

Niina Mykkänen & Tiina Ojala

**HUOMISEN KLIININEN LABORATORIOTYÖ JA RFID-TEKNIikkaAN
KOHDENNETUT ODOTUKSET**

Kirjallisuuskatsaus

HUOMISEN KLIININEN LABORATORIOTYÖ JA RFID-TEKNIikkaAN KOHDENNETUT ODOTUKSET

Kirjallisuuskatsaus

Niina Mykkänen & Tiina Ojala
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Bioanalytiikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Bioanalytiikan koulutusohjelma

Tekijät: Niina Mykkänen & Tiina Ojala

Opinnäytetyön nimi: Huomisen kliininen laboratoriotyö ja RFID-tekniikkaan kohdennetut odotukset

Työn ohjaaja: Outi Mäkitalo & Paula Reponen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2015

Sivumäärä: 46 + 1 liite

Kliinisiin laboratorioihin kohdistuvien tuottavuus-, tehokkuus- ja säästöpainoiden sekä potilasturvallisuuden liittyvien haasteiden seurauksena laboratorioalalla täytyy etsiä jatkuvasti uusia ratkaisuja laboratorioprosessien parantamiseksi. Opinnäytetyön aihe lähti tarpeesta hakea ratkaisua laboratorioita haastaviin ongelmiin RFID-tekniikan kautta. Perinteisiin tunnistusmenetelmiin verrattuna RFID-tekniikalla on monia etuja, kuten näytteiden tunnistaminen automaattisesti ilman näköyhteyttä sekä suuremmilla etäisyyksillä.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Oulun ammattikorkeakoulu. Työn tarkoituksena oli koota tietoa RFID-tekniikan käytöstä kliinisissä laboratorioissa terveysalalla sekä tekniikan käyttöönoton mahdollisista hyödyistä ja haitoista. Tavoitteena oli, että opinnäytetyön sisältöä voidaan myöhemmin hyödyntää alan koulutuksessa ja sen suunnittelussa, sekä alan muutosten ennakoinnissa. Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä käytettiin kirjallisuuskatsausta. Tiedonhankinta suoritettiin Medic, Ebsco ja PubMed -tietokannoista.

Kirjallisuuskatsauksen hakutulokseksi saatiin 26 valintakriteerit täyttävää artikkelia. Artikkeleista etsittiin määriteltyjen tutkimuskysymysten mukaisesti vastauksia RFID-tekniikan mahdollisiin laboratoriosovelluksiin sekä tekniikan tuomiin hyötyihin ja haittoihin. Tulosten perusteella tehtiin kuvaus kuvitteellisesta mallilaboratoriosta, jossa RFID-tekniikka on otettu käyttöön osaksi laboratoriotutkimusprosessia.

Opinnäytetyön tuloksena selvisi, että RFID-tekniikalla on paljon potentiaalia kliinisissä laboratorioissa terveysalalla. Yleisimmät käyttökohteet ovat normaaleja logistisia prosesseja, kuten näytteiden tunnistamiseen ja käsittelyyn liittyvien vaiheiden seuranta sekä tuotteiden etsiminen varastotiloista. Tekniikkaa on kokeiltu lupaavin tuloksin muun muassa verensiirtotoiminnassa ja patologian laboratorioissa. RFID-tekniikan on osoitettu vähentävän inhimillisiä virheitä, parantavan potilasturvallisuutta ja laboratorioiden tuottavuutta sekä nopeuttavan laboratorioprosesseja. Toistaiseksi RFID-tekniikan käyttöönottoa on rajoittanut tekniikan kustannukset, puute kliinisiin laboratorioihin sopivista standardeista, tieto- ja turvallisuusuhat, sekä mahdolliset häiriöt tekniikan toimivuudessa. Tekniikan soveltuvuutta kliinisiin laboratorioihin olisi hyvä vielä selvittää ja käytännön testausta suositella yhä laajemmin.

Asiasanat: RFID-tekniikka, radiotaajuustunnistus, kliininen laboratoriotoiminta, kirjallisuuskatsaus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

Authors: Niina Mykkänen & Tiina Ojala
Title of thesis: The Use of RFID-technology in Clinical Laboratories: Literature Review
Supervisors: Outi Mäkitalo & Paula Reponen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015
Number of pages: 46 + 1 appendix

Nowadays clinical laboratories are facing productivity, efficiency and financial challenges while ensuring patient safety. Consequently, clinical laboratories need to search for new solutions to improve laboratory processes. The subject of this thesis originated from the need to search for a solution to the challenges in clinical laboratories through RFID-technology.

The objective of this thesis was to gather information about the use of RFID-technology in clinical laboratories in health care and to find out about its advantages and disadvantages. This thesis could be later used for educational purposes and foreseeing changes in the clinical laboratory field.

The study was conducted using a literature review. Electronic searches were performed in different databases to gather material for the study and 26 articles were reviewed in order to find answers to the research questions. As an outcome, description of an imaginary model laboratory using RFID-technology was made.

Findings revealed that RFID-technology has a lot of potential for using it in clinical laboratories in health care. The most common applications are normal logistical processes, such as sample identification and tracking along with searching products from storage. RFID-technology has many advantages compared to traditional identification methods, such as automatic sample identification without line-of-sight and with longer distances. The technology has already been tested with promising results among other things in transfusion technology and pathology laboratories. It is proved that RFID-technology improves laboratory processes, decreases human errors and increases patient safety and the productivity of the laboratories. So far high costs, lack of appropriate standards, data security and safety threats and possible interference with other medical devices have limited the implementation of the RFID-technology. Thus suitability of the technology for clinical laboratories should be investigated more and some further practical testing should be carried out.

Keywords: RFID-technology, radio frequency identification, clinical laboratory, literature review

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
1 JOHDANTO.....	7
2 LABORATORIOTUTKIMUSPROSESSI.....	8
2.1 Preanalyttinen vaihe.....	8
2.2 Yleisimmät laboratoriovirheet.....	9
2.3 Keinot laboratoriovirheiden vähentämiseen.....	10
3 LABORATORIOAUTOMAATIO.....	11
4 RFID-TEKNIikka.....	13
4.1 RFID-järjestelmä.....	13
4.1.1 RFID-tunniste.....	14
4.1.2 RFID-lukija.....	15
4.1.3 RFID-palvelin.....	16
4.2 RFID-taajuudet.....	16
4.3 Standardointi.....	17
4.4 RFID-tekniikka verrattuna viivakoodeihin.....	17
4.5 RFID-tekniikka terveydenhuollossa.....	18
5 KIRJALLISUUSKATSAUS TUTKIMUSMENETELMÄNÄ.....	20
5.1.1 Katsauksen suunnittelu.....	20
5.1.2 Katsauksen tekeminen.....	21
5.1.3 Katsauksen raportointi.....	21
6 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS.....	22
6.1 Tutkimuksen organisaatio, tarkoitus ja tavoitteet.....	22
6.2 Aineiston hankinta.....	23
6.2.1 Tietokannat.....	23
6.2.2 Hakusanat ja hakulausekkeet.....	23
6.2.3 Valintakriteerit.....	25
6.3 Hakutulokset ja aineiston analyysi.....	25
7 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET.....	27
7.1 RFID-tekniikan hyödyt kliinisissä laboratorioissa terveysalalla.....	27
7.2 RFID-tekniikan haitat kliinisissä laboratorioissa terveysalalla.....	28

7.3	RFID-tekniikan käyttö kliinisissä laboratorioissa terveystalalla	29
7.3.1	Näytteenotto.....	30
7.3.2	Kuljetukset	31
7.3.3	Näytteiden tunnistus, jäljitys ja tilan seuranta.....	31
7.3.4	Biopankit	33
7.3.5	Verensiirtotoiminta	33
7.3.6	Patologian laboratorio	36
8	POHDINTA.....	38
8.1	RFID-tekniikan käyttö kuvitteellisessa mallilaboratoriossa	38
8.2	Opinnäytetyöprosessin pohdinta	41
8.3	Eettisyys ja luotettavuus	42
8.4	Kehittämissuhteet	43
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET	47

1 JOHDANTO

Kliiniset laboratoriot ovat suurten haasteiden edessä ja kohtaavat yhä suurempaa painetta tuottaa tuloksia nopeammin sekä vähentää virheitä potilaiden hoidossa (Felder 2014, viitattu 27.1.2015). Sen lisäksi, että laboratorioden paineet kohdistuvat tällä hetkellä potilasturvallisuuden varmistamiseen, haastavat niitä työvoimapula ammattitaitoisesta henkilöstöstä sekä suurenevat kulut samalla, kun budjetit pienenevät (Da Rin 2009, 321). Laboratoriot joutuvatkin pohtimaan, miten kuluja voidaan kontrolloida ja tuottavuutta parantaa samalla kun ylläpidetään ja kehitetään laatua sekä laboratoriotutkimusten arvostusta (Dark Daily 2014, viitattu 4.3.2015).

Laboratorioiden on pysyttävä ajan tasalla uusimmista mahdollisuuksista muun muassa edellä mainituista syistä (Felder 2014, viitattu 27.1.2015). Yhtenä mahdollisena ratkaisuna laboratorioden haasteisiin voi olla RFID-tekniikan käyttöönotto osaksi laboratoriotutkimusprosessia. Kyseinen tekniikka mahdollistaa kohteiden tunnistamisen kauempaa eikä vaadi tiedon lukemiseksi suoraa näköyhteyttä kohteen ja lukijan välille. Tekniikalla on myös monia muita etuja perinteisiin viivakoodeihin verrattuna. (Want 2006, 25.) RFID-tekniikan avulla voidaan ehkäistä laboratoriovirheitä ja parantaa potilasturvallisuuden lisäksi myös laboratorioden tuottavuutta ja tehokkuutta sekä tuoda taloudellisia säästöjä (Lahtela 2009, 167–168).

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Oulun ammattikorkeakoulu. Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisuuskatsausta, ja tiedonhankinta suoritetaan sähköisistä tietokannoista. Opinnäytetyön tarkoituksena on koota tietoa RFID-tekniikan käytöstä kliinisissä laboratorioissa terveysalalla sekä tekniikan käyttöönoton mahdollisista hyödyistä ja haitoista. Tulosten perusteella luodaan kuva huomisen laboratoriotyöstä ja ennakoidaan alan mahdollisia tulevaisuuden muutoksia. Työssä visioidaan kliinisten laboratorioden tulevaisuudensuuntaa luomalla kuva RFID-tekniikan toiminnasta kuvitteellisessa mallilaboratoriossa. Opinnäytetyön tavoitteena on, että työn sisältöä voidaan hyödyntää koulutuksessa ja sen suunnittelussa sekä kliinisen laboratorioalan muutosten ennakoinnissa. Bioanalyytikon työnkuva voi uusien laboratoriotekniikoiden myötä muuttua, mikä aiheuttaa muutoksia osaamistarpeissa. Myös alan asiantuntijat saavat opinnäytetyömme kautta kuvan mahdollisesta tulevaisuuden laboratoriotekniikasta, jonka kanssa he voivat myöhemmin työskennellä.

2 LABORATORIOTUTKIMUSPROSESSI

Laboratoriotutkimusprosessi jaetaan preanalyttiseen, analyttiseen ja postanalyttiseen vaiheeseen. Preanalytiikka voidaan jakaa edelleen kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäiseen vaiheeseen sisältyy laboratorion ulkopuolella tapahtuvia toimintoja, kuten potilaalle sopivien laboratoriodokkeiden valinta sekä tutkimuspyyntöjen teko. Preanalytiikan toinen vaihe sisältää laboratorion valvonnassa tapahtuvat toiminnot, kuten näytteen käsittelyn. (Da Rin 2009, 316.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääosin laboratoriotutkimusprosessin preanalyttiseen vaiheeseen, sillä suurin osa virheistä tapahtuu silloin.

2.1 Preanalyttinen vaihe

Preanalyttinen vaihe on yksi työteliäimmistä vaiheista kliinisessä työssä. Se vie kaksi kolmasosaa henkilökunnan kokonaisajasta, kuluttaa suuren osan laboratorion työvoimakustannuksista ja altistaa henkilökunnan biologiselle vaaralle näyteputken hajotessa sekä näytteen läikkyessä. Lisäksi preanalyttisen vaiheen manuaalisen luonteen takia mahdollisuus erilaisiin virheisiin kasvaa. Esimerkkeinä ovat väärin tarroitetut näyteputket ja näytteiden prosessointiin käytetyn ajan lisääntyminen. (Da Rin 2009, 318.)

Näytteiden kuljetus ottopaikalta laboratorioon analysoitavaksi on tärkeä osa preanalyttista vaihetta. Näytteiden ottamisen jälkeen näytteet on saatava laboratorioon ajoissa. Kuljettamiseen käytetäänkin monia erilaisia keinoja: ihmislähetettä, putkiposteja, kuljetusratoja sekä uusimpana keksintönä robotteja. Perinteisten ihmislähetettien heikkoutena on näytteiden kuljetus vain tietyistä paikoista tiettyinä kellonaikoina. Lisäksi vaarana on putkien vahingoittuminen tai jopa häviäminen. Sairaaloissa käytetään kuitenkin myös tehokkaita paineilmatoimisia putkiposteja, joita ohjataan ja seurataan tietokoneen avulla. Lisäksi isoimmissa sairaaloissa on käytössä näytteenkuljetusratoja, jotka koostuvat useista lähetys- ja saapumispisteistä. Radat kuljettavat näytteitä luotettavasti ja tasaisella nopeudella päämääräänsä kohti. (Da Rin 2009, 317–318.)

2.2 Yleisimmät laboratoriovirheet

Verinäytteiden tulokset kattavat arviolta jopa 70 prosenttia kaikesta siitä tiedosta, jota käytetään lääketieteellisiä päätöksiä tehtäessä (Söderberg, Grankvist, Brulin & Wallin 2009, 731). Huoli laboratorioissa tapahtuvista virheistä sekä niiden negatiivisesta vaikutuksesta kansanterveyteen onkin kasvanut. Tutkimusten mukaan jopa 24 prosentilla laboratorioissa sattuvista virheistä on negatiivista vaikutusta potilaan hoitoon. Koska kliinisistä laboratorioista saatu tieto vaikuttaa todella paljon potilaiden diagnooseihin ja hoitoon, asiaan on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. (Carraro & Plebani 2007, 1338–1342.)

Suurin osa laboratoriovirheistä tapahtuu laboratoriosprosessin preanalyttisessä vaiheessa (Carraro & Plebani 2007, 1338). Useimmat virheet johtuvat inhimillisistä syistä ja ne ovat tapahtuneet jo ennen näytteen saapumista laboratorioon (Wallin, Söderberg, Van Guelpen, Stenlund, Grankvist & Brulin 2009, 581). Inhimillisten virheiden riskiä nostaa työntekijöiden liian suuren työtaakan seurauksena tuleva fyysinen ja psyykinen uupumus. Tyypillisiä virheitä ovat tutkimuspyynnön väärät tai puutteelliset tiedot, potilaiden tai näytteiden tunnistusvirheet, väärän näyteputken käyttö sekä liian pitkät odotusajat näytteiden kuljetuksen aikana. (Da Rin 2009, 318.) Lisäksi ongelmia muodostuu näyteputkien vajaasta täyttymisestä, erityisesti väärästä veren ja antikoagulantin suhteesta hyytymistutkimuksissa (Carraro & Plebani 2007, 1339). Yksi laboratorioissa esiintyvä ongelma on myös näytteiden hemolysoituminen, jonka yleisimpiä syitä ovat vääränlainen putkien käsittely, väärät lisäaineet, alipaineen jääminen putkeen, liian aikainen sentrifugointi sekä näytteiden virheellinen kuljetus (Szecsi & Ødum 2009, 1256).

Vakavimpia laboratoriovirheitä ovat väärin tarroitetut tai tarroittamattomat putket ja se, että potilaan tiedot eivät täsmää (Wagar, Tamashiro, Yasin, Hilborne & Bruckner 2006, 1663). Virheet näytteiden tarroituksessa voivat johtaa näytteiden väärinsijoituksiin sekä tunnistusvirheisiin, jotka voivat edelleen johtaa näytteiden katoamiseen ja väärin tuloksiin (Felder 2014, viitattu 27.1.2015). Potilaan oikein tunnistaminen on äärimmäisen tärkeää potilaan turvallisuuden ja terveydenhuollon kannalta. Väärin tunnistamisia voi tapahtua monessa laboratoriotutkimusprosessin vaiheessa: tutkimuspyyntöä tehtäessä, näytettä otettaessa, analysoinnin aikana tai tuloksia raportoitaessa. (Da Rin 2009, 316.) Sen lisäksi, että virheet voivat olla hyvin vaarallisia, kuluttavat ne paljon resursseja ylimääräisiä materiaalikulutuksia aiheuttamalla (Szecsi & Ødum 2009, 1256).

2.3 Keinot laboratoriovirheiden vähentämiseen

Kliinisissä laboratorioissa keskeisessä roolissa ovat virheiden vähentäminen ja laadun kehittäminen. On huomioitava, että suurin osa virheistä on ennaltaehkäistävissä. Paras tapa arvioida ja vähentää virheiden määrää laboratorioissa on koko koeprosessin huomioiminen. Puutteita voi ilmetä missä tahansa vaiheessa aina kokeiden tilaamisesta raportointiin ja tulosten tulkintaan saakka. (Carraro & Plebani 2007, 1338.) Koska preanalytiikka on osoittautunut alttiimmaksi virheille kuin laboratorioprosessin muut vaiheet, on sen kriittisten pisteiden tunnistaminen perusedellytys jatkuvalla laadun kehittämiselle, virheiden vähentämiselle ja tällä tavoin myös potilasturvallisuuden parantamiselle (Da Rin 2009, 316).

Laboratorioissa tapahtuvien virheiden ja potilasturvallisuuden kannalta on tärkeää, että kliiniset laboratoriot keräävät ja tilastoivat tietoa virheiden esiintyvyydestä koko tutkimusprosessin ajalta (Carraro & Plebani 2007, 1338). Jotta virheraportoinnin määrää saadaan nostettua, tulee raportointijärjestelmän olla yksinkertainen ja helposti saatavilla eikä se saa viedä kohtuuttomasti aikaa (Söderberg, Grankvist, Brulin & Wallin 2009, 734). Jatkuva valvonta, palautteen saaminen ja välineistön kehittäminen voivat vähentää laboratorioissa tapahtuvia virheitä (Wallin, Söderberg, Van Guelpen, Stenlund, Grankvist & Brulin 2009, 588), ja erilaisia tilastointimenetelmiä sekä osastojen välistä yhteistyötä ja kommunikaatiota hyödyntämällä voidaan kehittää keinoja etenkin preanalyttisten virheiden vähentämiseksi (Salinas, Lopez-Garrigos, Flores, Gutiérrez, Lugo & Uris 2009, 822-825).

Koska laboratorioilla on tapana palvella samankaltaisia potilaita, uusien potilaiden huolellinen rekisteröinti sekä kirjaaminen auttavat vähentämään tunnistusvirheitä ja löytämään ne yhä aikaisemmin (Valenstein, Raab & Walsh 2006, 1111). Suurin osa ammattilaisista on sitä mieltä, että laboratoriotutkimusprosessin automatisointi kasvattaa potilasturvallisuutta. Laadukkaiden automatisoitujen järjestelmien käyttäminen onkin parhaimpia keinoja taata korkea laatu ja minimoida preanalytiikassa tapahtuvat inhimilliset virheet. Muita työkaluja preanalytiikan laadun varmistamiseen ja virheiden minimoimiseen ovat käyttäjätystävälliset tietokoneohjelmat, potilasrannekeiden käytön kehittäminen, viivakoodien lisääminen rannekeisiin ja näyteputkiin sekä näyteputkien tarroituskoneiden käyttö näytteenotossa. (Da Rin 2009, 317, 323.)

3 LABORATORIOAUTOMAATIO

Automaation käyttö kliinisissä laboratorioissa on levinnyt laajalle ympäri maailmaa. Nykyisillä tekniikoilla voidaan automatisoida monia eri vaiheita näytteidenkäsittelyprosessissa. Laboratorioautomaation tarkoituksena on maksimoida tehokkuus ja minimoida virheet samalla kun laboratoriotutkimusvalikoima jatkuvasti kasvaa. Tutkimusten mukaan automaation käyttöönoton myötä virheet ovat vähentyneet yli 70 prosenttia ja näytteenottoon kulutettu aika yli 10 prosenttia. Potilasturvallisuus on kasvanut tutkimusten vastausajan pienentyessä keskimäärin 50 prosenttia. Terveystuollon kustannusleikkauksipaineiden myötä laboratoriot ovat turvautuneet automaatioon osin myös kannattavuuden ylläpitämiseksi. (Felder 2014, viitattu 27.1.2015.) Automaatiojärjestelmiä on saatavilla erikokoisille laboratorioille eri tarpeeseen preanalyttisestä automaatiosta täysautomaatioon. Automaation kustannukset ovat laskeneet, mikä mahdollistaa siihen siirtymisen sellaisissakin laboratorioissa, jotka eivät olisi edes ajatelleet asiaa aikaisemmin. (Melanson, Lindeman & Jarolim 2008, 138.)

Automatisoidut työpisteet pienentävät tehokkaasti työntekijöiden osuutta näytteiden käsittelyvaiheissa, mikä vähentää lajittelussa, tarroituksessa ja muussa näytteiden kanssa työskentelyssä tapahtuvia virheitä. Automaatiolla voidaan vaikuttaa potilaan odotusaikoihin, sillä nopeiden laboratoriotulosten myötä potilaalle saadaan nopeasti myös oikea diagnoosi ja hoito. Potilaiden odotusaikoja pienentämällä säästetään koko sairaalan kustannuksissa. Laboratorioautomaatiosta voidaan etsiä ratkaisua potilasturvallisuuden lisäksi myös ammattitaitoisen työvoiman puutteeseen sekä entistä turvallisempaan työympäristöön. Automaation käyttöönoton seurauksena laboratoriotuiminta yhdenmukaistuu, analysoitavien näytteiden määrä suurenee sekä inhimillisten virheiden riski, biologisille materiaaleille altistumisen mahdollisuus ja työntekijäkustannukset pienenevät. Automaation on huomattu kasvattavan työntekijöiden tyytyväisyyttä, sillä sen myötä työ koetaan vähemmän ikävyyttävänä, työ on turvallisempaa ja työntekijät kokevat saavansa uusia oppimismahdollisuuksia laitteiden kanssa työskennellessä. (Da Rin 2009, 321.)

Laboratorioanalysointi on kehittynyt pienen tutkimusvalikoiman sisältävästä käsityöstä laitekeskeiseksi suurenkapasiteetin tuotantoyksiköksi, ja kasvun myötä automaatio on muuttunut mukavuudesta pakollisuudeksi. Ensimmäisen automaatiolaitteen markkinoille tulon jälkeen laitteiden näytekapasiteetti on koko ajan kasvanut ja tutkimusvalikoima laajentunut. Laitteiden koon kasva-

essa laboratorioden ylläpitäviksi tekijöiksi ovat nousseet automaatiolinjastot, jotka takaavat näyt-
teiden nopean ja tarkan reitityksen eri työpisteille. (Nolen 2014, 12–13.) Uusi tulokas laboratorioi-
den automaation edistämiseksi on RFID-tekniikka. Markkinoilla on jo olemassa useita automaatti-
sia näytteenkäsittelylaitteita, joissa on RFID-luentamahdollisuus. Tällaisilla laitteilla on mahdollista
automatisoida prosesseja entistä laajemmin. (Heimonen, Hinkka & Isomäki 2012, 236.)

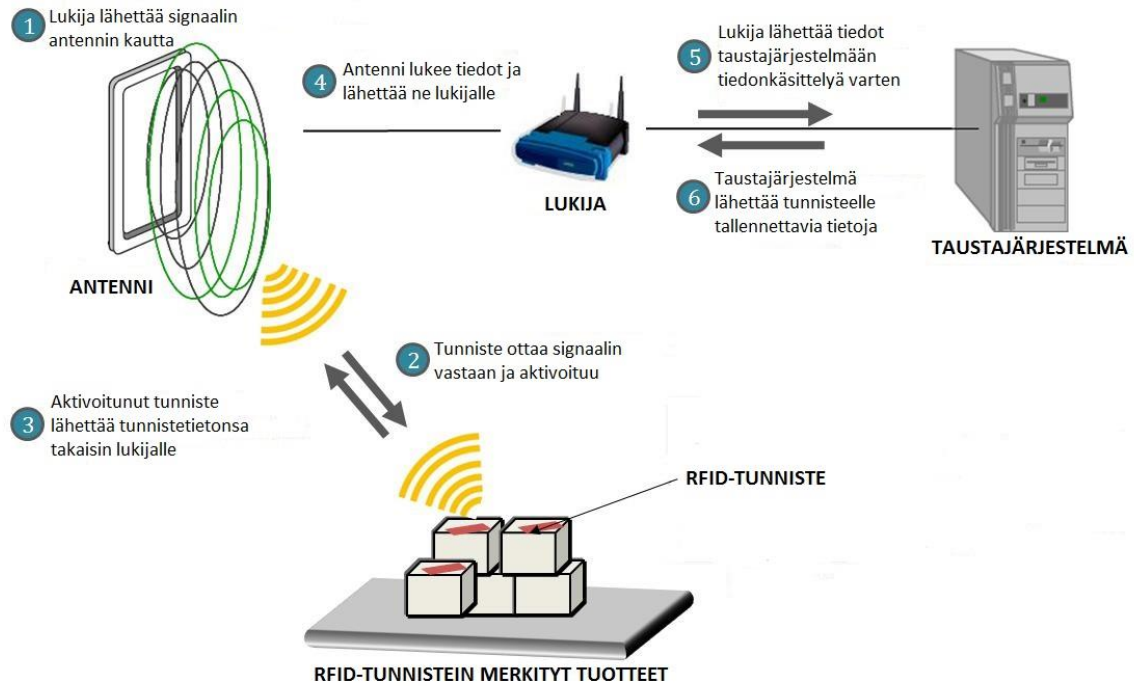
4 RFID-TEKNIikka

Radiotaajuustunnistus eli RFID (Radio Frequency Identification) on kohteiden havainnointiin, tunnistamiseen ja yksilöintiin käytettävien radiotaajuksilla toimivien tekniikoiden yleisnimitys (RFIDLab Finland ry, viitattu 9.3.2015). RFID-tekniikka mahdollistaa kohteen tunnistamisen kaukaa, eikä se vaadi tiedon lukemiseksi suoraa näköyhteyttä tunnisteen ja lukijan välille. Perinteisiin viivakodeihin verrattuna RFID-tunnisteet voivat sisältää paljon enemmän tietoa, ja tunnisteesiin on mahdollista sisällyttää myös lisätietoja. Lisäksi tunnistheet pystyvät mittaamaan jopa erilaisia ympäristötekijöitä, kuten lämpötilaa. (Want 2006, 25.)

Syy sille, miksi RFID-tekniikka ei ole ollut vielä kovin yleistä, on sen kallis hinta perinteisiin menetelmiin verrattuna. RFID-tekniikka antaa kuitenkin paljon lisäarvoa ja alkaa pikkuhiljaa olla hinnaltaan sellaista, että se voitaisiin ottaa laajempaan käyttöön. (Want 2006, 25.) Tunnisteiden valmistuskustannukset ja fyysinen koko ovat koko ajan pienentyneet samalla kun tunnisteen kapasiteetti on kasvanut. Tämä on mahdollistanut tekniikalle uusia sovelluskohteita. RFID-tekniikkaa käytetään tällä hetkellä lähinnä kohteiden tunnistamiseen, jäljittämiseen ja tilan seuraamiseen. Eniten tekniikkaa sovelletaan logistiikassa, liikenteessä sekä kulun valvonnassa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 9.)

4.1 RFID-järjestelmä

RFID-järjestelmään (KUVIO 1) kuuluu RFID-tunniste, RFID-lukija ja lukijaan yhteydessä oleva verkko tietojärjestelmään. Tunnisteelle tallennetaan oleelliset tiedot kohteen tunnistamiseksi. Tunniste luetaan lukijalla ja lukija voi edelleen olla yhteydessä verkkosovellukseen RFID-palvelimen kautta. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 25.)



KUVIO 1. RFID-järjestelmä (mukaillen Infinium Solutionz 2009, viitattu 9.3.2015).

4.1.1 RFID-tunniste

RFID-tunniste koostuu antennista ja mikrosirusta. Tunnisteen antenni lähettää ja vastaanottaa lukijan lähettämän radiosignaalin sekä komennot mikrosirulle. Mikrosiru sisältää tallennettua tietoa, jota voidaan lukea tai muokata lukulaitteella. Tunniste on mahdollista liittää kohteeseen jo valmistusvaiheessa tai vaihtoehtoisesti myöhemmin kiinnittämällä se kohteen pintaan. Tunnisteen koko ja muoto voivat vaihdella käyttötarkoituksesta riippuen. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 25–26.) Tunniste voi olla esimerkiksi kohteeseen kiinnitettävä tarra, implantti, nappi tai lappu (RFIDLab Finland ry, viitattu 9.3.2015). Esimerkiksi älylaput, smart labels, ovat todella ohuita tunnisteita ja niitä voidaan kiinnittää esineisiin samalla tavalla kuin tarralappuja. Yleensä niiden toiselle puolelle pystytään tulostamaan lisäksi tekstiä tai viivakoodi, joka sisältää saman tunnistekoodin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 28.)

RFID-tunnisteet voidaan jakaa aktiivisiin, semipassiivisiin ja passiivisiin tunnisteesiin. Aktiivisilla tunnisteeilla on oma virtalähteensä, kuten paristo, joka pitää kokonaan huolen tunnisteen käyttövirrasta. Semipassiiviset tunnisteeet ovat sekoitus aktiivista ja passiivista tunnistetta. Tunnisteen passiivinen osa saa energiansa lukijalta, minkä seurauksena tunnisteen aktiivinen osa aktivoituu ja lähettää

RFID-signaalin takaisin lukijalle. (Banks, Hanny, Pachano & Thompson 2007, 8–10.) Passiivisilla tunnisteeilla ei ole omaa virtalähdettä, vaan ne saavat käyttövirtansa kokonaan RFID-lukijalta. Aktiivitunnisteisiin verrattuna, passiivitunnisteet ovat halvempia, pienempikokoisia ja pidempi-ikäisiä. (Want 2006, 25.) Koska passiivisella tunnisteeilla ei ole omaa virtalähdettä, sitä voidaan lukea vain melko lyhyen matkan päästä. Passiivitunnisteen lukuetaisyys vaihtelee 10 millimetristä viiteen metriin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 38.) Tyypillisimmin käytetyt RFID-tunnisteet ovat passiivisia (Heimonen, Hinkka & Isomäki 2012, 233).

Tunnisteita jaotellaan lisäksi niiden tukemien toimintojen perusteella. Tunniste voi olla joko RO (read-only) -tunniste, jota voidaan ainoastaan lukea tai RW (read-write) -tunniste, johon voi lukemisen lisäksi myös kirjoittaa. Se, kumpaa tunnistetyyppiä kannattaa käyttää, riippuu käytössä olevasta sovelluksesta. Joissakin tapauksissa tunnisteen ei tarvitse sisältää informaatiota, tällöin tunnistetta voidaan hyödyntää pelkästään identifiointin välineenä. (Banks, Hanny, Pachano & Thompson 2007, 10–11.)

4.1.2 RFID-lukija

RFID-lukijalla pystytään lähettämään ja lukemaan tunnisteen tietoja, lukitsemaan tunnisteen sekä tuhoamaan tunnisteeilla olevat tiedot. Lukija ja tunniste ovat yhteydessä radioaaltojen avulla. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 30.) Lukijan antenni lähettää ja vastaanottaa radioaaltoja tunnisteeilta, minkä lisäksi lukija prosessoi informaatiota kommunikoidakseen tunnisteen kanssa. Mikroprosessori auttaa hallitsemaan tilanteita, joissa esimerkiksi kaksi tunnistetta lähettävät tietoa juuri samaan aikaan, mikä voi aiheuttaa tietojen yhteentörmäyksen. (Banks, Hanny, Pachano & Thompson 2007, 11–12.)

RFID-lukija tuottaa sähkömagneettisella kentällään radioaaltoja, jotka saavat tunnisteen antennissa aikaiseksi tunnisteen aktivoivan sähkövirran. Kun tunniste on lukijan tuottamien radioaaltojen kantaman sisällä, käyttää se tätä energiaa sekä virran lähteenä että kommunikointiin lukijan kanssa. (Banks, Hanny, Pachano & Thompson 2007, 8–11.) Lukija muuttaa tunnisteeilta takaisin tulevan radiosignaaliin koodatun tiedon digitaaliseen muotoon (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 30) ja välittää tunnisteeilta saamansa informaation taustajärjestelmään (Heimonen, Hinkka & Isomäki 2012, 234).

4.1.3 RFID-palvelin

RFID-palvelin eli taustajärjestelmä ohjaa lukulaitteen toimintaa. Se lähettää lukijalle käskyjä, joiden perusteella lukija esimerkiksi kirjoittaa tietoja tunnistelle tai lukee niitä. Palvelin ja lukija ovat yhteydessä toisiinsa tietyn protokollan avulla. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 36.) Tunnisteilta tulleet tiedot muutetaan merkitykselliseksi ja hyödynnettäväksi informaatioksi taustajärjestelmässä. Jalostetulla informaatiolla voidaan esimerkiksi kuitata kohteen saapuminen määränpäähänsä tai varoittaa, jos kohde havaitaan väärässä paikassa. Informaatiota voidaan hyödyntää ennen kaikkea toimintojen automatisoinnissa. Havaintotietoja voidaan käyttää hyväksi myös jälkikäteen, esimerkiksi tapahtumien jäljittämässä tai prosessien vaiheiden keston mittaamisessa. Vaikka RFID-tunnisteeseen on mahdollista kirjoittaa erilaisia lisätietoja, tallennetaan ne tyypillisesti tunnisteen sijasta taustajärjestelmään. Tällöin tunniste toimii vain linkkinä kohteen ja taustajärjestelmään tallennetun informaation välillä. (Heimonen, Hinkka & Isomäki 2012, 233–234.)

4.2 RFID-taajuudet

RFID-teknologiassa lukijan ja tunnisteen välillä on käytössä neljä eri taajuusaluetta: LF, HF, UHF sekä mikroaaltoalue. Taajuuskaistat voivat vaihdella alueittain ja maittain, minkä lisäksi käytettävä taajuusalue riippuu sovelluskohteesta. Matalat taajuudet sopivat korttien lukemiseen ja sovelluksiin, joissa tietoturva on tärkeää, sillä niiden kantomatka on pienempi. Suuria taajuuksia käytetään silloin, kun lukuetaisyyden halutaan olevan pidempi. Karkeasti sanottuna, mitä korkeampaa taajuutta käytetään, sitä nopeammin ja kauemmas tietoa pystytään siirtämään. Suuremmat taajuudet aiheuttavat kuitenkin enemmän toimintahäiriöitä metallien ja nesteiden lähellä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 40.)

LF (Low Frequency) -taajuusalueen tunnistheet toimivat alle 135 kHz:n taajuuksilla. Tunnistheet toimivat hyvin, vaikka ne joutuisivat kosketuksiin nesteiden, metallien, lumen tai lian kanssa. Ne eivät ole suuntaukselle herkkiä, vaativat vain vähän energiaa ja ovat verrattaen edullisia. Sen sijaan tunnistheet ovat herkkiä kohinalle. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 40–42.) LF-tunnisteiden käyttö rajoittuu lähinnä kulunvalvonnan ja eläintunnistuksen sovelluksiin, ja niitä käytetään enää harvoin uusissa sovelluskohteissa (RFIDLab Finland ry 2015, viitattu 9.3.2015). HF (High Frequency) -taajuusalueen tunnistheet toimivat 13,56 MHz:n taajuudella. Tunnistheet ovat jonkin verran kalliimpia kuin LF-tunnistheet, mutta niiden lukuetaisyys ja -nopeus ovat hiukan parempia. HF-

tunnisteet toimivat kohtuullisesti nesteiden ja metallien läheisyydessä. Ne eivät ole niin herkkiä kohinalle, mutta ovat jokseenkin herkkiä suuntaukselle. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 40–42.) Yleisimmin HF-taajuusalueiden tunnisteita käytetään lähietäisyydellä tunnistamisessa, kuten kulunvalvonnassa. Ne ovat hyvin käyttökelpoisia vielä nykypäivänäkin ja niille on kehitelty myös uusia sovelluskohteita. (RFIDLab Finland ry 2015, viitattu 9.3.2015.) LF- ja HF-taajuuksien tunnisteiden sovellukset käyttävät tyypillisesti passiivisia RFID-tunnisteita (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 41–42).

UHF (Ultra High Frequency)-taajuusalueen tunnisteet toimivat 869–928 MHz:n ja 433 MHz:n taajuuksilla (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 40). Näillä taajuuksilla toimivat RFID-järjestelmät ovat suhteellisen uusi keksintö. Eniten mielenkiintoa UHF-tekniikka on saanut sen lupavasta tulevaisuudesta logistiikan alalla. Tekniikkaa soveltavat jo muun muassa kauppaketjut Walmart ja Tesco. (RFIDLab Finland ry 2015, viitattu 9.3.2015.) Mikroaaltoalueen taajuus on 2,45 GHz tai 5,8 GHz (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 40). Sitä käytetään enimmäkseen aktiivitunnistuksessa tunnisteiden sisältäessä oman virtalähteen (RFIDLab Finland ry 2015, viitattu 9.3.2015).

4.3 Standardointi

RFID-tekniikassa standardit voivat liittyä useisiin asioihin. Tärkeimmät standardit määräävät tiedonsiirtoprotokollan ja tunnisteiden tietosisällön. RFID-tekniikan standardit ovat tärkeitä esimerkiksi logistiikan sovelluksissa, joissa usean eri toimijan järjestelmien on pystyttävä lukemaan samoja tunnisteita. Standardien tehtävänä on myös taata valmistajariippumattomuus. RFID-järjestelmää rakennettaessa on hyvä varmistua siitä, että järjestelmään sopivia laitteita ja tunnisteita voi ostaa vapaasti, yhteen toimittajaan sitoutumatta. (RFIDLab Finland ry 2015, viitattu 9.3.2015.)

4.4 RFID-tekniikka verrattuna viivakoodeihin

Perinteisesti automaattisessa tunnistuksessa on käytetty apuna viivakoodeja ja ne ovatkin olleet suosituin tunnistusmenetelmä näihin päiviin asti. Viivakoodeihin sisällytetty tieto luetaan ja tulkitaan laserskannerilla. Viivakoodien käytössä ongelmana on se, että lukulaite tarvitsee suoran näkökontaktin viivakoodiin, minkä lisäksi lukuetaisyys ja -nopeus ovat rajallisia. Viivakoodit mahdollistavat

tuotteiden tunnistamisen ainoastaan tuotesarjatasolla. Ne ovat myös herkkiä vahingoittumaan lukeluvottomiksi esimerkiksi lian tai haalistumisen myötä. Toisaalta, viivakoodeihin lisätty tieto on luettavissa myös ilman viivakoodinlukijaa, jolloin tunnistus voidaan tehdä pelkän numerosarjan avulla. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 19–20.)

Toisin kuin viivakoodit, RFID-tekniikka mahdollistaa tuotteiden yksittäisen tunnistamisen. Kaikkien RFID-tunnisteiden tietokantoihin tallennettuja tietoja voidaan vähintäänkin muuttaa, ja useita tunnisteita pystytään kokonaan uudelleenohjelmoimaan. Sen lisäksi, että RFID-tunnisteet voivat sisältää viivakoodeja enemmän tietoa, kestävät ne myös paremmin ympäristöolosuhteita. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 23–24.) RFID-tunnisteiden käytössä ei ilmaannu esimerkiksi lian ja kulumisen aiheuttamia ongelmia (Heimonen, Hinkka & Isomäki 2012, 233).

RFID-tunnisteiden lisääminen tuotteisiin on kuitenkin kalliimpaa kuin viivakoodien käyttäminen. Ongelmallista on myös se, etteivät tunnisteet ole luettavissa sellaisinaan ilman RFID-lukijaa. Lisäksi, tunnisteiden rikkoutuessa tietoja ei saada luettua enää millään tavalla. Ratkaisuna tähän ongelmaan voisi olla viivakoodin lisääminen tunnisteiden yhteyteen varamenetelmäksi. (Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010, 24.) RFID-tunnisteilla voidaan siis joko korvata viivakoodin käyttö kokonaan tai sitä voidaan käyttää viivakoodin ohella vaihtoehtoisena tunnistusmenetelmänä. RFID-tunnisteita voidaan joka tapauksessa soveltaa kaikkiin kohteisiin, joissa tavallisesti käytetään viivakoodeja. (Heimonen, Hinkka & Isomäki 2012, 233.)

4.5 RFID-tekniikka terveydenhuollossa

RFID-tekniikan käyttö terveydenhuollossa ei ole vielä kovin laajalle levinnyttä, sillä monet tahot ovat olleet vastahakoisia investoimaan uuteen ja vähän käytettyyn teknologiaan (Wen, Chao-Hsien & Zang 2010, 128). Suuret organisaatiot ovat kuitenkin alkaneet kiinnittää huomiota tekniikan etuihin (Felder 2014, viitattu 27.1.2015). Terveydenhuollon alalla RFID-tekniikka voi parantaa potilasturvallisuutta, ehkäistä virheitä sekä vähentää potilaiden odotusaikoja. Tekniikka parantaa tuottavuutta ja tehokkuutta, tuo säästöjä sekä vähentää paperipohjaista dokumentointia. (Lahtela 2009, 167.)

RFID-tekniikkaa käytetään sairaaloissa esimerkiksi tavaroiden, potilaiden ja työntekijöiden jäljittämiseen. Tunnisteisiin voidaan lisäksi sisällyttää potilaan tietoja, kuten veriryhmä, mahdolliset allergiat ja aiemmat tutkimustulokset. RFID-tunnistetta on pohdittu käytettäväksi myös röntgenkuivissa ja asiakirjoissa henkilöllisyyden varmistamiseksi. (Florentino, Paz de Araújo, Bezerra, Júnior, Xavier, de Souza, de M. Valentim, Morais, Guerreiro & Brandão 2008, 1455–1456.) Tekniikkaa voidaan käyttää myös kirurgisissa toimenpiteissä havaitsemaan potilaan sisälle jääneitä välineitä. Sairaaloissa tekniikkaa voidaan käyttää estämään lääkkeiden väärinkäyttöä, minkä lisäksi RFID-tunnisteisiin liitettävien lämpötilasensoreiden avulla voidaan valvoa lääkkeiden ympäristöolosuhteita kuljetusten aikana. Lämpötilasensoreiden avulla on mahdollista valvoa myös verituotteiden ympäristöoloja verensiirtotoiminnassa. (Wen, Chao-Hsien & Zang 2010, 130–131.)

RFID-tekniikan käyttöä terveydenhuollon alalla on tutkittu useissa tutkimuksissa. Esimerkiksi Irlannissa potilastunnistuksessa on käytetty RFID-tunnisteen sisältäviä potilasrannekkeita, kannettavia RFID-lukijoita sekä langatonta internet-yhteyttä. Potilaiden tietojen hakeminen langattomasti helpotti potilaiden tunnistusta ja nopeutti potilastietojen saantia. Potilaiden tunnistamista RFID-rannekkeen avulla on kokeiltu myös Italiassa verensiirtojen yhteydessä turvallisuuden parantamiseksi. Potilaiden tunnistamisen lisäksi myös veripusseissa käytettiin kirjoitusominaisuuden sisältävää RFID-tunnistetta. Tutkimuksen tarkoituksena oli valvoa verenluovutuksia ja -siirtoja. Tietoja siirrettiin verensiirtokeskuksen ja RFID-lukijoiden välillä langattomien tukiasemien kautta. (Lahtela 2009, 166.)

Harvardin lääketieteellisessä oppilaitoksessa tehdyssä tutkimuksessa RFID-tunnisteita käytettiin jäljittämiseen yhdessä viivakoodien kanssa. Passiivisia tunnisteita käytettiin muutamien potilaiden, vauvojen ja äidinmaitoastioiden tunnistukseen, ja viivakoodeja lääkitysten, useimpien potilaiden ja lääketieteen asiantuntijoiden tunnistukseen. Tutkijat ennustivat projektin avulla RFID-tekniikan korvaavan viivakoodit tulevaisuudessa. Myös Taiwanilaisessa projektissa RFID-tekniikkaa käytettiin yhdessä viivakoodien kanssa potilaiden ja heidän lääkityksen tunnistuksessa sekä lääkkeiden jakamisessa. Lääkeannokset tunnistettiin niiden sisältämien viivakoodien avulla ja potilaiden tunnistukseen käytettiin RFID-tunnisteita. Jakelun aikana hoitaja käytti potilaiden ja heidän lääkityksen tunnistukseen kämmenmikroa, joka vertasi potilastietoja lääkkeiden tietoihin. Järjestelmä paransi lääkinnän laatua ja vähensi lääkinnällisiä virheitä. (Lahtela 2009, 166.)

5 KIRJALLISUUSKATSAUS TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on koota yhteen aikaisempaa tutkimustietoa ja auttaa hahmottamaan olemassa olevan tiedon kokonaisuutta. Katsaus antaa kuvan siitä, kuinka paljon tutkimustietoa on jo olemassa ja millaista tutkimus on sisällöllisesti ja menetelmällisesti. Kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan löytää korkealaatuisia tutkimustuloksia. Katsauksen laajuus voi vaihdella kahden erillisen tutkimuksen käsittelystä laajaan tutkimuskokonaisuuteen. Katsaukseen otetaan mukaan vain relevantteja, tietyllä aikavälillä tehtyjä ja tarkoitusta vastaavia tutkimuksia. (Johansson 2007, 3–5.)

Kirjallisuuskatsauksen tekeminen voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa katsaus suunnitellaan. Suunnittelun jälkeen tehdään katsaus hakuineen, analysointineen ja synteeseineen. Kolmantena vaiheena on katsauksen raportin kokoaminen. Kaikkien vaiheiden tarkka kirjaaminen on avain onnistuneeseen katsaukseen ja tulosten relevanttiuden osoittamiseen. (Johansson 2007, 4–5, 7.)

5.1.1 Katsauksen suunnittelu

Katsauksen suunnittelussa perehdytään aihealueen aiempaan tutkimustietoon, määritellään katsauksen tarve ja tehdään tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmassa määritetään yhdestä kolmeen mahdollisimman selkeää tutkimuskysymystä. Tutkimuskysymysten määrittämisen jälkeen valitaan menetelmät, kuten käytettävät tietokannat sekä hakutermit. Katsaukseen valittavia julkaisuja varten laaditaan sisäänotto- ja poissulkukriteerit. (Johansson 2007, 6.) Kriteerit kuvataan täsmällisesti, minkä lisäksi niiden on oltava tutkittavan aiheen kannalta tarkoituksenmukaiset. Haku-prosessissa on hyvä käyttää apuna asiantuntijoita, kuten informaatio- tai kirjastoalan ammattilaista, luotettavan haun suorittamiseen. Haun huolellinen dokumentointi on tärkeää, jotta sitä voidaan pitää tieteellisesti pätevänä ja toistettavana. (Pudas-Tähkä 2007, 48–50.)

5.1.2 Katsauksen tekeminen

Kirjallisuuskatsauksen tekovaiheessa valikoidaan ja hankitaan mukaan otettavat julkaisut sisään-otto- ja poissulkukriteerien mukaisesti. Julkaisujen laatua tulee arvioida kriittisesti. Julkaisujen sisällöt analysoidaan asetettujen tutkimuskysymysten ja laadun mukaisesti. (Johansson 2007, 6.) Käytettävien lähteiden valinta ja tekstin tulkinta tehdään huolellisesti. Tutkijan tulee noudattaa objektiivisuutta, ja tutkimuksen on oltava toistettavissa. Tutkimukseen otetaan mukaan myös aineisto, joka on ristiriidassa tutkijan omien käsitysten kanssa. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2013, 309–310.) Sisällön analysoinnin jälkeen julkaisut syntetisoidaan yhteen (Johansson 2007, 6).

5.1.3 Katsauksen raportointi

Kirjallisuuskatsauksen raportointiosiossa tutkimuksen tulokset raportoidaan ja aiheesta vedetään johtopäätökset. Raportointiin kuuluu myös mahdollisten suositusten tekeminen. (Johansson 2007, 7.) Tutkimuksen tekijän tulee noudattaa tekstiä kirjoittaessaan menetelmällistä sekä kielellistä objektiivisuutta, vaikka tutkimustyön teksti onkin tekijän tulkinta tutkimukseen käytettävästä aineistosta. Kirjoitetun kielen on oltava asiatyylistä ja mahdollistaa lukijalle raportin häiriötön tulkinta sekä päättely. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2013, 309–310.)

6 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS

6.1 Tutkimuksen organisaatio, tarkoitus ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Opinnäytetyön organisaatio koostui toimeksiantajasta, tutkimusryhmästä, ohjaavista opettajista ja opponijista. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Oulun ammattikorkeakoulu ja ohjaavina opettajina Outi Mäkitalo ja Paula Reponen. Opinnäytetyö aloitettiin syksyllä 2014 ja saatiin valmiiksi keväällä 2015.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kirjallisuuskatsauksen avulla koota tietoa RFID-tekniikan käytöstä klinisissä laboratorioissa terveysalalla sekä tekniikan käyttöönoton mahdollisista hyödyistä ja haitoista. Tulosten perusteella tarkoituksena oli luoda kuva huomisen laboratoriotyöstä ja ennakoida alan mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa. Visioimme klinisten laboratorioiden tulevaisuuden suuntausta luomalla kuvan RFID-tekniikan toiminnasta kuvitteellisessa mallilaboratoriossa.

Tutkimuksen tavoitteena oli, että opinnäytetyön sisältöä voidaan hyödyntää koulutuksessa ja sen suunnittelussa sekä alan muutosten ennakoinnissa. Bioanalytiikan työnkuva voi uusien laboratoriotekniikoiden myötä muuttua, mikä aiheuttaa muutoksia osaamistarpeissa. Myös klinisen laboratorioalan ammattilaiset saavat opinnäytetyömme kautta kuvan mahdollisesta tulevaisuuden laboratoriotekniikasta, jonka kanssa he voivat myöhemmin työskennellä. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös kehittää omaa asiantuntijuutta ja osaamista, sekä olla ajan tasalla tekniikan kehityksestä kliinisellä laboratorioalalla.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat:

- Mitkä ovat RFID-tekniikan käytön mahdolliset hyödyt ja haitat?
- Miten RFID-tekniikkaa tällä hetkellä hyödynnetään ja miten sitä mahdollisesti voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa klinisissä laboratorioissa terveysalalla?

6.2 Aineiston hankinta

6.2.1 Tietokannat

Valitsimme aineiston hankintaan tietokantoja, jotka ovat luotettuja ja tunnettuja. Tietokantoihin tuli olla ilmainen pääsy ammattikorkeakoulumme kirjaston kautta. Teimme aiheestamme koehakuja, joiden perusteella valitsimme parhaimmat tulokset antavat tietokannat käyttöömme. Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui käytettäväksi kansainväliset viitetietokannat Ebsco (Academic Search Elite eli ASE ja Cinahl) ja PubMed, sekä kotimainen Medic. Koehakujen perusteella jätimme muut tietokannat pois hauistamme. Hakua tehdessä käytimme apuna hakukoneiden pikaoppaita, jotta osasimme käyttää oikeita kirjoitusasuja ja katkaisumerkkejä.

Ebscosta löytyy monien eri alojen julkaisuja kokoteksteinä sekä julkaisujen viitteitä ja tiivistelmiä (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2013, 104). Ebsco sisältää ASE ja CINAHL -tietokannat. ASE:n sisältämiä aihealueita ovat muun muassa sosiaaliala, kirjastoala, kirjallisuus, tietotekniikka, tietojenkäsittely, kemia, fysiikka ja terveydenhoito. Se sisältää kokotekstiartikkeleita kansainvälisistä aikakauslehdistä ja tutkimusjulkaisuista, sekä viitteitä eri tutkimusalojen tieteellisiin julkaisuihin. CINAHL-tietokannan aihealueita ovat muun muassa sairaanhoito, biolääketiede, luontaishoito, hoitoalan lainsäädäntö sekä sosiaaliala. Tietokanta sisältää kokotekstiartikkeleita ja viitteitä hoitotyötä ja terveydenhoitoa käsitteleviin julkaisuihin. PubMed on tärkein kansainvälinen lääketieteen tietokanta, josta löytyy viitteitä tutkimuksiin, väitöskirjoihin, konferenssijulkaisuihin ja hoitosuosituksiin. PubMed on ilmaisversio maksullisesta Medline-tietokannasta. (Oulun ammattikorkeakoulu 2015, viitattu 13.4.2015.) Medic on kotimainen terveystieteiden viitetietokanta. Sitä tuottaa Terveystieteiden keskuskirjasto Terkko. Medic sisältää suomalaisia lääke-, hammas- ja hoitotieteellisen kirjallisuuden viitteitä, jotka voivat olla artikkeleita, kirjoja, väitöskirjoja, opinnäytetöitä tai tutkimustulosten raportteja. (Tähtinen 2007, 30.)

6.2.2 Hakusanat ja hakulausekkeet

Hakua suorittaessamme pyrimme löytämään mahdollisimman kattavasti kaikki kriteerimme täyttävät tutkimukset. Saimme asiantuntijan apua aineiston hankintaan OAMK:n kirjaston informaatiokolta, jonka kanssa pohdittiin ja kokeiltiin eri hakusanoja sekä -lausekkeita. Kotimaisessa Medic-tietokannassa päädyimme käyttämään suomenkielisiä sanoja **RFID**, **radiotaajuustunnistus** ja

etätunnistus, jotka yhdistettiin sanoihin **laboratorio**, **näyte** ja **veri**. Kansainvälisissä tietokannoissa haut suoritettiin englanninkielisillä termeillä. Sisällytimme **RFID** ja **radio frequency identification** -termit aina hakulausekeyhdistelmään. Näihin termeihin yhdistettiin muita kliiniseen laboratorioalaan liittyviä sanoja kuten **laboratory**, **specimen**, **sample**, **sampling** ja **blood**. Hakusanat katkaistiin niin, että haut kattoivat sanojen kaikki taivutusmuodot.

Kokeilimme tietokannoissa erilaisia hakulausekkeita ja muokkasimme niitä viitteiden määrän ja osuvuuden perusteella sopivaan muotoon. Lyhyitä ja yksinkertaisia hakulausekkeita käytimme tietokannoissa, joista löytyi vähemmän tutkimusongelmaamme liittyviä julkaisuja. Tällä tavoin tietokannoista löytyvien julkaisujen määrää saatiin kasvatettua. Näitä hakulausekkeita käytimme Medic, Cinahl ja PubMed -tietokannoissa. Vaikka PubMedin haussa tuli paljon huonosti osuvia liitteitä, päädyimme lyhempään hakulausekkeeseen, jottei osuvia viitteitä karsiutuisi liikaa. ASE:ssa päädyimme käyttämään pidempää ja tarkempaa hakulausekettä, sillä lyhempi lauseke tuotti valtavan määrän viitteitä, joiden relevanssi oli huono. Rajattuamme lausekettä viitteiden määrä pysyi kohdullisena. Sanaa **laboratory** käytettiin ASE:n haussa muodossa **lab***, sillä se tuotti enemmän tuloksia kuin **laborator***. Vaikka tämä tapa tuotti enemmän virheosumia, antoi se myös enemmän aiheeseen liittyviä viitteitä.

TAULUKKO 1. Tietokannoissa käytetyt hakulausekkeet ja hakujen rajaukset 23.3.2015

Tietokanta	Hakulauseke	Haun rajaukset
Medic	RFID* OR radiotaajustunnist* OR etätunnist* AND laborator* OR näyte* OR näytte* OR veri*	Ei rajausta
Ebsco – CINAHL	RFID* OR "radio frequency identification" OR "radiofrequency identification" AND laborator* OR sampl* OR specimen* OR blood*	Vuodet 2010-2015 Läpikäynyt tieteellisen laadunarvioinnin
Ebsco – Academic Search Elite (ASE)	RFID* OR "radio frequency identification" OR "radiofrequency identification" AND lab* AND specimen* OR sampl* OR blood*	Vuodet 2010-2015 Läpikäynyt tieteellisen laadunarvioinnin
PubMed	RFID* OR "radio frequency identification" OR "radiofrequency identification" AND laborator* OR sampl* OR specimen* OR blood*	Vuodet 2010-2015

6.2.3 Valintakriteerit

Tämän kirjallisuuskatsauksen aineiston valintakriteerejä olivat:

- Julkaisut ovat suomen- tai englanninkielisiä
- Julkaisut ovat vuosilta 2010–2015 (3/2015)
- Julkaisu löytyy tietokannoista asetetuilla hakusanoilla. Otsikossa, asiasanoissa tai tiivistelmässä on jokin määritellyistä hakusanayhdistelmistä
- Julkaisu vastaa määriteltyihin tutkimuskysymyksiin
- Julkaisut ovat luettavissa kokonaan
- Julkaisut eivät ole maksullisia

6.3 Hakutulokset ja aineiston analyysi

Tässä kirjallisuuskatsauksessa haut tuottivat yhteensä 149 hakutulosta. Hyväksyimme tutkimukseen otsikon perusteella 54 julkaisua. Seuraavaksi luimme julkaisujen tiivistelmät, joista katsoimme 52 julkaisun vastaavan tutkimuskysymyksiimme. Viisi julkaisua jäi tutkimuksen ulkopuolelle, sillä

ne eivät täyttäneet valintakriteeriä maksuttomuudesta. Lisäksi kokotekstit läpi silmäilyämme jätimme kolme julkaisua ulkopuolelle, sillä ne eivät vastanneet tutkimuskysymyksiimme. Hyväksyimme tutkimukseen mukaan kaikkien tietokantojen hakutulokset yhteenlaskettuna yhteensä 44 julkaisua. Koska eri tietokantojen hakutulokset olivat samankaltaisia sisältäen paljon samoja julkaisuja, saatiin julkaisujen lopulliseksi määräksi 26 kappaletta päällekkäisyydet poistamalla.

TAULUKKO 2. Hakutulosten ja kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyjen julkaisujen määrä

Tietokanta	Hakutulokset kokonaisuudessaan	Otsikon perusteella hyväksytyt	Tiivistelmän perusteella hyväksytyt	Saatavuuden perusteella hyväksytyt	Tekstin perusteella hyväksytyt
Medic	1	1	1	1	1
Ebsco – CINAHL	16	9	9	9	8
Ebsco – Academic Search Elite (ASE)	35	18	16	15	15
PubMed	97	26	26	22	20

Molemmat opinnäytetyön tekijät lukivat tutkimukseen valitut julkaisut läpi. Aluksi aineisto jaettiin puoliksi, jolloin molemmat osapuolet lukivat osuutensa ja tekivät julkaisuihin alleviivauksia sekä muistiinpanoja. Tämän jälkeen julkaisut vaihdettiin keskenään ja osapuolet lukivat ne läpi lisäten julkaisuihin mahdollisia omia huomioita. Aineistosta tehdyt löydökset tiivistettiin yksinkertaistettuun muotoon yhdessä. Löydökset on kuvailtu liitteessä 1. Tulosten raportointia varten julkaisut ryhmiteltiin niiden käsittelemien aihealueiden mukaisesti.

7 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET

Jaoin kirjallisuuskatsauksen tulokset kolmeen kategoriaan tutkimuskysymyksiensä mukaisesti: RFID-tekniikan hyödyt, RFID-tekniikan haitat sekä RFID-tekniikan käyttö klinisissä laboratorioissa terveysalalla. RFID-tekniikan käyttö -osio on edelleen jaettu pienempiin osiin käyttökohteiden mukaan.

7.1 RFID-tekniikan hyödyt klinisissä laboratorioissa terveysalalla

RFID-tekniikan käyttöönoton potentiaalisia hyötyjä laboratorioissa ovat turvallisuuden, laadun ja tuottavuuden parantuminen (5., 18.). Tekniikan käyttö prosessien automatisoimiseen ja tiedonhallintajärjestelmien täydentämiseen mahdollistaa prosessien läpinäkyvyyden ja paremman valvonnan sekä vähentää inhimillisiä virheitä (10.). Tekniikka sallii langattoman tiedonsiirron (17., 22., 26.), helpottaa tietoihin käsiksi pääsyä (18.) ja nopeuttaa reagoimista potilaan hoitoon (5.). RFID-tekniikan avulla voidaan vähentää tarroitusvirheitä (1., 12., 14.) sekä parantaa potilasturvallisuutta ja työn tehokkuutta (1., 8., 10., 12., 14.). Näytteistä jää seurattava jälki (1., 12., 14.) ja näytteiden reaaliaikainen jäljittäminen on mahdollista milloin tahansa (20., 23.), mikä ehkäisee näytteiden katoamista (1.). Tekniikka voi mahdollistaa myös 3D-paikantamisen (14.). RFID-tunnisteiden hinnat tulevat tulevaisuudessa todennäköisesti laskemaan käyttöönoton levitessä laajemmalle (10.).

Yksi suurimpia RFID-tekniikan tuomia etuja on se, että RFID-tunnisteella merkityt näytteet voidaan lukea ilman näköyhteyttä (1., 2., 3., 4., 7., 10., 14., 16., 18., 20., 24., 25.). RFID-tekniikan käyttöönoton myötä näytteiden lukunopeus kasvaa huomattavasti (6., 21.), sillä RFID-lukija pystyy lukemaan jopa satoja tunnisteita sekunnissa (8.). Tekniikan avulla voidaan lukea useita tunnisteita samanaikaisesti (3., 4., 6., 7., 8., 10., 13., 14., 16., 18., 23., 24.), mikä mahdollistaa sarjatyöskentelyn (16.). Tunnisteiden lukeminen ja kohteiden tunnistaminen tapahtuvat automaattisesti, joten tekniikka vie perinteisiin tunnistustapoihin verrattuna vähemmän työvoimaa (1., 10.). Lukeminen onnistuu myös suuremmilla etäisyyksillä (10.) ja erilaisten materiaalien läpi (10., 14., 18.). RFID-tekniikan käyttöönotto poistaa kuluneista ja rypyisistä viivakoodeista johtuvat skannausvirheet ja viivästymiset (13.). RFID-tunnisteet ovat viivakoodeja helpompia lukea ja niillä on lähes täydellinen lukusuhte (16.). Näytteitä pystytään lisäksi lukemaan niiden asennosta riippumatta (21.). RFID-

tunnisteiden käyttö voi tarjota hyvän identiteettisuojaajan, sillä laboratoriohenkilöstö ei laboratorion niin halutessa voi tunnisteiden perusteella tietää kenen näyte on kyseessä (6.).

RFID-tunnisteissa on viivakoodeja suurempi tallennuskapasiteetti ja nopeampi tiedonsiirto (1., 3., 4., 10., 13., 14., 16.). Tunnisteiden ID, eli yksilöllinen tunniste, voi olla merkittävästi pidempi kuin 2D-viivakoodissa (2.). Tunnisteeseen tallennettuja tietoja voidaan muuttaa useita kertoja silloin, kun tunnisteessa on luku- ja kirjoitusominaisuus (2., 3., 4., 7., 8., 10., 13., 14., 16., 23., 24., 25.), mikä on kätevää esimerkiksi lisäpyyntöjä tehtäessä (25.). Tämä tarkoittaa sitä, että tunnisteet sisältävät aina ajankohtaista tietoa (24.), eikä tunnisteita tarvitse vaihtaa uusiin tietoja muuttaessa (10., 25.). Lisäksi tunnisteisiin pystytään lisäämään sensoreita (10., 26.), jotka mahdollistavat aika- ja lämpötilaseurannan (4., 13., 14.). RFID-tunnisteiden etuna on hyvä kestävyys erilaisissa olosuhteissa (23.). Tunnisteet sietävät hyvin esimerkiksi lämpötiloja, nesteitä sekä kemikaaleja (1., 19.), ja ne kykenevät toimimaan todella kylmissä lämpötiloissa, eikä kohtuullinen määrä jäätä tai huurretta haittaa niiden lukemista (2.). Koska passiivisilla tunnisteilla ei ole omaa virtalähdettä, ne säilyvät toimintakykyisinä useita vuosia (12.). Passiivitunnisteiden muita hyötyjä ovat helppokäyttöisyys (1.), suhteellisen alhainen hinta (1., 14.), kestävyys ja pieni koko (14.).

7.2 RFID-tekniikan haitat kliinisissä laboratorioissa terveysalalla

RFID-tekniikan käyttöönottoon vaikuttaa rajoittavasti hinta (18., 24.) ja tunnisteet ovat vielä varsin hintavia viivakoodeihin verrattuna (16., 25.). Monet laboratoriot pitävätkin tällä hetkellä tekniikkaa liian kalliina ratkaisuna (19.), minkä lisäksi investoinnin rahallisesta kannattavuudesta on epätietoisuutta (1., 10., 14., 18.). Nykyisen RFID-tekniikan käyttöönotto terveydenhuoltoalalla rajoittuu myös sen turvallisuus-, menetelmä- ja fyysisten rajoitteiden vuoksi (8.). Lisäksi alalla on ollut puutetta aikaisemmista onnistuneista RFID-tekniikkaan liittyvistä tutkimuksista (1.).

RFID-tekniikan käyttöönottoa varten tarvitaan laiteohjelma, joka pitää joko ostaa tai kehittää itse (25.). Vain harva toimittaja tarjoaa kokonaisratkaisua RFID-tekniikan käyttöönottoa varten (16.). Tekniikan käyttöönotto laboratorioissa luo tarpeen olemassa olevien käytäntöjen muuttamiselle (1.), mikä merkitsisi ylimääräistä työtä, kuten prosessien validointia, dokumentointia ja järjestelmän teknisten osien hyväksyntää helpottamaan turvallista toimeenpanoa (10.). RFID-tekniikan yhdistämisen olemassa oleviin informaatiojärjestelmiin on koettu olevan ratkaiseva tekijä tekniikan käyttöönotossa (20.).

Myös sopivien standardien puute on rajoittanut RFID-tekniikan käyttöönottoa (1., 14., 18., 21., 23.). Etenkin turvallisuuteen liittyvien standardien puute luo huolia, eikä tekniikka välttämättä ole täysin turvallinen ratkaisu terveydenhuoltoalalle tietojen yksityisyyden ja turvallisuuden vuoksi (18.). Lopulliset standardit ovatkin vasta kehitteillä (10.). Keskustelua ovat aiheuttaneet myös muut mahdolliset tietosuoja- ja turvallisuusuhat (10., 13., 14., 18.). Tunnisteiden mahdollisia tietoturvaongelmia ovat urkinta, luvaton pääsy tietoihin ja tietojen väärennökset. Kun tunniste luetaan, voidaan sen tiedot kopioida ja väärentää toiseen tunnisteeseen. Urkinta on helpompaa RFID-tekniikassa kuin viivakoodeilla, sillä siihen ei tarvita näköyhteyttä ja se voidaan tehdä kantaman päästä. (18.) Tietojen säilyttäminen tunnisteissa on mahdollinen tietoturvariski, sillä ulkopuolinen taho voi saada tiedot käsiinsä helposti (21.). Lisäksi palvelimet voivat saada viruksia (10.), ja lääketieteelliset laitteet, kuten magneettikuvaus- ja röntgenlaitteet (10.), voivat aiheuttaa häiriötä tunnisteiden toimintaan (1., 10., 13., 18.).

Vaativissa ympäristöolosuhteissa, kuten patologian laboratorioissa, tunnisteiden on havaittu kärsvän virheistä (16.). Tunnisteiden fyysinen kestävyys äärioloissa aiheuttaakin huolta, sillä suuria näyttemääriä käsiteltäessä ongelmat kasautuvat, vaikka tunnisteiden lukemisen epäonnistuminen olisikin suhteellisen harvinaista (14.). Tunnisteita ei voi taivutella liikaa, koska silloin lukeminen häiriintyy. Ongelmia on esiintynyt myös kiinnittäessä tunnisteita kapillaarinäytteisiin. (21.) Lukijoiden ongelmana on se, että useiden tunnisteiden yhtäaikaista lukemista voi häiritä signaalia ja tiedon luku epäonnistua (18.). Signaalit voivat häiriintyä nesteistä, kuten verestä ja virtsasta. Myös metallit huonontavat lukukykyä (18., 21.).

7.3 RFID-tekniikan käyttö kliinisissä laboratorioissa terveysalalla

Kuten muillakin aloilla, myös laboratorioissa yleisimmät RFID-tekniikan käyttökohteet ovat normaaleja logistisia prosesseja. Tällaisia ovat näytteiden ja niiden käsittelyyn liittyvien vaiheiden seuranta sekä näytteiden etsiminen varastotiloista. Toinen tekniikan tavallinen käyttökohde laboratorioissa on esimerkiksi mitta-astoiden tai laitteiden jäljittäminen. (6.)

7.3.1 Näytteenotto

RFID-tunnisteita voidaan käyttää verta, virtsaa ja kirurgisia näytteitä sisältävien näyteputkien ja -purkkien tunnistamiseen ja jäljitykseen. Sopivan ohjelmiston avulla näytteet voidaan merkitä tunnisteella ja rekisteröidä potilaalle kuuluvaksi. (14.) Uusia tehokkaita apuvälineitä näytteenottoon ovat RFID-pohjaiset potilasrannekkeet, cross match-tunnisteet sekä tunnisteiden sisältävät "aktiiviset" näyteputket (13.). Potilaan RFID-ranneketta voidaan käyttää potilaan tunnistamiseen sekä varmistamaan näyteputkien vastaavuus potilaan kanssa (13., 14.). Tekniikka mahdollistaa nopean, turvallisen ja tehokkaan tunnistuskeinon ja auttaa välttämään potilaisiin turvautumisen tunnistuksessa. Tekniikka voi poistaa myös putkien tarroitusstarpeen (13.) ja mahdollisuuden näytepurkkien väärin merkitsemiseen. (14.)

Etelä-Korealaisessa tutkimuksessa laboratorio testasi RFID-pohjaista näytteiden hallintajärjestelmää, jonka avulla potilaan tiedot ja tutkimuspyynnöt pystyttiin hakemaan palvelimelta ja siirtämään ne näyteputkeen liimattuun tunnisteeseen tiedonsiirtolaitteen avulla. Tunnisteiden sarjanumerosta tehtiin näytteen käsittelynumero, joka tallentui myös palvelimelle. Tunniste kiinnitettiin näyteputkeen näytteenoton yhteydessä ja lähetettiin laboratorioon näytteiden vastaanottoon. (21.)

Japanissa tehdyssä tutkimuksessa kehitettiin automaattinen langaton jäljitysmenetelmä, jota voidaan hyödyntää osastoilla otettaviin verikokeisiin. Kyseisessä tutkimuksessa potilaisiin, henkilökuntaan ja laitteisiin kiinnitettiin aktiivinen tunniste, ja välineisiin, kuten verinäyteputkiin, passiivinen tunniste. Hoitajilla oli käytössään aktiivisen tunnisteiden ja kannettavan tietokoneen sisältävät hoitokärryt. Hoitajan lähestyessä potilasta, potilaan tiedot tulivat automaattisesti tietokoneen näytölle perustuen hoitajan ja potilaan aktiivisten tunnisteiden tietoihin. Järjestelmän avulla potilaan tiedot voidaan siirtää verinäyteputkiin ja kaikki näyteputket tunnistaa kerralla. Järjestelmä tunnistasi onnistuneesti henkilökunnan ja potilaat. Verinäytteenottoon kuluva aika väheni 67 % ja menetelmä todettiin paljon tehokkaammaksi kuin viivakoodijärjestelmä. Järjestelmä paransi työnkulkua, tehokkuutta ja potilasturvallisuutta sekä vähensi tunnistusvirheitä. (15.)

RFID-tekniikkaa voidaan mahdollisesti soveltaa myös vieritestilaitteisiin (17., 22., 26.). Laitteiden sisältämiin RFID-tunnisteisiin voidaan liittää esimerkiksi glukoosia mittaava sensori (22.). Laitteet saavat virtansa RFID-lukijalta (17., 22.), jolle ne lähettävät tulokset langattomasti (22., 26.). Useita RFID-pohjaisia sensoreita on jo kehitetty ja niiden ennustetaan saavan enemmän tilaa terveydenhuollon diagnostiikassa (22.).

7.3.2 Kuljetukset

Paineilmalla toimivat näytteenkuljetusjärjestelmät, putkipostit, pystytään varustamaan RFID-tekniikalla. Tekniikka auttaa putkipostin kuljetusten jäljityksessä aina lähdöstä saapumiseen saakka. RFID-järjestelmä lukee kuljetusputken automaattisesti aina putken ohittaessa järjestelmän, joten se ei vaadi työtä käyttäjältään. Järjestelmä pystyy säätämään putkien määrää, jotta jokaisella lastauspisteellä on sopiva määrä putkia. Lisäksi se pystyy automaattisesti erottelemaan toisistaan "puhtaat lähetykset", kuten paperityöt, ja "likaiset lähetykset", kuten verinäytteet, ja lähettämään ne eri putkissa. (9.)

7.3.3 Näytteiden tunnistus, jäljitys ja tilan seuranta

RFID-tekniikka voi muuttaa dramaattisesti näytteiden tunnistus- ja jäljitystapaa (25.). Tekniikkaa voidaan käyttää näytteiden jäljittämiseen niiden ottamisesta aina varastointiin ja hävitykseen saakka (19.). Hyvin suunniteltu tietojärjestelmä yhdessä huolellisesti sijoitettujen RFID-lukijoiden kanssa helpottaa näytteiden jäljitystä koko laboratorioprosessin ajan (14.). Tekniikan avulla näytteestä jää järjestelmään helposti seurattava jälki. Toisin sanoen RFID-tekniikalla voidaan varmistaa näytteen kulkureitti ja tarkistaa nykyinen sijainti. (6., 19.) Tutkimusten suoritusajat voidaan laskea takautuvasti (13.) ja kaikki laboratoriovaiheet kellottaa jokaisen näytteen kohdalla erikseen (6., 13.). RFID-pohjainen jäljittäminen poistaa näytteiden kadottamiseen ja väärin sijoittamiseen liittyvät virheet, parantaa näkyvyyttä ja auttaa tunnistamaan prosessin kalliiksi tulevat pullonkaulat ja viivästyvät (19.).

Näytteitä voidaan jäljittää joko kohteeseen erikseen liimattavalla RFID-tunnistetarralla tai kohteeseen kiinteästi liitetyllä tunnisteella. Liimattavaa RFID-tunnistetarraa käytetään, kun näyteputkeen täytyy merkitä tieto sen sisällöstä. Liimattavan tunnistetarran käyttöönotto onnistuu todennäköisesti vain pienillä muutoksilla nykyprosesseihin. Kiinteästi liitetyllä tunnisteellakin voidaan seurata näyteputkea, mutta järjestelmässä on tieto myös siitä, mitä putkessa milloinkin on ja miten sitä on käsitelty. Tällaisia kierrätettäviä näyteastioita käytetään klinisissä laboratorioissa kuitenkin vähän, ja kiinteät tunnisteet sopivatkin paremmin näytteiden kuljetuksiin käytettävien pakkauksien, kuten kuljetuslaatikoiden, jäljitykseen. (6.) Näyteputket sisäänrakennetuilla RFID-tunnisteilla ovat kalliita ja niitä käytetäänkin yleensä vain pitkäaikaiseen geneettisen materiaalin säilömiseen (10.).

Kun laboratorioon lähetetään näytteitä kauempaa, voidaan ne pakata RFID-tunnisteella varustettuun kuljetuspakkaukseen. Pakkauksen tunnisteeseen kirjataan näytteisiin liittyviä tietoja ja kohdelaboratorio saa ennakoilmoituksen saapuvista näytteistä. Kuljetuspakkauksen saapuessa laboratorioon tunniste luetaan automaattisesti laboratorion ovella olevalla RFID-lukijalla, jolloin kaikki pakkauksen näytteet kuittautuvat saapuneiksi ja yhdistyvät ennakoilmoitukseen. (6.) Kuljetuspakkausta ei tarvitse avata näytteiden lukemiseksi (6., 25.). Koska pakkauksen sisältö on etukäteen tiedossa, pystyy järjestelmä kertomaan jos näytteitä on hukassa (25.). Jos lukija ei lue kaikkia pakkauksen näytteitä, riittää että RFID-tunniste luetaan pakkauksen päältä uudestaan käsilukijalla. Kuljetuspakkauksen saapuessa vastaanotto saa samalla ilmoituksella tiedon näytteiden sijoituspaikasta. RFID-tunnisteen ansiosta kuljetuspakkauksia pystytään seuraamaan, mikä vähentää niiden hävikkiä. Se helpottaa myös löytämään oikeanlaisen kuljetuspakkauksen näytteille, mikä vähentää kuljetuksiin käytettävää työtä ja niissä tapahtuvia virheitä. (6.)

Näytteiden seuranta varten laboratoriossa on hyvä olla RFID-lukijoita jokaisen oven ja laitteen vieressä. Vaihtoehtoisesti laboratorioissa voidaan käyttää myös RFID-luentamahdollisuudella varustettuja käsittelylaitteita ja analysointilaitteita. Näytteet luetaan aina, kun näyteputki on lukijan lähellä. Näin järjestelmiin saadaan tieto siitä, millä laitteilla ja analysointilaitteilla näytettä on käsitelty ja tutkittu. Järjestelmän avulla voidaan myös jälkikäteen tarkistaa kyseisen laitteen tai analysointilaitteen toimivuus. Laboratorio saa runsaasti tietoa näytteiden liikkeistä ja käsittelypaikoista. Se pystyy epäselvissä tilanteissa todistamaan prosessien laadun ja aukottomuuden, kun kaikki näytteen siirtämiseen, säilytykseen ja käsittelyyn liittyvät vaiheet on mahdollista osoittaa kellonaikoinen järjestelmä jälkikäteen. (6.) Sensorin sisältävillä RFID-tunnisteilla pystytään lisäksi tallentamaan tietoja ympäristön lämpötilasta, paineesta ja kosteudesta sekä varoittamaan työntekijöitä näytteen ympäristöolosuhteiden liiallisista muutoksista. Lämpötilan seuranta sensoreiden avulla verta, plasmaa ja kudoksia säilyttävissä jääkaapeissa ja pakastimissa on jo toteutettu onnistuneesti Belgiassa. (14.)

Varastotiloista näytteiden etsiminen käy kätevästi käsilukijan avulla. Lukija paikallistaa oikean näytteen helposti, eikä näytteiden etikettejä tarvitse lukea erikseen. (6.) Etelä-Korealaisessa tutkimuksessa suunniteltiin RFID-pohjainen näytteiden hallintajärjestelmä klinisen laboratorion käyttöön ja työntekijät saivat käyttöönsä RFID-pohjaisen digitaalilukijan. Kosketusnäytöllisen siirrettävän lukijan avulla työntekijät pystyivät tarkistamaan näytteiden tiedot aina halutessaan. Digitaalilukija pystyi ainoastaan lukemaan tunnisteita, mikä esti väärän tiedon tallentamista tai muuta vahingoittamista.

Lukija vähensi näytteiden etsimiseen kuluvaan aikaan, näytteet löytyivät lähes seitsemän kertaa nopeammin kuin viivakoodimenetelmää käyttämällä. (21.)

RFID-tekniikkaa voidaan hyödyntää myös jätteiden käsittelyssä. Lajittelukone tunnistaa ja lajittelee käytetyt näyteastiat tunnistajien avulla sekä- tai energijätteeksi, ongelmajätteeksi tai erityiseksi ongelmajätteeksi. Kierrätettävät näyteastiat voidaan ohjata helposti oikeanlaiseen puhdistusprosessiin. RFID-tekniikan avulla pystytään myös valvomaan laboratoriolaitteiden, välineiden ja kemikaalien liikkeitä sekä ehkäisemään varkauksia. Kemikaalit sijaitsevat lukittujen ovien takana, jotka saadaan auki työntekijöiden omilla kulkukorteilla. Kun kemikaaliastiat sisältävät RFID-tunnisteen, tuotteen ottaminen ja takaisinlaitto rekisteröityvät ylös kellonajan kanssa. (6.)

7.3.4 Biopankit

RFID-tunnistajien käytöstä on hyötyä biopankeille, sillä se voi vähentää virheitä ja kustannuksia näytteiden tunnistuksessa. RFID-tekniikan mahdollisena käyttökohteena ovat esimerkiksi Cryo-putket. Putkiin kiinnitettyjen tunnistajien avulla saadaan tietää kuinka usein putket on poistettu pakastimesta, jolloin voidaan laskea tuotteiden pakastus- ja sulamiskerrat. (14.) Tunnistaja ei itsessään sisällä tietoja näytteestä, vaan toimii linkkinä näytteen ja taustajärjestelmän välillä. MEMS (microelectromechanical systems) -pohjainen tekniikka sen sijaan mahdollistaa näytteen lämpötilan mittauksen reaaliajassa aina silloin, kun se saa virtaa lukijalta. (2.)

RFID-lukijan avulla biopankkien näytteet saadaan kartoitettua nopeasti. Koska tunnistajien lukeminen on nopeaa, näytteet eivät ehdi lämmetä ja säilyvät näin vahingoittumattomina. Lukija voitaisiin tulevaisuudessa sijoittaa pakastimeen, jolloin se voi suorittaa näytteiden inventoinnin itsenäisesti eikä näytteitä tarvitse poistaa pakastimesta. RFID-tekniikan etuna on, ettei kohtuullinen määrä jäätä haittaa tunnistajien lukemista. Tunnistajia voidaan lukea jopa nestemäisen tyypin lämpötiloissa. Lisäksi näytteiden sijaintivirheet pystytään huomaamaan ja laitteiden käyttäjiä seuraamaan, mikä parantaa turvallisuutta. (2.)

7.3.5 Verensiirtotoiminta

RFID-tekniikkaa on tutkittu verensiirtotoiminnassa lupaavien tulosten (4., 3., 7.) ja RFID-tunnistajien käyttöä on jo alustavasti toteutettu osana verensiirtotoimintaa (7., 23.). Seuraavaksi tekniikkaa

suunnitellaan testattavan (3., 4., 7., 11.) ja käytettävän (5., 7., 8., 10.) veren ja verivalmisteiden automaattisessa tunnistamisessa, jäljittämässä ja tilan seurannassa sekä tuotteiden kunnon seurannassa koko verensiirtoketjun ajan verenluovutuksesta verensiirtoon saakka (7., 8., 10., 24.). ISBT:n (The International Society of Blood Transfusion) kokoama työryhmä on kehittänyt suosituksen RFID-tekniikan käytölle verensiirtotoiminnassa (10.). RFID-tekniikan ei ole tarkoitus korvata viivakoodeja (7., 8., 10., 24.), vaan tekniikka vahvistaa viivakoodeja samalla kun viivakoodit tukevat RFID-tunnistetta. Verensiirtotoiminnassa viivakoodien tietorakenteet säilytetään otettaessa RFID-käyttöön, vain tietorakenteiden välinen kommunikaatioväline muuttuu. (7., 10., 24.) Tunnisteeseen tallennettujen tietojen lisäksi verituote tulisi tarroittaa tarralla, joka sisältää kaikki tarvittavat tiedot tuotteesta siltä varalta, että tietokantaan pääsy ei jostakin syystä ole mahdollista (14.).

RFID-tunnisteet voidaan liittää veripusseihin joko niiden valmistusvaiheessa tai vasta verenluovutuksen yhteydessä (10.). Tunnisteen ollessa valmiiksi veripussissa, sekä tuotteen tunnistaminen että varastoinnin ja jakelun valvominen helpottuvat (7., 10.). Myös veripussien tietojen lähetys tietojärjestelmään helpottuu ja samalla prosessista kirjautuu merkintä (8.). Tunnisteeseen kirjattua tietoa on näin myös helpompi jakaa eri osapuolille, esimerkiksi asiakkaille. Verenluovutuksen yhteydessä veripussin tiedot on helppo tarkistaa ohjelmistosta ja tunnisteelle on mahdollista lisätä oleellista tietoa luovutuksesta. Verenluovuttaja voitaisiin tunnistaa RFID-tunnisteisella verenluovutuskortilla. Tunniste kasvattaisi tiedon kapasiteettia ja mahdollistaisi tietojen päivittämisen. (10.)

Verensiirrossa RFID-tunnisteet ovat kiinnitettynä sekä veripusseihin että potilaan rannekkeeseen (14.). Verensiirron saavan potilaan tiedot tallentuvat verituotteen tunnisteelle silloin, kun verituotteen tunniste luetaan ja sen tietojen varmistetaan täsmäävän potilaan pyynnön kanssa. Verensiirron päätteeksi potilaan tiedot poistetaan tunnisteelta. (18.) Tunnisteiden käyttö potilaan henkilöllisyyden ja oikean veripussin varmistamiseen on vähentänyt merkittävästi vakavia verensiirtovirheitä (14.). Turvallisuus parantuu (5., 7., 8., 10., 11., 20.) muun muassa potilaan vierellä suoritettavan kolmiosaisen tunnistuksen (potilaan ranneke, näyteputket ja verituotteet) myötä (7., 10.). Tekniikan käyttöönotto vähentää virheitä (5.), kasvattaa verensiirtotoiminnan tuottavuutta (4., 3., 7., 10., 11.) ja tuo esiin automaation hyödyt (5., 24.).

Koska työvoimassa saadaan säästettyä, sijoitetun pääoman tuotto on huomattavasti suurempi kuin pelkkiä viivakoodeja käytettäessä (7.). RFID-tunnistus nopeuttaa ja parantaa normaaleja logistisia prosesseja sekä automatisoi verituotteiden tunnistamisen ja lämpötilaseurannan, mikä johtaa verituotteiden taloudelliseen kohteluun (7., 8., 10.). Tekniikan avulla voidaan nopeasti nähdä tuotteiden

tila ja sijainti, joten niiden etsiminen ja haku varastoista nopeutuu (5., 7., 24.). Samalla pystytään seuraamaan tuotteiden lämpötiloja sen perusteella, kauanko tuotteet ovat olleet pois varastosta (5., 7.). Reaaliaikainen säilytyksen seuranta on hyödyllinen ominaisuus etenkin suurten verituoteerien kohdalla (10., 11., 20.). Tunnisteisiin on mahdollista liittää myös erillisiä sensoreita helpottamaan esimerkiksi aika- ja lämpötilaseurantaa (4., 8.). Sensorit auttavat tiedonsaantiin tuotteiden kuljetuksen aikana. Tämä tuo parannusta kustanteisiin ja käyttämättömien verituotteiden palautukseen varastointiin. (7., 8., 10., 11.)

RFID-ohjelmistot voivat automatisoida useita inhimillisille virheille alttiita prosesseja. Ohjelmistot tarjoavat mahdollisuuden tiedon jakamiseen muiden asianomaisten välillä, helpottavat tuotannon ja varastojen kontrollointia sekä nopeuttavat verituotteiden jakelua. (7., 8., 10.) Tekniikka tukee ripeää ja helppoa pääsyä verituotteiden toimitusketjun prosessitietoihin (10., 20.). RFID-tunniste voikin toimia tiedonsiirtovälineenä useiden eri tietojärjestelmien välillä. Laboratoriotulosten tallentaminen tunnisteelle tuo merkittäviä hyötyjä prosessinohjaukseen. (10.)

RFID-tekniikasta on hyötyä verensiirtotoiminnassa, sillä tuotteiden tunnistamiseksi ei tarvita näköyhteyttä eikä pakkauksia ei tarvitse avata (10., 24.). Esimerkiksi lähtevien ja palautettavien tuotteiden validointi ja käsittely helpottuu (7., 10., 24.). Useiden tuotteiden yhtäaikainen lukeminen helpottaa tiedonsiirtoa (8., 10.). RFID-tunnisteisiin varattu ylimääräinen tila ja tietojen päivitysmahdollisuus ovat erittäin hyödyllisiä verensiirtotoiminnassa (10., 24.). Tietojen päivittäminen ja tallentaminen tapahtuvat suoraan sirulle, joten uudelleentarroituksia ei tarvita (8., 24.). Tämä menetelmä varmistaa valvonnan ja kontrolloinnin verituotteen koko elinkaaren ajan (8.). Lisäksi hyvien tuotantotapojen (GMP) (10., 11.) sekä laatu- ja turvallisuustarkastuksien (10.) dokumentointi verensiirtotoiminnassa on toteuttamiskelpoisempi RFID-tekniikan avulla.

Verensiirtotoiminnassa huolta on aiheuttanut radioaaltoenergian mahdollinen negatiivinen vaikutus verituotteisiin (18.). Aiheeseen liittyviä tutkimuksia onkin ajanut eteenpäin halu saada tietoa RFID-tekniikan hyödynnettävyydestä verensiirtotuotteiden toimitusketjussa (4., 3., 7., 10., 11., 23.). Tutkimuksissa tutkittiin radioaaltoenergian vaikutuksia verituotteiden lämpötiloihin ja biologisiin muutoksiin, kuten solujen rappeutumiseen (4., 3., 7., 10., 11., 23.). Tutkimusten tuloksena oli, että tutkimuksissa käytetyn 13.56 MHz:n taajuuden energia ei vaikuta punasolujen lämpötiloihin ja biologisiin muutoksiin hyväksyttäviä rajoja ylittävästi (3., 4., 11., 10.). Myös verihutaleiden kohdalla lämpötilat ja biologiset muutokset pysyivät hyväksyttävien rajojen sisällä (4., 10.), eikä radioaaltoener-

gia vaikuttanut sulatettujen plasmatuotteiden hyytymiseen (3.). Kaikki mitattavat arvot pysyivät sallittavissa rajoissa, eikä HF-radioaaltoenergiasta johtuvia haitallisia vaikutuksia todettu, joten HF-tekniikan käyttöönotto on mahdollista (11.). Myös toisen mahdollisen verensiirroissa hyödynnettävän taajuuden, UHF-taajuuden (820–960 MHz), vaikutuksia punasolujen ja verihiutaleiden biologiaan muutoksiin testattiin. Tutkimuksen aikana verituotteissa ei huomattu merkittäviä biologisia ja biokemiallisia muutoksia. (23.) Tuloksien seurauksena on saatu lupa hyödyntää RFID-tekniikkaa siirrettävissä verivalmisteissa (4., 3., 10.). ISBT sekä FDA (United States Food and Drug Administration) ovat hyväksyneet 13.56 MHz RFID-tunnisteiden käytön verituotteissa tiedon täydentäjänä viivakoodien lisäksi (7.).

7.3.6 Patologian laboratorio

RFID-tekniikkaa voidaan käyttää myös patologian laboratorioissa näytteiden seuraamiseen ja automaattiseen tunnistamiseen (1., 12., 16.). Saapuvista ja lähetetyistä näytepakkauksista voidaan pitää kirjaa (1., 16.) ja näytteiden oikea tunnistus varmistaa (1.). Reaaliaikainen näytteiden seuranta varmistuu tunnisteiden lukemisella joka työpisteessä aina näytteenotosta tulosten raportointiin saakka (1.). Tekniikan käyttöönotto nopeuttaa työnkulkua, vähentää virheitä ja parantaa turvallisuutta histopatologisissa prosesseissa (12., 14.).

Patologian laboratorioissa käytettäviksi sopivat kaikki tunnistetyypit, mutta passiiviset tunnisteet voivat olla paras ratkaisu suurten näytemäärien jäljittämiseen. Aktiivitunnisteet voisivat sen sijaan toimia erikoisemmissä näytteissä, kuten jäädytetyissä kudospäätteissä, sillä ne vaativat laadun varmistamiseksi lämpötilojen seuranta. (14.) Kaiken kaikkiaan tunnistetyypin valintaan vaikuttavat kyseisen laboratorion tilat ja käyttötarkoitus sekä jäljitettävän kohteen koko. Turvallisuuden ollessa tärkein tekijä, lyhyt lukualue voi olla paras ratkaisu urkinnan estämiseksi. Jos tarkoituksena on sen sijaan manuaalisen työn vähentäminen ja työn saumattomuuden parantaminen, on suurempi lukualue parempi ratkaisu. (14.)

RFID-tunnisteita voidaan patologian laboratorioissa käyttää näytepurkkien lisäksi näytekasetteihin ja -laseihin, ja jokainen työpiste varustaa RFID-lukijoilla (12., 14.). Näytteistä jää tällöin helposti seurattava jälki, joten näytelasien ja -kasettien sijainti voidaan selvittää eri aikoina. Lisäksi saadaan tietoon tehdyt työvaiheet ja kauanko ne ovat vieneet aikaa. (14.) Jos laboratorioissa on käytössä

tasolukija, voidaan tunnisteet kiinnittää näytepurkkien pohjaan. Tasolukijan päälle pystytään asettamaan useita näytteitä, jotka lukija kykenee lukemaan samanaikaisesti. (16.) RFID-tekniikkaa voidaan käyttää myös väärin sijoitettujen näytelasien löytämiseen varastotiloista 3D-paikannuksen avulla. Paikannus voidaan tehdä joko aktiivisilla tai passiivisilla tunnisteilla. Passiivisten tunnisteiden tarkkuus ei kuitenkaan toistaiseksi ole ollut tarpeeksi hyvä. (14.)

RFID-tekniikkaa on käytetty jo näytteiden identifiointiin ja seurantaan muutamissa patologian laboratorioissa Yhdysvalloissa. Tehdyssä tutkimuksessa jokaiseen näytteeseen liitettiin oma tunniste ainutkertaisine sarjanumeroineen. Kun näytteet kuljetettiin kudokäsittelyiden läpi, tekniikan huomattiin vähentävän 20 % kudosten kokonaiskäsittelyajasta. (1.) Tunnistetta on käytetty myös näytteiden preanalyttiseen jäljittämiseen aina näyteenotto paikalta laboratorioon saakka (1., 14.). RFID-tunnisteiden toimivuutta patologian näytteiden käsittelyprosessissa on testattu prostatabiopsianäytteiden avulla. Tuloksena lähes 80 % RFID-tunnisteilla merkityistä biopsianäytteistä suoriutui prosesseista. Tutkimuksessa ilmaantui joitakin ongelmia esimerkiksi tunnisteiden kiinni pysymisessä näytelaseissa ja -kaseteissa. Lisäksi tutkimuksessa kohdattiin ongelmia tunnisteiden toiminnassa ankarissa olosuhteissa, kuten mikroaalloille altistaessa. (1.) Myös muissa tutkimuksissa on esiintynyt ongelmia, ja tunnisteiden fyysisen manipuloinnin on huomattu voivan aiheuttaa vahinkoa ja jopa estää tunnisteiden luennan (12.).

Patologian laboratorioissa tunnisteet altistuvat suurille ympäristön vaihteluille, mikä asettaa RFID-tunnisteille erityisiä haasteita niiden kestävyys suhteen. Tästä syystä tutkimuksissa on testattu tunnisteiden kestävyttä lämpötilojen, paineen sekä liuosten ja liuotinten osalta. Testattujen tunnisteiden osoitettiin toimivan korkeissa lämpötiloissa ja lämpötilan vaihteluissa hyvin. Lisäksi tunnisteet kestivät alhaisia lämpötiloja sekä useita peräkkäisiä pakastuksia ja sulatuksia. Tunnisteet toimivat myös liuoksissa ja korkeassa paineessa. Liuoksilta ja liuottimilta suojaaminen voi kuitenkin olla tarpeen, sillä suorassa kosketuksessa ne saattavat aiheuttaa tunnisteeseen häiriön. Hyödyttään huolimatta tunnisteiden toimiminen äärimmäisissä olosuhteissa ei ole täysin varmaa ja vaikka tunnisteiden virheet ovat harvinaisia, suuria näytemääriä käsiteltäessä pienikin virhe kertaantuu. Tästä syystä samanaikaisesti suositellaan käytettävän viivakoodia. (12.)

8 POHDINTA

Pohdimme kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella RFID-tekniikan käyttömahdollisuuksia kliinissä laboratorioissa terveysalalla, ja kehitimme kuvitteellisen kertomuksen mallilaboratoriosta, jossa kyseinen tekniikka on käytössä. Kertomus sisältää näkemyksemme RFID-tekniikan käytöstä potilaan ja verinäytteiden tunnistamisessa sekä näytteiden jäljittämässä ja tilan seurannassa.

8.1 RFID-tekniikan käyttö kuvitteellisessa mallilaboratoriossa

Näytteenotossa RFID-tekniikkaa hyödynnetään sekä vuodeosastojen näytteenottokierroilla että laboratorion omassa näytteenottopisteessä. Osastokierroilla laboratoriohoitajalla on mukanaan kannettava RFID-lukija, jolla luetaan potilaan rannekkeen RFID-tunniste eli tunnistetaan potilas. RFID-järjestelmä hakee palvelimelta potilaan tutkimuspyynnöt, jotka siirtyvät lukijan välityksellä näyteputkiin liimattaviin passiivisiin RFID-tunnisteisiin. Tunnisteen sarjanumero alkaa toimia näytteen käsittelynumerona tallentuen samalla myös palvelimelle. Näytteenottopisteessä laboratoriohoitaja hakee potilaan pyynnöt tietokoneen palvelimelta, minkä jälkeen tiedot siirretään liimattaviin tunnisteesiin lukijan avulla. Suoniverinäytteenoton lisäksi laboratoriohoitajat tekevät vieritestejä RFID-tekniikkaa sisältävillä vieritestilaitteilla, kuten glukoosimittareilla. RFID-järjestelmän avulla potilaan vieritestin tulokset siirtyvät automaattisesti potilaan tietoihin. Näytteenoton jälkeen verinäytteet lähetetään laboratorion näytteiden vastaanottoon. Jos kohdelaboratorio sijaitsee kauempana, pakataan näytteet passiivisella RFID-tunnisteella varusteltuun kuljetuslaatikkoon. Kuljetuslaatikon tunnisteele tallennetaan lähetyksen tiedot, kuten lähetyslista, ja kohdelaboratorioon lähetetään näytteiden saapumisesta ennakoilmoitus sähköisesti.

Näytteiden kuljetuslaatikon saapuessa laboratorioon näytteiden vastaanoton läheisyyteen asennetut RFID-lukijat lukevat automaattisesti kuljetuslaatikon RFID-tunnisteen tiedot ja kirjaavat kuljetuksen saapumisen laboratorion tietojärjestelmään. Lukija lukee samalla myös kaikkien kuljetuslaatikossa olevien näytteiden tunnisteen verraten niitä kuljetuslaatikon tunnisteen sisältämään lähetyslistaan. Järjestelmä antaa ilmoituksen laboratoriohoitajalle, mikäli automaattinen RFID-lukija ei ole saanut luettua kaikkia näytteitä. Tällaisessa tilanteessa työntekijä lukee kuljetuslaatikon sisällön uudelleen käsilukijalla. Näytteiden vastaanotosta näytteet viedään lajitteluun, jossa RFID-järjestelmä nopeuttaa lajittelua. RFID-tekniikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisissa laitteissa

jotka lajittelevat näytteet tunnistaiden tietojen perusteella eri erikoisalojen laboratorioihin, käsittelyihin ja analysointilaitteille meneviksi.

Näytteet luetaan laboratorioissa automaattisesti aina silloin, kun ne ohittavat lukijan. Lukijoita on asennettu laboratorioissa jokaisen työpisteen yhteyteen. Laitteet ja analysointilaitteet sisältävät RFID-luentamahdollisuuden joko itsessään tai lukijat sijaitsevat niiden välittömässä läheisyydessä. Järjestelmään tallentuu tieto siitä, millä analysointilaitteella mitään näytettä on tutkittu. Kun näyte täytyy löytää kesken käsittelyn, pystytään se löytämään järjestelmään tallentuneiden aika- ja paikkatietojen avulla. Työntekijät pystyvät seuraamaan kunkin näytteen sijaintia sekä niiden käsittelyvaiheita reaaliaikaisesti. Jos näytteen tilanteesta ja vastauksen saamiseen kuluva ajasta kysellään, pystyy työntekijä arvioimaan jäljellä olevan ajan paremmin. Näytteen hävitessä pystytään järjestelmästä jälkikäteen katsomaan näytteen kulkureitti sekä katoamispaikka- ja aika. Kun laboratorioon tulee tieto näytteeseen haluttavasta lisäpyynnöstä, lisää työntekijä kyseisen näyteputken sisältävään tunnisteseen uuden pyynnön RFID-lukijalla, eikä uudelleentarroituksia tarvita. Pyyntöjen lisääminen onnistuu näytteen fyysisestä sijainnista huolimatta. Lisäksi näytteiden käsittely analysointilaitteilla helpottuu, sillä työntekijän ei tarvitse kuluttaa aikaa huonosti liimattujen viivakooditarrojen käsittelyyn ja näyteputkien pyörittelyyn, jotta laite saisi viivakoodiin näköyhteyden.

RFID-lukijoita hyödynnetään myös varastoinnissa. Varaston sisäänkäynnillä on lukija, joka tallentaa merkinnän, kun näyte vietiin varastoon. Jos laboratorioissa tulee tilanne, jolloin varastoon viety näyte täytyy hakea uudelleen analysoitavaksi, löydetään se helposti ja nopeasti käsialukijan avulla. Työntekijöillä on käytössään kannettava kosketusnäyttöinen RFID-lukija, jolla he pystyvät halutessaan tarkistamaan näytteiden tiedot. Vaativimpien näytteiden, kuten pakastettavien tuotteiden, kohdalla tunnistaisiin lisätään sensorit tallentamaan tietoa ympäristöolosuhteista. Järjestelmä ilmoittaa työntekijälle, jos arvot poikkeavat tavoitearvoista.

RFID-tunnisteita voidaan käyttää myös esineiden, kuten mitta-astioiden ja laitteiden jäljittämiseen. Tavarat löydetään helposti RFID-lukijan avulla. Kemikaalit sijaitsevat lukittujen ovien takana, jotka saadaan auki työntekijöiden kulkukorteilla. Kun kemikaaliastiat sisältävät RFID-tunnisteen, tuotteen ottaminen ja takaisinlaitto säilytystilassa rekisteröityvät ylös kellonajan kanssa. Näin niiden käyttöä voidaan tarkkailla ja huomata muun muassa varkaudet. Näytteiden hävitystä varten laboratorioissa on käytössä RFID-lukijan sisältävä lajitteleva kone, joka lajittelee näyteputket ja -purkit oikeisiin jäteastioihin. Mahdolliset kierrätettävät näyteastiat ohjataan tunnistaiden avulla oikeaan puhdistusprosessiin.

Pohdimme RFID-tekniikan käyttöä myös kuvitteellisissa esimerkeissä verensiirtotoiminnan ja patologian laboratorion näkökulmista. Verituotteiden saapussa Suomen Punaisen Ristin Veripalvelusta verikeskukseen on tuotteet merkitty RW-tunnisteilla, jotka sisältävät kaikki veripussin tiedot, kuten veriryhmän, luovutuspäivämäärän ja viimeisen käyttöpäivän. Toisinkuin viivakoodeja käyttämällä, RFID-tunnisteen lukemalla laboratorio saa kirjattua kaikki tiedot kerralla tietojärjestelmään. Sopivuuskoetta tehtäessä työntekijä lukee potilaan B-Xkoe näyteputken sekä siirtoon tarkoitetun veripussin tunnisteeseen, ja järjestelmä tarkistaa sekä hyväksyy yhteensopivuuden. Veripussin tunnisteele tallentuu potilaan tiedot. Tuote lähetetään osastolle, ja osasto tarkistaa potilaan henkilöllisyyden ja verituotteen tietojen yhteensopivuuden RFID-lukijalla. Lähetyksestä jää aikamerkintä ja tuotteen lämpötilaa voidaan seurata sen perusteella. Mikäli verituotetta ei käytetäkään osastolla, lähetetään se takaisin laboratorioon jossa tunnisteelta pystytään helposti poistamaan potilaan tiedot. Samalla varmistetaan tunnisteesta jääneiden aika- ja paikkamerkintöjen perusteella tuotteen oikea säilytys sekä lämpötilat, ja voidaan päätellä onko tuote vielä laadultaan kelvollinen uudelleen käytettäväksi.

Myös patologian mallilaboratoriossa RFID-tekniikkaa käytetään näytteiden seuraamiseen ja automaattiseen tunnistamiseen. Tunnisteita käytetään näytepurkeissa, -kaseteissa ja -laseissa, ja kaikkien näiden reaaliaikainen seuraaminen onnistuu RFID-tekniikan avulla. Tunnisteita luetaan joka työpisteessä näytteenotosta tulosten kirjaamiseen saakka. Saapuvista ja lähetetyistä näytepakauksista jää merkinnät tietojärjestelmään.

RFID-tekniikkaa voidaan siis käyttää ja hyödyntää monissa eri laboratorioprosesseissa. Laboratorio pystyy mittaamaan jokaisen näytteen kohdalla joka prosessin vaiheeseen kuluneen ajan aina laboratoriopyynnöstä vastauksen saamiseen saakka. Näytteiden kuljetus- ja säilytysoloja pystytään seuraamaan reaaliajassa, ja kaikki näytteelle tehdyt käsittelyt sekä analysoinnit nähdään tietojärjestelmästä. Epäselvissä tilanteissa laboratorio pystyy osoittamaan toimintansa aukottomuuden ja laadun todistamalla, että näytteiden säilytys on tapahtunut oikein ja näytteitä on pidetty oikea aika oikeissa paikoissa. Järjestelmästä nähdään millä analysaattorilla näyte on tutkittu, jolloin jälkikäteen pystytään tarkistamaan kyseisen laitteen toimivuus. Kaikki tämä parantaa laboratorioden laaduntarkkailua.

8.2 Opinnäytetyöprosessin pohdinta

Opinnäytetyön aihe on mielestämme kiinnostava ja ajankohtainen. Aihe oli meille kuitenkin uusi, joten työtä varten aiheeseen tutustuminen aloitettiin aivan tyhjästä. Ensimmäisenä tutustuimme RFID-tekniikan teoriaan, joka tuntui aluksi hankalalta. Päästyämme kunnolla tutustumaan aiheeseen, alkoi kokonaisuus kuitenkin hahmottua. Kirjallisuuskatsaus oli meille metodina uusi, ja opimme paljon sen tekemisestä. Opimme myös paljon tiedonhauista ja saimme hyviä vinkkejä informaatiolta hyödynnettäväksi tulevaisuudessa. Opinnäytetyötä tehdessämme kartutimme samalla alan englanninkielistä sanastoa. Koimme kuvitteellisen mallilaboratorion kirjoittamisen haastavaksi, sillä artikkeleiden perusteella monet käytännön pulmat jäivät pimentoon, emmekä saaneet niistä tarpeeksi käytännön tietoutta.

Valitsimme mallilaboratorioon käytettäväksi liimattavat RFID-tunnisteet, sillä ne ovat todennäköisin vaihtoehto tekniikan ollessa vielä uutta alalla. Laboratoriotöinnässä ei tarvita suuria kertamuuksia, ja lisäksi niiden käyttöönotto on helpompaa sekä vaivaa ja kuluja säästävää. RFID-tunnisteiden lisäksi näytteissä on kuitenkin hyvä olla myös viivakoodit, sillä ne takaavat varatunnistusmenetelmän. RFID-tekniikka sopisi erittäin hyvin käytettäväksi verikeskuksien Type and Screen -menetelmään, jossa verensiirron sopivuuskoetta ei tehdä vaan järjestelmä hakee sopivan veripussin potilaan tietojen mukaan.

Pohdimme, onko RFID-järjestelmää käytettäessä mahdollista tarroittaa näyteputket väärälle henkilölle. Ongelmaa ei pitäisi olla, jos tarrat tulostetaan potilaan vierellä tunnistuksen jälkeen. Turvallisin ratkaisu näytteenottoon voisi olla kannettavat RFID-tulostimet, jolloin tulostin tulostaisi sekä RFID-tunnisteen että viivakoodin sisältämät pyyntötarrat. Mikäli tarrat tulostetaan ja pyynnöt tarkistetaan vasta potilaan vierellä, on kehitettävä järjestelmä, josta voidaan nähdä näytteenottokierron potilaat ja heidän pyyntönsä. Pyyntöt on hyvä nähdä etukäteen, jotta voidaan valmistautua erikoisempien näytteiden ottoon.

Tulevaisuudessa voi olla mahdollista käyttää myös näyteputkiin tehtaalla liitettyjä tunnisteita. Näyteputken tietojen, kuten lisäaineiden, kirjaus jo tehtaalla auttaisi varmistamaan potilaan pyyntöjen tallennettamisen oikeanlaisen putken tunnisteeseen. Valmiiksi näyteputkiin integroidut tunnisteet voivat toisaalta tuoda kustannuksia laboratorioille, sillä esimerkiksi näytteenoton epäonnistuessa integroitu RFID-tunniste jää käyttämättä. Pohdimme myös, onko putkissa sekaantumisen vaaraa, kun lukeminen voidaan suorittaa vain RFID-lukijalla. Mieleemme heräsi myös kysymyksiä tiedon

tallentamisesta tunnisteille: onko mahdollista tallentaa tiedot vääriin, esimerkiksi viereisiin näyteputkiin, jolloin potilasturvallisuus vaarantuu.

Opinnäytetyötä tehdessä aikataulun kanssa esiintyi ongelmia. Työ ei lähtenyt käyntiin eikä edennyt tavoitteidemme mukaisesti, ja opinnäytetyö muuttuikin tutkimusluonteisesta kirjallisuuskatsaukseksi kesken opinnäytetyöprosessin. Näistä syistä johtuen aikataulu oli melko tiukka. Työmme tavoitteenamme oli, että opinnäytetyön sisältöä on mahdollista hyödyntää koulutuksessa ja koulutuksen suunnittelussa, sekä laboratorioalan muutosten ennakoinnissa. Työmme antaa käsityksen mahdollisesta tulevaisuuden laboratoriotekniikasta kliinisen laboratorioalan asiantuntijoille. Mielestämme löysimme vastaukset kaikkiin tutkimuskysymyksiin ja saavutimme tavoitteemme. Tulosten perusteella pidämme RFID-tekniikan käyttöä osana kliinisiä laboratorioprosesseja hyvinkin mahdollisena tulevaisuudessa.

Koemme, että opinnäytetyö edisti ammatillista kasvuamme ja kehitti ammatti-identiteettiämme. Tietoperustan myötä kertosimme paljon bioanalytiikan perustietouttamme esimerkiksi laboratoriotutkimusprosesseista ja automaatiosta. Opinnäytetyön kautta saimme paljon uutta tieteellistä tutkimustietoa RFID-tekniikan käytöstä laboratoriossa. Osaamme suhtautua kriittisesti tietoon, ja mallilaboratorion myötä myös soveltaa tutkimustietoa käytäntöön. RFID-tekniikan käyttö laboratorioissa voi olla tulevaisuudessa arkipäivää, joten hyödyimme siitä, että pääsemme tutustumaan aiheeseen jo opiskeluaikana. Laboratorioalaa on järkevää pyrkiä kehittämään mahdollisuuksien mukaan. Työntekijöiden on hyvä huomioida kehityksen tarkoituksena oleva laboratorioprosessien parantaminen ja pyrkiminen kohti parempaa asiakaslähtöisyyttä.

8.3 Eettisyys ja luotettavuus

Tieteellinen tutkimus täytyy tehdä hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla. Muutoin tutkimus ei voi olla eettisesti hyväksyttävä tai luotettava, eikä sen tulokset uskottavia. Tutkimuksen teossa, tulosten esittämisessä sekä niiden arvioinnissa tulee noudattaa yleistä huolellisuutta, rehellisyyttä ja tarkkuutta, sekä avoimuutta ja vastuullisuutta. Tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmien tulee olla eettisesti kestäviä ja tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisia. Muiden tutkijoiden työtä sekä saavutuksia arvostetaan ja julkaisuihin viitataan asianmukaisella tavalla. Tutkimuksen teon jokaisessa vaiheessa suunnittelusta raportointiin saakka toimitaan tiedolle asetettujen vaatimusten edellyttämällä tavalla. Jokainen tutkija vastaa ensisijaisesti itse hyvän tieteellisen

käytännön noudattamisesta, mutta vastuu kuuluu myös koko tiedeyhteisölle. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2015, viitattu 16.4.2015.)

Opinnäytetyötä tehdessämme pyrimme noudattamaan hyvän tieteellisen käytännön periaatteita. Kirjallisuuskatsauksessa noudatimme rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkaavaisuutta. Kunnioitimme jokaisen tutkijan ja kirjoittajan tekijänoikeuksia ja viittasimme aina tekstin julkaisijaan. Tutkimusten tulokset esitettiin totuudenmukaisina. Kiinnitimme huomiota myös siihen, ettei raportointimme ole harhaanjohtavaa tai puutteellista.

8.4 Kehittämisehdotukset

Onnistunut RFID-tekniikan käyttöönotto vaatii vielä tutkimuksia suoritettavaksi koe-oloissa ja haasteita selvitettäväksi. Toivoisimme tutkimuksiin suurempia tutkimusotoksia, sillä aiemmissä tutkimuksissa otokset ovat olleet suhteellisen pieniä. Testauksien perusteella voitaisiin tehdä aika- ja kustannussäästölaskelmia. Kliinisiä laboratorioita ajatellen tutkimuksia pitäisi suorittaa eri laboratorio-prosessien kohdilla. Ennen varsinaista tekniikan käyttöönottoa, laboratorioiden olisi hyvä suorittaa tekniikan toimivuuden testauksia omissa laboratoriotiloissaan ja -prosesseissaan. Näin laboratoriot voivat kehittää omia ohjeistuksia työntekijöille. Työntekijät saavat samalla ensikosketusta uuteen tekniikkaan ja uusiin työmenetelmiin. Käytännöntutkimuksien avulla selviäisi tarkempi käytännön toteutus ja mahdolliset ongelmakohdat.

RFID-tekniikan käyttöönottoon kliinisissä laboratorioissa on parasta siirtyä vähitellen. Laboratorioiden olisi loogisinta aloittaa tekniikan käyttöönotto joko prosessista jossa se on helpointa suorittaa, tai prosessista jossa käyttöönoton hyödyt tulevat parhaiten esiin.

RFID-tekniikan käyttö kliinisissä laboratorioissa on vielä rajoittunutta, joten bioanalytiikan koulutus-suunnitelmiin ei ole järkevää sisällyttää laajaa koulutusta kyseisestä tekniikasta. Aiheesta olisi kuitenkin hyvä mainita alan opiskelijoille tulevaisuuden laboratorioiden mahdollisuuksia ajatellen.

LÄHTEET

Banks, J., Hanny, D., Pachano M. A. & Thompson L. G. 2007. RFID Applied. Hoboken: John Wiley.

Carraro, P. & Plebani, M. 2007. Errors in a Stat Laboratory: Types and Frequencies 10 Years Later. *Clinical Chemistry* 53 (7), 1338–1342.

Da Rin, G. 2009. Pre-analytical workstations as a tool for reducing laboratory errors. *Journal of Medical Biochemistry* 29 (4), 315–324.

Dark Daily 2014. Nation's Clinical Laboratories and Pathology Groups Face Greatest Pressure to Cut Costs and Deliver More Value Than at Any Other Time in Past 25 Years. *Clinical Laboratory and Pathology News and Trends* 8.9.2014. Viitattu 4.3.2015, <http://www.darkdaily.com/nations-clinical-laboratories-and-pathology-groups-face-greatest-pressure-to-cut-costs-and-deliver-more-value-than-at-any-other-time-in-past-25-years#axzz3TOqBgOxl>.

Felder, R. 2014. Advances in Clinical Laboratory Automation. *Clinical Laboratory News* 1.12.2014. Viitattu 27.1.2015, <https://www.aacc.org/publications/cln/articles/2014/december/lab-automation>.

Florentino, G., Paz de Araújo, C., Bezerra, H., Júnior, H., Xavier, M., de Souza, V., de M. Valentim, R., Morais, A., Guerreiro, A. & Brandão, G. 2008. Hospital Automation System RFID-Based: Technology Embedded In Smart Devices (Cards, Tags and Bracelets). *Engineering in Medicine and Biology Society. 30th Annual International Conference of the IEEE* 20.8.–25.8.2008, 1455–1458.

Heimonen, J., Hinkka, V. & Isomäki, S. 2012. Näyte voidaan tulevaisuudessa tunnistaa RFID-tekniikan avulla. *Moodi* 36 (1), 233–238.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15.–17. painos. Helsinki: Tammi.

Infinium Solutionz 2009. About RFID Technology. Viitattu 9.3.2015, http://122.182.4.125/infiniumwebsite/Tech_RFID.aspx.

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset - huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa K. Johansson, A. Axelin, M. Stolt & R-L. Ääri (toim.) Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. Sarja A51. Turku: Digipaino, 3–7.

Lahtela, A. 2009. A Short Overview of the RFID Technology in Healthcare. Systems and Networks Communications. Fourth International Conference on 20.9.–25.9.2009, 165–169.

Melanson, S., Lindeman, N. & Jarolim, P. 2008. How Laboratory Automation Can Help Laboratories, Clinicians, and Patients. *LabMedicine* 39 (3), 137–143.

Nolen, J. 2014. The power of laboratory automation. *Medical Laboratory Observer* 46 (1), 12–13.

Oulun ammattikorkeakoulu 2015. E-aineistot. Viitattu 13.4.2015, http://www.oamk.fi/kirjasto/aineistot_ja_tiedonhaku/e-aineistot/.

Pudas-Tähkä, S. 2007. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aiheen rajaus, hakutermit ja abstraktien arviointi. Teoksessa K. Johansson, A. Axelin, M. Stolt & R-L. Ääri (toim.) Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. Sarja A51. Turku: Digipaino, 49–50.

RFIDLab Finland ry 2015. RFID-tietoutta. Viitattu 9.3.2015, <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>.

Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry 2010. RFID. Osa 1: Opas. Johdatus tekniikkaan. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Salinas, M., Lopez-Garrigos, M., Flores, E., Gutiérrez, M., Lugo, J. & Uris, J. 2009. Three years of preanalytical errors: Quality specifications and improvement through implementation of statistical process control. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation* 69 (8), 822–826.

Szecsí, P. B. & Ødum, L. 2009. Error tracking in a clinical biochemistry laboratory. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 47 (10), 1253–1257.

Söderberg, J., Grankvist, K., Brulin, C. & Wallin, O. 2009. Incident reporting practices in the preanalytical phase: Low reported frequencies in the primary health care setting. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation* 69 (7), 731–735.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2015. Hyvä tieteellinen käytäntö. Viitattu 16.4.2015, <http://www.tenk.fi/fi/htk-ohje/hyva-tieteellinen-kaytanta>.

Tähtinen, H. 2007. Systemaattinen tiedonhaku hoitotieteen näkökulmasta. Teoksessa K. Johansson, A. Axelin, M. Stolt & R-L. Ääri (toim.) Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. Sarja A51. Turku: Digipaino, 30.

Wagar, E., Tamashiro, L., Yasin, B., Hilborne, L. & Bruckner, D. 2006. Patient Safety in the Clinical Laboratory. A Longitudinal Analysis of Specimen Identification Errors. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine* 130 (11), 1662–1668.

Valenstein, P., Raab, S. & Walsh, M. 2006. Identification Errors Involving Clinical Laboratories. A College of American Pathologists Q-Probes Study of Patient and Specimen Identification Errors at 120 Institutions. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine* 130 (8), 1106–1113.

Wallin, O., Söderberg, J., Van Guelpen, B., Stenlund, H., Grankvist, K. & Brulin, C. 2009. Blood sample collection and patient identifications demand improvement: a questionnaire study of preanalytical practices in hospital wards and laboratories. *Scandinavian Journal of Caring Sciences* 24 (3), 581–591.

Want, R. 2006. An Introduction to RFID Technology. *Pervasive Computing* 5 (1), 25–33.

Wen, Y., Chao-Hsien, C. & Zang, L. 2010. The Use of RFID in Healthcare: Benefits and Barriers. RFID-Technology and Applications (RFID-TA). IEEE International Conference on 17.6.–19.6.2010, 128–134.

LIITTEET

JULKAISUJEN LÖYDÖKSET

LIITE 1

Artikkelin tekijä & artikkelin nimi	Julkaisupaikka ja -aika & tietokanta	Artikkelin kuvaus	Keskeiset löydökset
1. Bostwick DG: Radiofrequency identification specimen tracking in anatomical pathology: pilot study of 1067 consecutive prostate biopsies	Elsevier 2013 Tietokanta: PubMed	RFID-tekniikan käyttö näytteiden jäljittämiseen patologian laboratoriossa. RFID-tekniikan käyttöä tutkittiin näytteiden identifioinnissa ja jäljityksessä 1067 prostata-biopsia-näytteen avulla. Artikkeli kuvaili samalla koko näytteidenseurantaprosessin patologian laboratoriossa.	Tutkimuksessa RFID-tunnisteilla merkityistä prostata biopsianäytteistä 78,3 % kohdalla prosessointi onnistui. Tutkimuksessa ilmaantuneita ongelmia olivat mm. tunnisteiden irtoaminen, tunnisteiden toimivuus, ongelmat kuljetuksessa ja vastaanotossa ja tietokoneohjelmien kanssa. Tekniikka mahdollistaa dynaamisen näytteidenseurannan koko prosessin ajan: tunnisteiden lukeminen joka työpisteessä.
2. Davidowitz H: Use of Radio Frequency Identification (RFID) for Sample Tracking	American Laboratory 2012 July Tietokanta: Cinahl	RFID-tekniikan käyttö näytteiden seurannassa biopankeissa. Artikkelin esimerkit koskivat kryogeenisiä pakastettavia näytepurkkeja.	Biopankeissa RFID-tunniste voi toimia joko pelkästään identifiointivälineenä toimien linkkinä näytteen ja taustajärjestelmän kanssa tai sisältää itsessään tietoja näytteestä. Tunnisteeseen liitettävän sirun avulla voidaan mitata ympäristön lämpötilaa. Lukija voidaan sijoittaa pakastimeen, jolloin pakastin suorittaa inventaarion itsenäisesti, eikä näytteitä tarvitse poistaa sieltä.
3. Davis R, Gottschall J, Gutierrez A, Hohberger C, Graminske S, Veeramani D, & Holcombe J: Absence of acute adverse in vitro effects on aged AS-1 red blood cells and thawed plasma after prolonged exposure to 13.56-MHz radio energy	Transfusion 2012 September Tietokannat: PubMed & ASE	Artikkelissa tutkittiin HF-radioaaltoenergian (13.56 MHz) vaikutuksia verituotteiden turvallisuuteen ja toimivuuteen: vaikutus ikääntyneiden punasolujen ja plasman lämpötilaan ja biologisiin muutoksiin. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää RFID-tekniikan soveltuvuus käytettäväksi verensiirtotoiminnassa.	Radioaaltoenergialle altistaminen ei merkittävästi vaikuttanut ikääntyneiden punasolujen tai plasman lämpötilaan ja biologisiin muutoksiin. Muutokset olivat hyväksyttävällä tasolla, punasolujen rappeutumista eikä muutoksia plasman hyytymistekijöissä huomattu. RFID-tekniikkaa voidaan käyttää verensiirtotoiminnassa täydentämään viivakooditekniikkaa. RFID-tekniikka sopii veren ja verivalmisteiden automaattiseen identifiointiin, jäljittämiseen ja tilan seurantaan koko verensiirtoketjun ajan verenvuotuksesta aina verensiirtoon saakka.

<p>4. Davis R, Gottschall J, Gutierrez A, Hohberger C, Graminske S, Veeramani D, & Holcombe J: Absence of acute adverse in-vitro effects on AS-1 RBCs and whole blood-derived platelets following prolonged exposure to 13.56 MHz radio energy</p>	<p>Transfusion 2010 July Tietokanta: PubMed</p>	<p>Artikkelissa tutkittiin HF-radioaaltoenergian (13.56 MHz) vaikutuksia verituotteiden turvallisuuteen ja toimivuuteen: vaikutus nuorten punasolujen ja trombosyyttien lämpötilaan ja biologisiin muutoksiin. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää RFID-tekniikan soveltuvuus käytettäväksi verensiirtotoiminnassa.</p>	<p>Radioaaltoenergialle altistaminen ei merkittävästi vaikuttanut nuorten punasolujen tai trombosyyttien lämpötilaan ja biologisiin muutoksiin. Muutokset olivat hyväksyttävällä tasolla eikä punasolujen tai trombosyyttien ennen aikaista rappeutumista havaittu. RFID-tekniikan käyttö sopii veren ja verituotteiden automaattiseen identifiointiin, jäljittämiseen ja tilan seuraamiseen. Taa-juuksista 13.56 MHz on paras.</p>
<p>5. Gutierrez A, Levitt J, Reifert D, Raife T, Diol B, Davis R & Veeramani R: Tracking blood products in hospitals using radio frequency identification: Lessons from a pilot implementation</p>	<p>ISBT Science Series 2013 Tietokanta: ASE</p>	<p>Artikkelissa käsitellään veren ja verituotteiden jäljittämistä RFID-tekniikan avulla sairaaloissa ja tekniikan soveltuvuutta käytettäväksi verensiirtotoimintaan. Tutkimuksessa testattiin RFID-tekniikkaa veren ja verituotteiden automaattisessa tunnistuksessa, jäljityksessä ja tilan seurannassa koko ketjun ajan aina verenuovutuksesta verensiirtoon saakka.</p>	<p>RFID-järjestelmä suoriutui hyvin veren ja verituotteiden jäljityksessä, seurannassa ja turvallisuudessa. Prosessivirheet vähenivät 83 % prosentilla, kun manuaaliset seuranta- ja tunnistusmenetelmät korvattiin RFID-pohjaisella järjestelmällä. Virheiden väheneminen näkyi myös laboratoriokulujen säästöissä. Tutkimus osoitti, että RFID-järjestelmä voi ennaltaehkäistä ja havaita virheitä, parantaa kohteiden näkyvyyttä ja jäljitettävyyttä sekä kasvattaa tuottavuutta.</p>
<p>6. Hinkka V, Isomäki S & Heimonen J: Näyte voidaan tulevaisuudessa tunnistaa RFID-tekniikan avulla</p>	<p>Moodi 1/2012 Tietokanta: Medic</p>	<p>Artikkeli käsittelee RFID-tekniikan käyttöä näytteiden tunnistuksessa kliinisissä laboratorioissa kuvitteellisen mallilaboratorion avulla.</p>	<p>RFID-tekniikan käyttökohteet laboratoriossa ovat näytteiden ja niiden käsittelyyn liittyvien vaiheiden seuranta ja näytteiden etsiminen varastotiloista sekä mitta-astoiden tai laitteiden seuranta. Tekniikan avulla voidaan varmistaa näytteen kulureitti ja tarkistaa nykyinen sijainti. Näytteitä voidaan jäljittää joko kohteeseen erikseen liimattavalla RFID-tunnistetaralla tai kohteeseen kiinteästi liitettyllä tunnisteella. Kun laboratorioon lähetetään näytteitä kauempaa, pakataan ne RFID-tunnisteella varustettuun kuljetuslaatikkoon. Kuljetuslaatikon tunniste luetaan automaattisesti laboratorion ovella olevalla RFID-lukijalla, jolloin kaikki laatikon näytteet kuittaautuvat saapuneiksi kerralla ja yhdistyvät ennakoilmoitukseen. Näytteiden seuranta varten laboratoriossa on hyvä olla RFID-lukijoita jokaisen oven ympärillä ja jokaisen laitteen vieressä pöydällä. Näytteet luetaan aina, kun näyteputki on lukijan lähellä. RFID-tekniikka voidaan hyödyntää myös jätteiden käsittelyssä.</p>

<p>7. Hohberger C, Davis R, Briggs L, Gutierrez A & Veeramani D: Applying radio-frequency identification (RFID) technology in transfusion medicine</p>	<p>Biologicals: Journal of the International Alliance for Biological Standardization 2012 May Tietokannat: PubMed & ASE</p>	<p>RFID-tekniikan käyttö osana verensiirtotoimintaa. Artikkeleissa käsitellään RFID-tekniikan käyttöä verituotteiden automaattisessa tunnistuksessa ja tilan seurannassa kaikissa toimitusketjun osissa verenvuotuksesta verensiirtoon saakka.</p>	<p>Verenvuotuksen ja käsittelyn yhteydessä veripusseihin lisätään RFID-tunniste. Verituotteissa olevien tunnistaiden tiedot siirretään tietokantaan, josta verikeskus saa ne käyttöönsä tuotteiden tulo-tarkastukseen. Kuljetuslaatikoissa käytetään myös tunnistaita, johon tehdään lähetysten lähetyslista. Verenvuotuksessa potilas voidaan tunnistaa RFID-rannekkeella ja tietoja verrataan potilaan pyyntöihin sekä veripussin tunnistaiden tietoihin. Verensiirron jälkeen veripussin tunnistaiseen kirjataan verensiirron valmistuminen. Jos verituotetta ei käytetä, lukijalla voidaan pyyhkiä verituotteen tunnistaita pois kaikki potilaan tiedot kun se palautetaan verikeskukseen.</p>
<p>8. Kebo V, Klement P, Čermakova Z, Gottfried J, Sommerova M, Palecek A: The potential of RFID technology in Blood Center processes</p>	<p>Studies in Health Technology and Informatics 2010 Tietokanta: PubMed</p>	<p>RFID-tekniikan käyttö verensiirtotoiminnassa. Artikkelellä käsitellään RFID-tekniikalle sopivia käyttökohteita ja verituotteiden käsittelyä.</p>	<p>RFID-tekniikan avulla voidaan tarkkailla verituotteiden koko elämänkaarta verenvuotuksesta, verituotteiden prosessointiin ja käyttöön saakka. RFID-tunnistaiden käyttöönotto osaksi veripussia helpottaa tietojen siirtämistä käyttöjärjestelmään. Tunnistaita voidaan tallentaa tietoa jo verenvuotuksen aikana. RFID-tekniikka mahdollistaa suurten verierien lukemisen ja tiedon tallentamisen suoraan veripussin tunnistaita ilman tarran vaihtamista. RFID-tekniikan avulla verikeskuksen turvallisuutta ja laatua voidaan kehittää. Lisähyötyä tulevaisuudessa voidaan saada aktiivisesta tai semipassiivista RFID-tunnistaita, joka mittaa koko ajan esimerkiksi ympäristön lämpötilaa tai kosteutta. Tämän avulla voidaan varmistaa, että palautettu verituote on vielä turvallinen käytettäväksi.</p>
<p>9. Kennedy J: The 'pneu' in pneumatic tube systems</p>	<p>Medical Laboratory Observer 2010 June Tietokannat: Cinahl, ASE & PubMed</p>	<p>RFID-tekniikan käyttö paineilmailloissa toimivissa putkipoiteissa.</p>	<p>Putkipostit voidaan varustaa RFID-tekniikalla. RFID-tekniikka jäljittää putkipostin kuljetuksia lähdöstä saapumiseen saakka. Tekniikka pystyy erottelemaan automaattisesti "puhtaat" (paperityöt) ja "likaiset" (verinäytteet) lähetykset toisistaan ja lähettämään ne eri putkissa. Järjestelmässä on automaattinen putkien määrän sääntely, jotta joka lastausasemalla on sopiva määrä putkia. Järjestelmä lukee kuljetusputket automaattisesti aina niiden mennessä järjestelmän ohi.</p>

<p>10. Knels R, Ashford P, Bidet F, Böcker W, Briggs L, Bruce P, Csöre M, Distler P, Gutierrez A, Henderson I, Hohberger J, Holcombe J, Holmberg J, Hulleman R, Marcel B, Messenger P, Mun I, Roberts S, Sandler G, Veeramani R & Wray B: Guidelines for the Use of RFID Technology in Transfusion Medicine</p>	<p>Vox Sanguinis 2010 April Tietokannat: PubMed & ASE</p>	<p>Artikkelissa määritetään suositukset RFID-tekniikan käytölle verensiirtotoiminnassa.</p>	<p>Verenluovuttajat voitaisiin tunnistaa RFID-tunnisteen sisältävällä kortilla. Veripussissa tunnistaminen helpottaa tuotteen tunnistamista keräämisen ja prosessoinnin aikana. Se auttaa myös seuraamaan varastointia ja jakelua, jolloin esim. varastosta ei löytyisi vanhoja tuotteita ja erikoisempien yksiköiden löytäminen olisi nopeampaa. Kun tuotteiden varastointilämpötilan tietäminen on tärkeää, käytetään lukijoita kylmäketjun laitteistossa. Verensiirron yhteydessä potilas tunnistetaan RFID-rannekkeen avulla ja tietoja verratetaan verituotteen tunnistamiseen yhteenkuuluvuuden varmistamiseksi. RFID-tunnisteita, joissa on lämpötilan mittaussmahdollisuus, voidaan käyttää verituotteiden kuljetuksessa.</p>
<p>11. Kozma N, Speletz H, Reiter U, Lanzer G, & Wagner T: Impact of 13.56-MHz radio-frequency identification systems on the quality of stored red blood cells</p>	<p>Transfusion 2011 November Tietokannat: Cinahl & PubMed</p>	<p>Tutkimuksessa tutkittiin pitkäaikaisen (42 päivää) HF-radioaaltoenergiatistuksen (13.56 MHz) vaikutuksia punasolujen biologisiin ja biokemiallisiin muutoksiin. Punasoluja altistettiin pitkään jatkuvalle radioaaltoenergialle varastoinnin aikana.</p>	<p>Tutkimuksissa ei huomattu merkittäviä eroja testi- ja kontrolliryhmän välillä punasolujen biologisissa ja biokemiallisissa arvoissa ja arvot pysyivät normaalin rajoissa koko tutkimuksen ajan. RFID-tekniikkaa on mahdollista käyttää turvallisesti verensiirtotoiminnassa tuotteiden tunnistamiseen, jäljittämiseen ja tilan seurantaan koko toimitusketjun ajan verenluovutuksesta verensiirtoon. RFID-tekniikka mahdollistaa verituotteiden lämpötilaseurannan, jonka avulla tiedetään niiden käyttökelpoisuus.</p>
<p>12. Leung A A, Lou J J, Mareninov S, Silver S S, Routbort M J, Riben M, Andrechak G & Yong W H: Tolerance testing of passive radio frequency identification tags for solvent, temperature, and pressure conditions encountered in an anatomic pathology or biorepository setting</p>	<p>Journal of Pathology Informatics 2010 October Tietokanta: PubMed</p>	<p>Artikkelissa käsitellään passiivisten RFID-tunnisteiden kestävyttä patologian laboratorion ympäristöolosuhteissa. Patologian laboratorion olot asettavat tunnisteille haasteita kestävyys suhteen, sillä ne joutuvat altistumaan suurille lämpötilan vaihteluille ja vahvoille liuottimille. Tutkimuksessa testattiin tunnisteiden kestävyttä lämpötilan, paineen liuotinten osalta.</p>	<p>Testatut tunnistetimet toimivat korkeissa ja alhaisissa lämpötiloissa sekä lämpötilojen vaihteluissa hyvin. Ne kestivät peräkkäisiä jäädytyksiä ja sulatuksia sekä toimivat hyvin liuottimista ja paineesta huolimatta. Tutkimuksessa huomattiin fyysisen manipuloinnin aiheuttavan mahdollisesti vahinkoa tunnisteille ja estävän niiden lukeamisen. RFID-tunnisteiden lisääminen näytekasetteihin ja -laseihin ja RFID-lukijoiden asentaminen työpisteille voi parantaa turvallisuutta ja vähentää virheiden mahdollisuutta histopatologisessa prosessissa. Vaikka prosessissa tapahtuvat virheet ovat harvinaisia, kertautuu se suuria näytemääriä käsiteltäessä. Tästä syystä suositellaan käytettävän tunnistetta ja viivakoodia rinta rinnan.</p>

<p>13. Lippi G, Sonntag O & Plebani M: Appropriate labelling of blood collection tubes: a step ahead towards patient's safety</p>	<p>Clinical Chemistry and Laboratory Medicine 2011 Tietokannat: ASE & PubMed</p>	<p>Artikkelissa käsitellään verinäyteputkien oikeanlaista tarroittamista ja vaikutusta potilasturvallisuuden parantamiseen.</p>	<p>Näytteenotossa voidaan käyttää RFID-pohjaisia potilasrannekeita, cross match-tunnisteita sekä "aktiivisia" näyteputkia. Ne mahdollistavat nopean, turvallisen ja tehokkaan keinon tarkistaa potilaan ja näyteputkien tunnistus sekä niiden vastaavuus toisiinsa, ja tunnistuksessa pystytään välttämään potilaisiin turvautuminen. Tekniikka voi poistaa putkien tarroituksen tarpeen sekä skannausvirheet ja viivästymiset, jotka johtuvat kullekin ja ryppäisistä viivakoodeista.</p>
<p>14. Lou J J, Andrechak G, Riben M & Yong W H: A review of radio frequency identification technology for the anatomic pathology or biorepository laboratory: Much promise, some progress, and more work needed</p>	<p>Journal of Pathology Informatics 2011 August Tietokannat: PubMed & ASE</p>	<p>RFID-tekniikan käyttö patologian laboratoriossa: mahdolliset sovellukset ja hyödyt sekä esteet tekniikan käytölle.</p>	<p>RFID-tunnisteita voidaan käyttää näytekaseteissa ja -laseissa työnkulun nopeuttamiseksi ja seurattavan jäljen jättämiseksi. RFID-lukijat liitetään osaksi työpisteitä. Tunnisteita voidaan käyttää myös näytepurkkeissa niiden jäljittämiseksi näytteenotosta laboratorioon. Tiedot ajasta ja paikasta tallentuvat näytekasettien ja -lasien RW-tunnisteille, jolloin voidaan selvittää, missä ja milloin mikäkin prosessin vaihe on tehty. Yksi hyvä sovellus olisi myös väärin sijoitettujen näytelasien löytäminen varastosta 3D-paikannuksen avulla joko aktiivisilla tai passiivisilla tunnistilla.</p>
<p>15. Ohashi K, Ota S, Ohno-Machado L & Tanaka H: Smart medical environment at the point of care: auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology</p>	<p>Computers in Biology and Medicine 2010 March Tietokanta: PubMed</p>	<p>Japanilaisessa tutkimuksessa kehitettiin automaattinen langaton jäljitysmenetelmä, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi potilaan sängyn vierellä otettaviin verikokeisiin. Tutkimuksessa aktiiviset RFID-tunnisteet kiinnitettiin potilaisiin, henkilökuntaan ja laitteisiin ja passiiviset RFID-tunnisteet eri välineisiin kuten verinäyteputkiin. Hoitajilla oli käytössään "älykärret", jotka sisälsivät aktiivisen tunnisteen ja kannettavan tietokoneen.</p>	<p>Hoitajan läheistyessä potilasta "älykärren" kanssa, potilaan tiedot tulevat automaattisesti tietokoneen näytölle perustuen hoitajan ja potilaan tunnisteen tietoihin. Tutkimuksessa laite tunnisti onnistuneesti henkilökunnan ja potilaat. Menetelmä vähentää potilaiden identifiointivirheitä. Järjestelmä auttoi vähentämään verinäytteenottoon kuluva aikaa 67 %. Sen avulla voidaan seurata hoitajien ja potilaiden välistä vuorovaikutusta saumattomasti, mikä parantaa työnkulkua ja tehokkuutta ja sitä kautta myös potilasturvallisuutta. Esimerkiksi veriputket voidaan tunnistaa kerralla.</p>
<p>16. Pantanowitz L, Mackinnon Jr A C & Sinard J H: Tracking in Anatomic Pathology</p>	<p>Archives of Pathology & Laboratory Medicine 2013 December Tietokannat: CINAHL & ASE</p>	<p>Artikkelissa käsitellään näytteiden seuranta patologian laboratoriossa.</p>	<p>Seurannan toteuttamiseen patologian laboratoriossa voidaan käyttää RFID-tekniikkaa. Se on hyödyllinen tekniikka kerättyjen ja lähetettyjen näytepakettien jäljittämiseen. Tasolukijan avulla voidaan lukea useita näytteitä yhtä aikaa, kun tunnistet ovat näytepurkkien pohjassa ja laitetaan lukijalle samaan aikaan.</p>
<p>17. Qiao W, Cho G & Lo YH: Wirelessly powered microfluidic dielectrophoresis devices using printable RF-circuits</p>	<p>Lab on a Chip 2011 March Tietokannat: ASE & PubMed</p>	<p>Artikkeli käsittelee langatonta RFID-tekniikkaa sisältävän mikrofluidistisen dielektriforeesi-laitteen toimintaa.</p>	<p>Mikrofluidistinen dielektriforeesi-laite saa käyttövirtansa langattomasti RFID-lukijalta. Tulevaisuudessa tekniikkaa voidaan käyttää esimerkiksi vieritesteissä.</p>

<p>18. Rosenbaum BP: Radio frequency identification (RFID) in health care: privacy and security concerns limiting adoption.</p>	<p>Journal of Medical Systems 2014 February Tietokanta: PubMed</p>	<p>RFID-tekniikan käyttö terveydenhuoltoa: sovellukset ja käyttöönottoa rajoittavat turvallisuus- ja yksityisyysuheet.</p>	<p>RFID- tekniikkaa on onnistuneesti käytetty verensiirtotoiminnassa verenluovutuksesta verensiirtoon saakka. Kun RFID-tunniste on luettu ja varmistettu täsmällisen potilaan pyynnön kanssa, verensiirron saavan potilaan tiedot tallentuvat tunnistelle. Verensiirron päätteeksi potilaan tiedot poistetaan tunnistelta. Tunnisteeseen tallennettujen tietojen lisäksi verituote tulisi tarroittaa tarralla, joka sisältää kaikki tarvittavat tiedot tuotteesta siltä varalta, että tietokantaan pääsy ei ole mahdollista.</p>
<p>19. Scholl G, Nelson N, Francis G, Taylor D, Feist K, Bryan D Y, Pontin R; Ban D, Creighton D, Powers G M & Allison P: Current buzz. What's the "buzz" on specimen collection and transport?</p>	<p>Medical Laboratory Observer 2010 May Tietokanta: CINAHL</p>	<p>Artikkeli käsittelee näytteenoton ja näytteiden kuljetuksen uusia mahdollisuuksia. RFID-tekniikan käyttö näytteiden jäljittämässä.</p>	<p>RFID-tekniikkaa voidaan käyttää näytteiden jäljittämiseen niiden keräämisestä aina säilytykseen ja hävitykseen saakka. Tekniikan avulla näytteestä jää järjestelmään jälki, jota on helppo seurata, jos jokin menee pieleen. Toisin sanoen sen avulla voidaan varmistaa näytteen kulureitti ja sijainti eri aikoina.</p>
<p>20. Sharma G, Parwani A V, Raval J S, Triulzi J, Benjamin R J & Pantanowitz L: Contemporary issues in transfusion medicine informatics</p>	<p>Journal of Pathology Informatics 2011 January Tietokannat: ASE & PubMed</p>	<p>Artikkeli käsittelee verensiirtotoiminnan uusia suuntauksia. RFID-tekniikan käyttö osana verensiirtotoimintaa.</p>	<p>Verensiirtotoiminnassa tietoihin käsiksi pääsy RFID-tekniikan avulla nopeutuu ja helpottuu joka toimitusketjun vaiheessa aina verenluovutuksesta verensiirtoon saakka. Käyttökokeiluissa on selvinnyt, että tekniikan ollessa käytössä verensiirtojen potilasturvallisuus on parantunut. RFID-tekniikka vähentää monia työvaiheita, joita viivakoodien kanssa tarvitaan.</p>
<p>21. Shim H, Uh Y, Lee S H & Yoon Y R: A New Specimen Management System Using RFID Technology</p>	<p>Journal of Medical Systems 2011 January Tietokannat: ASE & PubMed</p>	<p>Artikkelissa käsitellään uutta klinisen laboratorion käyttöön suunniteltua RFID-pohjaista näytteiden hallintajärjestelmää. Järjestelmä suunniteltiin niin, että se on helppo liittää muihin olemassa oleviin järjestelmiin ja sen tiedot voidaan jakaa muiden järjestelmien kanssa.</p>	<p>Tutkimuksessa käytettiin liimattavia tunnisteita, jotka eivät itsessään sisältäneet tietoja kohteesta. Työntekijät hakivat palvelimelta potilaan pyynnöt, jotka siirrettiin tiedonsiirtolaitteella tunnistelle. Tunni-teen sarjanumero alkoi toimia näytteen käsittelynumerona, joka tallentui myös palvelimelle. Näytteenotossa tunnistetarra kiinnitettiin näyteputkeen ja lähetettiin laboratorioon. Laboratorion työntekijöillä oli käytössään digitaallilukija, jota voitiin käyttää näytteiden hallinnointiin. Laite vähensi näytteen etsimiseen kulu-vaan aikaa: näytteet löytyivät järjestelmän avulla lähes seitsemän kertaa nopeammin kuin viivakoodilla. RFID-järjestelmä nopeutti laboratorion toimintaa, sillä näytteen etsimiseen käytettävä aika väheni ja varastosta löytäminen helpottui.</p>
<p>22. Steinberg M, Kassal P, Tkalčec B & Murković Steinberg I: Miniaturised wireless smart tag for optical chemical analysis applications</p>	<p>Talanta 2014 January Tietokanta: PubMed</p>	<p>Tutkimuksessa on kehitetty pieni ja siirrettävä RFID-pohjainen optisen kemian laite.</p>	<p>RFID-lukija tuottaa laitteelle tarvittavan energian. Sovelluksia: optinen detektoripH:n määrittämiseen ja optisen RFID-virtapiirin käyttäminen geneettisiin analyysiin. Langattomille kemikaalisensoreille ja biosensoreille kaavallaan yhä kattavampia sovelluksia terveydenhuollon alalla. Menetelmä sopisi käytettäväksi vieritesteissä.</p>

<p>23. Wang Q-L, Wang X-W, Zhuo H-L, Shao C-Y, Wang J, & Wang H-P: Impact on storage quality of red blood cells and platelets by ultrahigh-frequency radiofrequency identification tags</p>	<p>Transfusion 2013 April Tietokannat: ASE, CINAHL & PubMed</p>	<p>Tutkimuksessa tutkittiin UHF-radioaaltoenergian (820 - 960 MHz) vaikutusta punasolujen ja trombosyyttien biologisiin muutoksiin. Punasoluja ja trombosyyttejä altistettiin jatkuvalle radioaaltoenergialle koko varastoinnin ajan.</p>	<p>Tutkimuksessa ei löydetty merkittäviä eroja testi- ja kontrolliryhmän välillä: biologisten ja biokemiallisten arvojen ei huomattu huonontuneen punasolujen 35 päivän varastoinnin aikana eikä 5 päivän aikana trombosyyteillä. ISBT suosittelee taajuutta 13.56 MHz, mutta tutkimuksen mukaan 820 - 960 MHz:n taajuuksilla olisi vieläkin enemmän hyötyjä. RFID-tekniikka on alettu liittää osaksi vereluovutusta ja verensiirtoja.</p>
<p>24. Wray Bruce R: Automation in blood banking: RFID</p>	<p>Medical Laboratory Observer 2011 October Tietokannat: CINAHL, ASE & PubMed</p>	<p>Automaatio verensiirtotoiminnassa. RFID-tekniikan käyttöönotto osaksi verensiirtotoimintaa.</p>	<p>RFID-tekniikka on uusi lupaus verensiirtotoiminnan automatisoimiseen. Suurimman hyödyn RFID-tekniikka tarjoaa verikeskuksille. Viivakoodeja ei ole tarkoitus syrjäyttää, vaan RFID-tunnisteita käytetään niiden rinnalla. Tekniikkaa voidaan käyttää automaattisessa saapumiskirjauksessa, varastoinnissa, paikannettaessa tiettyä DIN-numeroitua (donation identificatin number) tuotetta sekä validoitaessa lähteviä ja palautuvia kuljetuksia.</p>
<p>25. Wray Bruce R: Automation in the clinical lab: a reliable tool gets even better</p>	<p>Medical Laboratory Observer 2013 July Tietokannat: CINAHL & ASE</p>	<p>Automaatio kliinisissä laboratorioissa. RFID-tekniikan käyttö näytteiden tunnistuksessa ja seuraamisessa.</p>	<p>RFID-tekniikka voi muuttaa dramaattisesti näytteiden tunnistamis- ja jäljitystapaa. Koska kohteeseen ei tarvita näköhyteyttä tiedon lukemiseksi, pystyy lukija lukemaan esimerkiksi kuljetuslaatikon sisältämät näytteet avaamatta sitä. Koska on tiedossa, mitä näytteitä laatikon tulisi sisältää, pystyy järjestelmä kertomaan, jos näytteitä on hukassa.</p>
<p>26. Yazawa Y, Oonishi T, Watanabe K, Shiratori A, Funaoka S & Fukushima M: System-on-fluidics immunoassay device integrating wireless radio-frequency-identification sensor chips</p>	<p>Journal of Bioscience and Bioengineering 2014 September Tietokanta: PubMed</p>	<p>RFID-tekniikkaan pohjautuvan kemiluminesenssi-immunomääritys vieritestilaitteen suunnittelu ja testaus.</p>	<p>Vieritestilaitteen toiminta perustuu kemiluminesenssi-immunomääritykseen. Laitte sisältää RFID-tunnisteen, johon on liitettyä valo- ja lämpötilasensoreita. Valosensori mittaa valon emission kautta antigeenin määrää. Lämpötilasensori mittaa ympäristön lämpötilaa, mikä auttaa kompensoimaan lämpötilojen vaihteluja mittaus-ten välillä, sillä lämpötila vaikuttaa tulokseen. RFID-tunnisteet lähettävät tiedon ulkoiselle lukijalle langattomasti.</p>