arenema noores täiskasvanueas ja selle olemasolu võib algul olla asümptomaatiline

Ateroskleroos on süsteemne, progresseeruv haigus, mis võib alata noores täiskasvanueas ja aastakümnete jooksul kulgeda sümptomiteta, enne kui väljendub südame-veresoonkonnahaigusena. Vähe on andmeid varajase, sümptomiteta ateroskleroosi ea- ja soospetsiifilise levimuse, veresoonkonna haaratuse ulatuse ja aterosklerootiliste naastude mahu dünaamika kohta.

Taani ja Hispaania teadlaste koostöös valminud uuringus hinnati nn vaikse ehk subkliinilise ateroskleroosi levimust ja ulatust 16 808 eri vanuses ateroskleroosi haigustunnusteta täiskasvanul. Uuritute keskmine vanus oli 45 aastat, 51,4% olid naised. Subkliinilise ateroskleroosi esinemine kinnitati une- ja reiearteri kolmemõõtmelisel ultraheliuuringul ning kompuutertomograafilise angiograafia uuringul.

Kogu kohordi tasemel leiti subkliinilist ateroskleroosi 57,1%-l uuritutest, see oli tuvastatav 8,7%-l meestest ja 6,7%-l naistest juba vanuserühmas 18–29 aastat ning selle esinemissagedus suurenes vanuse kasvades. Vanuserühmas 60–70 aastat leiti nn vaikset ateroskleroosi üle 90%-l uuritutest. Sealjuures hakkas meestel nn vaikse ateroskleroosi levimus suurenema umbes 5–10 aastat nooremas eas kui naistel. Nooremas elueas leitakse seda sagedamini perifeersetel arteritel ja ühe arteri territooriumil. Vanuse suurenedes naastude maht kasvas ja naaste leiti mitmete arterite aladel. Isoleeritud koronaararterite subkliinilist ateroskleroosi leiti harva igas elueas (kuni 9%-l meestest ja 5%-l naistest).

Esitatud uuringu tulemused kanti ette 29. augustil 2026 Euroopa kardioloogide kongressil Münchenis ja avaldati samal ajal ajakirjas The New England Journal of Medicine.

REFEREERITUD

Bundgaard H, García-Lunar I, Kofoed KF, et al. Prevalence of silent atherosclerosis across adult life. N Engl J Med 2026. Doi: 10.1056/NEJMoa2609059. Online ahead of print.