

Tekoäly kivunhoidossa

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Laatija:
Elisa Eskola

Kevätlukukausi 2026
Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO
Lääketieteellinen tiedekunta

ESKOLA, ELISA: Tekoäly kivunhoidossa

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 20 s.
Anestesiologia ja tehohoito
Huhtikuu 2026

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, miten tekoälyä hyödynnetään aikuisten kivun hoidossa. Työ toteutettiin kartoittavana kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on, että lukijalle muodostuu käsitys tekoälyn käyttöaiheista ja rajoitteista kivunhoidossa.

Tutkielmassa käytetyt artikkelit haettiin PubMed-tietokannasta hakulausekkeella. Artikkeleita saatiin haulla 642, joista lopulta katsaukseen valikoitui 19 artikkelia. Artikkelien suosituksista tai lähteistä löytyi vielä 2 artikkelia, joita käytettiin kirjallisuuskatsauksessa.

Katsauksessa todettiin, että tekoälyä hyödynnetään kivunhoidossa yhä enemmän ja aiempaa monipuolisemmin. Kipu on yksilöllinen ja subjektiivinen kokemus, mikä tekee sen hoidosta ja arvioinnista haastavaa. Tekoälyn vahvuus on sen kyky analysoida suuria ja monipuolisia tietoaaineistoja sekä tunnistaa niistä yhteyksiä, joita ihmisen on vaikea havaita. Sen avulla potilaan hoidon tarvetta voidaan ennustaa entistä varhaisemmassa vaiheessa ja hoitosuunnitelmia räätälöidä yksilöllisesti. Tutkimuksissa on myös kehitetty tekoälymalleja, jotka pystyvät tunnistamaan ja arvioimaan kipua objektiivisesti. Tekoälyn käytössä haasteita ovat järjestelmien vinoumat, luotettavuus, vastuullisuus ja yksityisyydensuojan toteutuminen.

Avainsanat: tekoäly, kivunhoito

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
1.1	Tekoälyn määritelmä ja keskeiset käsitteet	4
2	Menetelmät	6
3	Tulokset	10
3.1	Tekoäly kivun tunnistamisessa ja arvioinnissa	10
3.2	Tekoäly kivun ennustamisessa ja päätöksenteon tukena	11
3.2.1	Akuutin ja kroonisen kivun ennustaminen	11
3.2.2	Hoidon yksilöllistäminen ja hoitovasteen ennustaminen	12
3.2.3	Omahoidon tehostaminen tekoälysovelluksilla	12
	Pohdinta	14
3.3	Tulosten tulkinta	14
3.4	Tekoälyn ongelmat	15
3.4.1	Eettiset ja oikeudelliset haasteet	15
3.5	Opinnäytetyön vahvuudet ja heikkoudet	16
4	Johtopäätökset	18
	Lähteet	19

1 Johdanto

Kipu on epämiellyttävä aisti- ja tunnekokemus, joka liittyy kudonsvaurioon tai sen uhkaan, tai tällaista kokemusta muistuttava tuntemus (IASP, International association for the study of pain) [1]. Akuutti kipu on varoitus uhkaavasta kudonsvauriosta ja yleisin syy hakeutua lääkäriin. Krooninen kipu on pitkäaikaista kipua, joka on kestänyt yli 3 kk tai yli kudosten oletetun paranemisajan. Kroonisella kivulla ei ole elimistön kannalta mitään hyödyllisiä ominaisuuksia ja sillä voi olla huomattava negatiivinen vaikutus elämänlaatuun. Pitkittynyt kipu muodostaa myös merkittävän kansanterveydellisen ja taloudellisen haasteen. Kipu on aina yksilöllinen ja subjektiivinen kokemus, mikä tekee sen hoidosta ja arvioinnista haastavaa [2]. Perinteiset kivunhoidolliset menetelmät eivät aina riitä vastaamaan kivunhoidon yksilöllisiin ja monimutkaisiin haasteisiin, joten tekoälypohjaiset ratkaisut tarjoavat uudenlaisia työkaluja.

Tekoälyä hyödynnetään terveydenhuollossa yhä enemmän ja aiempaa monipuolisemmin. Tekoälyn vahvuus on sen kyky analysoida suuria ja monimuotoisia tietoaaineistoja sekä tunnistaa niistä yhteyksiä, joita ihmisen on vaikea havaita. Myös kivunhoidossa on tunnistettu tekoälyn potentiaali. Aluksi tekoälyä hyödynnettiin lähinnä kiputilojen diagnostiikkaan, mutta teknologian kehittyessä ovat mahdollistuneet myös monimutkaisemmat tehtävät kuten kuva-analytiikka ja hienostuneemmat ennustemallit [3]. Tämän kehityksen ovat mahdollistaneet tietokoneiden laskentatehon kasvu ja terveysdatan lisääntyvä määrä ja saatavuus. Tekoäly on nousemassa keskeiseksi työkaluksi, jonka avulla potilaan hoidon tarvetta voidaan ennustaa entistä varhaisemmassa vaiheessa ja hoitosuunnitelmia räätälöidä yksilöllisesti [2], [4].

1.1 Tekoälyn määritelmä ja keskeiset käsitteet

Tekoälyllä (engl. artificial intelligence, AI) tarkoitetaan älykkään toiminnan mallintamista tietokoneella mahdollisimman vähäisellä ihmisen ohjauksella. Sen osa-alueita ovat muun muassa koneoppiminen, kieliteknologia (engl. natural language processing) ja syväoppiminen (engl. deep learning, DL). Tekoälyn avulla koneet voivat oppia kokemuksen pohjalta ja pystyvät suorittamaan tehtäviä, jotka ovat perinteisesti kuuluneet ihmiselle [5].

Yksi keskeisimmistä tekoälyn osa-alueista on koneoppiminen (engl. machine learning). Sen avulla tietokoneohjelmat pystyvät oppimaan suoraan datasta ilman ohjelmointia. Perinteiset ohjelmat eivät pysty vastaavaan, vaan vaativat ennalta määritellyt, yksiselitteiset ohjeet ja säännöt toimintojen suorittamiseksi. Koneoppiminen hyödyntää suurien tietoaaineistojen

analysointiin hahmontunnistusta ja pystyy näin ennustamaan tulevia tapahtumia. Syötettyä dataa voidaan myös päivittää, jolloin arviot lopputuloksista tarkentuvat. Tällainen tekoälyteknologia on kuitenkin altis vääristymille ja virheille, mikäli sille syötettävä data on väärin luokiteltua tai epätarkkaa ihmisen tekemien virheiden vuoksi [5].

Syväoppiminen on koneoppimisen alakategoria, joka hyödyntää monitasoisia neuroverkkoja suuren datamäärän käsittelyssä. Perinteisesti koneoppiminen on vaatinut ihmistä poimimaan raakadatasta oikeat piirteet algoritmin analysoitavaksi, mutta syväoppimisen avulla kone voi tehdä tämänkin vaiheen itse. Näin kone pystyy itsenäisesti oppimaan erittäin monimutkaisia toimintoja ja tunnistamaan säännönmukaisuuksia.

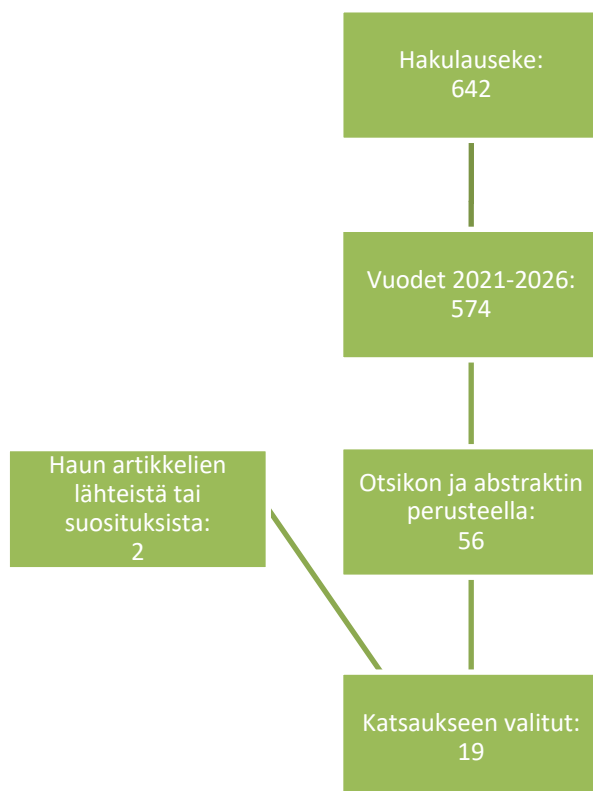
Massadatalla (engl. big data) tarkoitetaan laajoja tietoaaineistoja, joita tekoälyllä analysoidaan. Perinteiset analyysimenetelmät eivät yleensä kykene näiden aineistojen käsittelyyn, sillä datan koko, monimutkaisuus tai kertymisnopeus ylittää niiden suorituskyvyn [5].

2 Menetelmät

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten tekoälyä hyödynnetään aikuisten kivun hoidossa nykyisessä tutkimuskirjallisuudessa. Työ toteutettiin kartoittavana kirjallisuuskatsauksena, jonka vuoksi eettinen ennakkoarviointi tai tutkimuslupa ei ollut tarpeen. Tutkielmassa käytetyt artikkelit haettiin PubMed-tietokannasta seuraavalla hakulausekkeella.

((("Artificial Intelligence"[Title] OR "Machine Learning"[Title] OR "Deep Learning"[Title]) AND ("Pain"[Title])))

Haku suoritettiin huhtikuussa 2026. Kuvassa 1 havainnollistettuna artikkeleiden valintaprosessi. Taulukossa 1 valittujen artikkeleiden perustiedot.



Kuva 1: Kaavio artikkeleiden valintaprosessista

Otsikko	Tekijät	Lehti	Vuosi	Tyyppi	Tulokset
Artificial intelligence-driven diagnostic processes and comprehensive multimodal models in pain medicine	Cascella M. ym.	J Pers Med.	2024	Katsaus-artikkeli	Tekoälyllä on potentiaalia kivunhoidon yksilöllistämässä, diagnostiikassa ja hoitovasteiden ennustamisessa. Haasteita tuovat tietosuojan ja eettisyyden toteutuminen sekä järjestelmien vinoumat.
Artificial Intelligence for Automatic Pain Assessment: Research Methods and Perspectives	Cascella M. ym.	Pain Res Manag.	2023	Katsaus-artikkeli	Automaattisen kivun arvioinnissa siirrytään perinteisistä koneoppimismenetelmistä kohti kehittyneempiä neuroverkkoja ja multimodaalisia strategioita.
Artificial intelligence and pain medicine: An introduction	Hagedorn JM ym.	J Pain Res.	2024	Katsaus-artikkeli	Tekoälyllä on potentiaalia edistää kivunhoidon diagnostiikka ja yksilöllistämistä, mutta sen vastuullinen hyödyntäminen vaatii osaamista.
Artificial intelligence to evaluate postoperative pain based on facial expression recognition	Fontaine D ym.	Eur J Pain	2022	Havainnoiva tutkimus	Tekoälyä voidaan käyttää arvioimaan postoperatiivista kipua kasvojenilmeistä.
Convolution neural network for pain intensity assessment from facial expression	Hosseini E ym.	IEEE	2022	Kokeellinen tutkimus	Syväoppimismallin malli paransi kivun voimakkuuden arvioinnin tarkkuutta yltäen parempiin tuloksiin kuin edeltävät mallit.
Scalp EEG-based pain detection using convolutional neural network	Chen D. ym.	IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.	2022	Kokeellinen tutkimus	Neuroverkon kyky erotella lepo- ja kipuvaihe aivosähkökäyrästä oli hyvä (AUC >0.8).
A roadmap for artificial intelligence in pain medicine: current status, opportunities, and requirements	Adams MCB ym.	Curr Opin Anaesthesiol.	2025	Katsaus-artikkeli	Tulevaisuuden keskeisiä tekoälytutkimuksen kehityskohteita ovat kivun etenemisen ennustaminen, reaaliaikainen ohjaus toimenpiteissä ja hoidon yksilöllistäminen.
Deep learning approach to predict pain progression in knee osteoarthritis	Guan B. ym.	Skeletal Radiol.	2022	Retrospektiivinen kohortti-tutkimus	Syväoppimismalli ennusti paremmin kivun etenemistä kuin perinteiset, riskitekijöihin perustuvat mallit
Machine learning approaches to predict chronic lower back pain	Shim JG ym.	Medicina (Kaunas)	2021	Retrospektiivinen tutkimus	Koneoppimista voitaisiin käyttää tunnistamaan potilasryhmät, joilla

in people aged over 50 years					on korkea riski krooniseen alaselkäkipuun.
Prediction models for chronic postsurgical pain in patients with breast cancer based on machine learning approaches	Sun C. ym.	Front Oncol.	2023	Retrospektiivinen observatiivinen tutkimus	Koneoppimismalli tunnisti perinteistä logistista regressioanalyysia paremmin potilaat, jotka ovat suuressa riskissä krooniseen kipuun rintasyöpäkirurgian jälkeen.
Optimizing pain management in breast cancer care: utilizing “All of us” data and deep learning to identify patients at elevated risk for chronic pain	Park J.I. ym.	J Nurs Scholarsh	2025	Retro-spektiivinen observatiivinen tutkimus	Syväoppimiseen pohjautuva ennustemalli ennusti hyvin rintasyöpäpotilaat, jotka olivat korkeassa riskissä krooniselle kivulle (AUC 82.0 %).
Machine learning models for predicting disability and pain following lumbar disc herniation surgery	B. Berg ym.	JAMA Newt Open	2024	Prospektiivinen kohorttitutkimus	Koneoppimismallit ennustivat luotettavasti lannerangan välilevypullistumaleikkauksen epäonnistumisen 22 707 potilaan aineistossa 12 kuukauden kohdalla.
Prediction of differential pharmacologic response in chronic pain using functional neuroimaging biomarkers and support vector machine algorithm: an exploratory study	Ischesco E. ym.	Arthritis rheumatol.	2021	Kaksoissokkoutettu kokeellinen seurantatutkimus	Koneoppimisalgoritmi kykeni ennustamaan fibromyalgiapotilaiden hoitovasteen pregabaliinille tai milnasipriinille jopa 92 %:n tarkkuudella.
Predicting placebo analgesia in patients with chronic pain using natural language processing: a preliminary validation study	Branco P. ym.	Pain	2023	Seurantatutkimus	Koneoppimismalli kykeni ennustamaan potilaan placebovasteen oikein 71 %:ssa tapauksista potilaan haastattelun pohjalta.
Reviewing the potential role of artificial intelligence in delivering personalized and interactive pain medicine education for chronic pain patients	Robinson C.L. ym.	J Pain Res.	2024	Kirjallisuuskatsaus	Tekoälyllä on potentiaalia parantaa kroonisen kivun hoidon tuloksia, hoitomyöntyvyyttä ja potilasohjausta, mutta sen turvallinen ja tehokas käyttöönotto edellyttää vielä lisätutkimusta ja eettisten kysymysten huomioimista.

Effects of an artificial intelligence-assisted health program on workers with neck/shoulder pain/stiffness and low back pain: randomized controlled trial	Anan T. ym.	JMIR Mhealth Uhealth	2021	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus	Niska- ja hartiasseudun tai alaselän kivuista/jäykkyydestä kärsivät potilaat saivat hyvän vasteen tekoälyä hyödyntävästä puhelinsovelluksesta.
Effect of an artificial intelligence-based self-management app on musculoskeletal health in patients with neck and/or low back pain referred to specialist care: a randomized clinical trial	Marcuzzi A. ym.	JAMA Newt Open.	2023	Satunnaistettu kliininen tutkimus	Tekoälypohjaisen älypuhelinsovelluksen kautta annettu räätälöity hoito ei ollut tilastollisesti merkittävästi tehokkaampi niska- ja alaselkäkipupotilaiden hoidossa kuin tavanomainen hoito yksinään.
Understanding people with chronic pain who use a cognitive behavioral therapy-based artificial intelligence mental health app (Wysa): Mixed methods retrospective observational study	Meheli S ym.	JMIR Human Factors.	2022	Retrospektiivinen havainnoiva tutkimus	Kroonisesta kivusta kärsivät potilaat haluavat käyttöönsä sovelluksia, jotka tarjoavat apua mielenterveydellisiin kysymyksiin, kivunhoitoon ja unihäiriöihin.
Patient-centered pain care using artificial intelligence and mobile health tools: a randomized comparative effectiveness trial	Piette JD ym.	JAMA Intern Med.	2022	Satunnaistettu yhdenveroisuus-tutkimus	Tekoälyn tuottama behavioraaliskognitiivinen terapia oli vähintään yhtä tehokasta kuin terapeutin puhelimitse järjestämä terapia.

3 Tulokset

3.1 Tekoäly kivun tunnistamisessa ja arvioinnissa

Tekoälyn avulla on pyritty kehittämään kivun tunnistamista ja arviointia. Perinteisesti niissä on käytetty itse-arviointia, mutta sen käyttöön liittyy paljon rajoitteita. Itse-arviointi on subjektiivista ja esimerkiksi tajuttomuus tai kommunikaatiovaikeudet voivat estää itse-arvioinnin käytön. Multimodaalisilla malleilla saadaan tarkempi ja kattavampi arvio kivusta. Tällaisissa malleissa voidaan käyttää esimerkiksi kasvonilmeiden analyysiä, neurologista kuvantamista tai fysiologisia signaaleja [6], [3].

Fontaine ym. (2022) kouluttivat syväoppimismallin tunnistamaan postoperatiivisen kivun kasvojenilmeistä. Tutkimuksessa oli käytössä 2810 kuvaa kasvoista, joita käytettiin mallin koulutukseen ja testaukseen. Potilaat ja tekoäly arvioivat kipua asteikolla 0-10 ja näitä tuloksia verrattiin toisiinsa. Tekoälymallin herkkyys tunnistaa $\geq 4/10$ tason kipua oli 89.7 % ja $\geq 7/10$ tason kivun 77.5 %. Vastaavat luvut sairaanhoitajien arvioissa kipua olivat 44.9 % ja 17.0 % [6]. Myös Hosseini ym. (2022) käyttivät syväoppimismallia tunnistamaan kivun kasvojen kuvista. Kokeellisessa tutkimuksessa oli käytössä oli 7-portainen asteikko kivulle ja tuloksissa käyrän alle jäävä pinta-ala (AUC) oli 88% [7].

Chen ym. (2022) käyttivät kivun tunnistamiseen aivosähkökäyrätutkimusta (EEG) ja konvoluutioneuroverkkoa (CNN). Kokeellisessa tutkimuksessa tarkasteltiin kymmenen kroonisen selkäkipupotilaan EEG:tä kahdessa eri asetelmassa. Ensimmäisessä näistä tutkittavat suorittivat 15 eri liikettä, joihin kuului esimerkiksi kävely juoksumatolla ja käsipainojen siirtäminen. Toisessa asetelmassa tutkittavat katsoivat lyhyitä kipuun liittyviä videoita. Tekoälymalli luokitteli aivosähkökäyrän eri osiot joko kipu- tai lepovaiheeseen. Tuloksissa AUC oli yli 0.8, eli neuroverkon kyky tunnistaa kipua oli hyvä [8].

Myös esimerkiksi elektroneuromyografiaa sekä kehon liikkeitä ja hengitystä analysoivia tekoälymalleja on kehitetty kivun tunnistamisen automatisointiin [4].

Tekoäly voi havaita klinikoja paremmin pieniä poikkeamia kuvantamisissa ja näin kipua aiheuttava tila voidaan diagnosoida tavallista nopeammin. Tuki- ja liikuntaelimestön sairauksissa koneoppimismallit ovat parantaneet diagnostiikan tarkkuutta automatisoidulla kuva-analyysillä [9].

3.2 Tekoäly kivun ennustamisessa ja päätöksenteon tukena

3.2.1 Akuutin ja kroonisen kivun ennustaminen

Akuutin ja kroonisen kivun ennustamiseen on kehitetty useita tekoälymalleja. Ne kykenevät analysoimaan monimuotoista dataa, kuten sähköisiä potilastietoja, röntgenkuvia ja fysiologisia signaaleja. Tekoälyn etuna kivun ennustamisessa on sen kyky tunnistaa säännönmukaisuuksia ja korrelaatioita, joita ihmisen on vaikea havaita [4].

Guan ym. (2022) kehittivät kolme tekoälymallia ennustamaan polven nivelrikkokivun kehittymistä. Ensimmäinen näistä arvioi riskiä kivulle lähtötilanteen röntgenkuvista. Toisen mallin riskiarvio perustui demografisiin, kliinisiin ja röntgenkuvissa todettuihin riskitekijöihin. Kolmas malli oli yhdistelmä kahdesta edeltävästä. Röntgenkuvien perusteella tehdyn ennusteen herkkyyks oli 76.7 % ja tarkkuus 70.5 %. Riskitekijöihin perustuvassa mallissa vastaavat luvut olivat 66.9 % ja 64.1 %. Kun nämä mallit yhdistettiin, tulosten herkkyyks oli 72.3 % ja tarkkuus 80.9 % [10].

Kroonisen kivun hoito on haasteellista, sillä se on moniulotteista ja oikean hoidon valinta on haastavaa vaihtelevan hoitovasteen vuoksi. Tekoälyn avulla on pyritty tunnistamaan ne potilaat, joiden akuutti kipu uhkaa muuttua krooniseksi. Näin kivunhoidollisia interventioita voidaan suunnitella ja kohdistaa oikein. Esimerkiksi rintakirurgisesta leikkauksesta toipuvista potilaista on koneoppimismallin avulla onnistuttu tunnistamaan ne, jotka ovat korkeassa riskissä postoperatiiviseen krooniseen kipuun [11], [12].

Shim ym. (2021) totesivat tutkimuksessaan, että koneoppimisen avulla voitaisiin tehokkaasti tunnistaa ne väestöt, jotka ovat korkeassa riskissä kroonisen alaselkäkivun kehittymiselle. Retrospektiivisessä tutkimuksessa käytettiin korealaista aineistoa [13].

Norjalaisen tutkijaryhmän kehittämät tekoälymallit ennustivat hyvin toimintarajoitetta ja kroonista kipua 12 kuukautta välilevypullistuman operatiivisen hoidon jälkeen. Tutkimuksen otos oli 22 707 potilasta useammasta eri norjalaisesta sairaalasta. Mallit perustuivat rutiinisti kerättäviin preoperatiivisiin tekijöihin, mikä mahdollistaa jatkotutkimukset ja mahdollisen kliinisen käytön. Huomionarvoista oli, että koneoppimismalli ei suoriutunut merkittävästi perinteisiä ennustemalleja paremmin laajasta otoskoosta huolimatta [14].

3.2.2 Hoidon yksilöllistäminen ja hoitovasteen ennustaminen

Tekoälyn avulla hoitoja voidaan kehittää yksilöllisempään suuntaan. Analysoimalla potilaskohtaisia tietoaineistoja, kuten sairauskertomuksia ja aiempia hoitotuloksia, on mahdollista tuottaa yksilöllisiä suosituksia ja muodostaa räätälöityjä ennusteita hoitojen vaikutuksista. Kliinikon täytyy päivittäin tehdä valintoja erilaisten hoitointerventioiden ja vaihtoehtoisten lääkehoitojen väliltä. On usein vaikea ennakoida, mikä hoito soveltuu juuri kyseiselle potilaalle. Tekoäly voisi helpottaa ja nopeuttaa tätä päätöksentekoa ennustamalla potilaan yksilöllistä vastetta suunniteltuun hoitoon tai lääkitykseen [5].

Ichesco ym. kouluttivat koneoppimismallin erottelamaan pään magneettikuvien perusteella ne potilaat, jotka saisivat hyvän vasteen pregabaliinista tai milnasipraamista. Potilaat olivat fibromyalgiaa sairastavia ja tutkimuksen tuloksissa todettiin tekoälyn ennustavan hyvän hoitovasteen 92 prosentin tarkkuudella [15]. Toisessa tutkimuksessa haluttiin selvittää, voiko potilaan retoriikka ennakoida sitä, kokeeko potilas plasebo-vaikutusta. Koneoppimismalli koulutettiin potilaiden haastattelujen ja niitä vastanneiden plasebovasteiden pohjalta. Testivaiheessa malli kykeni ennustamaan oikein 71 prosentissa tapauksista, saisiko potilas plasebovasteen [16].

Kivunhoidossa psykoedukaatiolla on tärkeä rooli. Tekoäly pystyy mukautumaan potilaiden yksilöllisiin tarpeisiin, jolloin myös psykoedukaatiota voidaan muokata paremmin potilaskohtaiseksi [17].

3.2.3 Omahoidon tehostaminen tekoälysovelluksilla

Niska-hartiaseudun ja alaselän kivut sekä jäykkyys ovat yleisiä työikäisillä. Ne aiheuttavat merkittäviä kustannuksia lääkehoidon, sairauspoissaolojen ja alentuneen työtehon kautta. Tutkimusnäyttö osoittaa, että liikuntaharjoittelu on tehokas keino lieventää kipua ja parantaa toimintakykyä. Liikuntaharjoittelu on usein itsenäisesti toteutettavaa omahoitoa, jolloin haasteeksi muodostuu potilaiden heikko sitoutuminen hoitoon [18].

Anan ym. (2021) hyödynsivät älypuhelinsovellusta niska-hartiaseudun ja alaselän vaivojen hoidossa. Sovellus oli tekoälyavusteinen ja tutkimuksen tavoitteena oli saada potilaat sitoutumaan paremmin liikuntaharjoitteluun. 12 viikon seurantajakson aikana 73 % sovellusta käyttäneistä koki oireidensa helpottaneen, kun kontrolliryhmässä luku oli 7 %. Sovellusta käyttäneiden sitoutuminen hoitoon oli 92 % [18].

Niskan ja alaselän kivunhoidossa käytettävää älypuhelinsovellusta tutkivat myös Marcuzzi ym. (2023) satunnaistetussa kliinisessä tutkimuksessa. Tutkimuksessa oli käytössä tekoälypohjainen SELFBACK-sovellus, joka räätälöi hoidon yksilöllisesti. Tuloksia arvioitiin kyselylomakkeella 6 viikon, 3 kuukauden ja 6 kuukauden kohdalla. Vertailussa käytettiin tavanomaista omahoitoa ja verkkopohjaista, vakioitua omahoidon ohjausta. Tekoälyn avulla räätälöidyn hoito-ohjelman tulokset eivät olleet merkittävästi tehokkaampia kuin vertailukohteet [19].

Kroonisen kivun hoidossa myös kognitiivis-behavioralistisen terapian hyödyistä on näyttöä [20]. Sekä Meheli ym. (2022) että Piette ym. (2022) hyödynsivät tekoälypohjaista älypuhelinsovellusta kognitiivis-behavioralistisen terapiamuodon toteutukseen. Tulokset olivat lupaavia. Meheli ym. (2022) nostivat tutkimuksessaan esille, että kroonisesta kivusta kärsivien potilaiden sitoutuminen hoitoon oli tilastollisesti merkittävämpää kuin potilailla, joilla ei ollut kroonista kipua. Tutkimuksen perusteella oli todettavissa, että erityisesti tämä potilasryhmä kaipaa työkaluja kroonisen kivun, mielenterveyden ongelmien ja unihäiröiden hoidossa. Ratkaisuksi ehdotetaan tekoälypohjaisia sovelluksia. Piette ym. (2022) kehittivät räätälöivän kognitiivis-behavioralistisen terapiaohjelman. Tekoälyn suosituksen perusteella potilaalle ohjelmoitiin joko terapeutin puhelu (15 tai 45 minuuttia) tai interaktiivisen puheohjauksen kautta annettu terapeutin viesti. Tekoälytekniikkaa hyödyntämällä saatiin vähennettyä terapeutin käyttämää aikaa potilasta kohden ja silti hoitotulokset vastasivat 10 viikon ajanjaksolla niitä potilaita, jotka saivat viikoittain 45 minuutin mittaisen terapiapuhelun [21], [22].

Pohdinta

3.3 Tulosten tulkinta

Tekoällyn käyttöönotto kivunhoidossa luo uusia mahdollisuuksia, mutta tuo mukanaan myös haasteita. Tulevaisuudessa sen avulla voidaan ennustaa kipua tarkemmin, tehdä hoidosta yksilöllisempää ja edistää potilaiden omahoitoa.

Tekoälyä voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää kivun tunnistamisessa ja arvioimisessa tilanteissa, joissa potilas ei itse pysty kommunikoimaan [6]. Kivun ennustaminen on yksi suurimmista tutkimuskohteista ja tässä käyttötarkoituksessa tekoäly on osoittautunut tarkaksi ennustajaksi useissa tutkimuksissa. Näiden ennuste- ja arviointimallien rajoitteena on kuitenkin niiden kategorisuus: ne ennustavat usein ainoastaan kivun lievittymistä tai vaikeutumista sen sijaan, että ne määrittäisivät kyseisen muutoksen suuruuden kvantitatiivisesti. Potilaan hoitovasteen arvioinnissa tekoälymallit ovat myös osoittautuneet tehokkaiksi [23]. Hoitovasteen ennustaminen mahdollistaa myös hoidon yksilöllistämisen. Näin voitaisiin tehostaa hoitoa, vähentää haittavaikutuksia, parantaa hoitotuloksia ja laskea hoitokustannuksia [24].

Tekoällyn yhä laajenevista sovelluksista huolimatta kokemukset niiden käytöstä kliinisessä työssä ovat yhä vähäisiä. Esteeksi tässä on muodostunut muun muassa tutkimusten suhteellisen pienet otoskoot ja käyttöönottoa tukevan infrastruktuurin puute [25].

Virheen tai haittatapahtuman käsittely monimutkaistuu, kun käytössä onkin ollut tekoälyä hyödyntävä ohjelmisto. Kuka on virheestä vastuussa? Onko se ohjelmistokehittäjä, terveydenhuollon ammattilainen vai ohjelmiston käyttöön ottanut instituutio? Vastuuvellisuuden määrittämiseen tarvitaan selkeää sääntelyä, jotta luottamus tekoälyteknologiaan pääsee muodostumaan.

Tutkimustyöhön käytettävän datan eettinen ja turvallinen käsittely asettaa myös haasteita, kun käytössä on suhteellisen uutta teknologiaa. Tekoällyn potentiaalin hyödyntäminen vaatiikin jatkuvaa yhteistyötä terveydenhuollon ammattilaisten, tutkijoiden ja potilaiden välillä [9], [25].

Kivunhoidollisiin tarkoituksiin on kehitetty monipuolisesti tekoälyohjelmistoja ja ne kehittyvät nopeasti. Niiden tavoitteena ei kuitenkaan ole korvata terveydenhuollon ammattilaisia, vaan auttaa heitä päätöksenteossa ja parantaa hoidon laatua, tehokkuutta sekä

potilasturvallisuutta. Toistaiseksi on kuitenkin puutteellisesti näyttöä siitä, millainen vaikutus tekoälymalleilla on kliinisessä käytössä. Tämän vuoksi tarvittaisiin lisätutkimuksia näiden sovelluksien hyödyntämiseen oikeissa, käytännön hoitotilanteissa [2].

3.4 Tekoälyn ongelmat

3.4.1 Eettiset ja oikeudelliset haasteet

Tekoälyohjelmistojen sovittaminen terveydenhuollon alalle tuo mukanaan hyötyjen lisäksi myös eettisiä ja oikeudellisia haasteita. Näitä ovat muun muassa järjestelmien vinoumat, luotettavuus, vastuullisuus ja yksityisyydensuojan toteutuminen. Teknologia voi parantaa hoidon laatua, mutta samalla se haastaa perinteisiä käsityksiä lääkärin vastuusta, potilaan itsemääräämisoikeudesta ja hoidon oikeudenmukaisuuden toteutumisesta [26].

Terveydenhuollossa tekoälyohjelmiston tekemä virhe voi johtaa vakaviinkin seurauksiin, joten sen sääntely ja eettinen kehitystyö ovat välttämätöntä.

Algoritmien vinoumat (engl. bias) ovat keskeinen eettinen ongelma. Tekoälylle annettavassa datassa jo valmiina esiintyvät vinoumat toistuvat tuloksissa, mikäli niihin ei puututa tai niitä ei havainnoida. Tämä voi johtaa vääristyneisiin tai käyttökeltvottomiin tuloksiin ja lopulta esimerkiksi syrjintään. Tietyt ryhmät, kuten naiset ja tummaihoiset, ovat olleet kliinisissä tutkimuksissa historiallisesti aliedustettuina. Tällaiset vinoumat heijastuvat tekoälymallien tuotoksissa ja voivat näin vahvistaa eriarvoisuutta [27].

Luottamuksen muodostaminen tekoälyteknologiaan vaatii läpinäkyvyyttä ohjelmistoilta ja niiden kehittäjiltä. Olennaista on, että terveydenhuollossa tekoälyä käyttävä ammattilainen pystyisi ymmärtämään, mihin algoritmi perustaa tuloksensa. Jäljitettävyyys voi kuitenkin olla joskus haasteellista, kun käytetään monimutkaisia menetelmiä kuten syväoppimista ja neuroverkkoja. Kliinikon voikin olla joissain tapauksissa mahdoton täysin selvittää, mihin esimerkiksi hoitosuositus perustuu. Tätä ilmiötä kutsutaan nimellä mustan laatikon ongelma (engl. black box issue) [28].

Tekoälypohjaiset ohjelmistot ovat alkaneet tehdä yhä itsenäisempiä hoitopäätöksiä, minkä vuoksi vastuuvollisten osoittaminen on aiempaa haasteellisempaa. Kun ohjelmisto tekee virheen tai aiheuttaa haittatapahtuman, täytyy miettiä kantaako tapahtuneesta vastuun terveydenhuollon ammattilainen, ohjelmiston kehittäjä tai kenties hyvinvointialue. Tämäkin vaatii lainsäädännön mukautumista teknologian kehittyessä [27]. Euroopan unionissa

tuotevastuudirektiivin tarkoitus on huolehtia valmistajien korvausvastuusta, kun turvallisuudeltaan puutteellinen tuote aiheuttaa vahingon [29].

Potilaiden yksityisyydensuojan säilyttäminen on olennainen huolenaihe tekoälyn käytössä. Ohjelmistoille syötettävä data sisältää arkaluontoisia ja yksilöiviä potilastietoja, minkä vuoksi myös tekoälymallien tulee noudattaa tietosuojaa koskevia lainsäädäntöjä. Vuonna 2024 voimaan tullut Euroopan unionin tekoälysäädöksen tarkoitus on edistää vastuullista tekoälyn kehitystä ja käyttöönottoa. Säädöksessä lääkinnällisiin tarkoituksiin käytettävät tekoälyohjelmistot on luokiteltu korkeariskisiksi. Tämän vuoksi niiltä odotetaan esimerkiksi asianmukaista riskienhallintaa, korkealaatuisia datajoukkoja, tiedon jäljitettävyyttä ja ihmisen suorittamaa valvontaa [30]. GDPR (general data protection regulation) eli yleinen tietosuoja-asetus ohjaa Euroopassa tietosuojaan liittyvää lainsäädäntöä. Vastaavanlainen laki Yhdysvalloissa on nimeltään HIPAA (health insurance portability and accountability act). Molempien tarkoituksena on suojata terveystietojen yksityisyyttä ja turvallisuutta [27].

Potilaiden itsemääräämisoikeus on keskeinen perusoikeus terveydenhuollossa ja potilaslain (785/1992) mukaan potilasta on hoidettava yhteisymmärryksessä hänen kanssaan. Jos potilaan hoidossa käytetään tekoälyä edes avustavassa asemassa, täytyisi myös potilaan olla tästä tietoinen. Mikäli potilas ei kuitenkaan ymmärrä tekoälyn toimintaperiaatteita tai rajoitteita, täytyy pohtia, voiko potilas antaa tällaiseen suostumuksensa. Ymmärryksen ja tiedon puute aihepiirin ympärillä voi heikentää luottamusta ja itsemääräämisoikeuden toteutumista.

Tekoälyteknologian nopea kehitys vaatii ponnisteluja ja toimivaa yhteistyötä ohjelmistokehittäjien, terveydenhuollon ammattilaisten, lakiasiantuntijoiden ja lainsäätäjien välillä [27].

3.5 Opinnäytetyön vahvuudet ja heikkoudet

Kirjallisuuskatsauksen aihe on ajankohtainen, joten tuoreita tutkimuksia löytyi runsaasti. Tutkimusten laatu oli kuitenkin vaihteleva ja kliinisiä, satunnaistettuja tutkimuksia on vielä vähän. Useimmat tutkimukset olivat retrospektiivisiä ja mukana oli myös useita kokeellisia tutkimuksia. Eri tutkimuksien tulokset olivat lähtökohtaisesti linjassa toisiinsa.

Hakulausekkeella löytyi yli 500 artikkelia, joista otsikon perusteella yli 50 sopi tämän katsauksen lähteeksi. Hakulausekkeeseen ei lisätty kaikkia eri tekoälyn alakategorioita, jolloin haun ulkopuolelle on jäänyt väistämättä myös aiheeseen sopivia artikkeleita. Koska kyseessä on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, on artikkelit valittu subjektiivisesti, eikä kaikkea aiheeseen

liittyvää kirjallisuutta ole voitu sisällyttää tähän katsaukseen. Tavoitteena katsauksessa oli esitellä mahdollisia tekoälyn käyttöaiheita, mutta katsauksesta ei kuitenkaan tule esille, kuinka paljon tietyn aihealueen tutkimuksia kokonaisuudessaan on julkaistu.

4 Johtopäätökset

Tekoälyllä on selkeä potentiaali edistää kivunhoitoa. Potilaan tekemän kivun itsearviointiin sijaan voitaisiin tekoälyn avulla tunnistaa kipua esimerkiksi kasvojen ilmeistä tai aivosähkökäyrästä koneoppimismenetelmin. Kroonista kipua voitaisiin ennustaa esimerkiksi röntgenkuva-analyysillä tai preoperatiivisiin tekijöihin perustuvilla koneoppimismalleilla. Tekoälyä voitaisiin hyödyntää myös kivunhoidon yksilöllistämiseksi. Esimerkiksi pään magneettikuvien perusteella voitaisiin ennustaa lääkehoidon vasteita ja esimerkiksi omahoitoa voitaisiin räätälöidä potilaskohtaisesti tekoälypohjaisia älypuhelinsovelluksia hyödyntäen. Tulevaisuudessa tarvitaan kuitenkin lisätutkimuksia, sillä laadukkaita klinisiä tutkimuksia on vielä vähän. Tekoälyohjelmistot tuovat mukanaan myös oikeudellisia ja eettisiä ongelmia, joihin lukeutuvat järjestelmien vinoumat, luotettavuus, vastuullisuus ja yksityisyydensuojan toteutuminen. Tekoälyn integrointi kliniseen työhön vaatii siis vielä jonkin verran ponnisteluja, mutta tulevaisuus näyttää lupaavalta.

Lähteet

- [1] "IASP Announces Revised Definition of Pain", International Association for the Study of Pain (IASP). Viitattu: 12. kesäkuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.iasp-pain.org/publications/iasp-news/iasp-announces-revised-definition-of-pain/>
- [2] R. Antel, S. Whitelaw, G. Gore, ja P. Ingelmo, "Moving towards the use of artificial intelligence in pain management", *Eur. J. Pain Lond. Engl.*, vol. 29, nro 3, s. e4748, maaliskuu 2025, doi: 10.1002/ejp.4748.
- [3] M. Cascella, M. L. G. Leoni, M. N. Shariff, ja G. Varrassi, "Artificial Intelligence-Driven Diagnostic Processes and Comprehensive Multimodal Models in Pain Medicine", *J. Pers. Med.*, vol. 14, nro 9, s. 983, syyskuu 2024, doi: 10.3390/jpm14090983.
- [4] M. Cascella ym., "Artificial Intelligence for Automatic Pain Assessment: Research Methods and Perspectives", *Pain Res. Manag.*, vol. 2023, s. 6018736, 2023, doi: 10.1155/2023/6018736.
- [5] J. M. Hagedorn, T. K. George, R. Aiyer, K. Schmidt, J. Halamka, ja R. S. D'souza, "Artificial Intelligence and Pain Medicine: An Introduction", *Journal of Pain Research*, vol. 17. Dove Medical Press Ltd, s. 509–518, 2024. doi: 10.2147/JPR.S429594.
- [6] D. Fontaine ym., "Artificial intelligence to evaluate postoperative pain based on facial expression recognition", *Eur. J. Pain*, vol. 26, nro 6, s. 1282–1291, 2022, doi: 10.1002/ejp.1948.
- [7] E. Hosseini ym., "Convolution Neural Network for Pain Intensity Assessment from Facial Expression", teoksessa *2022 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, heinäkuu 2022, s. 2697–2702. doi: 10.1109/EMBC48229.2022.9871770.
- [8] D. Chen ym., "Scalp EEG-Based Pain Detection Using Convolutional Neural Network", *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 30, s. 274–285, 2022, doi: 10.1109/TNSRE.2022.3147673.
- [9] M. C. B. Adams, J. S. Bowness, A. M. Nelson, R. W. Hurley, ja S. Narouze, "A roadmap for artificial intelligence in pain medicine: current status, opportunities, and requirements", *Curr. Opin. Anaesthesiol.*, vol. 38, nro 5, s. 680, lokaalinen 2025, doi: 10.1097/ACO.0000000000001508.
- [10] B. Guan ym., "DEEP LEARNING APPROACH TO PREDICT PAIN PROGRESSION IN KNEE OSTEOARTHRITIS", *Skeletal Radiol.*, vol. 51, nro 2, s. 363–373, helmikuu 2022, doi: 10.1007/s00256-021-03773-0.
- [11] C. Sun ym., "Prediction models for chronic postsurgical pain in patients with breast cancer based on machine learning approaches", *Front. Oncol.*, vol. 13, s. 1096468, 2023, doi: 10.3389/fonc.2023.1096468.
- [12] J. I. Park, S. Johnson, ja L. Pruinelli, "Optimizing pain management in breast cancer care: Utilizing 'All of Us' data and deep learning to identify patients at elevated risk for chronic pain", *J. Nurs. Scholarsh. Off. Publ. Sigma Theta Tau Int. Honor Soc. Nurs.*, vol. 57, nro 1, s. 95–104, tammi 2025, doi: 10.1111/jnu.13009.
- [13] J.-G. Shim ym., "Machine Learning Approaches to Predict Chronic Lower Back Pain in People Aged over 50 Years", *Medicina (Mex.)*, vol. 57, nro 11, s. 1230, marraskuuta 2021, doi: 10.3390/medicina57111230.
- [14] B. Berg ym., "Machine Learning Models for Predicting Disability and Pain Following Lumbar Disc Herniation Surgery", *JAMA Netw. Open*, vol. 7, nro 2, s. e2355024, helmikuu 2024, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.55024.
- [15] E. Ichescu ym., "Prediction of Differential Pharmacologic Response in Chronic Pain Using Functional Neuroimaging Biomarkers and a Support Vector Machine Algorithm:

- An Exploratory Study”, *Arthritis Rheumatol.*, vol. 73, nro 11, s. 2127–2137, marras 2021, doi: 10.1002/art.41781.
- [16] P. Branco, S. Berger, T. Abdullah, E. Vachon-Preseu, G. Cecchi, ja A. V. Apkarian, ”Predicting placebo analgesia in patients with chronic pain using natural language processing: A preliminary validation study”, *Pain*, vol. 164, nro 5, s. 1078–1086, touko 2023, doi: 10.1097/j.pain.0000000000002808.
- [17] C. L. Robinson *ym.*, ”Reviewing the Potential Role of Artificial Intelligence in Delivering Personalized and Interactive Pain Medicine Education for Chronic Pain Patients”, *J. Pain Res.*, vol. 17, s. 923–929, maaliskuu 2024, doi: 10.2147/JPR.S439452.
- [18] T. Anan *ym.*, ”Effects of an Artificial Intelligence–Assisted Health Program on Workers With Neck/Shoulder Pain/Stiffness and Low Back Pain: Randomized Controlled Trial”, *JMIR MHealth UHealth*, vol. 9, nro 9, s. e27535, syys 2021, doi: 10.2196/27535.
- [19] A. Marcuzzi *ym.*, ”Effect of an Artificial Intelligence–Based Self-Management App on Musculoskeletal Health in Patients With Neck and/or Low Back Pain Referred to Specialist Care”, *JAMA Netw. Open*, vol. 6, nro 6, s. e2320400, kesä 2023, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.20400.
- [20] ”Kipu”. Viitattu: 7. kesäkuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: <https://www.kaypahoito.fi/hoi50103>
- [21] S. Meheli, C. Sinha, ja M. Kadaba, ”Understanding People With Chronic Pain Who Use a Cognitive Behavioral Therapy-Based Artificial Intelligence Mental Health App (Wysa): Mixed Methods Retrospective Observational Study”, *JMIR Hum. Factors*, vol. 9, nro 2, s. e35671, huhti 2022, doi: 10.2196/35671.
- [22] J. D. Piette *ym.*, ”Patient-Centered Pain Care Using Artificial Intelligence and Mobile Health Tools: A Randomized Comparative Effectiveness Trial”, *JAMA Intern. Med.*, vol. 182, nro 9, s. 975–983, syys 2022, doi: 10.1001/jamainternmed.2022.3178.
- [23] A. Abd-Elsayed, · Christopher, L. Robinson, Z. Marshall, S. Diwan, ja · Theodore Peters, ”Applications of Artificial Intelligence in Pain Medicine”, vol. 28, s. 229–238, 2024, doi: 10.1007/s11916-024-01224-8.
- [24] T. A. Meier *ym.*, ”The Role and Applications of Artificial Intelligence in the Treatment of Chronic Pain”, *Curr. Pain Headache Rep.*, vol. 28, nro 8, s. 769–784, elo 2024, doi: 10.1007/S11916-024-01264-0/TABLES/4.
- [25] R. Antel, S. Whitelaw, ja | Genevieve Gore, ”Moving towards the use of artificial intelligence in pain management”, *Eur J Pain*, vol. 29, s. 4748, 2025, doi: 10.1002/ejp.4748.
- [26] E. B. Weiner, I. Dankwa-Mullan, W. A. Nelson, ja S. Hassanpour, ”Ethical challenges and evolving strategies in the integration of artificial intelligence into clinical practice”, *PLOS Digit. Health*, vol. 4, nro 4, s. e0000810, huhti 2025, doi: 10.1371/journal.pdig.0000810.
- [27] T. Pham, ”Ethical and legal considerations in healthcare AI: innovation and policy for safe and fair use”, *R. Soc. Open Sci.*, vol. 12, nro 5, s. 241873, doi: 10.1098/rsos.241873.
- [28] J. Iqbal *ym.*, ”Reimagining Healthcare: Unleashing the Power of Artificial Intelligence in Medicine”, *Cureus*, vol. 15, nro 9, s. e44658, doi: 10.7759/cureus.44658.
- [29] ”Tekoäly terveydenhuollossa”. Viitattu: 8. maaliskuuta 2026. [Verkossa]. Saatavissa: https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/artificial-intelligence-healthcare_fi#eun-lains%C3%A4%C3%A4d%C3%A4nt%C3%B6-muovaa-teko%C3%A4lyn-roolia-terveydenhuollossa
- [30] ”Ai Act”. [Verkossa]. Saatavissa: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>