

Opinnäytetyö (AMK)

Suuhygienistikoulutus

2023

Wilma Eloranta & Aleksandra Tiivits

Intraoraaliskannerin käyttö digitaalisessa jäljentämisessä suun terveydenhuollossa

– Intraoraaliskannerin hyödyntäminen
hammaslääketieteen eri osa-alueilla



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Suuhygienistikoulutus

2023 | 119 sivua

Wilma Eloranta & Aleksandra Tiivits

Intraoraaliskannerin hyödyntäminen hammaslääketieteen eri osa-alueilla

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla intraoraaliskannereiden käyttöä digitaalisessa jäljentämisessä suun terveydenhuollossa. Opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa intraoraaliskannereiden käyttömahdollisuuksista suuhygienistikoulutuksessa. Tämä opinnäyte on tehty osana EU-rahoitteista Green 3D-printing for Dental Appliances hanketta ja Turun ammattikorkeakoulun Suun terveyden tutkimusryhmää. Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen sisällön ovat tuottaneet Turun amk:n 3. vuoden suuhygienistiopiskelijat yhdessä ja opinnäytetyön empiirinen osa on toteutettu pienryhmissä.

Opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys perustuu tieteellisiin artikkeleihin, hammaslääketieteen kirjallisuuteen sekä alaan liittyviin julkaisuihin.

Opinnäytetyön teoriaosuutemme käsittelee intraoraaliskannerin hyödyntämisestä eri hammaslääketieteen osa-alueissa, kuten ortodontiassa, kariologiassa, endodontiassa, parodontologiassa, suu- ja leukakirurgiassa, protetiikassa, purentafysiologiassa, esteettisessä hammashoidossa sekä omahoidon ohjauksessa. Teoreettisessa viitekehyksessä tarkastellaan myös

toiminnallisen opinnäytetyön piirteitä sekä hyvän ohjeen ja hyvän asiantuntijahaastattelun kriteereitä.

Toiminnallisen osuuden tuotoksena on tehty kuvallinen ohjekortti intraoraaliskannerin osista ja sen huollosta. Ohjekortti laadittiin asiantuntijahaastattelun avulla. Ohjekortti pyrittiin tekemään hyvän ohjeen kriteerien mukaisesti. Opinnäytetyön tuotosta suuhygienistiopiskelijat pystyvät hyödyntämään tulevaisuudessa Medisiina D-StuDentalissa.

Asiasanat: Intraoraaliskanneri, hammaslääketiede, suun terveydenhuolto, ohje

Bachelor's | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme in Dental Hygiene

2023 | 119 pages

Wilma Eloranta & Aleksandra Tiivits

Use of Intraoral Scanners in Different Areas of Dentistry

-

The purpose of the thesis is to describe the use of intraoral scanners for digital reproduction in oral healthcare. The aim of the thesis is to get information about the possibilities of using intraoral scanners in dental hygienist education. This thesis was made as part of the EU-funded Green 3D-printing for Dental Appliances project and the Turku University of Applied Sciences Oral Health research group. The content of the theoretical reference framework of the thesis was produced by the 3rd year dental hygiene students at Turku University of Applied Sciences. The empirical part of the thesis has been carried out in small groups.

The thesis has been implemented as a functional thesis. In this thesis, we discuss the possibilities and utilization of the intraoral scanner in different areas of dentistry. The theoretical framework of the thesis is based on scientific articles, dental literature, and publications related to the field.

Our theory part of the thesis deals with the use of the intraoral scanner in different areas of dentistry, such as orthodontics, cariology, endodontics, periodontology, oral and maxillofacial surgery, prosthetics, biting physiology, aesthetic dentistry, and self-care guidance. In the theoretical framework, we also examine the features of a functional thesis and the criteria of a good guideline and an expert interview.

The output of the functional part is pictorial instruction card about the parts of the intraoral scanner and its maintenance. The instruction card was prepared with the help of an expert interview. The instruction card was made in accordance with the criteria of a good instruction.

The aim of the thesis was to search and gather information on where and how the intraoral scanner can be used in oral health care. Dental hygiene students will be able to use the output of this functional thesis in the future in Medisiina D-StuDental.

Keywords: Intraoral Scanner, Dentistry, Oral Health Care, instruction

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tätä.

Sisältö

1 Johdanto	11
2 Digitaalisen jäljentämisen historia	13
3 Intraoraaliskannereiden teknologia ja hankinta.....	15
3.1 Intraoraaliskannerien teknologia	15
3.2 Skannausteknologioita	16
3.3 Suomen markkinoilla olevia intraoraaliskannereita	19
3.4 Intraoraaliskannerien hankinta	21
3.5 Intraoraaliskannerien jakautuminen suun terveydenhuollossa	22
4 Intraoraaliskannerien käyttö digitaalisessa jäljentämisessä	24
4.1 Laki, vastuut ja valvonta	24
4.2 Laitteen valmistajan ja käyttäjän velvollisuudet	25
4.3 Intraoraaliskannerin ominaisuudet	26
4.4 Intraoraaliskannerin käyttöperiaatteet	31
4.4.1 Intraoraaliskanneri ja sen osat	33
4.4.2 Digitaalisen jäljennöksen otto	36
5 Intraoraaliskannauksen hyödyntäminen eri hammaslääketieteen osa- alueissa	43
5.1 Ortodontia	43
5.2 Parodontologia	43
5.3 Kariologia	44
5.4 Endodontia	44
5.5 Suu- ja leukakirurgia	44
5.6 Protetiikka	46
5.7 Purentafysiologia	46
5.8 Esteettinen hammashoito	47
5.9 Omahoito	48
6 Intraoraaliskannauksen edut ympäristölle, suuhygienistille ja asiakkaalle	

6.1 Intraoraaliskannausken edut ympäristölle	49
6.2 Intraoraaliskannauksen edut suuhygienistille	50
6.3 Intraoraaliskannausken edut asiakkaalle	53
7 Intraoraaliskannauksen haasteet ja rajoitukset	56
7.1 Intraoraaliskannerien haasteet ja rajoitukset	56
7.2 Hankintahinta ja käyttökustannukset	56
7.3 Tietoturvaan ja yhteensopivuuteen liittyvät haasteet	58
7.4 Jäljennöstarkkuuden haasteet ja aikaresurssien kohdistaminen	58
7.5 Uuden teknologian käyttöönotto ja koulutusvaatimukset	59
7.6 Intraoraaliskannerien väliset erot	59
7.7 Intraoraaliskannauksen haasteet käytännön työssä	60
8 Intraoraaliskannauksen mahdollisuudet tulevaisuudessa	
 suuhygienistikoulutuksessa.....	63
8.1 Intraoraaliskannaus teoreettisessa perus- ja ammattiopinnoissa	63
8.2 Intraoraaliskannerin käyttö ammattiopintojen simulaatioharjoituksessa	66
8.3 Intraoraaliskannerin käyttö suuhygienistikoulutuksen kliinisessä harjoittelussa.....	70
9 Opinnäytetyön toteutus.....	80
9.1 Toiminnallinen opinnäytetyö.....	80
9.2 Asiantuntijahaastattelu	81
9.3 Millainen on hyvä kirjallinen ohje?	82
9.4 Ohjeen suunnittelu ja toteutus.....	83
10 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	85
11 Pohdinta	87
Lähteet	89
Kuvalähteet.....	110
Liitteet.....	109
Liite 1. Tiedonhakutaulukko	

Liite 2. Ohjekortti

Kuvat

Kuva 1. Erilaisia skannereiden käsikappaleita kokojärjestyksessä. (Institute of Digital Dentistry 2022). 32

Kuva 2. Strauman VirtuoVivo-skanneri. Kannettava ei kuvassa (Institute of Digital Dentistry 2022). 33

Kuva 3. 3Shape-skannerikokonaisuus tietokoneella, näytöllä, ja telineellä (3Shape). 34

Kuva 4. Skannausreitti ylä- ja alahammaskaarella (Koltola 2022). 37

Kuva 5. Hammaskaari, aukkoja kuvannuksessa. Ympyröity punaisella (Al-Hassiny 2022). 38

Kuva 6. Kuvasarja tulosten editoinnista. Vasemmalta oikealle, ensimmäinen kuva: ylimääräistä dataa. Toinen kuva: editointityökalulla poistetaan ylimääräiset alueet. Kolmas kuva: rajattu, ylimääräiset poistettu mallinnos (Al-Hassiny 2022). 39

Kuva 7. Kuvasarja hampaattoman yläleuan skannausreitistä (Al-Hassiny 2022). 39

Kuva 8. Kuvasarja hampaattoman yläleuan skannausreitistä (Al-Hassiny 2022). 40

Kuva 9. Hampaattoman alaleuan kuvaaminen (Al-Hassiny 2022). 40

Kuva 10. Alaleuan sektorikuvaus 1 (Al-Hassiny 2022). 41

Kuva 11. Alaleuan sektorikuvaus 2 (Al-Hassiny 2022). 41

Kuviot

Kuvio 1. CAD/CAM käyttöjärjestelmän kehittyminen (Hupponen, Lymberis & Teittinen 2022). 13

Kuvio 2. Intraoraaliskannerien kustannusrakenne (Ronkainen 2022). 56

Kuvio 3. Intraoraaliskannauksen haasteet ja rajoitukset (Järvinen 2022). 60

Taulukot

Taulukko 1. Markkinoilla olevia intraoraaliskannereita (Haapaniemi 2022). 19

Taulukko 2. Intraoraaliskannereiden hintoja (Nurmikko 2022). 22

Taulukko 3. (Anttila 2022). 27

Taulukko 4. (Einar ym. 2013). 28

Taulukko 5. Vertailu skannereiden osista ja varusteista. 35

Taulukko 6. Skannauksen tuomia etuja ympäristölle (Harju, Koskela & Kurki 2022). 49

Taulukko 7. Skannauksen tuomia etuja suuhygienistille (Harju, Koskela & Kurki 2022). 52

Taulukko 8. Skannauksen tuomia etuja asiakkaalle (Harju, Koskela & Kurki 2022). 54

1. Johdanto

Digitaalisessa eli optisessa jäljentämisessä hampaisto ja sitä ympäröivän kudoksen kopiointi tapahtuu virtuaalisessa muodossa. Digitaalista jäljentämistä voidaan hyödyntää hammaslääketieteessä monissa erilaisissa suun terveydenhuollon toimenpiteissä. Hammaslääketieteessä digitaalista jäljentämistä hyödynnetään oikomishoidossa, kiinteässä ja irrotettavassa protetiikassa sekä implantologiassa. (Davidowitz ym. 2011.) Skanneria voidaan käyttää myös apuna kariksen havaitsemiseen ja luokitteluun. (Michou ym. 2021)

Optinen jäljentäminen tapahtuu intraoraaliskannerilla (Mangano ym. 2017). Skanneri koostuu liikuteltavasta käsikappaleesta, kamerasta sekä tietokoneesta, jossa ohjelmisto tuottaa digitaalisen mallin. Skannereissa on hyödynnetty useita eri teknologioita. (Miyazaki ym. 2009). Kolmiulotteinen tuotos kuvannetaan ja tallennetaan suoraan suusta. Skannerin tärkein ominaisuus on tarkkuus ja sen käyttö perustuu video- ja stillkuvatekniikkaan. (Mangano ym. 2017.)

Termi CAD/CAM eli computer-aided design/computer-aided manufacturing viittaa digitaalisessa jäljentämisessä käytettyyn menetelmään. Hammaslääketieteessä CAD/CAM-laitteisto koostuu skannerista, ohjelmistosta ja jyrsimestä (Irfan ym. 2015.) Itse skannerin tehtävänä on tiedon hankinta ja digitalisointi. Skanneri kerää dataa suusta, jonka avulla saadaan digitaalinen jäljennös. Ohjelmiston tehtävänä on taas saadun tiedon prosessointi ja tuotteen suunnittelu. Viimeisenä vaiheena on tuotteen valmistus, jolloin haluttu tuotos valmistetaan saadun tiedon perusteella. (Beuer ym. 2008.)

Vaikkakin digitaalisen jäljentämisen suosio hammaslääketieteessä on koko ajan kasvussa, perinteinen jäljentäminen on edelleen markkinoiden käytetyin menetelmä (Pastoret ym. 2017). Perinteisen jäljentämisen perustana on jäljennyslusikka ja jäljennösaine, joilla hampaisto ja pehmytkudokset saadaan jäljennettyä. Käytetyin jäljennösainemateriaali perinteisessä jäljentämisessä on alginaatti. (Nandini ym. 2008.) Jäljennöslusikoina käytetään joko standardi- tai

yksilöllisiä lusikoita, jotka voidaan jakaa muovisiin ja metallisiin lusikoihin (Pastoret ym. 2017).

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla intraoraaliskannereiden käyttöä digitaalisessa jäljentämisessä suun terveydenhuollossa. Opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa intraoraaliskannereiden käyttömahdollisuuksista suuhygienistikoulutuksessa. Tämä opinnäyte on tehty osana EU-rahoitteista Green 3D-printing for Dental Appliances hanketta ja Turun ammattikorkeakoulun Suun terveyden tutkimusryhmää. Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen sisällön ovat tuottaneet Turun amk:n 3. vuoden suuhygienistiopiskelijat yhdessä ja opinnäytetyön empiirinen osa on toteutettu pienryhmissä.

Opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä. Tässä opinnäytetyössä laadittiin teoreettisen viitekehyksen osuus nimeltään intraoraaliskannerin hyödyntäminen eri hammaslääketieteen osa-alueilla. Intraoraaliskanneria voidaan hyödyntää esimerkiksi ortodontiassa, kariologiassa, endodontiassa, parodontologiassa, suu- ja leukakirurgiassa, protetiikassa, purentafysiologiassa, esteettisessä hammashoidossa sekä omahoidon ohjauksessa.

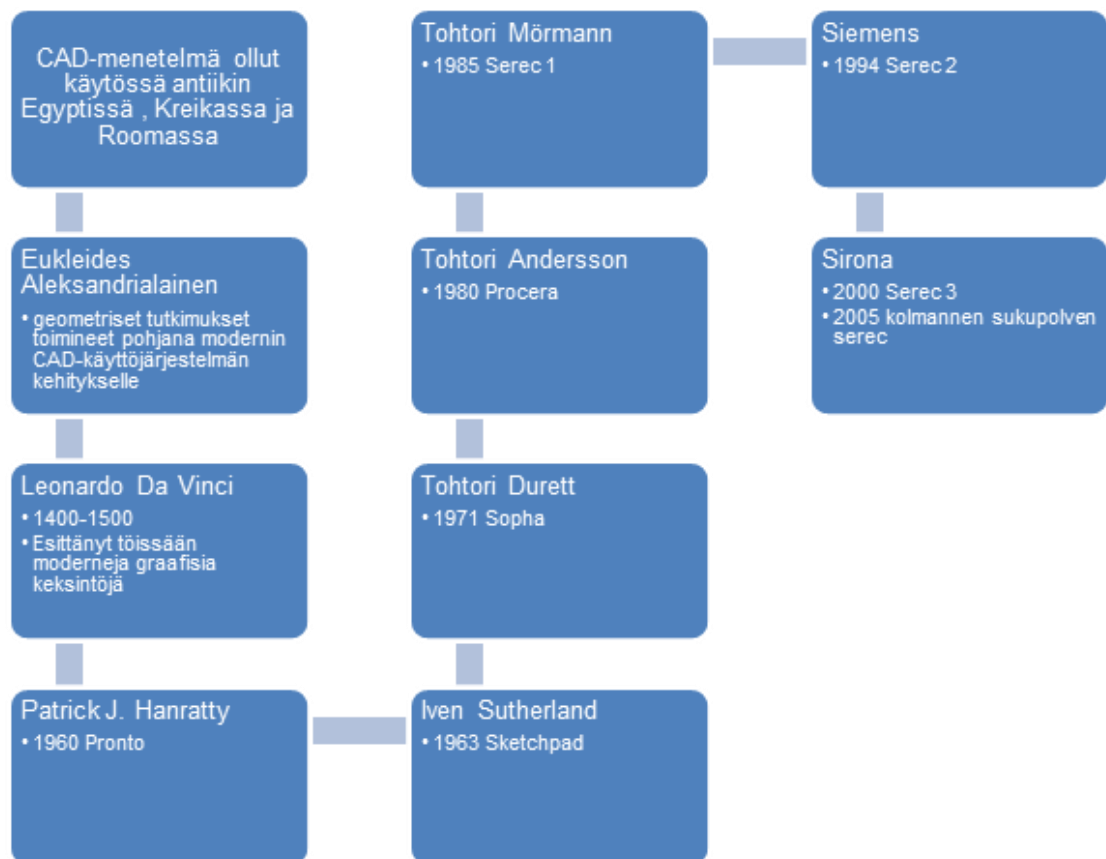
Toiminnallisen osuuden tuotoksena on tehty kuvallinen ohjekortti intraoraaliskannerin osista ja sen huollosta. Opinnäytetyössä haastateltiin intraoraaliskannerien asiantuntijaa skannerin osista ja sen huollosta. Ohjekortti perustuu asiantuntijahaastatteluun ja hyvän kirjallisen ohjeen kriteereihin.

1 Digitaalisen jäljentämisen historia

Digitaalinen jäljentäminen ulottuu pitkälle historiaan. Todisteet viittaavat CAD/CAM-menetelmän olleen käytössä jo antiikin Egyptin, Kreikan ja Rooman aikana. Antiikin ajan matemaatikko Eukleides Aleksandrialaisen geometriset tutkimukset ovat toimineet pohjana modernin CAD-käyttöjärjestelmän kehitykselle. Myös italialainen taidemaalari Leonardo da Vinci (1452–1519) on töissään hyödyntänyt moderneja graafisia käytäntöjä. Iven Sutherland, yhdysvaltalainen insinööri, kehitti nykyaikaisemman CAD-käyttöjärjestelmän, Sketchpadin. Kuitenkin tätä ennen tohtori Patrick J. Hanratty, jota pidetään CAD/CAMin isänä, suunnitteli ensimmäisen numeerisesti kontrolloidun CAMin, Pronon, 1960-luvun alussa. (Irfan ym. 2015.)

CAD/CAM-käyttöjärjestelmän kolme suurinta pioneeria ovat tohtorit François Duret, Werner Moermann ja Matts Andersson. Duret toi CAD/CAMin hammaslääketieteeseen valmistamalla kruunun numeerisella ohjaukskoneella vuonna 1971, joka myöhemmin nimettiin Sophaksi. (Irfan ym. 2015; Moglioni ym. 2018.) Andersson kehitti Procera-järjestelmän 1980-luvun puolivälissä. Pohjois-Euroopassa esiintyneen nikkelikromiallergian sekä kullan hinnan nousun takia Anderson keksi käyttää titaania nikkelikromiseoksen sijasta hammaskruunuissa. Sen lisäksi kruunut päällystettiin keraamilla tai komposiitilla. (Irfan ym. 2015; Moglioni ym. 2018.) Moermann esitteli ensimmäisen kaupallisesti suunnitellun CAD/CAM-järjestelmän, Cerecin, vuonna 1985. Cerec suunniteltiin valmistamaan keraamisia kruunuja ja täytteitä. Uudempi kaksiulotteinen järjestelmä, Cerec 2, esiteltiin Siemensin toimesta vuonna 1994. Tämä järjestelmä kykeni tuottamaan täytteitä, hammaslaminaatteja, osittaisia ja kokonaisia kruunuja sekä vaippakruunuja. Sirona esitteli kolmannen sukupolven Cerecin vuonna 2005, joka on nykyään käytössä hammaslääketieteessä. Tällä järjestelmällä pystyy tuottamaan täytteitä, hammaslaminaatteja, osittaisia ja kokonaisia kruunuja, vaippakruunuja sekä virtuaaliautomaatti okklusaalisovituksia. Sironan esittelemällä vuoden 2000 Cerec 3:nella ei ollut ominaisuutta, joka tuottaisi automaattisesti okklusaalitäytteitä. (Irfan ym. 2015.)

Japanilaiset yliopistot tutkivat ja kehittivät hammaslääketieteellistä CAD/CAMia 1980-luvun loppupuolella. Japanin markkinoilla on saatavilla useita CAD/CAM-järjestelmiä. 20 vuoden mittaisesta tutkimuksesta huolimatta CAD/CAMit eivät ole olleet käytössä japanilaisilla hammasklinikoilla, sillä sairasvakuutusjärjestelmä, joka tuottaa suurimman osan hammaspalveluista, on vastustanut CAD/CAMien tuomista hammasklinikoille. (Miyazaki ym. 2009.) Alla olevassa kuviossa on tuotu aikajärjestyksessä ilmi digitaalisen jäljentämisen kehittyminen.



Kuvio 1. CAD CAM-käyttöjärjestelmän kehittyminen (Hupponen, Lymberis & Teittinen 2022).

2 Intraoraaliskannereiden teknologia ja hankinta

2.1 Intraoraaliskannerien teknologia

Intraoraaliskannerit hyödyntävät erilaisia teknologioita kerätessään tietoa kuvaamalla suuta ja hampaistoa. Tämä intraoraaliskannerin tuottama kuva siirtyy tietokoneella olevaan ohjelmistoon, jossa kameran tuottamasta kuvamateriaalista tuotetaan kolmiulotteinen digitaalinen malli, ohjelman antaessa pisteille koordinaatit. Kyseinen ohjelmisto voi olla joko tietokoneella tai itse hoitokoneella, johon skanneri yhdistetään USB-kaapelia käyttäen. (Sfondrini ym. 2018.)

Skannauksessa tuotettu 3D-data tallentuu tietokoneelle, esimerkiksi avoimena tai suljettuna STL- tai PLY-tiedostomuotona. Standard Tessellation Language eli STL-tiedostot voidaan useimmiten jakaa ulkopuolisille palveluntuottajille, sillä useimpien laitevalmistajien käytössä olevat ohjelmistot tukevat kyseistä tiedostomuotoa. Polygon File Format eli PLY-tiedostomuoto, joka tunnetaan myös nimellä Stanford triangle format, on puolestaan käytössä tilanteessa, jossa tarvitaan digitaalisen mallin väriin, läpikuultavuuteen (Taneva ym. 2015) ja kudosten rakenteeseen liittyvää tietoa (Richert ym. 2017).

Vaikka digitaalisten jäljennösten tuottamisessa hyödynnetään useita eri teknologioita, hyödyntävät ne kuitenkin osittain samoja asioita, kuten kameroita, linsskejä, valonlähteitä sekä algoritmeja. Eroja intraoraaliskannereiden välillä on teknologioissa, käytettävissä tiedostomuodoissa sekä ohjelmistoissa. Jotkut skannerit tarvitsevat myös hampaistoon levitettävää jauhetta ehkäisemään hampaiden pintojen liiallista heijastuvuutta, jotta skanneri pystyy havaitsemaan halutut pisteet kuvattavasta kohteesta. (Richert ym. 2017.)

Skannerien skannausteknologiat voivat olla joko aktiivisia tai passiivisia. Aktiivisessa skannausteknologiassa skannerit hyödyntävät kuvantamisen aikana itse laitteen kamerasta tulevaa valkoista, punaista tai sinistä valoa, kun taas passiivisessa teknologiassa hyödynnetään ympäristöstä tulevaa valoa. (Richert ym. 2017.) Tämän vuoksi passiivista skannausteknologiaa

hyödyntävän laitteen käytössä täytyy huomioida hoituhuoneen riittävän kirkas valaistus.

Intraoraaliskannerit voivat hyödyntää skannausta, joka on joko video- tai kuvatyypinen. Videotyyppinen skannaus pystyy kuvantamaan liikkuvaa kohdetta, kun kuvatyypisessä skannauksessa puolestaan otetaan yksi kuva sekunnissa, jonka vuoksi kuvattavan kohteen tulisi olla paikoillaan selkeän ja tarkan kuvan aikaansaamiseksi. Videotyyppistä skannausta hyödyntävä skanneri pystyy mukautumaan liikkeen nopeuteen ja siten seuraamaan liikkuvaa kohdetta. Se ei kuitenkaan ole yhtä nopea kuin varsinainen video, sillä videotyyppistä skannausta hyödyntävä skanneri ottaa 10–20 skannausta sekunnissa, kun taas varsinainen video ottaa vähintään 24 skannausta sekunnissa. Suurin osa nykyajan skannereista hyödyntää juuri videotyyppistä skannausta parhaimman skannustuloksen saamiseksi. (Corbett n.d.)

2.2 Skannausteknologioita

Accordion Fringe Interferometry

Accordion Fringe Interferometry eli AFI-tekniikka pohjautuu lasersäteiden interferenssiin. Siinä kuvattavaa asiaa valaistaan kahdella laserilla, jolloin ne heijastuvat vääristyneinä laitteessa olevaan sensoriin. HD-videokamera kuvaa kyseiset vääristymät ja niiden koordinaatit tallennetaan. Digitaalinen malli, josta näkyy kuvatun kohteen pinnanmuodot, saadaan luotua skannausohjelman algoritmien yhdistäessä tiedon lasersäteiden tulokulmista jo tiedossa olevaan tietoon kameran sekä laserin lähteen välisistä geometrioista. Etuina AFI-tekniikalla on reuna-alueiden sekä kiiltävien pintojen tarkkuus kuvantamisessa. (Taneva ym. 2015.)

Active Wavefront Sampling

Active Wavefront Sampling eli AWS–tekniikka on kameraa sekä pyörivää, valoa läpäisevän apertuurin ja linssin sisältämää AWS-moduulia hyödyntävä tekniikka. Tässä tekniikassa mittauksen sensitiivisyyttä tehostaa pyörivä apertuuri, joka mahdollistaa kuvien ottamisen yhdellä kameralla useista eri kuvakulmista. Tässä teknologiassa apertuurin kokoa, kuvattavan kohteen valaistusta sekä näytteenottotason sijaintia voidaan optimoida parhaimman kuvalaadun saavuttamiseksi. (Taneva ym. 2015.)

Active Triangulation

Active triangulation eli AT on kolmiomittaukseen perustuva tekniikka. Siinä skanneri lähettää laservaloa peilin kautta kuvattavana olevaan kohteeseen, josta se taas heijastuu linssin kautta kameraan muodostaen kolmion. Tämän kolmion perusteella kuvatulle pisteelle tuotetaan 3D-koordinaatit trigonometrisen laskutoimituksen avulla. (Logozzo ym. 2014.)

Passive triangulation

Passive Triangulation on passiivinen kolmiomittausmenetelmä, joka eroaa aktiivisesta kolmiomittauksesta siinä, että se hyödyntää ympäristöstä tulevaa valoa (Richert ym. 2017). Siinä kohdetta kuvataan kahden kameras avulla eri perspektiivistä. Kameroiden sijainnin ja kulmien ollessa tiedossa, pystytään tietyille pisteille antamaan koordinaatit. (Logozzo ym. 2014.)

Confocal Laser Scanner Microscopy

Confocal laser scanner microscopy eli CLSM–tekniikassa skannerin objektiivilinssin polttopisteen kautta kulkee lasersäteitä, jotka pääsevät apertuurin läpi vastaanottimeen, josta säteiden intensiteetit rekisteröidään ja muutetaan elektroniseen muotoon ja lopulta tallennetaan tietokoneelle. Havaitsemalla kuvista tarkennetut kohdat, laitteessa oleva vastaanotin pääättelee etäisyyden kuvattuun kohteeseen, jonka avulla laskennalliset algoritmit tuottavat 3D-koordinaatit digitaaliselle mallille. Modernissa confocal

microscopy -systeemissä yhdistetään useita eri komponentteja, kuten lasersäteiden skannausmekanismeja sekä aallonpituuksien valikointi ja välitys laitteita, jolla viitataan useimmiten video tai digitaaliseen kuvantamissysteemiin. (Taneva ym. 2015.)

Optical triangulation

Optical triangulation tekniikka laskee kuvattavan objektin etäisyyden koskematta sitä, hyödyntäen apunaan linssiä, lasersädettä sekä lineaarista valoherkkää sensoria. Laser valaisee kuvattavan kohteen muodostaen sensoriin kuvan, jonka jälkeen etäisyys sensorista kuvatun kohteen pintaan lasketaan määrittämällä kuvatun kohdan sijainti sekä siihen liittyvät lähtökohdan kulmat ja pituus. Tämän tapaista kolmiomittaustekniikkaa pystytään hyödyntämään erityisesti silloin, kun kuvattavana on hauras, pehmeä tai kostea materiaali ja kosketusta tulee välttää. (Taneva ym. 2015.)

Optical Coherence Topography

Optical Coherence Topography eli OCT-tekniikkaa käyttävä skanneri toimii ultraäänilaitteen tavoin, mutta äänen sijasta laite hyödyntää valoa. Kyseisessä tekniikassa kuva saadaan luotua interferometrian avulla, jossa etäisyyttä sekä muotoja koskeva tieto saadaan palautettua heijastuneen valon aallonpituuksista. OCT-tekniikan kuvantamissyvyydet eivät ole yhtä suuret kuin ultraäänessä, mutta sillä voidaan saavuttaa parempi resoluutio kuin tavallisella kliinisellä ultraäänellä. (Taneva ym. 2015.)

Stereophotogrammetry

Stereophotogrammetry on tekniikka, jossa kaikki koordinaatit arvioidaan algoritmisen analyysin avulla skannerin kameralla otetuista kuvista. Tässä tekniikassa hyödynnetään enemmänkin ympäristöstä tulevaa valoa sekä ohjelmistoa kuin laitteesta tulevaa valoa ja laitteistoa. Tämän vuoksi kamera on yleensä melko pienikokoinen tehden sen käsittelystä helpompaa ja tuottamisesta halvempaa. (Richert ym. 2017.)

2.3 Suomen markkinoilla olevia intraoraaliskannereita

Nykypäivänä markkinoilla on useita eri intraoraaliskannereita sekä valmistajia, joista muutamia esitellään taulukossa 1. Ne eroavat toisistaan esimerkiksi teknologian, tiedostomuotojen, ohjelmistojen sekä skannausaikojen kestolla. Taulukossa 1. mainitut intraoraaliskannerit soveltuvat käytettäväksi ortodontiassa.

Skannereiden skannausajat ovat keskenään saman kaltaisia ja ne vaihtelevat neljän ja 15 minuutin välillä. Skannausaikaan vaikuttavat käytetty teknologia, ohjelmisto ja skannauksen kulku sekä sujuvuus. (Ducret ym. 2017.) Skannereiden laaja valikoima mahdollistaa sen, että vastaanotolle pystytään hankkimaan tarpeita vastaava skanneri.

Taulukko 1. Markkinoilla olevia intraoraaliskannereita (Haapaniemi 2022).

Valmistaja	IOS	Teknologia	Soveltuvuus ortodontiaan	Skannausaika
------------	-----	------------	-----------------------------	--------------

3M Espe	True Definition Scanner	Wavefront Sampling (passive triangulation)	Kyllä	5-6 min
3Shape	TRIOS 3	Confocal laser	Kyllä	5 min
Align technology	iTero Element	Confocal microscopy	Kyllä	10-15 min
Carestream	CS 3600	Triangulation	Kyllä	10 min
Dentalwings	DWIO	Multiscan imaging	Kyllä	N/A
Medit	Medit i-sarja	Triangulation	Kyllä	5-6 min
Pingtum	Panda P2	Video	Kyllä	N/A
Planmeca	Emerald	Triangulation	Kyllä	8-10 min
Shining 3D	Aoralscan	N/A	Kyllä	4-7 min
Sirona	Cerec Omnicam	Optical triangulation / confocal microscopy	Kyllä	8-12 min

True Definition Scanner on 3M Espe:n valmistama skanneri, joka hyödyntää Wavefront Sampling sekä passive triangulation teknologioita (Anttila ym. 2022). Triangulation-teknologiaa hyödynnetään myös Medit i-sarjassa (Corbett n.d.) sekä Carestramin CS 3600 ja Planmecan Emerald-intraoraaliskannereissa. Sironan Cerec Omnicam-intraoraaliskannerissa teknologioina on puolestaan optical triangulation ja confocal microscopy. Confocal teknologiaa käytetään myös 3Shapen TRIOS-sarjan sekä Aling technologyn iTero Element – intraoraaliskannereissa. (Anttila ym. 2022.) Pingtumin luomassa Panda P2-intraoraaliskannerissa on käytössä videoteknologia (Panda Scanner n.d. b.) Käytetyistä lähteistä ei saatu selville Shining 3D:n valmistaman Aoralscan-intraoraaliskannerin käyttämää teknologiaa.

Romexis on hammaslääketieteelliseen kuvantamiseen käytettävä ohjelmisto. Se mahdollistaa kaikentyyppisten kuvien ottamisen, katselun ja käsittelyn yhden järjestelmän kautta. Romexiksen kautta pystytään tallentamaan samaan tietokantaan 2D- ja 3D-kuvat sekä CAD/CAM-kuvat. (Planmeca n.d.)

2.4 Intraoraaliskannerien hankinta

Suuskannerit ilmestyivät markkinoille 1980-luvun loppupuolella (Ahn ym. 2017). Nykypäivänä skannereita voidaan hyödyntää usealla suun terveydenhuollon osa-alueella, esimerkiksi ortodontiassa (Taneva ym. 2015), protetiikassa ja purentafysiologiassa (Berntsen ym. 2018), kariologiassa (Michou ym. 2021) sekä parodontologiassa (Cai ym. 2021). Skannereita voidaan hyödyntää myös endodontiassa (Escobar ym. 2019), suu- ja leukakirurgiassa (Resnick ym. 2019) sekä estetiikassa (Duarte & Omar 2018).

Hammaslääketieteessä digitalisaatio saa yhä enemmän jalansijaa, kun laitteet ja tekniikat kehittyvät. Digitaalinen jäljentäminen, protetiikka ja CAD/CAM-järjestelmät ovat muuttaneet hammastekniikkateollisuutta yhä digitaalisempaan suuntaan. (Dahl & Ronold 2014.) 3D-tulostuksesta on teknologian avulla kehittynyt kilpailija perinteisten tapojen rinnalle. Se on kilpailukykyinen luotettavuuden, nopeuden, hintojen sekä käyttökustannusten osalta. (Anttila ym. 2022.)

Vuonna 2020 Suomen hammaslääkäriseura Apollonia toteutti kyselyn Ortodontian jaoston jäsenilleen. Kyselyssä selvitettiin vastaajan työskentelyyn ja työuraan liittyvien taustatietojen lisäksi skannerien hankintaan liittyviä asioita, kuten skannerien käytön yleisyyttä, käyttökohteita sekä käytössä ilmenneitä haasteita. Lisäksi selvitettiin kalvo-oikomisen yleisyyttä sekä vastaajien kokemusta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää digitaalisten menetelmien ja kalvo-oikomisen yleisyyttä oikomishoitoa tekevien hammaslääkäreiden vastaanotolla Suomessa. (Linko ym. 2022.)

Yli kaksi kolmesta vastaajasta kertoi, että vastaanotolla on skanneri tai sitä ollaan hankkimassa. Kuitenkin vain puolet, joilla on mahdollisuus käyttää skanneria, kertoi käyttävänsä sitä. Skannereiden käyttäjistä alle puolet kertoi käyttävänsä laitetta viikoittain tai useammin. Huolimatta siitä, että ensimmäisiä skannereita oli hankittu ennen vuotta 2016, suurin osa kertoi skannereiden hankinta-ajaksi vuodet 2019–2020. (Linko ym. 2022.)

2.5 Intraoraaliskannerien jakautuminen suun terveydenhuollossa

Intraoraaliskannerien käyttö on lisääntynyt viime vuosina paljon. Vuonna 2020 Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia tekemän tutkimuksen mukaan intraoraaliskannerien käyttö on jakautunut tasaisesti julkisen- ja yksityisen sektorin välille. Kyselyn mukaan 41 % skannereista oli yksityisellä vastaanotolla, 30 % sairaaloissa ja 23 % terveyskeskuksissa. (Linko ym. 2022)

Intraoraaliskannereita käytettiin eniten kalvo-oikomiseen ja mallien tilaamiseen. Malleja, joita voidaan tilata ovat esimerkiksi linguaalikaaret ja stabiilikiskot. Intraoraaliskannerin käytön eduksi kalvo-oikomisessa oli kerrottu olevan helpompi tiedonsiirto eri organisaatioiden välillä. Tällöin hoidon sujuvuus paranee esimerkiksi yksityisen ja julkisen sektorin välillä. 5 % skannereista oli myös jakautunut yliopistoille. (Linko ym. 2022)

Oulun yliopistossa on käytössä Planmegan hammashoitoyksiköt, joissa on mukana CAD/CAM- järjestelmät. Niitä on käytössä sekä fantom- että klinikkasalissa. Opiskelijat saavat koulutusta skannerien sekä järjestelmän käyttöön ja harjoittelevat sillä muun muassa hammaskruunujen ja siltojen tekoa. Opiskelijat ovat ottaneet järjestelmän avuksi potilastyöhön ja olleet hyvin kiinnostuneita siitä. (Korlin n.d.)

Eri valmistajien intraoraaliskannerien hinnat vaihtelevat 10 000–20 000 euron välillä (taulukko 2). Taulukossa olevat hinnat sisältävät arvonlisäveron. Edullisimpia skannereita ovat muun muassa Virtuo Vivo sekä Aoralscan.

Kalleimpia sen sijaan olivat muun muassa Medit i700 sekä 3Shape TRIOS, joiden hintaluokka oli noin 20 000 €.

Taulukko 2. Intraoraaliskannereiden hintoja (Nurmikko 2022).

Valmistaja	IOS	Hinta, sis alv%	Lähde
Medit	Medit i700 Medit i500	20 584 € 15 600 €	Flinno. n.d.
3Shape	3Shape trios	alk. 19 000 €	Hammastuote. n.d.
Shining 3D	Aoralscan	10 920 €	Gamgox. n.d.
Straumann	Virtuo Vivo	12 999 €	Al-Hassiny, A. 2022.
3M Espe	True Definiton Scanner	16 430 €	3M n.d.

3 Intraoraaliskannerien käyttö digitaalisessa jäljentämisessä

3.1 Laki, vastuut ja valvonta

Euroopan unionissa säännellään ihmisille tarkoitettuja lääkinnällisiä laitteita ja niihin tarkoitettuja lisälaitteita asetuksilla ja direktiiveillä niiden turvallisuuden, suorituskyvyn ja jäljittämisen varmistamiseksi. Potilas- ja käyttäjäturvallisuuden lisäksi tavoite on tukea EU:n sisäisiä terveydenhuoltojärjestelmiä, alan yrityksiä, markkinoita ja laiteinnovaatioita. (Euroopan unioni 2022). EU:ssa on meneillään siirtymäaika vanhoista direktiiveistä kohti uusia asetuksia. Asetusta ei tarvitse ottaa osaksi kansallisia lainsäädäntöjä, toisin kuin direktiiviä, vaan se on EU:n laajuisesti suoraan sovellettavissa. Yhteisillä asetuksilla on pyrkimys vähentää jäsenmaiden välisiä tulkintaeroja. (Euroopan komissio n.d.). Kaiken sääntelyn ja EU:n sisämarkkinoiden tukemisen perustana on potilaiden ja käyttäjien terveyden ja turvallisuuden suojeleminen. Laitteiden saatavuuden takaaminen kaikille on myös sääntelykehysten tavoite. (Euroopan komissio n.d.)

EU-komissio ja Suomen laki määrittelevät lääkinnälliset laitteet seuraavasti:

”
 -- instrumentti, laitteisto, väline, ohjelmisto, materiaali ja muu yksinään tai yhdistelmänä käytettävä laite ja tarvike, jonka valmistaja on tarkoittanut käytettäväksi ihmisen:
 sairauksien, vammojen tai vajavuuksien, anatomian tai toiminnon diagnosointiin, tarkkailuun, tutkimiseen, hoitoon, lievitykseen, kompensointiin tai korvaamiseen, tai
 ”
 hedelmöitymisen säätelyyn. -- (Euroopan komissio n.d.; Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 2010/629, 1:5).

Pelkästään EU:ssa on markkinoilla yli 500 000 erilaista lääkinnälliseksi laitteeksi määritettyä tuotetta tai apuvälinettä, laastareista ja piilolinseistä sydämentahdistimiin ja verensokerin seurantajärjestelmiin. (Euroopan komissio n.d.)

Fimea, Suomen lääkealan turvallisuus- ja valvontakeskus, valvoo yhdessä muiden EU-viranomaisten kanssa lääkinnällisiä laitteita Suomessa. Fimea on

sosiaali- ja terveysministeriön alainen keskusvirasto ja EU-viranomainen. (Fimea 2022). Lääkinnällisiä laitteita koskevat monet säädökset myös asianmukaista valmistusta, myyntiä, käyttöä ja ylläpitoa koskien. Fimea käsittelee lääkinällisten laitteiden vaaratilanneilmoitukset ja tutkimus-, todistus- sekä lupa-asiat (Fimea 2022).

Kehitystyö ”eurooppalaisen lääkinällisten laitteiden tietokannasta” EUDAMED:istä on aloitettu. Vuonna 2022 se oli vielä vapaaehtoinen ja kehitteillä oleva tietokanta. Tietokannan on tarkoitus valmistua vuonna 2026 ja olla lopulta pakollinen rekisteri, jonne laitevalmistajat ovat velvoitettuja rekisteröitymään sekä rekisteröimään EU:n markkinoille valmistamansa lääkinälliset laitteet. Tietokanta on tarkoitettu kaikille EU-maille, terveydenhuollon ammattilaisille ja yleisölle, vapaasti saavutettavissa olevaksi palveluksi, josta on mahdollista saada tietoa EU:ssa saatavilla olevista lääkinällisistä laitteista ja niiden valmistajista (Euroopan komissio 2022 Eudamed timeline).

3.2 Laitteen valmistajan ja käyttäjän velvollisuudet

Lääkinällisen laitteen valmistajalla on EU-direktiivin ja asetusten velvoittamana vastuu tuotteen turvallisuudesta. Tähän kuuluu käyttötarkoituksen ja käyttöohjeiden määrittely. Laitteen asianmukainen käyttö ei saa vaarantaa sitä käyttävän henkilön tai potilaan terveyttä tai turvallisuutta (Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 2010/629, 3:12).

Valmistajilla on oltava laadunhallintajärjestelmä koko valmistusprosessille, sekä valvontajärjestelmä myynnissä oleville tuotteille suhteutettuna niiden tyypin ja riskiluokan mukaisesti. Vahinkotapauksissa valtuutettu edustaja, maahantuoja ja valmistaja ovat yhteisvastuullisesti vastuussa, mikäli vahinkojen aiheuttaja on viallinen laite tai tuote. Yksilöllinen laitetunniste on pakko. Viranomaiset ovat vastuussa vaarallisten ja vaatimusten vastaisten laitteiden markkinoille pääsyn

estämisestä tai markkinoilta poisvedosta, jos epäsojivuus todetaan markkinoille laskemisen jälkeen. (Euroopan unioni 2020).

Lääkinnällisen laitteen ammattimaisella käyttäjällä, terveydenhuollon ammattihenkilöllä, on velvollisuus varmistua siitä, että hänellä on turvallisen käytön vaatima koulutus ja kokemus. Käyttäjän on tarkistettava, että laitteen mukana on tarpeelliset merkinnät ja käyttöohjeet sekä noudatettava käyttöohjeita laitetta käyttäessään. Käyttäjä on velvollinen ilmoittamaan laitteen sivuvaikutusten, puutteiden tai vikojen johdosta syntyneistä tai mahdollisesti syntyvistä vaaratilanteista Fimealle. Lääkealan turvallisuus- ja valvontakeskus voi antaa määräyksiä mitä ja miten vaaratilanteista ilmoitetaan. (Laki lääikinnällisistä laitteista 2021/719, 4:32; 4:33).

Sosiaali- ja terveydenhuollon toimintayksikössä ja muulla ammattimaisella käyttäjällä on oltava seurantajärjestelmä lääikinnällisten laitteiden ja niiden käytön turvallisuuden takaamiseksi. Ammattimaisilla käyttäjillä on oltava toimintayksiköissään vastuuhenkilö, joka vastaa lakien noudattamisesta. (Laki lääikinnällisistä laitteista 2021/719, 4:32).

3.3 Intraoraaliskannerin ominaisuudet

Digitalisaatio on ollut osa hammaslääketiedettä jo useita vuosia, mutta viimeaikojen teknologian kehitys ja uudet laitteet ovat mahdollistaneet sen, että vastaanotoilla on käytössä uutta teknologiaa parantamaan työn laatua ja asiakaskokemusta. Etenkin suuskannerien yleistuminen on parantanut potilaiden hoitokokemuksia ja hoitomyönteisyyttä merkittävästi verrattuna perinteiseen jäljennösmenetelmään. Lisäksi skannausmenetelmien tarkkuus ja käytettävyyys ovat kehittyneet viime vuosina niin, että perinteiseen jäljennösmenetelmään verrattuna saadaan joko yhtä laadukkaita tai laadukkaampia jäljennöksiä. Digitaalisilla laitteilla aikaansaatu hoitoprosessien tehostuminen vaikuttaa useissa tapauksissa hoitokustannusten madaltumiseen ja lyhentyneisiin hoitoaikoihin. (Suojärvi 2019.)

Intraoraalisen skannerin tärkein ominaisuus on tarkkuus, joka näkyy hampaiden mahdollisimman yksityiskohtaisena ja realistisena digitaalisena jäljennösten ottona. Skannereiden tarkkuus on todettu riittävän hyväksi useimmissa tutkimuksissa (Kiviahde ym. 2017). Esimerkiksi iTero ja TRIOS laitteet kykenevät suureentarkkuuteen suhteellisen pienillä mittausten maksimipoikkeamilla (Lindfors 2021). Skannerin käyttäjä voi parantaa tarkkuutta, jos skannaus tehdään laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Tällöin kuvantaminen tarkoittaa skannausta edestakaisin liikkein ja etäisyys hampaiden ja skannerin välillä tulisi olla noin 5-30 mm. Lisäksi suositellaan minimoimaan kudosten liikkeitä ja nesteiden määriä kuvantamisen ajaksi. Tämä tarkoittaa, että pidetään kieli ja posket mahdollisimman paikoillaan sekä poistetaan liiallinen sylki ja veren määrä kuvattavalta alueelta. Myös skannausreitillä on merkitystä. Reittejä on monia, mutta yksi parhaimmista tekniikoista on lineaarinen liike. Tässä kuvataan ensimmäiseksi hampaiden puruspinnat. Tätä seuraa suun sisäpuoleiset hammaspinnat. Viimeisenä skannataan posken- ja huulenpuoleiset hammaspinnat. Useammat skannerien ohjelmat sallivat palautumista jo kuvatuille alueille. (Anttila V. ym., 2022)

Taulukko 3. (Anttila 2022).

Valmistaja	3M Espe	3Shape	Align technology	Planmeca	Sirona	Carestream	Dentalwings
IOS	True Definition Scanner	TRIOS 3	iTero Element	Emerald	Cerec Omnicam	CS 3600	DWIO
Jauhe	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei
Väri (ohjelmistossa)	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Liitettävyyden laatu	Kosketusnäyttöli- nen vaunuyksikkö	Kosketusnäyttöli- nen vaunuyksikkö / USB-kaapelilla tietokoneeseen / liitettynä hoitoyksikköön	Kosketusnäyttöli- nen vaunu / Kosketusnäyttöli- nen pöytäyksikkö	USB-kaapelilla tietokoneeseen / integroituna hoitoyksikköön	Vaunuyksikkö / pöytäyksikkö	USB-kaapelilla tietokoneeseen / integroituna hoitoyksikköön	Kosketus- näyttöli- nen vaunuyksikkö
Tiedostomuoto	Avoin STL	Suljettu systeemi	Avoin STL	Avoin STL / PLY	Suljettu (Cerec Connect)	Avoin STL / PLY	Avoin STL
Teknologia	Wavefront Sampling (passive triangulation)	Confocal laser -teknologia	Confocal micros- copy	Triangulation	Optical triangulation / confocal microscopy	Triangulation	Multiscan imaging (10 kameraa ja 5 projektoraa)
Ortodontian ohjelmisto	Hoitosuunnitelma ja kojesuunnittelu: 3M Unitek Treatment Management (Incognito) ja Align Technology Clin- Check (Invisalign)	Hoitosuunnitelma: 3Shape Ortho Analyzer Kojesuunnittelu: 3Shape Appliance Designer	Hoitosuunnitelma ja kojesuunnittelu: ClinCheck (Invisalign) ja Align OrthoCAD sekä SureSmile ja 3M Incognito	Hoitosuunnitelma ja kojesuunnittelu: Romexis Ortho Studio	Hoitosuunnitelma ja kojesuunnittelu: Special Cerec Ortho ja Align Technology ClinCheck (Invisalign)	Hoitosuunnitelma: CS Model	Hoitosuunnitelma: DWOS Orthodontic

Intraoraali skannereiden ominaisuuksiin kuuluu tietty IOS eli käyttöjärjestelmä, joko värillinen tai väritön ohjelmisto, tietty liitännäisyys, tiedostomuoto, teknologia ja ortodontian ohjelmisto (Taulukko 3.). Käyttöjärjestelmiä löytyy niin monta kuin on skannereita. Osalla laiteista voi olla kaksikin mahdollista käyttöjärjestelmää. Esimerkiksi toimintajärjestelmät Lava C. O. M. ja Lava True Definition Scanner toimivat molemmat 3M Espen skannereissa (Einar B. D., ym. 2014). Lisäksi skannereiden ohjelmat päivittyvät kovaa tahtia. Esimerkiksi 3M Espen –skannerin uusin ohjelma on True Definition Scanner. 3Shape-skannerissa toimii TRIOS 3 -käyttöjärjestelmä (Taulukko 3). Muita käyttöjärjestelmiä ovat iTero Element -järjestelmä Align Technology –skannerissa (Taneva ym. 2015), Emerald -järjestelmä Planmeca –skannerissa ja Cerec omnicam -järjestelmä Sirona –skannerissa. On myös olemassa CS 3600 -järjestelmä, joka löytyy Carestream –laitteesta, ja DWIO -järjestelmä Dentalwings –laitteesta (Taulukko 3.).

Taulukko 4. (Einar ym. 2013).

Tuote	Toimittaja	Tuottaja	Alkuperämaa	Toimintaperiaate*	Valonlähde	Teknologia	Formaatti	Jauheen tarve	Internetsivut
Lava C.O.S.	3M ESPE	3M ESPE	Yhdysval- lat	Active wavefront sampling	Sykkivä, näkyvä sini- nen valo	Video	Patentoitu järjestelmä	Kyllä	http://tinyurl.com/ b44egz4
Lava True Definition Scanner	3M ESPE	3M ESPE	Yhdysval- lat	Active wavefront sampling	Sykkivä, näkyvä sini- nen valo	Video	Patentoitu järjestelmä, mahdollisuus avoimeen tiedon- siirtoon.	Ei	http://tinyurl.com/ b44egz4
CEREC AC Bluecam	Sirona Dental System GmbH	Sirona Dental System GmbH	Saksa	Active triangulation and optical microscopy	Näkyvä sini- nen valo	Stillkuva	Patentoitu järjestelmä, mahdollisuus avoimeen tiedon- siirtoon.	Kyllä	www.cereconline. com/cerec
CEREC AC Omnicam	Sirona Dental System GmbH	Sirona Dental System GmbH	Saksa	Tuntematon	Tuntematon	Video	Patentoitu järjestelmä, mahdollisuus avoimeen tiedon- siirtoon.	Ei	www.cereconline. com/cerec
E4D	D4D Technolo- gies LLC	D4D Technolo- gies LLC	Yhdysval- lat	Optical coherence tomography and confocal microscopy	Laser	Stillkuva	Patentoitu järjestelmä, mahdollisuus avoimeen tiedon- siirtoon.	Kyllä/ei	www.e4d.com
iTero	Invisalign	Cadent Inc.	Israel	Parallel confocal microscopy	Punalaser	Stillkuva	Patentoitu järjestelmä	Ei	www.cadentinc. com
Trios	3Shape A/S	3Shape A/S	Tanska	Confocal microscopy	Tuntematon	Stillkuva	Avoin	Ei	www.3shape.com
Cara Trios	Heraeus	3Shape	Tanska	Confocal microscopy	Tuntematon	Stillkuva	Avoin	Ei	www.heraeus-cara. com
MHT	3D Progress Intra-Oral Scanner	MHT S.p.A.	Italia	Confocal microscopy and Moireé effect	Tuntematon	Stillkuva	Avoin	Ei	www.3dprogress.it
Zfx	Zfx Intra- Scan	MHT S.p.A.	Italia	Confocal microscopy and Moireé effect	Tuntematon	Stillkuva	Avoin	Ei	www.zfx-dental.com
Cyrtina	Cyrtina Intra Oral Scanner	MHT S.p.A.	Italia	Confocal microscopy and Moireé effect	Tuntematon	Stillkuva	Avoin	Ei	www.cyrtina.nl

Käyttöjärjestelmä kertoo tarkempia teknisiä tietoja, kuten toimintaperiaateen, valonlähteen, teknologian ja formaatin sekä jauheen tarpeen. 3M Espen skannerin molemmissa alkuperäisissä käyttöjärjestelmissä on sama toimintaperiaate (Active Wavefront Sampling) ja sykkivä sininen valo valonlähteenä. Molemmissa käyttöjärjestelmissä on myös teknologiana video. Eroavaisuus näiden eri käyttöjärjestelmien välillä ovat formaatti ja jauheen tarve. Lava C.O.S. -järjestelmässä formaatti on patentoitu järjestelmä ja jauhetta tarvitaan. Lava True Definition Scanner -järjestelmä on puolestaan formaatin mukaan mahdollista sekä patentoituun järjestelmään että avoimeen tiedon siirtoon. Kyseisen järjestelmän omaava skanneri ei tarvitse jauhetta (Taulukko 4.) (Sfondrini ym. 2018). Toinen kahden eri käyttöjärjestelmän mukaan valittava skanneri on Sirona Dental System GmbH. Saksassa lähtöisin olevan skannerin käyttöjärjestelmät voivat olla joko Cerec AC Bluecam tai Omnicam. Cerec AC Bluecam -järjestelmän toimintaperiaate on Active

Triangulation and optical microscopy ja valonlähteenä näkyvä sininen valo sekä teknologina sillkuva. Lisänä tässä tarvitaan jauhetta. Skannereita, joilla ei ole tarvetta jauheelle, ovat 3Shape A/S, Heraeus, 3D Progress Intra-Oral Scanner, Zxf Intra- Scan ja Cyrtina Intra Oral Scanner. Näihin laitteisiin liittyvät myös stillkuva -teknologia ja avoin formaatti. Kahdella ensimmäisellä eli 3Shape A/S ja Heraeus laitteella ohjelmistot ovat Trios ja Cara Trios. Näiden kahden skannereiden periaatteena on Confocal Microscopy. Kolmella viimeisellä laiteilla eli 3D Progress Intra-Oral Scanner, Zxf Intra- Scan ja Cyrtina Intra Oral Scanner on toimintaperiaatteena Confocal microscopy and Moiré effect. Taulukon mukaan viimeinen toimintaperiaate on Parallel confocal microscopy, joka on varustettu iTero –ohjelmistolla. Kyseinen ohjelmisto toimii Invisalign -skannerissa. Lisäksi Invisalign -skannerin valonlähteenä on punalaseria, joka mahdollistaa tarkemman stillkuva –teknologian (Taulukko 4.).

Värillinen ohjelmisto kytkeytyy usein käyttöjärjestelmään. Monessa järjestelmässä on värillinen ohjelmisto. Esimerkiksi TRIOS 3, Emerald, Cerec Omnicam ja CS 3600 järjestelmissä on värillinen ohjelmisto. Värittömiä ohjelmistoja löytyy True Definition Scanner, iTero Element ja DWIO järjestelmistä. Värillinen ohjelma kertoo usein skannerin vuosimallista, ja sitä kautta myös liitännäisyys mahdollisuuksista. Liitännäisyys eri laitteissa ovat hyvin yhteneviä. Esimerkiksi kosketusnäytöllisen vaunuyksikön liitântämuoto löytyy 3M Espen, 3Shapes, Align Technology ja Dentalwings skannereista. 3Shape –skanneri sisältää myös USB –kaapelin liitännän tietokoneeseen. Muita saman liitântämuodon edustavia skannereita ovat Planmeca ja Carestream. Skannerin voi liittää myös hoitoyksikköön, niin kuin 3Shape, Planmeca ja Carestream –laitteissa on mahdollista tehdä näin. Lisäksi on olemassa pöytäyksikkö, joka voi olla kosketusnäytöllinen esimerkiksi Align Technology tai ei-kosketusnäytöllinen esimerkiksi Sirona -skannerissa. Sironassa on myös mahdollista ei-kosketusnäytölliseen vaunuyksikkö -liitântään (Taulukko 4.)

Käyttöjärjestelmät eli ohjelmistot ovat keskeinen osa intraoraali skanneri –laitteen ominaisuutta. Sillä ohjelmiston avulla voidaan tehdä jopa ortodonttisia ja parodontologisia diagnooseja, jotka ohjaavat hoidon suunnittelua ensi virtuaaliselle potilaalle ja myöhemmin hoidon kulkua todelliselle potilaalle

(Taulukko 4.) (Mangago F., ym. 2017). Ortodontista diagnoosia ja hoitosuunnitelmaa voidaan mallintaa skannerissa CAD/CAM -ominaisuuden avulla. Esimerkiksi 3Shape –skannerissa Clear Aligner Studio –hoitosuunnitelma ohjelma (Al-Hassiny. 2022). Skannereilla on myös mahdollista kuvata hampaita, jossa on ordotonttisia ratkaisuja. Tutkimuksessa (Jihu, ym., 2020) testattiin skannereiden CS3600, i500, Trios3 ja Omnicam erotuskykyä eri materiaalistien brakettien kohdalla. Brakettien materiaalit olivat keramia, metallia ja resiini muovioia sekä vertailukohteeksi otettiin baketitomat hampaat. Skannerin erottelukyky riippui braketin materiaalista sekä itse laitteesta. Tutkimuksen mukaan Omnicam –skannerilla oli suurin erottelukyky neljästä esitetyistä skannereista. Ortodontisten ratkaisujen lisäksi onnistuu myös kariesen kuvantaminen intraoraali skannerilla. Tähän tarvitaan laitteen NIR transillumination –ominaisuutta. Tätä kokeiltiin TRIOS 4 –skannerilla (Stavroula ym. 2022). Tässä skannerin sensoripäähän asetetaan NIR -uloke, joka auttaa hampaiden kuvantamisen aikana saamaan sopivan varjoisuuden/valoisuuden kuvantamisalueelle. Tämä lisäominaisuus koostuu valkoisesta kovasta osasta ja kahdesta mustasta pehmeästä osista sekä joustavista varresta, jota muotoutuvat ienrajan mukaan. Kuvauksen tuloksena syntyy mustavalkoisia kuvia, jossa on eri harmaansävyjä. Eri tummuus asteen avulla voidaan löytää eri asteisia kariesvaurioita.

3.4 Intraoraaliskannerin käyttöperiaatteet

Kaikilla skannereilla voidaan kuvata suuta samojen periaatteiden mukaan. Laitekohtaisesti on suotavaa noudattaa laitteen valmistajan omia käyttöohjeita. Riippuen valmistajasta ja laitteen ohjelmistosta skannausohjeet voivat olla erilaisia. Skannaustapa on myös erilainen kuvattavasta alueesta tai kohteesta riippuen. Skannerin kliininen käyttö on kuitenkin suurin piirtein samanlaista kaikilla laitemerkeillä. (Al-Hassiny 2022).

Digitaalisesti on helppoa saada tarkka jäljennös pienestä alueesta, kuten yksittäisestä hampaasta tai hammassektorista. Suuremman alan

kuvantamisessa voi ilmetä vääristymää, mikä johtuu intraoraalilaitteiden yleisestä toimintatekniikasta. (Zimmermann ym, 2017). Varsinainen skannauslaite on lopulta vain kamera, jonka ottamista kuvista tai videosta tietokoneohjelma latoo ja laskee kolmiulotteisen mallin. (Zimmermann ym.2017; Al-Hassiny 2022). Ohjelman saama data on suuresti riippuvainen siitä, kuinka laitteen käyttäjä on liikuttanut käsikappaletta. Suun muut tekijät eli liikkuvat limakalvot, kieli, posket ja myös eritteet kuten sylki tai mahdollinen veri vaikuttavat datan laatuun. (Chaudhari ym. 2022).

Ohjelman kuvaladonnan takia tietyillä alueilla voi tapahtua venymistä, mistä syntyy vääristymää. Skannauslaitteiden vertailevan tarkkuustutkimuksen (Zimmermann ym. 2017) mukaan samalla laitteella, samasta suusta otetut skannaukset olivat keskenään erilaisia, mikä kertoo vääristymästä datassa. Tutkimuksen vertailussa saman koehenkilön 3D-mallien välillä oli keskenään vääristymää etualueella ja distaalisesti viimeisissä poskihampaissa. Etuhampaat ovat muodoltaan suorat ja jyrkät, ilman selkeitä ankkuripisteitä tietokoneohjelmalle. Tämän vuoksi on mahdollista, että skannerilaite ja myöskin tietokoneohjelma ei saa täydellistä kuvaa aikaiseksi. Myös distaalisesti molaarien takaosissa on alue, missä skannaus voi vääristyä. (Zimmermann ym. 2017).

Jos laitteella kuvaa liian kauan yhdessä paikassa, sekin voi vääristää kertyvää dataa esim. laitteilla, jotka kasaavat kuvia kuvauksen edetessä päällekkäin. Lopullisesta mallista voi syntyä tämän johdosta yhdestä kulmasta oikean näköinen, mutta korkeus- ja syvyysmääreet ovat moninkertaisia kasautuneen kuvadatan takia. Tämän vuoksi skannausta suorittavan on oltava tarkka ja sulavaliikkeisen nopea liikuttaessaan skannauskäsikappaletta. Kuvatessa suuria alueita eli koko suuta ja hammaskaaria, on hyvä tehdä se aina samalla tavalla, jotta vääristymää ei synny 3D-malleissa. (Chaudhari ym. 2022).

3.4.1 Intraoraaliskanneri ja sen osat



Pääsääntöisesti intraoraaliskannerit koostuvat käsikappaleesta, jonka sisällä on kamera. Käsikappaleeseen kiinnitetään yleensä irrotettava ja autoklaavattavissa oleva kärkikappale, joka viedään laitetta käyttäessä potilaan suuhun. (Al-Hassiny 2022). Kärkikappale voi olla myös kiinteä osa käsikappaletta. (Institute of Digital Dentistry, 2020). Käsikappale on joko johdolla tai langattomasti yhdistetty tietokoneeseen tai muuhun näyttölaitteeseen. Koneessa on ohjelmisto, joka tekee 3D-mallin skannauksen aikana kameralla kuvatuista kuvista. (Al-Hassiny 2022).

Kuva 1. Erilaisia skannereiden käsikappaleita kokojärjestyksessä. (Institute of Digital Dentistry 2022).

Valmistajasta ja teknologiasta riippuen käsikappale ja kamera itsessään voivat sisältää komponentteja, jotka esiprosessoivat kuvattua dataa ennen sen välittymistä koneella olevaan ohjelmistoon. Tämä nopeuttaa datan käsittelyä, lyhentäen skannausaikaa. Varjopuolena on käsikappaleen suurempi koko ja paino. Vastaavasti on myös laitteita, joissa käsikappale on haluttu pitää mahdollisimman kevyenä ja pienenä, eikä se sisällä muuta kuin kuvantamistekniikan. Skanneriin yhdistetty tietokone ja sen ohjelmisto on tällöin vastuussa kaikesta prosessoinnista, jonka seurauksena skannausaika voi olla pidempi tietokoneen suoritustehosta riippuen. (Institute of Digital Dentistry 2020).

Skannereita valmistavat yritykset tarjoavat tuotteitaan usein eri kokoonpanoilla. Laitteen voi ostaa pelkistettynä, jolloin hankitaan vain käsikappale ja se yhdistetään omaan olemassa olevaan tietokoneeseen tai kannettavaan. Kaiken kattavampaan versioon puolestaan voi kuulua kärry, tietokone ja näyttö tai muunlainen tablettikone, telineitä, kantolaukkuja ynnä muuta lisävarustusta. (iTero 3Shape). Jos hankkii runsaasti varustetun kokonaisuuden, skannerille ei tarvitse etsiä säilytysratkaisuja, telineitä tai miettiä minkälainen tietokoneen on oltava ohjelmistovaatimuksien täyttämiseksi. Toisaalta tämä näkyy myös hinnassa. Pelkistetyimmät skannerikokonaisuudet ovat usein edullisempia, mutta niiden käyttövalmiiksi saattaminen vaatii enemmän perehtymistä, niin muun käyttöön tarvittavan laitteiston kuin hoituhuoneeseen sijoittelun ja asentamisen suhteen. (Institute of Digital Dentistry 2022). Viimeisin kehitys edullisemman hintaluokan skannereissa on se, että valmistaja tarjoaakin skannerin mukana uuden kannettavan tietokoneen, jossa on käyttövalmiiksi asennettuna skannausohjelma eli ostajan ei tarvitse enää pohtia tietokonevaatimuksia. Esimerkiksi Straumann ja Biotech Dental antavat kylkiäisenä WOW-, ja VirtuoVivo-skannerimerkkiensä ostajalle upouuden kannettavan käytettäväksi skannerin näyttö- ja ohjelmistopäätteenä. (Biotech Dental 2021, Dental Wings 2019)



Kuva 2. Strauman VirtuoVivo-skanneri. Kannettava ei kuvassa (Institute of Digital Dentistry 2022).



Kuva 3. 3Shape-skannerikokonaisuus tietokoneella, näytöllä, ja telineellä (3Shape).

Alla kuvattuun taulukkoon on koottuna muutama valmistaja ja heidän skannerimerkkinsä esimerkkinä siitä, minkälaisia laitekoonpanoja markkinoilla on olemassa. Skannerit valittiin painon mukaan niin, että markkinoiden kevyin, WOW-Intraoral Scanner, sekä painavin, iTero Element 5D, ovat mukana vertailussa. Lisäksi mukana on 3Shapen Trios 4, vertailukohtana keskivertomittasuhteista. Trios 4:sta käsitellään myös myöhemmin tässä opinnäytetyössä, joten se otettiin vertailutaulukkoon mukaan.

Taulukko 5. Vertailu skannereiden osista ja varusteista.

Valmistaja	Laite	Käsikappaleen paino, pituus	Kärki / puhdistustapa	Langaton	Varusteet, sisältyy hintaan	Varusteet, ostettavissa
Biotech Dental	WOW Intraoral-scanner	110g, 200mm	Kiinteä / kylmädesinfiointi	Ei	Kannettava tietokone, skannausohjain, musta imukärki, mustat hanskat	Skannausohjaimet
Straumann	Virtuo-Vivo	130g, 207mm	Irtokärki / autoklaavaus (x250)	Ei	Kannettava tietokone, kalibrointilaite	Kärjet
3Shape A/S	Trios 4 wireless	375g, 278mm	Irtokärki / autoklaavaus (x60)	Kyllä	Teline, tietokone, näyttö, ladattavat patterit	Kärjet, kärjensuojat, muovitaskusuojat, lisäpatterit
Align Technology	iTero Element 5D	470g, 346mm	Kiinteä, kertakäyttöinen kärkisuojaus	Ei	Versiosta riippuen; kännykän näyttö / USB-telakka	Kärjensuojat, muovitaskusuojat

3.4.2 Digitaalisen jäljennöksen otto

Yläleuan hammaskaaren skannaus.

Skannaus aloitetaan purupinnoista, jommalta kummalta puolelta, viimeisestä molaarihampaasta. Skanneria kuljetetaan okklusaali- eli purupintoja pitkin koko hammaskaaren läpi, toisen puolen viimeiseen molaarihampaaseen.

Käsikappaletta liikutetaan tasaisesti ja sopivalla nopeudella sekä etäisyydellä.

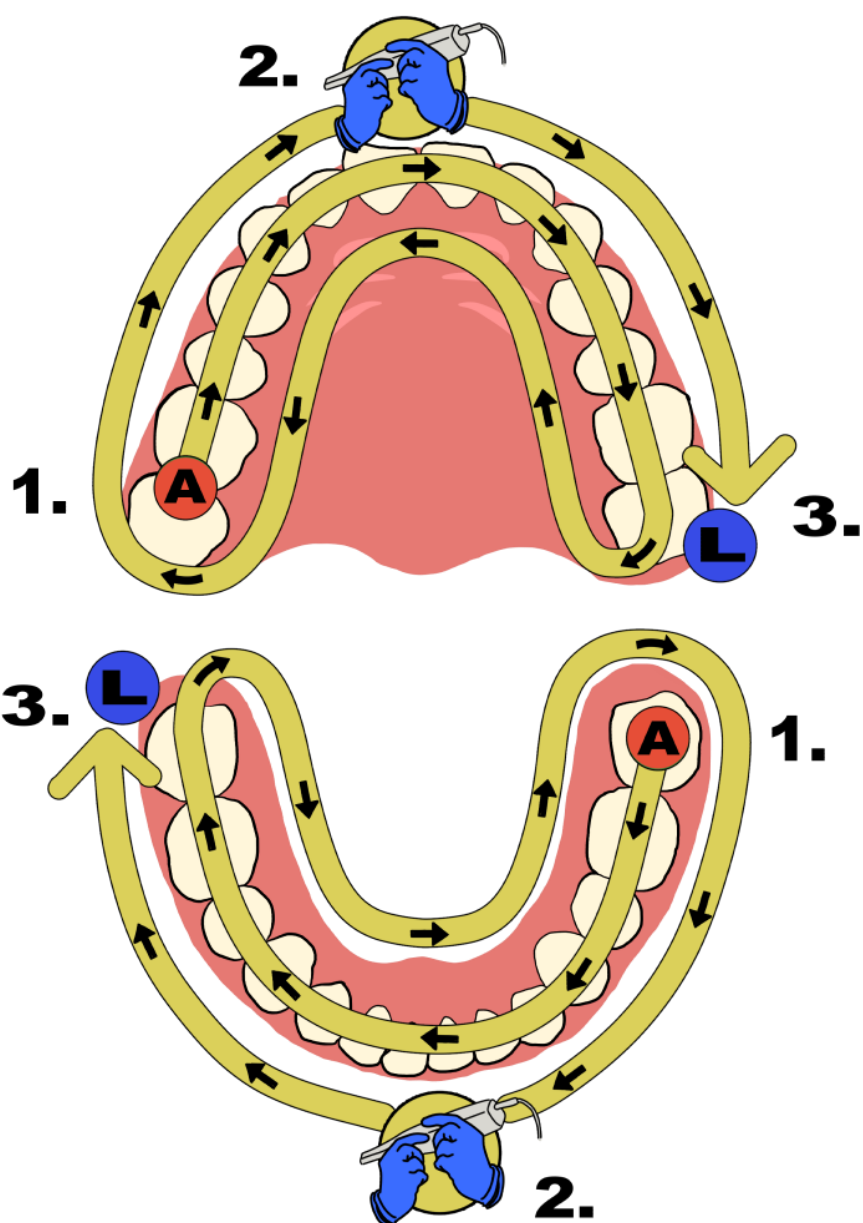
Seuraavaksi kuvataan palatinaali- eli suulaen puoleinen pinta. Sama

skannausliike jatkuu hammaskaaren päästä, kallistamalla skanneria suulaen puolelle ja hampaiden sivupinnoille. Kaariliikkeellä skanneri kuljetetaan hammaskaarta pitkin skannauksen aloituspistettä kohti. Viimeisenä kuvataan bukkaali- eli posken puoleiset hammaspinnot. Skanneripää kallistetaan suulaen puolelta hammaskaaren yli, posken puolelle, ja jatketaan kaariliikkeellä skannausta, edeten hammaskaarta pitkin kohti toisen puolen viimeistä molaarihammasta. Koko tähänastinen skannaus on mahdollista tehdä yhtäjaksoisella, sulavalla liikkeellä. Kun saavutaan poskipintoja kuvatessa inkisiivi- eli etuhammasalueelle on hyvä pysäyttää liike ja kohentaa skanneria pitelevän käden asentoa, ja jatkaa sen jälkeen skannaus loppuun. (Al-Hassiny 2022)

Alaleuan hammaskaaren skannaus.

Alaleuka skannataan samalla periaatteella kuin yläleuka. Aloitus on perimmäisen molaarin purupinta ja siitä edetään hammaskaaren toiselle puolelle. Skanneria kallistetaan, ja kuvataan linguaali- eli kielen puoleiset pinnot. Uusi kallistus hammaskaaren yli, ja viimeisenä skannataan bukkaalipinnat. Jälleen etuhampaiden alueella on luonteva kohta tauolle, minkä jälkeen skannataan hampaat loppuun asti.

Viimeinen vaihe on purennan rekisteröinti. Potilas puree hampaat yhteen ja samalla skannataan poskihampaita muutaman sentin mittainen alue. Ohjelmisto kohdistaa automaattisesti aiemmin skannatut ylä- ja alakaaret valmiiksi purentamalliksi. (Al-Hassiny 2022)



1. Aloituskohta (A)

2. Korjaa käsien asentoa

3. Lopetuskohta (L)

1.

Skannauksen tuloksen tarkistus



Kun skannaus on suoritettu, tulosta pitää tutkia sen varmistamiseksi, että jäljennökseen ei ole jäänyt aukkoja. Alla, kuva 5 on esimerkki siitä, miltä vajavainen data näyttää useimmissa skannausohjelmissa. Vajavaiset kohdat skannataan laitteella uudestaan, ja hammasmalli täydentyy tietokoneohjelmassa eheäksi.

Kuva 5. Hammaskaari, aukkoja kuvannuksessa. Ympyröity punaisella (Al-Hassiny 2022).

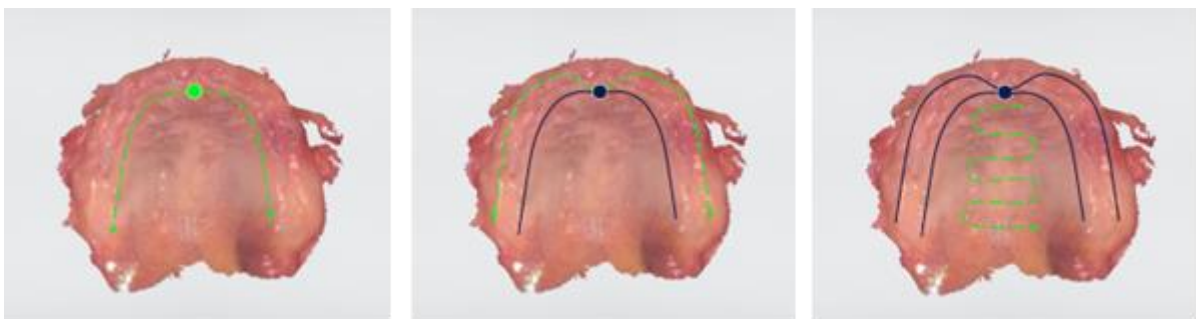
Tuloksen rajaaminen ohjelmassa

Koska tiedostojen koko kasvaa, mitä enemmän niissä on dataa, on hyvä rajata pois hammasmalleista alueet, joita ei tarvita jäljennöksessä. Skannaustuloksessa voi usein olla tarpeettomasti kuvantuneita alueita, ks. kuva 6, ensimmäinen kuva vasemmalta. Hammasmalliin on tullut mukaan ylimääräistä dataa alueista, joita ei tarvita hammasjäljennöksessä. Skannausohjelmissa on yleensä editointityökaluja. Ylimääräiset alueet leikataan pois ohjelman työkaluilla, toinen kuvasarjan kuva. Rajausta tehtäessä on tärkeää olla tarkka, ettei vahingossa tule leikanneeksi pois hampaita tai muita malliin haluttuja alueita. Intraoraaliskannauksen lopputulos kuvaamisen ja ohjelmalla käsittelyn jälkeen tulisi olla viimeisen kuvan mukainen, selkeä ja siististi rajattu 3D-malli.



Kuva 6. Kuvasarja tulosten editoinnista. Vasemmalta oikealle, ensimmäinen kuva: ylimääräistä dataa. Toinen kuva: editointityökalulla poistetaan ylimääräiset alueet. Kolmas kuva: rajattu, ylimäärät poistettu mallinnos (Al-Hassiny 2022).

Hampaattomasta suusta skannauksen teko on haasteellista, sillä kameralta ja tietokoneohjelmalta uupuvat selkeät kiintopisteet, joiden avulla luoda malli. Myöskään skannaukselle ei ole selkeää aloituspaikkaa tai reittiä. Eräs kiintopiste on suulaen etuosan ryppyinen rugae-kuvio. Skannauksen voi aloittaa tältä alueelta, ja palata sille aina takaisin mikäli skanneri ”hukkaa” itsensä kuvaamisen aikana. Tämä on myös skannauksen tekijälle hyvä kiintopiste. Skannaus alkaa poimukselta rugae-alueelta ja etenee ienvallia pitkin suun takaosaan. Skanneria nostetaan ja palataan etualueelle. Seuraavaksi kuvataan vastakkainen ienvalli ja kaari. Jälleen skanneria nostamalla palataan takaisin etuosaan, ja kuvataan ienvallien bukkaalinen puoli, mikäli ne eivät jo kuvantuneet. Viimeisenä kuvataan suulaki liikuttamalla skanneria s-muodossa kohti nielua.

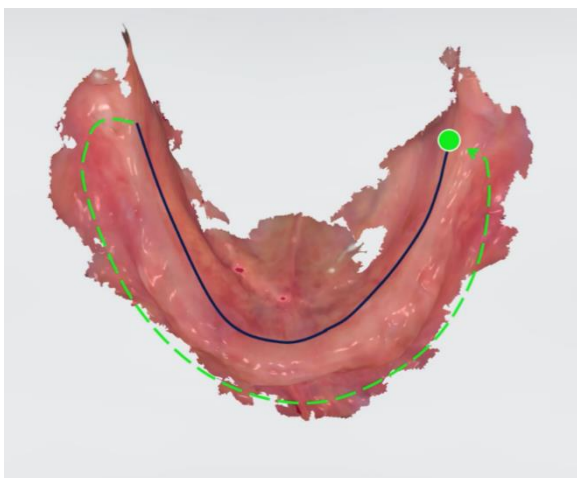


Kuva 7. Kuvasarja hampaattoman yläleuan skannausreitistä I (Al-Hassiny 2022).

Toinen tapa kuvata yläleuka on kuvata ensin koko ienvalli yhdellä kaarevalla liikkeellä, ja sen jälkeen kuvata suulaki koukeroisella s-muodolla. Kun keskiosat on kuvattu, siirrytään jommalle kummalle puolelle ienvallin takaosaan, ja kuvataan bukkaalisesti kohti huulijännettä. Etualueella pysähdytään, ja siirrytään vastakkaisen puolen takaosaan, ja jälleen kuvataan ienvalli bukkaalisesti edeten takaosasta kohti huulijännettä.



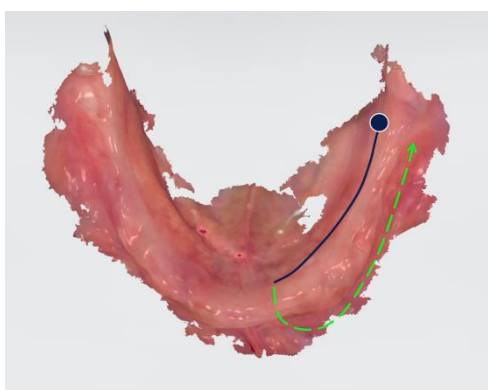
Kuva 8. Kuvasarja hampaattoman yläleuan skannausreitistä II (Al-Hassiny 2022).



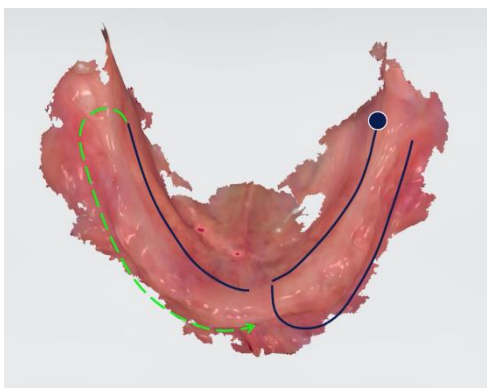
Alaleuan kuvaamisessa saattaa olla tarpeen avustaja, joka pitää kielen ja muut limakalvot poissa skannerin tieltä. Ensimmäinen tapa on aloittaa jommalta kummalta puolelta, ja kuvata koko ienvalli linguaalisesti yhdellä liikkeellä. Sen jälkeen palataan toisella kaarevalla liikkeellä takaisin, kuvaten ienvalli bukkaalisesti.

Kuva 9. Hampaattoman alaleuan kuvaaminen (Al-Hassiny 2022).

Toinen tapa on kuvata ienvallit sektoreittain. Ensin skannataan linguaalisesti huulijänteeseen asti, ja sitten palataan takaisin bukkalisesti aloituskohtaan. Potilaille saattaa olla tarpeellista antaa hengähdys- ja nielaisutaukoja skannauksen aikana. Leukojen lepuuttaminen voi myös olla tarpeen, mikäli suun auki pitäminen on uuvuttavaa. Tauon jälkeen voidaan kuvata toinen puoli, skannaten jälleen ienvalli ensin yhdeltä, sitten toiselta puolelta. Mikäli ienvallit ovat hyvin madaltuneet, on mahdollista, että skannauksen saa tehtyä vain yhdellä kaarevalla liikkeellä koko suusta.



Kuva 10. Alaleuan sektorikuvaus 1 (Al-Hassiny 2022).



Kuva 11. Alaleuan sektorikuvaus 2 (Al-Hassiny 2022).

4 Intraoraaliskannauksen hyödyntäminen eri hammaslääketieteen osa-alueissa

4.1 Ortodontia

Ortodontia on hammaslääketieteen erikoisala, joka on keskittynyt hampaiden oikomishoitoon ja purennan ongelmiin (Kielitoimiston sanakirja 2022). Oikomishoito on hampaiden oikomista, joka tehdään purentahäiriöihin, jotka haittaavat hampaiston normaalia kehitystä sekä toimintaa (Terveysportti 2022).

Intraoraaliskanneria pystytään hyödyntämään ortodontiassa työmallien ja oikomiskojeiden valmistamiseen sekä ortodonttiseen diagnostiikkaan ja hoidon suunnitteluun. Intraoraaliskannerin digitaalinen tallennusmuoto mahdollistaa kokonaisuuden tarkastelemisen sagitaali-, vertikaali sekä horisontaalitasoissa eli eteen-taakse-, pysty ja vaaka-tasossa. Skannerissa olevalla ortodontian ohjelmalla pystytään mittaamaan hammaskaaren leveyttä ja pituutta, jaottelemaan hampaita, arvioimaan purentaa sekä tunnistamaan tiettyjä maamerkkipisteitä. (Anttila ym. 2022.)

Planmeca Romexis Smile Design- ohjelmistolla pystytään pelkän 2D-kasvokuvan ja älykkäiden hammassiluettien avulla suunnittelemaan sekä näyttämään asiakkaalle realistisen kuvan hoidon lopputuloksesta. Ohjelmistolla voidaan muokata hampaiden paikkaa, muotoa ja mittasuhteita joustavasti. (Planmeca 2022.)

4.2 Parodontologia

Parodontologialla tarkoitetaan hammaslääketieteen osa-aluetta, jossa tutkitaan hampaan kiinnityskudoksia ja sen sairauksia (Terveysportti 2022).

Parodontologiassa 3D-tulostusmenetelmiä hyödynnetään lähinnä parodontaalikirurgiassa eli ikenien alueen leikkauksellisiin toimenpiteisiin. Potilaskohtaiset parodontaalikirurgiset ohjurit pystytään 3D-tulostamaan ja

käyttämään esimerkiksi gingivektomia-toimentenpiteissä hyväksi. (Oberoi 2022.) Gingivektomia tarkoittaa ikenien poistoleikkausta (Terveysportti 2022).

4.3 Kariologia

Kariologialla tarkoitetaan hammaslääketieteen osa-aluetta, jossa tutkitaan karieksen eli hampaiden reikiintymisen syntyä ja hoitoa (Terveysportti 2022). Kariologiassa intraoraaliskanneria voidaan hyödyntää okklusaalikarieksen havaitsemiseen ja luokitteluun (Michou ym. 2021). Diagnocamin lähi-infrapuna läpivalaisutekniikkaa, joka saa aikaan fluoresenssin voidaan käyttää varhaisten kariesleesioiden havaitsemiseen. (Schlenz ym. 2022).

4.4 Endodontia

Endodontialla tarkoitetaan hammaslääketieteen osa-aluetta, jossa tutkitaan hammasytimen ja hampaan juuren hoitoa (Terveysportti 2022).

Endodontiassa intraoraaliskannerin CAD/CAM järjestelmää voidaan hyödyntää väliaikaisen paikan laitton jälkeen hammaskaaren skannaamiseen (Escobar ym. 2019). Planmeca Romexis -ohjelmisto sisältää monipuolisesti diagnostiikka- ja hoitosuunnittelutyökaluja endodontian tarpeisiin, kuten tarkkoihin mittauksiin ja juurikanavien 3D-visualisointeihin (Planmeca 2022).

4.5 Suu- ja leukakirurgia

Suu- ja leukakirurgialla tarkoitetaan purentaelimen ja siihen liittyvien kudosten sairauksien, tapaturmien ja puutosten diagnostiikkaa sekä niiden kirurgista ja siihen liittyvää muuta hoitoa (Wikipedia n.d.).

Ortognaattiskirurginen hoito on luustollisen purentavirheen korjaamista oikomishoidon ja leikkaushoidon avulla kasvuiän jälkeen. Leikkauksella pyritään korjaamaan leukojen välinen epäsuhta, niin että purennan korjaaminen on mahdollista. (Terveysportti.)

Intraoraaliskannerissa olevaa Romexis CMF Surgery-moduulia pystytään hyödyntämään ortognaattisessa kirurgiassa. Ohjelman avulla pystytään laatimaan virtuaalisia kirurgisia hoitosuunnitelmia ja kirurgit pystyvät arvioimaan tapauksia sekä luomaan akryylinen purentaa ohjaavia leikkauskiskoja eli välisplinttejä ja lopullisia splinttejä leuan kohdepurennan ja –paikan perusteella. (Planmeca 2022.)

Helsingin yliopiston tutkimusryhmä on vuodesta 2018 kehittänyt erityisesti 3D-kirurgiaa ja yksilöllisten kasvoimplanttien muotoa kasvonmurtumakirurgiassa. Tavoitteena on ollut kasvomurtumapotilaiden myöhäisen komplikaatioiden vähentämistä, kuten kasvojen alueen kudosten venytystä, silmäkuopan murtumiin liittyviä jälkioireita, kuten kaksoiskuvia. Implanttien sujuva asentaminen on huomioitu kehitystyössä. Tutkimuksen mukaan yksilöllisillä implanteilla saavutetaan silmäkuopan murtumien rekonstruktioissa parempi istuvuus verrattuna tehdasvalmisteisiin. Lisäksi yksilölliset implantit vähentävät uusintaleikkauksia ja kudosten venytystä. (Nissinen 2022.)

Romexis 3D implant Guide-moduulin avulla voidaan suunnitella kirurgisia ohjaimia. Ohjelmisto suunnittelee automaattisesti ohjaimen määritetylle alueelle yksinkertaisella lassotyökalulla. Ohjainta voidaan parantaa lisäämällä tukitankoja, kurkistusikkunoita ja kohotekstejä tai poistamalla tarpeettomia materiaaleja. Mikäli hammas on poistettu ennen kirurgista toimenpidettä, ohjelmisto mahdollistaa myös sen poistamisen digitaalisesti, jolloin skannausta ei tarvitse tehdä uudelleen. (Planmeca 2022.)

Tällä hetkellä intraoraaliskannaus toimii parhaiten yksittäisten implanttien ja perinteisen protetiikan kohdalla. Tekniikkaa voidaan käyttää etenkin implanttihoidon suunnittelussa (ohjaus- ja suunnittelulaitteet) ja diagnostiikassa. (Nissinen 2014.)

4.6 Protetiikka

Protetiikka on hammaslääketieteen osa-alue, joka on erikoistunut hampaiden, pehmytkudosten tai koko hampaiston korvaamiseen erilaisin keinotekoisin menetelmin (Oral n.d).

Intraoraaliskanneria voidaan hyödyntää yksittäisestä kruunusta koko hammaskaaren siltoihin (planmeca 2022). Intraoraaliskannerin 3D Romexis-ohjelmisto sisältää monipuolisia suunnittelutyökaluja. Ohjelman katselutilan ansiosta optimaalisen sijainnin löytäminen on implantille helppoa. Lisäksi ohjelma kertoo, jos proteettinen rakenne asetetaan liian lähelle segmentoituja naapurihampaita, alaleukaluun kanavaa tai toista implanttia sekä se pystyy arvioimaan ympäröivän luun laatua. (Planmeca 2022.)

Ohjelmisto tunnistaa automaattisesti hammasproteesin sisäpuolen ja luo ohjaimen sen perusteella. (Planmeca 2022.) Romexis ohjelmiston käyttäjät voivat ottaa KKTT-kuvia, skannata pintoja, suunnitella virtuaalikruunuja sekä yhdistää aiempia tietoja ja edetä suunnitelman kanssa. Ohjelma sisältää myös kruunukirjaston, mikäli yksilöllisesti suunniteltua kruunua ei ole saatavilla. (Planmeca 2022.)

4.7 Purentafysiologia

Purentafysiologia on hammaslääketieteen erikoisala, joka tutkii purentaelimen rakennetta ja toimintaa sekä purentaan toimintahäiriöiden purentavaivojen epidemiologiaa, etiologiaa, diagnostiikkaa ja hoitoa (Wikipedia n.d.).

Purentaelimistön toimintahäiriön yleisin hoitomuoto on akryylimuovista valmistettu stabilisaatiokisko, jota pidetään yleensä öisin. Stabilisaatiokiskon tarkoituksena on purentakorkeuden lisääminen ja

purentalihastoiminnan vähentäminen, jolloin lihasperäinen kipu vähenee. Lisäksi se vähentää leukanivelen rasitusta hampaita yhteen purtaessa. (Terveyskirjasto 2022.)

Purentakiskot

Purentakiskot voidaan valmistaa intraoraaliskanneria hyödyntäen. Intraoraaliskannerilla otetaan digitaalinen jäljennös hampaista. CAD/CAM-ohjelmistolla suunnitellaan ja muokataan jäljennös, jonka jälkeen valmiiksi suunniteltu purentakisko lähetetään 3D-tulostimeen. (Berntsen. Ym. 2018.)

4.8 Esteettinen hammashoito

Esteettisellä hammashoidolla tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joita ei välttämättä tarvita purentaan toiminnan tai suusairauden takia vaan ulkonäkösyistä. Hampaan tai paikan väri, kuluneet, lyhentyneet hampaat tai hampaan hammasrivistä poikkeava asento voivat olla syitä hoitoon. (Helenius-Hietala 2022).

Intraoraaliskannerin CAD/CAM-ohjelmistoa pysytään hyödyntämään inlay- ja onlay epäsuorien täytteiden laittoon. Nykyään suuri osa epäsuorista täytteistä valmistetaan tietokoneohjatulla (CAD/CAM) suunnittelulla ja valmistuksella erilaisista keraameista tai muovikomposiiteista. (Hiltunen 2018.)

Laminaatit ovat hampaan ulkopinnalle kiinnitettäviä, posliinista valmistettuja kuoria, jotka kiinnitetään paikalleen kiinnitysaineella. Laminaatteja tehdään tavallisimmin etu-, mutta myös kulmahampaisiin. (Helenius-Hietala 2022.)

4.9 Omahoito

Valtaosan suun sairauksista pystyy itse ehkäisemään hyvällä omahoidolla. Suun omahoito on tärkeää iästä riippumatta. Suun omahoidossa on tärkeää suun säännöllinen ja huolellinen puhdistus, hampaiden harjaus kahdesti päivässä fluorihammastahnaa käyttäen sekä suun terveyttä tukeva monipuolinen ruokavalio. (Sirviö 2022.)

Intraoraaliskannerit pystyvät luomaan värillistä 3D-kuvaa suhteellisen nopeassa ajassa ja voivat näin ollen olla lupaava menetelmä plakin havaitsemiseen ja seurantaan. 3D-kuvauksen ansiosta hampaiden kaikki alueet pysytään visualisoimaan. (Giese-Kraft ym. 2022.)

Hampaiston live-kuvaa voi kätevästi näyttää myös potilaalle, etenkin, jos hammashoitoyksikössä on liitettyä monitori. Tällä tavoin pystytään havainnollistamaan esimerkiksi hampaiden omahoidossa oleellisia asioita. (Temonen 2014.)

Intraoraaliskannerin kamera osoittautui käteväksi suun limakalvomuutosten dokumentoinnissa ja seurannassa (Temonen 2014).

Intraoraaliskannerin avulla pystytään paremmin kommunikoidaan potilaan kanssa esimerkiksi suun terveystarkastuksia tehdessä. Tämä antaa myös mahdollisuuden potilaalle osallistua enemmän hoitoonsa, jolla voi olla positiivinen vaikutus kokonaishoitoon. (Francesco ym. 2017.)

5 Intraoraaliskannauksen edut ympäristölle, suuhygienistille ja asiakkaalle

5.1 Intraoraaliskannausken edut ympäristölle

Kestävän kehityksen tarkoituksena on luoda edellytykset hyvään elämiseen nykyisille ja tuleville sukupolville. Se on jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti. (Ympäristöministeriö n.d.) Intraoraaliskannauksella pyritään materiaalien vähentämiseen, joka tukee ympäristöystävällistä toimintaa.

Digitaalinen skannaus vähentää kustannuksia sekä materiaalihukan syntyä, koska jäljennökset eivät heikkene ja ovat uudelleenkäytettävissä (Suese 2020). Alginaattijäljennösten otossa on suurempi riski epäonnistumiseen, jolloin uudelleen jäljentäminen lisää materiaalihukan määrää (Nandini ym. 2008). Toisin kuin skannaaminen mahdollistaa virheiden korjaamisen helposti ja nopeasti niin koko suusta kuin yksittäisistä alueistakin (Suese 2020).

Digitaalisia skannausjäljennöksiä voidaan säilyttää helpommin pidempään kuin kipsimalleja, koska ne ovat tiedostomuodossa eivätkä siten vie konkreettista tilaa. Tämä mahdollistaa myös tiedostojen haun uudelleen missä ja milloin tahansa. Tiedostomuodossa olevia jäljennöksiä käsitellään digitaalisesti, joka poistaa kipsimallien kuljetuksesta aiheutuvien päästöjen synnyn hammashoitoloiden ja laboratorioiden välillä. (Suese 2020.)

Alginaatti tulee hävittää jätehuoltosäännösten mukaisesti, eikä sitä saa joutua viemäriin, vesistöihin tai maaperään. Kaikista alginaattijauheiden haitoista ympäristölle ei ole tutkittua tietoa. (Kromopan 2012; Topdent 2013.) Kipsin on todettu aiheuttavan pieninäkin määrinä juomaveden pilaantumista, mikäli se päätyy viemäriin tai jäte- ja pohjavesiin (GC America Inc. 2016). Laboratorioissa tulisi olla kipsinsaostusallas, joka estää kipsilietteen pääsyn viemäristöön (Hammasväline n.d.). Digitaalinen skannaus välttää nämä ympäristöhaitat, sillä alginaattia ja kipsiä ei tarvita tässä menetelmässä.

Intraoraaliskannaus luo edellytyksiä kestäväälle kehitykselle. Taulukossa 6 on koottuna tiivistetysti intraoraaliskannauksen etuja ympäristölle. Taulukon edut ovat listattu 6.1 kappaleen tekstin pohjalta. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Skannauksen tuomia etuja ympäristölle (Harju, Koskela & Kurki 2022).

Intraoraaliskannauksen edut ympäristölle
<ul style="list-style-type: none"> • Vähentää kuljetus- ja materiaalikustannuksia • Pienempi riski epäonnistumiseen → vähemmän materiaalihukkaa • Helppo virheiden korjaus • Ei vaadi konkreettista säilytystilaa • Ei kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä • Ei ympäristölle haitallisia aineita tai materiaaleja (alginaatti ja/tai kipsi)

5.2 Intraoraaliskannauksen edut suuhygienistille

Skannaaminen vaatii kouluttautumista. Kokemuksen kerryttyä skannaus on helppoa sekä nopeaa ja sen voi toteuttaa jopa alle kolmessa minuutissa koko suusta, jolloin työstä tulee kustannustehokkaampaa. (Anttila ym. 2022; Suese 2020.) Kliininen tehokkuus voi parantua skannerin käytön ansiosta, jolloin suuhygienisti voi ottaa vastaan enemmän potilaita päivän aikana (Siqueira ym. 2021). Yhden raportin mukaan digitaalinen jäljentäminen laskee prosessiin kuuluvien työntekijöiden stressitasoja (Suese 2020).

Hammaslääketieteessä jäljennöksiä ottaessa käytetään edelleen eniten alginaattia materiaalina. Alginaattijäljennöksiä otettaessa jauhe sekoitetaan veteen ja sekoittaessa siitä muodostuu massa, joka annostellaan jäljennöslusikkaan. Alginaatin sekoittaminen tulee olla nopeaa sekä koostumuksen tulee olla oikeanlaista, kun se siirretään jäljennöslusikkaan.

Lusikka painetaan hampaita vasten ja annetaan kovettua. Veden lämpötilalla voidaan säädellä massan työstämisaikaa. Kovettunut jäljennös huuhdellaan vedellä syljen tai veren poistamiseksi sekä se tulee desinfioida. Jos desinfektio suoritetaan väärin, eli jäljennökset jätetään liian kosteiksi, niihin voi tulla vääristymiä. Lopuksi jäljennös pakataan oikeaoppisesti kosteaan liinaan käärittynä. (Nandini ym. 2008.)

Intraoraaliskannaus antaa skannaajalle mahdollisuuden työskennellä heti kuvan parissa, jolloin aikaa ei kulu jäljennöksen desinfiointiin, puhdistamiseen eikä kipsimallien valmistamiseen (Sfondrini ym. 2018). Viestintä internetin kautta kliinistä työtä tekevien ja teknikoiden välillä on nopeampaa. Kansainvälinen yhteistyö on myös helpommin toteutettavissa. (Suese 2020.)

Jäljennösmateriaali kontaminoituu potilaan suussa monilla bakteereilla. Digitaalisesti jäljennetyt 3D-kuvat ovat heti lähetettävissä eivätkä vaadi jäljennösmateriaalien käsittelyä eikä kipsimalleja, jotka voivat olla infektiolähde hammasklinikalla ja hammaslaboratorioissa. Riskienhallinta vie aikaa ja aiheuttaa kustannuksia. Intraoraaliskannauksessa kontaminoitunut skannauskärki viedään suoraan välinehuoltoon autoklaavattavaksi ja steriloitavaksi. (Suese 2020.)

Hampaiden pinnoille kertyy plakkia eli biofilmiä, joka koostuu bakteereista aiheuttaen kariesta, ientulehdusta sekä parodontiittia (Doi ym. 2021; Keto 2019). Plakkivärjäyksellä saadaan biofilmi näkyväksi (Keto 2019). Skannerin avulla voidaan näyttää helpommin plakkikohdat hampaiden sisäpinnoilta sekä viimeisten hampaiden distaalipinnoilta, joihin on vaikea nähdä suoraan. Mahdollisuus kuvan kääntelyyn ruudulla helpottaa plakin sijainnin havaitsemista, jolloin omahoidon ohjaus helpottuu. Se konkretisoi potilaalle, mitkä kohdat tarvitsevat parempaa puhdistusta. (Doi ym. 2021.) Toisin kuin muilla jäljennösmenetelmillä, digitaalisella jäljentämisellä voidaan havaita myös kariesta ilman säteilylle altistumista (Suese 2020).

Hampaiden pinnat eivät saa olla liian kuivat, sillä alginaatti tarttuu helposti kuiviin hampaisiin, jolloin lusikan poisottaessa on riski alginaattijäljennöksen

repeytymiseen. Jos jäljennökset epäonnistuvat ja niitä joudutaan ottamaan uudelleen, hampaiden pinnalla oleva kalvo katoaa, jolloin hyvä jäljennöstulos on epätodennäköisempää. Tämän takia olisi hyvä huuhdella potilaan suu jäljennöstenottojen välissä. Jäljennöslusikkaa ei saa painaa alginaatin kovettumista odottaessa, sillä jäljennöksestä voi tulla virheellinen sen kovettuessa jännityksenalaisena. (Nandini ym. 2008.) Digitaalisella jäljentämisellä virheelliset jäljennöstulokset voidaan korjata uudelleen skannaamalla.

Hydrogum 5 käyttöturvatiedotteessa kerrotaan, että alginaattijauhe voi vahingoittaa keuhkoja pitkäaikaisessa ja toistuvassa käytössä. Tuotteen aiheuttamista oireista ja vaikutuksista ei ole tutkittua tietoa. (Hydrogum 5 2016.) Useiden alginaattijauheiden käyttöturvatiedotteissa mainitaan vakavan silmävaurion vaara (Kromopan 2012; Topdent 2013). Skannaus lisää työturvallisuutta, sillä siinä ei ole vaarana materiaalien kulku hengityselimiin tai silmiin.

Suuhygienisti pystyy tehokkaampaan työskentelyyn intraoraaliskannauksen avulla. Taulukossa 7 on koottuna tiivistetysti intraoraaliskannauksen etuja suuhygienistille. Taulukon edut ovat listattu 5.2 kappaleen tekstin pohjalta. (Taulukko 7.)

Taulukko 7. Skannauksen tuomia etuja suuhygienistille (Harju, Koskela & Kurki 2022).

Intraoraaliskannauksen edut suuhygienistille
<ul style="list-style-type: none"> • Mahdollisesti nopeampaa • Pitkällä aikavälillä kustannustehokasta • Lievittää stressitasoja • Ei suurta infektioriskiä • Ei työstämisaikaa • Vähemmän työvaiheita • Omahoidon ohjauksen tehostus • Kariuksen havainnointi mahdollista • Helppo virheiden korjaus • Lisää työturvallisuutta → ei kemiallista altistumista

5.3 Intraoraaliskannausken edut asiakkaalle

Digitaalinen skannaus vähentää huomattavasti potilaiden epämukavuutta sekä kipua jäljennösten otossa. Epämukavuutta perinteisessä jäljentämisessä aiheuttaa alginaatin pitkä kovettumisaika sekä materiaalin suora kontakti potilaan limakalvoihin ja hampaisiin. Digitaalinen jäljentäminen on hyödyksi eniten lapsille ja vanhuksille sekä niille, joilla on herkkä nielu tai runsas syljeneritys. (Anttila ym. 2022; Suese 2020.) Tutkimuksessa, jossa verrattiin intraoraaliskannausta ja alginaattijäljennösten ottoa todettiin, että skannauksen aikana potilaan on helpompi hengittää (Glisic ym. 2019).

Yleisin alginaattimuoto on jauhe ja ne pitävät sisällään natriumalginaattia, kalsiumsulfaattia, trinitriumfosfaattia, piimaata, sinkkioksidia ja kaliumtitaanifluoridia. Alginaattijauheet sisältävät usein myös makuaineita. (Nandini ym. 2008.) Potilaskokemusten mukaan alginaatista syntyvä haju ja maku on koettu epämukavammaksi kuin skannauksesta syntyvä ääni ja ääni (Glisic ym. 2019). Alginaatin fysikaaliset materiaaliominaisuudet, koostumus,

maku ja haju voivat vaikuttaa negatiivisesti asiakkaan kokemukseen. Kliinisten tutkimusten mukaan etenkin kiinteän, irrotettavan ja implanttiproteesin aikana alginaattijäljennösten otto on yksi epämiellyttävimmistä kokemuksista hoidossa. (Siqueira ym. 2021.)

Intraoraaliskannauksen eduiksi on todettu, että lasten ja nuorten stressitasot ja ahdistuneisuus ovat merkittävästi alemmat kuin alginaattijäljennöksissä. Skannauksen aikana potilaat tuntevat voivansa hallita tilannetta, joka vaikuttaa positiivisesti potilaskokemukseen. Syitä voivat olla mahdollisuus pitää taukoja skannauksen aikana sekä skannauksen reaaliaikainen seuraaminen tietokoneelta. Hoidon onnistumisen kannalta tämä on tärkeää, sillä etenkin lasten luottamus suunhoidon ammattilaiseen kasvaa, jolloin yhteistyö paranee. (Glisic ym. 2019.) On todettu myös, että skannaaminen on vähemmän traumatisoivaa henkilöille, joilla on klaustrofobia, eli ahtaan ja suljetun tilan kammo (Dahl ym. 2014).

Skannauksen nopeudesta on ristiriitaista tutkimustietoa. Eräässä tutkimuksessa on todettu, että tuoliaika on lyhyempi digitaalisen jäljennöksen otossa verrattuna perinteiseen jäljentämiseen (Suese 2020). Toisen tutkimuksen mukaan suun sisäiseen skannaamiseen voi kulua enemmän aikaa kuin perinteisessä jäljentämisessä, mutta huomioon ottaessa hammaslaboratorioon kuluva aika, digitaalinen jäljentäminen voi olla nopeampaa (Aragón ym. 2016).

Digitaaliset jäljennökset eivät heikkene ja ovat uudelleenkäytettävissä. Esimerkiksi tilanteessa, jossa menetettyjen hampaiden tilalle halutaan alkuperäisiä hampaita muistuttava ratkaisu. Tämä edellyttää, että hampaat on skannattu ennen niiden menettämistä. Digitaalisen jäljentämisen ansiosta hampaiden ja ikenien värisävyjen jäljittely on mahdollista. (Suese 2020.) Skannauksen tuotos on heti tarkasteltavissa tietokoneelta, mikä voi lisätä potilaan motivaatiota hoitoon. Kommunikaatio potilaan ja hammaslaboratorion välillä parantuu. (Anttila ym. 2022). Myös yksilöntunnistus on digitaalisten jäljennösten avulla mahdollista (Suese 2020).

Alginaatti voi aiheuttaa allergisen reaktion. Yhden ihmisen on jopa raportoitu menehtyneen anafylaktiseen sokkiin, eli äkilliseen yliherkkyyssreaktioon, joka oli aiheutunut limakalvokontaktissa olleesta alginaattimassasta. Potilaalla oli sydän- ja keuhkosairauksia, jotka pahensivat tilaa ja estivät adrenaliinin käytön. (Gangemi ym. 2009.) Digitaalisessa jäljentämisessä minimoidaan allergisoivien aineiden aiheuttamat reaktiot.

Intraoraaliskannaus on todistetusti lisännyt potilastyytyväisyyttä. Taulukossa 8 on koottuna tiivistetysti intraoraaliskannauksen etuja asiakkaalle. Taulukon edut ovat listattu 6.3 kappaleen tekstin pohjalta. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Skannauksen tuomia etuja asiakkaalle (Harju, Koskela & Kurki 2022).

Intraoraaliskannauksen edut asiakkaalle
<ul style="list-style-type: none"> • Mukavuus • Kivuttomuus • Apua herkkänieluisille • Helpompi hengittää • Ei hajua tai makua • Alemmat stressitasot • Vähemmän ahdistuneisuutta • Hallittavuuden tunne • Taukojen pito mahdollista • Tuoliaika voi olla lyhyempi • Jäljennösten uudelleen käytettävyys • Värisävyjen jäljittely mahdollista • Tuotos heti tarkasteltavissa • Ei allergisoivia aineita tai materiaaleja

6 Intraoraaliskannauksen haasteet ja rajoitukset

6.1 Intraoraaliskannerien haasteet ja rajoitukset

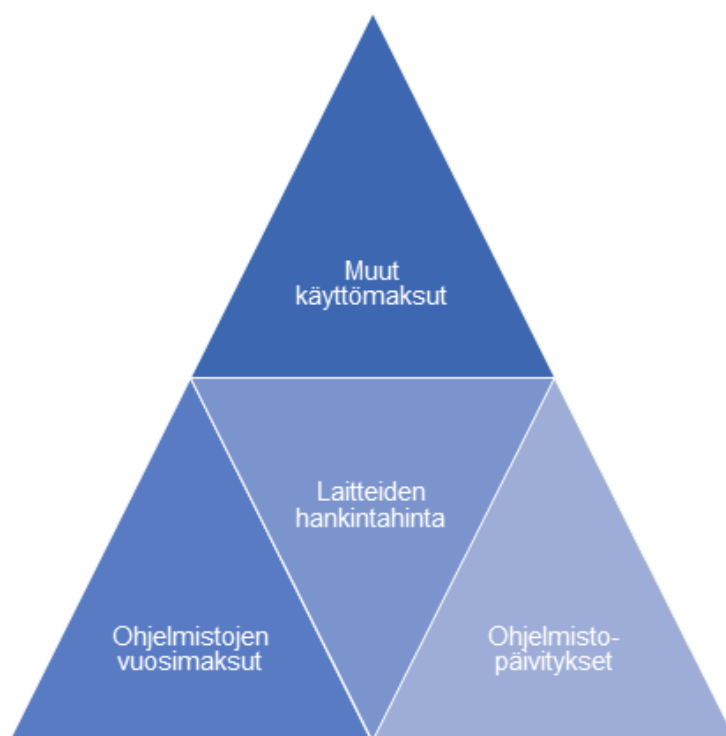
Intraoraaliskannerien käyttöön liittyy erilaisia haasteita ja rajoituksia (kuvio 2). Laitteen hankintahinta ja sen käytöstä aiheutuvat jatkuvaluonteiset kustannukset voi olla rajoitteena. Tietoturvallisuusriskit sekä mahdolliset laiteohjelmistojen epäsojivuudet tulee huomioida intraoraaliskannerien käytössä. Sekä laitteissa että niiden tuottamissa jäljennöstarkkuuksissa voi olla eroavaisuuksia. Lisäksi koulutusvaatimukset sekä käyttöönottoon liittyvä asenteellinen kynnyks voi olla esteenä uuden teknologian omaksumisessa.

6.2 Hankintahinta ja käyttökustannukset

Intraoraaliskannauslaitteiden kustannukset koostuvat laitteiston hankintahinnasta, ohjelmistojen vuosimaksuista, ohjelmistojen päivitysmaksuista sekä muista mahdollisista käyttömaksuista (Kuvio 2). Vuonna 2020 julkaistun suomalaisen kyselytutkimuksen mukaan hammaslääkärit kokivat intraoraaliskannauslaitteiden haittapuolena niiden korkean hankintahinnan (Tiitu 2020). Intraoraaliskannerin hankintakustannukset voivat nousta mallista riippuen jopa 15 000–35 000 euroon (Mangano, Gandolfi, Luongo & Logozzo 2017). On havaittu, että intraoraaliskannauksen korkeaksi koetut kustannukset voivat heikentää tämän tekniikan hyödyntämismahdollisuuksia hammaslääketieteellisessä koulutuksessa (Turkyilmaz & Lakhia 2019) ja oikomishoidon klinikoilla (Christopoulou ym. 2022).

Tekniikan nopean kehityksen vuoksi laitteita tai ohjelmistoja saatetaan joutua päivittämään jopa muutaman vuoden välein (Turkyilmaz & Lakhia 2019). Näiden ohjelmistopäivityskustannusten lisäksi on myös syytä ottaa huomioon mahdolliset laitteiden ohjelmistoihin liittyvät vuosimaksut ja muut

jatkuvaluonteiset kustannukset. Palveluntarjoajat saattavat esimerkiksi tallentaa skannaustiedot pilvipohjaisiin tallennusjärjestelmiin, jotka veloittavat maksun digitaalisista jäljennöksistä. (Suese 2020.) On todettu, että laitevalmistajilla on erilaisia käytäntöjä ohjelmistoihin liittyvien lisämaksujen osalta. Käytettäessä niin sanottuja *suljettuja järjestelmiä* tai intraoraaliskannereita, jotka tuottavat vain omaa tiedostomuotoaan, saatetaan vaatia myös vuosi- tai kuukausimaksu tiedostojen lukituksen avaamisesta ja niiden muuntamisesta yhteensopiviksi minkä tahansa CAD-ohjelmiston tai laboratorion kanssa (Mangano ym. 2017). Intraoraaliskannausprosessi edellyttää lisäksi kolmiulotteista tulostustekniikkaa, jota käytetään muun muassa mallien ja implanttien tuottamisessa. Näiden 3D-tulostimien hankinnasta ja muista kustannuksista, kuten tulostusmateriaaleista, voi edelleen aiheutua sekä korkeita kertakustannuksia että jatkuvaluonteisia kustannuksia. (Puranen 2021.)



Kuvio 2. Intraoraaliskannerien kustannusrakenne (Ronkainen 2022)

6.3 Tietoturvaan ja yhteensopivuuteen liittyvät haasteet

Otettaessa käyttöön digitaalisia menetelmiä terveydenhuollossa, on syytä kiinnittää erityistä huomiota potilastietoihin liittyvään tietoturvaan. Tietoturvaan liittyviä uhkia ja haasteita voi esiintyä muun muassa digitaalisessa muodossa olevia potilastietoja tallennettaessa tai jaettaessa. Hammaslääketieteen teknologinen kehitys on varsin nopeaa, mikä edellyttää alalla toimijoilta teknisten järjestelmien ja ohjelmien päivittämistä siten, että ne vastaavat ajankohtaisia vaatimuksia. Tietojen tallennuspalvelimien ja ulkoisten käyttöjärjestelmien tulee kyetä käsittelemään suuria määriä potilastietoja siten, että ne ovat tietoturvallisesti jaettavissa potilaan hoitoon osallistuvien lääkäreiden ja ulkoisten laboratorioiden välillä. (Turkyilmaz & Lakhia 2019.) Intraoraaliskannereiden ohjelmistot tai niiden datat eivät välttämättä ole keskenään yhteensopivia (Tiitu 2020). Intraoraaliskannaus edellyttää skannauskappaleita implantteja varten, joten myös implanttijärjestelmäohjelmiston ja CAD/CAM-järjestelmän täytyy olla yhteensopivia (Suese 2020).

6.4 Jäljennöstarkkuuden haasteet ja aikaresurssien kohdistaminen

Intraoraaliskannauksessa kohdataan tiettyjä haasteita jäljentämistulosten tarkkuudessa. On havaittu, että skannauslaitteet eivät kykene toistamaan liikkuvan limakalvon alla olevien kudosten muotoa kompressiojäljennösten tapaan vaan skannaustulosten tarkkuuteen vaikuttavat suun kudosten – kuten kielen, poskien limakalvojen ja suunesteiden – liikkeet. Muun muassa suunesteet voivat aiheuttaa mittausvirheen, joten niiden hallinta on skannauksen laadun kannalta erityisen tärkeää. (Suese 2020.)

Lisäksi intraoraaliskannerien käyttöönottoon liittyy aikaresursseihin liittyviä haasteita. Useassa tutkimuksessa on verrattu potilastuoliajan pituutta alginaattijäljennösten sekä digitaalisten jäljennösten oton välillä. Tulokset näissä tutkimuksissa ovat olleet ristiriidassa keskenään, mutta useassa niistä on todettu, että alginaattijäljennösten ottoon tarvittava niin kutsuttu potilastuoliaika

on lyhyempi kuin digitaalisten jäljennösten ottoon tarvittava aika (Christopoulou ym. 2022). Tämä seikka tulee ottaa huomioon suun terveydenhuollon aikaresurssien suunnittelussa ja kohdistamisessa.

6.5 Uuden teknologian käyttöönotto ja koulutusvaatimukset

Intraoraaliskannerit tarjoavat uudenlaisen tavan tuottaa jäljennöksiä. Ne edustavat siten modernia teknologiaa, jonka käyttöönottoon saattaa liittyä sekä taidollisia kynnyksiä että asenteellisia haasteita. Suun terveydenhuollon alalla työskentelevä iäkkäämpi oikojasukupolvi voi olla nuorempaan oikojasukupolveen nähden tottumattomampi ottamaan käyttöön uusia digitaalisen teknologian laitteita ja ohjelmistoja. Tästä syystä erityisesti iäkkäämmät alan ammattilaiset saattavat –mahdollisesti heikompien digitaitojensa vuoksi– kokea intraoraaliskannerien ja niihin liittyvien ohjelmistojen käytön vaikeaksi. (Mangano ym. 2017.)

Lisäksi uuden teknologian käyttöönotto vaatii erityistä osaamista suun terveydenhuollon ammattilaisilta, sillä sekä itse tarkan kuvan saaminen että suun olosuhteiden pitäminen kuvantamisen aikana suopeana edellyttävät kuvantamiseen liittyvää spesifistä tietotaitoa. Näin ollen intraoraaliskannauksen käyttöönotto edellyttää henkilöstön koulutusta, jotta digitaalista jäljennösteknologiaa voitaisiin hyödyntää tarkoituksenmukaisesti ja laadukkaasti. Henkilökunnan kouluttaminen ja opastaminen uuden teknologian käyttöön edellyttää työnantajalta sekä taloudellisia että ajankäytöllisiä resursseja. (Suese 2020.)

6.6 Intraoraaliskannerien väliset erot

Tutkimusten mukaan eri intraoraaliskannerien välillä on eroja (Aswani, Wankhade, Khalikar & Deogade 2020). Intraoraaliskannerien jäljennöstarkkuuden vaihdellessa jotkut laitteet omaavat enemmän käyttöaiheita

kliiniseen käyttöön, kun taas toiset ovat kliinisten sovellusmahdollisuuksien osalta rajoittuneempia (Mangano ym. 2017).

Vanhemmat intraoraaliskannerit, eli niin sanotut ensimmäiset sukupolven intraoraaliskannerit, saattavat edellyttää skannaustulosta tehostavan jauheen tai hammassuihkeen käyttöä. Jauheen käyttö on koettu haastavaksi, sillä se tulee levittää erittäin tasaiseksi kerrokseksi hampaiden pinnoille, jotta saavutettaisiin laadukas ja tarkka kuvantamistulos. Jauhekerroksen epätasaisuus nostaa kuvantamisvirheiden riskiä. (Mangano ym. 2017.)

Hammassuihkeiden ja -jauheiden sisältämiä mikrohiukkasten ja nanomateriaalien vaikutuksia on tutkittu työterveysriskien arvioinnissa toistaiseksi hyvin vähän. Sen sijaan nanomateriaaleja sisältäviä käyttövalmiita suihkeita ja jauheita on tutkittu muissa konteksteissa. Tällöin on todettu, että hengitysteitse tapahtuva altistuminen toteutuu todennäköisemmin jauhealtistuksessa, vaikka ultrahienoja fraktioita tavataan enemmän suihkeissa. Nanohiukkaspitoista ilmaa hengittäessä hiukkaset siirtyvät hengitysteihin, joissa ne voivat tunkeutua limakalvojen läpi ja aiheuttaa haitallisia terveysvaikutuksia, kuten paikallisia ja systeemisiä tulehdustiloja. (Ochsmann ym. 2020.)

6.7 Intraoraaliskannauksen haasteet käytännön työssä

Intraoraaliskannerin suorittamassa skannauksessa voi tapahtua virheitä. Yleisimmin virheet tapahtuvat, kun skannatut kuvat asettuvat päällekkäin skannauksen ja käsittelyn aikana. Tämä johtuu usein poikkeamista hampaistossa, erityisesti etuhampaiden jyrkät, kaltevat muodot ovat alttiita kuvantamisvirheille. Lisäksi tietokoneen suorittamat suodatin algoritmit ja kalibrointi altistavat kuvantamisvirheille. (Amornvit ym. 2021.)

Intraoraaliskannaukseen liittyy myös potilaskohtaisia rajoituksia: skannerilla ei saa tarkkaa kuvaa kaikista suista. Esimerkiksi hammaskruunut sekä muut proteesit ja implantit altistavat epätarkalle kuvantamistulokselle. Useat tutkimukset sekä kirjallisuuskatsaukset ovat osoittaneet, että

intraoraaliskannerilla kuvatut digitaaliset jäljennökset eivät erota keraamista kruunua oikeasta hampaasta. (Mangano 2017)

Intraoraaliskannaus on oleellinen osa myös hammaslääkärien työnkuvaa. Vuonna 2020 hammaslääketieteen kandidaatti Maria Tiitun tekemässä tutkielmassa selvitettiin suomalaisten hammaslääkärien kokemuksia perinteisen ja optisen jäljentämisen välillä kiinteässä protetiikassa. Tutkimukseen osallistui 13 hammaslääkärää, ja heistä jokainen on käyttänyt optista jäljentämistä työssään.

Yksi olennaisimmista haasteista optisessa jäljentämisessä oli se, ettei valo pääse kudosten läpi subgingivaalisiin eli ikenen alla oleviin hiontarajoihin. Tällöin ienrajan alla olevia hiontarajoja on mahdotonta jäljentää tai näkyvyys alueelle on muuten heikko. Lisäksi laajojen töiden jäljentäminen koettiin haastavana. Vaikka moni tutkimukseen osallistuneista piti optista jäljentämistä ajallisesti lyhyenä, osa koki sen hitaana ja työläänä. Ohjelmisto koettiin hankalaksi sen monimutkaisuuden vuoksi sekä siksi että eri ohjelmistot tai niiden datat eivät ole keskenään yhteensopivia. Lisäksi suljettu systeemi rajoittaa työskentelyä, koska se edellyttää tietyn valmistajan tuotteiden ja laitteiston käyttöä. (Tiitu 2020.)

Jotkut skannereista koettiin kömpelöinä käyttää ja ne arvioitaisiin käyttäjäystävällisyyden osalta heikoiksi. Skannerin kuvauspään huonona piirteenä koettiin se, että kuvattaessa ylä- ja alakaarta kameran pää on käännettävä täysin ylösalaisin, jotta ohjelma voi yhdistää leuat. Lisäksi skannerin kuvauspää koettiin liian suureksi. Samalla skannerilla ei voi toteutettua kaikkia töitä ja irrotettavia proteeseja. Muun muassa ranka-, silta- tai kokoproteesi oli tutkimukseen osallistuneiden kokemuksen mukaan vaikeaa jäljentää onnistuneesti. (Tiitu 2020.)



Kuvio 3. Intraoraaliskannauksen haasteet ja rajoitukset (Järvinen 2022).

7 Intraoraaliskannauksen mahdollisuudet tulevaisuudessa suuhygienistikoulutuksessa

7.1 Intraoraaliskannaus teoreettisessa perus- ja ammattiopinnoissa

Turun Ammattikorkeakoulu käyttää opetusmenetelminä teoriaopetusta, käytännönläheistä simulaatio-opetusta sekä StuDental-harjoittelua.

Suuhygienistikoulutus sisältää perus- ja ammattiopintoja 100:n opintopisteen verran, johon sisältyy teoriaopetusta. Opetusmenetelmät ovat monipuolisia, koska suuhygienisti tekee työtä pääasiallisesti käsillään. Teorian oppiminen ja näyttöön perustuva toiminta on kuitenkin tärkeää ja siksi ensimmäinen vuosi kuluu suurimmaksi osaksi teoriaopetuksen parissa. (Turun ammattikorkeakoulu 2022a.)

Intraoraaliskanneria voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää teoriaopetuksessa sen digitaalisten ominaisuuksien puolesta. Tuotettu 3D-data tallentuu tietokoneelle avoimena tai suljettuna STL (Standard Tessellation Language) tai PLY (Polygon File Format) -tiedostona (Kiviahde ym. 2018). STL-tiedostot kuvaavat vain kolmiulotteisen objektin pintageometriaa ilman värejä, tekstuureja, materiaaleja tai muita tiedostoon liittyviä lisämääritteitä (Ciobota 2012). Tiedoston tunnistaa .stl-tunnisteesta (Adobe 2022). PLY-tiedostot ovat ensisijaisesti suunniteltu tallentamaan kolmiulotteista tietoa 3D-skannereista. Tiedosto pystyy tallentamaan myös skannauksen värit ja tekstuurit. Näin ollen teoriaopetuksen kannalta PLY-tiedostot voisivat olla parempia kuin STL-tiedostot. (Volkan Asar 2022.)

Tulevaisuudessa suuhygienistikoulutukseen tulisi sisällyttää myös intraoraaliskannereiden teoriaopetusta. Siten kaikilla suuhygienisteillä olisi ajantasaista tietoa intraoraaliskannereiden käytöstä ja sen hyödyntämisestä potilastyössä, esimerkiksi omahoidon ohjauksessa. 3Shape 3D Viewer -ohjelmisto ladataan tietokoneelle ennen sen käyttöä. Ohjelmassa on mahdollista avata STL- ja PLY-tiedostoja. Digitaalisia jäljennöksiä voidaan tutkia

kolmiulotteisesti jälkikäteen ja tarkastella skannauksen lisätietoja, kuten esimerkiksi värejä. (3Shape 2022a.)

Intraoraaliskannerin hyödyntäminen anatomian teoriaopinnoissa

Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksessa ensimmäisenä vuonna tutkitaan ja opetellaan hampaiden numerointia, anatomiaa, morfologiaa (muotooppia) ja nimeämistä. Tämä on olennainen osa tietoperustan rakentamista ja auttaa ymmärtämään myöhemmissä opinnoissa käsiteltäviä asioita. Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksessa on opintojakso nimeltä ”Anatomia ja fysiologia”, joka on viiden opintopisteen opintojakso. Tämä opintojakso sisältää terveen ihmisen normaalitoiminnot ja –rakenteet sekä poikkeamat, pään alueen anatomian ja fysiologian sekä poikkeamat, hampaiston anatomian ja morfologian sekä poikkeamat. (Turun ammattikorkeakoulu 2022b.) Toinen aihetta käsittelevä opintojakso on ”Suun terveydenhoidon perusteet”, joka on viiden opintopisteen laajuinen. Opintojakso sisältää hampaan pintojen numeroinnin ja nimityksen. (Turun ammattikorkeakoulu 2022c.)

Intraoraaliskanneria voitaisiin hyödyntää edellä mainittujen asioiden opetteluun esimerkiksi hyödyntämällä 3Shape 3D Viewer –ohjelmaa. Digitaalisten kuvien kolmiulotteisuuden avulla on helppo tarkastella hammaskaaria ja muotoja.

Intraoraaliskannerin hyödyntäminen protetiikan teoriaopetuksessa

Proteettisen hoidon tavoitteena on korvata puuttuvat hampaat implanteilla, silta- tai kruunuprotetiikalla tai erilaisilla irtoproteeseilla, jolloin purentaelimistön tasapaino ja toiminta saadaan palautettua (Lyhentyneen hammaskaaren hoito: Käypä hoito -suositus 2022). Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksessa aihetta käsitellään opintojaksolla ”Protetiikan perusteet”. Opintojakso on kolmen opintopisteen laajuinen ja käsittää proteettisen suun hoitoon liittyvät tarpeet, hoidon periaatteet ja hoitokäytännöt.

Lisäksi opintojaksoilla käsitellään erilaisia hammasproteesityyppejä ja niiden valmistamisen perusteita, omahoidon ohjausta ja ylläpitohoitoa proteettisessa suun terveydenhoidossa. Intraoraaliskanneria voidaan käyttää tällä hetkellä protetiikassa alkumallien jäljentämiseen. Jäljentämisessä halutaan saada alkumallit, joista näkyy mistä kohdasta hammas tai hampaat puuttuvat, mikä menetelmä valitaan ja minkä kokoinen ja mallinen hammasimplantti tai proteesi tehdään tilalle. Hammasteknikko tekee proteesin tai implantin kipsimallien avulla. Digitaalisia jäljennöksiä voitaisiin tutkia teoriaopetuksen yhteydessä, kun mietitään mitä proteettisia ratkaisuja suuhun voidaan tehdä ja mitä menetelmää käytetään missäkin tilanteessa ja miksi. (Turun ammattikorkeakoulu 2022d.)

Ortodontian teoriaopetus ja intraoraaliskannerin hyödyntäminen

Ortodontia keskittyy hampaiden oikomishoitoon. Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksessa käsitellään asiaa opintojaksolla ”Ortodontian perusteet sekä estetiikka”. Opintojakso on viiden opintopisteen laajuinen ja käsittelee oikomishoidon vaiheita, suuhygienistin vastuulla olevia tehtäviä oikomishoidossa sekä yleisimpiä purennan kehityksessä ilmeneviä poikkeamia ja purentavirheitä. Tämän lisäksi käsitellään alginaatti- ja purentajäljennöksen ottamista ja kipsimallien valmistamista sekä oikomishoidon asiakkaan suun terveyden edistämistä ja ylläpitoa. (Turun ammattikorkeakoulu 2022e.)

Ortodontiaa opiskellaan myös opintojaksolla ”Ortodonttinen hoitotyö”, joka on viiden opintopisteen laajuinen. Opintojaksolla käsitellään erilaiset oikomiskojeet, ortodonttiset instrumentit ja välineet, kiinteän kojeistuksen rakentaminen ja purkaminen sekä kiinteän kojeistuksen puhdistaminen ja omahoito. (Turun ammattikorkeakoulu 2022f.)

Oikomishoidon aloittamiseen tarvitaan kipsimallit, jotka on aikaisemmin otettu alginaattijäljennöksellä, mutta nykyään ne voidaan korvata digitaalisella jäljentämisellä (Kiviahde ym 2018). Oikomishoito voidaan toteuttaa kirkkailla muovisilla oikomiskalvoilla, jotka voidaan tulostaa 3D tulostimella CAD/CAM teknologian avulla (Puranen 2021).

Oikomishoidon teoriaopetuksessa digitaalisia jäljennöksiä voitaisiin hyödyntää näyttämällä erilaisia purennan poikkeamia ja purentavirheitä. Aikaisemmin purentoja on tarkasteltu 2D-kuvista, joista purentavirheiden hahmottaminen voi olla tietyissä tapauksissa hankalaa. Yleisimpiä purentavirheitä ovat hampaiden ahtaus ja avopurenta, distaali- ja mesiaalipurenta sekä ristipurenta (Helenius-Hietala 2019a). Purentaluokat Angle I, II ja III voivat olla vaikea hahmottaa tavallisesta kuvasta. Nämä voitaisiin näyttää digitaalisista jäljennöksistä, jossa kuvaa pystytään tutkimaan kolmiulotteisesti 3Shape 3D Viewerillä tai vaihtoehtoisesti Planmegan Romexis CAD/CAM-ohjelmistomoduulilla (3Shape 2022a; Planmeca n.d.b).

7.2 Intraoraaliskannerin käyttö ammattiopintojen simulaatioharjoituksessa

Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutukseen sisältyy suun terveydenhuollon harjoittelua simulaatiotilanteissa ja työelämässä.

Simulaatioharjoittelu koostuu 75 opintopisteestä, joista 30 opintopistettä suoritetaan korkeakoulun simulaatioluokassa SimuDentissä. Muut harjoittelut suoritetaan StuDental -klinikkaympäristössä sekä työelämäharjoittelussa. (Turun ammattikorkeakoulu 2022a.)

Suuhygienisti koulutuksessa voitaisiin hyödyntää intraoraaliskanneria simulaatioharjoituksissa. Ortodontian ja estetiikan opintojakson simulaatiotunnilla hampaista otetaan alginaattijäljennökset, joista saadaan tehtyä kipsimallit sekä valkaisulusikat (Turun ammattikorkeakoulu 2022e). Alginaattijäljennösten sijaan voitaisiin harjoitella ottamaan hampaista intraoraaliskannerilla jäljennökset. Myös suusairauksien havainnoinnissa voitaisiin hyödyntää intraoraaliskannerin käyttöä.

Simulaatioharjoittelun tarkoituksena on oppia käytännössä suuhygienistin työtehtäviä. Simulaatio on todellisuutta vastaava oppimiskokemus. Sen tavoitteena on oppia todellisia tilanteita ja taitoja sekä hyödyntää niitä

käytännössä. (Cant ym. 2009.) Simulaatio-oppimisessa yhdistyy uuden- ja vanhan teorian soveltaminen käytännössä (Kettunen 2014).

Simulaatioharjoituksia voidaan kuvata myös turvallisiksi oppimisympäristöiksi, sillä tällaisissa harjoituksissa virheiden tekeminen on hyväksyttävää ja opiskelija oppii virheistään opettajan tuella. (Society for Simulation in Healthcare n.d.)

Skannereita olisi hyvä olla tulevaisuudessa lähes kaikissa oppilaitoksissa, jotta kaikki pääsisivät jo koulutusvaiheessa opettelemaan intraoraaliskannerin käyttöä. Oulussa hammaslääketieteen opiskelijat opiskelevat Dentapolis-kampuksella, jossa Fantom-salissa on työskentelypisteellä Planmegan liitäntä PlanScan-intraoraaliskanneria varten. Opiskelijat käyttävät skanneria korjaavan protetiikan -opintojaksolla hammaslääketieteen opinnoissa. Opiskelijat pystyvät vertailemaan tekemäänsä työtä opettajan vastaavaan työhön Planmeca Romexis® Compare -arviointityökalulla. Yksityiskohtien hahmottamiseksi skannattu työ saadaan suurennettua tietokoneen näytölle ohjelmiston avulla. (Korlin & Nyholm n.d.)

Intraoraaliskannerin käyttö simulaatiossa

Suuhygienistikoulutuksen opinnoissa opetellaan tarkastelemaan hampaistoa ja havaitsemaan erilaisia löydöksiä sieltä. Käsiteltäviä aiheita ovat muun muassa hammaskiven ja kariksen, eli hampaan reikiintymisen, tunnistaminen sekä hampaiden numeroinnin ja morfologian opetteleminen (Turun ammattikorkeakoulu 2022b). Intraoraaliskannerin avulla pystytään havaitsemaan suusairauksia, kuten okklusaalipinnan (purupinta) kariesta, parodontiittia (hampaan kiinnityskudossairaus) ja hampaiden kulumista (Michou ym. 2021).

Suuhygienistikoulutuksen simulaatio-opetuksessa voitaisiin hyödyntää intraoraaliskanneria auttamalla opiskelijoita tunnistamaan miltä hammaskivi ja karies näyttävät suussa. Suuhygienistiopiskelijoiden simulaatio-opetuksessa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi Planmegan Emerald –intraoraaliskanneria. Planmegan skannerilla 3D-malli tallentuu Romexis CAD/CAM -ohjelmistoon

(Planmeca n.d.b). Näin voitaisiin tarkastella hampaistoa tarkemmin 3D-kuvana. Ohjelmistosta pystyttäisiin tarkastelemaan mistä kohdista hammaskiveä löytyy sekä tunnistamaan hampaat. Tämän lisäksi hampaan morfologiaa voisi tarkastella skannauksen avulla kolmiulotteisesti. Näin voisi tarkastella hampaan morfologiaa eri kulmista, selkeämmin kuin opiskelijatoverin suusta.

Intraoraaliskannerin käyttö oikomishoidon simulaatioissa

Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistinkoulutukseen sisältyy viiden opintopisteen ”Ortodontian perusteet sekä estetiikka” –opintojakso. Opintojakso käsittelee oikomishoidon vaiheita, suuhygienistin tehtäviä oikomishoidossa sekä yleisimpiä purentavirheitä ja -poikkeamia kehityksessä. Tämän lisäksi opintojaksolla opetetaan ottamaan alginaatti- ja purentajäljennökset sekä valmistamaan kipsimallit. Muita tärkeitä oppimistavoitteita opintojaksolla on oppia edistämään ja ylläpitämään oikomispotilaan suun terveyttä sekä ohjaamaan potilas tarpeen vaatiessa jatkohoitoon. (Turun ammattikorkeakoulu 2022e.)

Simulaatiotunnilla opiskelijat opettelevat ottamaan jäljennösaineella perinteiset alginaattijäljennökset (Turun ammattikorkeakoulu 2022e). Alginaattijäljennös on hammaskaaresta ja sitä ympäröivästä pehmytkudoksesta tarkka jäljennös (Gupta & Brizuela 2022). Tämän jälkeen luodaan jäljennöksistä perinteiset kipsimallit. Suuhygienistiopiskelijat pääsevät käyttämään Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikkokoulutuksen tiloja, joissa varsinaiset kipsimallit valetaan (Turun ammattikorkeakoulu 2022e).

Tulevaisuutta ajatellen opintojaksolla voisi harjoitella intraoraaliskannerin käyttöä esimerkiksi alkumallien ottamisessa ortodonttisessa hoitotyössä. Simulaatiotunneilla voitaisiin harjoitella skannaamaan hampaat esimerkiksi Planmecan Emerald -skannerilla. Valmis skannaus tallentuu Romexis-käyttöjärjestelmään, jossa sitä pystytään tarkastelemaan kolmiulotteisesti (Planmeca n.d.c). Planmecan intraoraaliskannereilla otetut digitaaliset jäljennökset voidaan lähettää Romexis LabApp -sovelluksen kautta

hammaslaboratorioon (Planmeca n.d.c). Näin suuhygienistikoulutuksen simulaatioharjoittelussa skannaukset voisi lähettää Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikkokoulutuksen opetuslaboratorioon

DenTechiin. Suuhygienistikoulutuksessa olisi kuitenkin tärkeää jatkossakin harjoitella perinteisten alginaattien ottamista ja kipsimallien luomista, jotta suuhygienistien kliiniset taidot säilyisivät perinteisessä oikomishoidossa.

Intraoraaliskannerin käyttö esteettisen hammashoidon simulaatioissa

Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksen tutkinto-ohjelmaan sisältyy viiden opintopisteen opintojakso nimeltä ”Ortodontian perusteet sekä estetiikka”. Estetiikan opintojaksoon kuuluu seuraavia aihealueita: hampaiden eri valkaisumenetelmät sekä niiden indikaatiot ja kontraindikaatiot. Kotivalkaisun ja vastaanottovalkaisun harjoittelu sekä potilasohjaaminen. (Turun ammattikorkeakoulu 2022e.) Estetiikan opintojaksolla opiskelijat harjoittelevat valmistamaan valkaisulusikat. Opintojaksolla tehdään valkaisulusikat perinteisellä jäljentämisellä. SimuDent-tilassa otetaan aluksi perinteiset jäljennökset alginaatilla, jonka jälkeen niistä valetaan Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikoiden tiloissa kipsimallit. Kipsimalleista tehdään hevosenkengän muotoiset hammaskaaret, jolloin niistä pystytään valmistamaan kotivalkaisulusikat. (Hyötilä, M., haastattelu 28.11.2022.)

Valkaisulusikoiden tekoprosessissa täytyy huomioida monta erilaista työvaihetta. Valkaisulusikat saadaan, kun otetaan hampaistosta perinteiset alginaattijäljennökset. Jäljennöksistä valetaan u-muotoinen kipsimalli. Valokovetteinen LC BlockOut -resiini eli esikäsitteilyaine, applikoidaan kipsimallien posken ja huulten puoleisille pinnoille noin 0,5 mm:n paksuudella. LC BlockOut -resiini antaa valkaisulusikoihin lisätilaa valkaisuaineelle. Esikäsitteilyaine laitetaan kipsimallin ulkopinnalle ja noin 1,5 mm:n etäisyydelle ienreunasta, jonka jälkeen resiiniaine valokovetetaan. Lusikkamateriaalia lämmitetään vakuumiprässillä ja se muokataan plastisena muotin päälle. Tämän jälkeen muotin annetaan jäähtyä ja mallit irrotetaan. (Ultradent 2014.) Valkaisulusikka muotoillaan saksilla noin

millimetrin päästä ienrajasta (Porko 2019a). Sitten valkaisulusikka asetetaan takaisin kipsimallille, jotta reunat saadaan tarkastettua. Lopuksi valkaisulusikan reunoja voidaan vielä viimeistellä liekittimellä. (Ultradent 2014.)

Valkaisulusikat voidaan tehdä myös digitaalisella menetelmällä (Paalasmaa 2020). Estetiikan simulaatioharjoittelussa voitaisiin ottaa esimerkiksi Planmecan Emerald –skannerilla hampaistosta digitaaliset jäljennökset. Planmecan Romexis CAD/CAM -ohjelmaan tallentuu jäljennös hampaistosta (Planmeca n.d.b). Ohjelmiston avulla jäljennöksiä voitaisiin tarkastella tarkemmin. Romexis CAD/CAM -ohjelma tukee sekä STL-tiedostojen tuontia ja vientiä että PLY-tiedostojen vientiä (Planmeca n.d.b). Tämän avulla pystyttäisiin helposti lähettämään valmis tuotos sähköisesti esimerkiksi Romexis LabApp -sovelluksen kautta Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikkokoulutuksen palvelulaboratorioon. Siellä hammasteknikko-opiskelijat voisivat valmistaa valmiit valkaisulusikat (Perkkiö 2022a).

7.3 Intraoraaliskannerin käyttö suuhygienistikoulutuksen kliinisessä harjoittelussa

Hammaslääketieteen opiskelijat ovat vastaanottaneet intraoraaliskannereiden käytön avoimin mielin. Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry julkaisi Halenurin ja Ayguzenin (2020) tutkimuksen, jossa verrattiin perinteistä jäljentämistä digitaaliseen jäljentämiseen intraoraaliskannereiden avulla. Tutkimukseen osallistui 20 opiskelijaa, joilta kysyttiin mielipiteitä jäljentämisestä. 85 % osallistuneista piti enemmän digitaalisen jäljennöksen ottamisesta ja 85 % myös mielsi sen helpoksi. Tulevaisuuden kannalta 95 % osallistuneista halusi työskennellä vastaanotolla, jossa on intraoraaliskanneri ja 85 % uskoi sen olevan ensisijainen vaihtoehto jäljentämisessä heille tulevaisuudessa. (Halenur & Ayguzen 2020.)

Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksessa opiskelijat suorittavat koulutukseen sisältyvää työharjoittelua Medisiina D-StuDental opetuslinikalla ja

TUAS StuDentalissa. Harjoittelutyö StuDental liiketoiminnassa on osa Turun kaupungin opetusterveyskeskustoimintaa ja siitä vastaa terveystieteiden vastuu lääkäri. StuDental-harjoittelun myötä opiskelijalle kertyy opintopisteitä 3,5 vuoden aikana 35–40. (Hyötilä ym. 2021).

TUAS StuDental -toiminta on asiantuntijan tai vähintään 140 opintopistettä suorittaneen suuhygienistiopiskelijan toteuttamaa suun terveydenhoitotyötä. Asiantuntijoina ovat laillistetut terveydenhuollon ammattihenkilöt, joiden tehtävänä on toimia ohjaajana. Heidän toimintansa tavoitteena on tuottaa suun terveydenhoidon kliinistä tutkimusta yrityksille sekä organisaatioille. Opiskelijalle opintopisteitä kertyy noin 5–10 3,5 vuoden opintojen aikana, kun TUAS StuDental -toimintaan osallistutaan kolmannella ja neljännellä vuosikurssilla. (Hyötilä 2021.)

Turun ammattikorkeakoulussa suuhygienistiopiskelijat aloittavat kliinisen työn harjoittelun korkeakoulun omalla klinikalla StuDentalissa toisen opiskeluvuoden aikana. Medisiina D-StuDental liiketoiminta on ohjaajien valvonnassa suoritettua ohjattua harjoittelua. Ohjaajat ovat rekisteröityjä terveydenhuollon ammattihenkilöitä, suuhygienistejä tai hammaslääkäreitä. Toiminnan tavoitteena on asiakkaan, potilaan tai yhteisön tarpeista lähtevä suun terveyden edistäminen sekä ylläpitäminen. Osa StuDental-liiketoiminnan tulevaisuuden visiota on hyödyntää kehittyvää terveysteknologiaa ja tunnistaa tulevaisuuden signaaleja sekä kehittää toimintatapoja laadukasta opetusta varten. (Hyötilä ym. 2021.)

TUAS StuDental -toiminta eroaa Medisiina D-StuDental-toiminnasta. TUAS StuDentalin klinikkatoiminnalla on aluehallintoviraston toimilupa tarjota suuhygienistin toteuttamia suun terveydenhoitopalveluita. Toimintaa ohjaa ja valvoo Turun ammattikorkeakoulun Terveys ja Hyvinvointi -sektori, ja organisoinnista vastaa terveystieteiden vastuu johtaja. Liiketoiminta on puolestaan Medisiina D-StuDentalin kaltaisesti opiskelijatyötä ohjaajien valvonnassa ja sen palvelut voidaan jakaa kliiniseen tutkimukseen, suun terveydenhoitoon sekä terveyden edistämiseen. Näiden lisäksi TUAS StuDental

-toiminnassa tarjotaan esteettisen hoidon toimenpiteitä, joita ei Medisiina D-StuDental-toiminnassa ole. Näitä ovat esimerkiksi hampaiden vastaanotto- ja kotivalkaisut. Muutoin tarjolla olevat palvelut ovat samoja, kuten anti-infektiivinen hoito, parodontologinen ylläpitohoito sekä omahoidon ohjaus ja ravintoneuvonta. (Hyötilä 2021.) Näin ollen intraoraaliskannereita pystyttäisiin hyödyntämään tässäkin klinikkatoiminnassa samoilla aihealueilla kuin Medisiina D-StuDental-toiminnassa.

Intraoraaliskannerien käyttö Medisiina D-StuDental-toiminnassa

Suuhygienistin työnkuva ja rooli suun terveydenhuollossa on jatkuvasti muuttuva. Työtehtäviin kuuluvat muun muassa suun terveyden edistäminen, suun sairauksien ehkäisy sekä parodontaalisairauksien ehkäisy hoito. Yksi erityisen tärkeä osa suuhygienistin työnkuvasta on potilaiden opettaminen ja omahoidon ohjaus. (Virtanen ym. 2015.)

StuDentalissa toteutettavia palveluita ovat muun muassa suun terveystarkastukset ja hoidon tarpeen arvioinnit, omahoidon ohjaus ja ehkäisevän hoidon suunnitelma, terveys- ja hoitosuunnitelma sekä omahoidon suunnitelma. Näiden lisäksi toteutetaan anti-infektiivistä hoitoa ja parodontologista ylläpitohoitoa. (Hyötilä ym. 2021.) Intraoraaliskanneria voidaan hyödyntää jossain määrin kaikissa näissä palveluissa.

Potilaan hoidon suunnittelu

Asiakkaan hoitoprosessiin StuDental -opetuksessa/ harjoittelussa liittyy vahvasti ohjaajien läsnäolo, koska hoito on kokonaisuudessaan opiskelijan toteuttamaa. Ensimmäisen käynnin yhteydessä opiskelijan toteuttaman suun terveystarkastuksen tai hoidon tarpeen arvioinnin jälkeen ohjaaja vahvistaa ja hyväksyy potilaan hoitosuunnitelman. Hoidon lopputarkastuskäynnillä ohjaaja

hyväksyy lopputarkastuksen vielä käynnin lopuksi. Jokaisen käynnin kirjaukset kirjataan potilaan hoitokertomukseen ohjaajan valvonnassa, jonka jälkeen ohjaaja vielä hyväksyy sekä vahvistaa hoitokertomuksen omilla tunnuksillaan. (Hyötilä ym. 2021.)

Vaikka hoitojakso on opiskelijan toteuttamaa, ohjaajat osallistuvat siihen jo ennen hoitojakson alkua konsultaatioiden muodossa (Hyötilä, M., haastattelu 28.11.2022). Tässä vaiheessa potilaan terveydentilan perehtymiseen vanhat 3D-mallit hampaistosta auttaisivat visualisoimaan hoidon kulkua sekä sen vaativuustasoa. Seuraava potilasta hoitava opiskelija pystyisi valmistautumaan potilaan hoitojaksoon paremmin, kun potilaalta olisi aiemmassa hoitojaksossa otettu useita skannauksia hoidon aikana. Tällöin potilaan tiedoista löytyisi hoitokertomuksen lisäksi aiemmat 3D-mallit hoidon suunnittelun avuksi. Skannaukset toimisivat tukena edellisen hoitojakson aikana toteutetun hoidon tuloksen arviointiin, minkä pohjalta opiskelija tekisi päätökset, kuinka etenee uuden hoitojakson aikana.

Omahoidon ohjaus ja motivointi sekä potilaan opettaminen

Suuhygienistiopiskelijoiden klinikkatoiminnassa intraoraaliskannereiden käyttö voisi näkyä muun muassa omahoidon ohjauksen apuna. Jan Vatto sekä Laura Unt (2021) tarkastelevat opinnäytetyössään suuhygienistien käsityksiä digitaalisesta suun terveyden edistämisestä. Aineistona oli neljän hammaslääkäriasemalla työskentelevän suuhygienistin haastattelu. Opinnäytetyössä haastateltujen suuhygienistien käytössä oli Trios 3shape -intraoraaliskanneri. Tutkimuksessa kuvattiin suuhygienistien intraoraaliskannereiden käyttöä omahoidon ohjauksessa. (Vatto & Unt 2021.)

Tutkimuksessa ilmeni, että kolme neljäsosaa haastateltavista piti digitaalisia menetelmiä hyvänä apuna omahoidon ohjauksessa. Digitaalisten apukeinojen kautta potilas hahmottaa paremmin puhdistusta kaipaavat alueet ja tämän lisäksi niiden käyttö helpottaa myös suuhygienistin työskentelyä. Yksi

haastateltava suuhygienisti kertoi käyttävänsä skannauksen tuloksena saatua 3D-kuvaa apuna omahoidon ohjauksessa. 3D-mallia voidaan pyöritellä ja käännellä monitorilla tai tietokoneen näytöllä ja siten näyttää potilaalle, missä puhdistusta vaativat kohdat ovat. Toisen suuhygienistin mielestä 3D-mallin käyttö konkretisoi suun terveydentilan tilannetta potilaalle paremmin kuin pelkästään peilin käyttö. Esimerkiksi vaikeammin nähtävät kohdat, kuten molaarit, olisi helpompaa hahmottaa 3D-mallien avulla. (Vatko & Unt 2021.)

Haastateltavat kertoivat hyödyntävänsä intraoraaliskannausta myös omahoidon ohjauksessa plakkivärjäyksen jälkeen. 3D-mallia voi pyöritellä ja siten näyttää plakkivärin värjäämät kohdat hampaistosta. Tämän jälkeen seuraavalla käynnillä skannataan koko hampaisto uudelleen, jotta tilanteita voidaan vertailla. Lisäksi kerrottiin, että 3D-mallia voidaan käyttää apuna hampaiden harjausopetuksessa Test Drive -harjalla. (Vatko & Unt 2021.)

Suun terveydentilan pystyy myös hahmottamaan intraoraaliskannerin 3D-kuvasta. Kuvasta voi nähdä esimerkiksi ikenen pehmytkudosmuutoksia, kun se on ientulehduksen myötä turvonnut. Tämä löydös saadaan konkreettisesti näytettyä potilaalle ja lisäksi kuvaa saadaan suurennettua, jolloin löydöstä voidaan tarkastella potilaan kanssa huomattavasti paremmin kuin pelkän peilin avulla. Vertailuna voidaan käyttää toista 3D-kuvaa terveestä ikenestä, jotta potilas näkee eron tämän terveen ja hänen oman tulehtuneen ikenensä välillä. (Vatko & Unt 2021.)

Hoidon tarpeen ja lopputuloksen arviointi

3shapen Trios 4 wireless -intraoraaliskanneria voidaan käyttää saman tekijän Patient monitoring -ohjelman kanssa. Patient monitoring -ohjelmaa käytetään siten, että potilaan hampaisto skannataan jokaisen käynnin yhteydessä. Ohjelmaan säästyy aiemmat skannaukset, jolloin potilaan suun terveydentilaa saadaan vertailtua aiempaan. Hampaistoa pystytään visualisoimaan 3D-mallilla, ja muutoksia pystytään seuraamaan. (3shape 2022b.)

3shapen tuottamassa webinaarissa hammaslääkäri Ornella Delli-Rocili esitteli Trios Patient monitoring -ohjelman käyttöä kliinisessä työssä. Ohjelmaa voidaan käyttää seuraamaan esimerkiksi hampaiston kiilteen muutoksia. ”Tooth comparison” -ominaisuuden avulla voidaan nähdä yksittäisten hampaiden muutoksia, esimerkiksi kusprien kulumaa bruksismin vaikutuksesta ja kiilteen kulumaa eroosion tai abraasion vaikutuksesta. Ohjelma näyttää hampaiston muutokset eri värisinä ja osaa kertoa kuinka suuri muutos on hampaan pinnalla. (Delli-Rocili Chiabrera n.d.)

”Scan comparison” -ominaisuudella voidaan vertailla suun limakalvojen muutoksia. 3D-mallista voidaan seurata marginaalisen ienrajan muutoksia, esimerkiksi ienvetäymiä. Näiden lisäksi Trios 4 intraoraaliskanneria voidaan käyttää kariesdiagnostiikassa. Skanneri tunnistaa hampaan pinnalta kariesleesiot käyttämällä LED-valoa ja fluoresenssiin perustuvaa menetelmää, joka näyttää bakteerikertymät hampaan pinnalla 3D-mallissa eri värisinä. Näin initiaalit eli alkavat kariesleesiot voidaan erottaa terveestä kudoksesta. Hampaiston muutokset erottuvat 3D-mallista helposti ja ohjelmaa voidaan käyttää potilaan informoinnissa. Eri väriset muutokset kuvassa näyttävät potilaalle konkreettisesti, missä kohtaa hampaistoa on mitäkin muutosta ja minkälaista omahoitoa kohdat tarvitsevat. (Delli-Rocili Chiabrera n.d.)

Intraoraaliskannereita voidaan käyttää plakin havaitsemisessa. Skannerin ottamat 2D-kuvat muodostavat 3D-mallin hampaistosta, josta plakin voi erottaa. 2D-kuvat ovat ilmeisesti tarkempia kuin 3D-malli, jossa hammasvälit saattavat kuvautua pikselöityneinä tai epätarkkoina. Kuitenkin on otettava huomioon intraoraaliskannereiden nopea kehitys ja laadun jatkuva paraneminen. Intraoraaliskannerin havaitsema plakin määrä voi olla suurempi kuin mitä kliinisesti silmämääräisesti havaittaisiin, mutta ero ei ole merkittävä. On epäselvää, miten intraoraaliskanneri osaa erottaa plakin pitkälle edenneen parodontiitti potilaan hampaistosta. Haasteita tuottaa myös hampaisto, jota on runsaasti paikattu metallisin materiaalein, esimerkiksi hammaskruunuin. (Giese-Kraft ym. 2022.)

Intraoraaliskannereita, jotka käyttävät fluoresenssiin perustuvaa kariesdiagnostiikkaa, on tutkittu hyvin tuloksin okklusaalikarieksen, eli hampaan purupinnan karieksen, havainnoinnissa. Verrattuna silmämääräisesti tehtyihin löydöksiin ja skannerit ovat lähes yhtä tarkkoja, vaikka parantamisen varaa on edelleen. Skannerin tekemään kariesdiagnoosiin vaikuttaa muun muassa biofilmi, eli plakki, hampaan pinnalla. (Michou ym. 2021.) Monille suuhygienistiopiskelijoille karieksen tunnistaminen voi olla haastavaa eikä sitä juurikaan tutkita aikuisilta potilailta hoidon alkaessa potilaan alkutarkastuksessa. Jos potilaalta kuitenkin löytyy kariesta, ohjataan tämä hammaslääkärille diagnoosiin sekä mahdolliseen korjaavaan hoitoon (Hyötilä ym. 2021).

Opintojen aikana intraoraaliskanneri, joka tunnistaa jo initiaalitkin kariesleesiä, helpottaisi niiden löytämistä silmämääräisesti opiskelijan taitojen harjaantuessa. Tämän lisäksi skannerilla otetuilla 3D-malleilla voitaisiin seurata initiaalien kariesleesioiden kehitystä suuntaan tai toiseen (Michou ym. 2021). Esimerkiksi kariesaktiivisen lapsipotilaan kohdalla, kun käyntejä olisi usein lyhyen yksilöllisen hoitovälin takia ja suun terveydentila on seurannassa (MunSuu -ohje 2010).

Hampaiden valkaisu vastaanotolla ja kotona

Vastaanottovalkaisua tehdessä määritetään aina hampaan lähtösävy sekä lopullinen valkaistu sävy. Silmämääräiseen sävynmäärittelyyn käytetään sävykarttaa ja suuhygienistin tulee huomioida monia eri seikkoja, kuten neutraalit olosuhteet hoituhuoneessa, potilaan meikit sekä tutkimusaika ja -ajankohta. Neutraaleihin hoituhuoneen olosuhteisiin kuuluvat harmaat taustat ja potilasliina, oikeanlainen valaistus sekä potilaalla värikkään meikin välttäminen. Nämä auttavat tekemään luotettavan värinmäärittelyn. Tutkimusaika ja ajankohta tulee huomioida, etteivät silmät väsy. Hammassävyä määrittäessä olisi

siksi hyvä tehdä aina heti hoidon aluksi ja sävyn tutkimusaika pidettävä vain 10–20 sekuntia kerrallaan. (Koskinen 2019.)

Hampaiden sävy voidaan myös määrittää intraoraaliskannereilla (Planmeca n.d.a). Usein sävy mitataan esteettistä hoitoa varten, esimerkiksi laminaatteja varten, jotta hammassävy sopisi muuhun hampaistoon (Zhivago & Turkyilmaz 2021). Esteettinen hammashoito on hoitoa, joka ei välttämättä ole potilaan terveyden kannalta välttämätöntä, mutta toimenpide halutaan esteettisistä syistä (Helenius-Hietala 2019b). Hammassävyn saa määriteltä tarkasti ja luotettavasti intraoraaliskannereilla, huomioiden ulkoiset tekijät, kuten ulkoiset valonlähteet tai skannerin virheellinen käyttö (Akl ym. 2022).

Hammassävyn määrittämisellä ei juurikaan ole merkitystä suuhygienistin työssä, poissulkien hampaiden vastaanottovalkaisun. Tämän lisäksi hoidon kulun seurannassa voi olla potilaalle mielekästä nähdä ero hampaistossa hoidon lopuksi verrattuna alkutilanteeseen, koska potilas hakeutuu hoitoon esteettisistä syistä (Koskinen 2019). Sävynmääritys on tärkeää myös reklamaatiotilanteiden kannalta. Potilasasiakirjoihin tehdään merkintä aina potilaan hoidosta ja siihen liittyvistä eri seikoista, kuten miten hoito toteutettiin sen eri vaiheissa. Kertomuksesta tulee käydä ilmi selkeästi ja ymmärrettävästi hoidon suunnittelu, toteuttaminen ja potilaan lakisääteisten oikeuksien huomioon ottaminen hoidossa. Nämä toimivat potilaan hoitaneen ammattihenkilön oikeusturvana, erityisesti reklamaatio tai muissa selvittely tilanteissa jälkeenpäin. (Valvira 2018.)

Hampaita voidaan valkaista vastaanottovalkaisun lisäksi myös kotona kotivalkaisuna suun terveydenhuollon ammattilaisen ohjeiden mukaisesti. Ennen valkaisua on hyvä tarkastaa suun terveydentilanne sekä poistaa mahdollinen hammaskivi ja plakki. Kotivalkaisuaineiden vaikuttava aine on usein karbamidiperoksidi, joka hajoaa vetyperoksideiksi ja ureaksi. Mitä suurempi pitoisuus, sitä suurempi valkaiseva vaikutus. (Helenius-Hietala 2019b.) Kotivalkaisuaineissa karbamidiperoksidia on 10–20 % (Porko 2019b). Hampaan pinta vaalenee 1–2 astetta, kun valkaisuainetta laitetaan

henkilökohtaisiin muotteihin, eli valkaisulusikkaan, ja niitä käytetään muutaman viikon ajan yön yli (Helenius-Hietala 2019b). Valkaisulusikka on läpinäkyvä muovikalvo, joka kulkee hampaiden pintojen päältä molemmin puolin hammaskaarta (Paalasmaa 2020).

Vastaanotolla valkaisulusikat tehdään joko perinteisellä menetelmällä alginaattijäljennöksistä tai digitaalisesti intraoraaliskanneria hyödyntäen (Paalasmaa 2020). TUAS StuDental -toiminnassa valkaisulusikoita ei ole vielä mahdollista teettää ja ostaa yksityiskäyttöön, mutta uudistusta on tulossa lähitulevaisuudessa. Suunnitteilla on yhteistyön lisäämistä Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikko-opiskelijoiden ylläpitämän hammaslaboratorion DenTechin ja suuhygienistiopiskelijoiden ylläpitämän TUAS StuDentalin välillä. Tämä näkyisi muun muassa juuri valkaisulusikoiden tuotteistamisessa TUAS StuDental-toiminnassa. Valkaisulusikoiden lisäksi potilaiden olisi mahdollista hankkia profylaksialusikat sekä urheiluhammassuojat. (Hyötilä, M., Haastattelu 28.11.2022.) Profylaksialusikka on henkilökohtainen fluorilusikka, johon laitetaan 1–1,5 % fluoridigeeliä hammaslääkärin hoitosuunnitelman mukaisesti (Karies [hallinta]: käypä hoito -suositus 2020).

Uudistuksen myötä valkaisulusikoiden teettäminen asiakkaalle tulisi kokonaan ammattikorkeakoulun sisäisesti tuotettavaksi palveluksi. Jäljennökset otettaisiin perinteisellä menetelmällä alginaatein, jonka jälkeen hammasteknikko-opiskelijat valmistaisivat valkaisulusikan laboratoriossaan. Se palautuisi takaisin klinikalle potilaalle sovitettavaksi. Vaikka kokeilu pilotoitiin perinteisellä jäljentämisellä, seuraava luonnollinen vaihe olisi intraoraaliskannerin käyttöönotto hoitopolulla. Näin ollen digitaalisen jäljennöksen tiedosto lähetettäisiin digitaalisesti Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikko-opiskelijoille hammaslaboratorioon. Muutoin valkaisulusikan työvaiheet pysyisivät samana. Tämän jälkeen potilas saapuisi vielä sovittamaan niitä TUAS StuDental-klinikalle, missä niitä voidaan tarvittaessa vielä hienosäätää paremmin sopiviksi, esimerkiksi lusikoiden ienrajoja leikkaamalla. (Perkkiö 2022a.)

Vastaanotolla annettaisiin myös hoito-ohjeita valkaisulusikan ja valkaisuaineen käyttöön sekä lusikan puhtaana pitämiseen. Lopuksi potilas saisi ostettua kotiin valkaisuainetta vastaanotolta. Esimerkiksi Opalescence PF 10 % ja 16 % karbamidiperoksidia, joka sisältää kaliumnitraattia ja fluoridia. 10 % valkaisuainetta suositellaan käytettäväksi 8–10 tuntia päivässä yön yli ja 16 % valkaisuainetta suositellaan 4–6 tuntia päiväsaikaan. Valkaisuaineen mukana tulee käyttöohjeet, jotka on hyvä kerrata potilaan kanssa. Esimerkiksi tarvittava määrä ainetta ja miten valkaisulusikka asetetaan suuhun. Käytön jälkeen valkaisulusikka puhdistetaan pehmeällä hammasharjalla ja viileällä vedellä. (Ultradent 2014.)

8 Opinnäytetyön toteutus

8.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallinen opinnäytetyö on tutkimuksellinen kehittämisen tapa. Tuotoksena voi olla konkreettinen esine, tapahtuma tai esimerkiksi ohje. Opinnäytetyön tavoitteena on näyttää ammatillisen asiantuntijuuden kehittävällä ja tutkimuksellisella otteella tehdyllä tuotoksella sekä raportilla. (Vilkka, 2021; Vilkka & Airaksinen, 2003.)

Toiminnallinen opinnäytetyö pitää sisällään tietoperustan, toimijat, menetelmät, materiaalit ja aineistot sekä tuotoksen tai tuloksen. Toiminnallisessa opinnäytetyössä opiskelija pystyy kehittämään ajatteluaan sekä ammatillista osaamistaan, siten että siitä jäisi tapa työstää samantyyppisiä hankkeita työelämässään. (Salonen, 2013.) Opinnäytetyön kirjoittamisella tehdään asia näkyväksi muille sekä itselle. Toiminnallisen opinnäytetyön kaksi osaa ovat toiminnallinen osuus eli produkti sekä prosessin dokumentointi ja arviointi tutkimusviestinnän keinoin eli opinnäytetyöraportti. (Airaksinen 2009)

Tavoitteena on näyttää opinnäytetyöllä, miten yhdistetään ammatillista teoreettista tietoa sekä käsitteitä ammatillisiin käytäntöihin ja luoda niiden avulla kehittäviä ratkaisuja. Toiminnallinen opinnäytetyö pitää aina nojata ammatilliseen teoreettiseen tietoon ja aihepiiriin sekä ammattitermistön käyttöön. (Vilkka & Airaksinen, 2004) On tärkeää, että opinnäytetyössä yhdistyvät käytännön toteutus ja sen raportointi tutkimusviestinnän keinoin. Opinnäytetyön pitäisi olla työelämälähtöinen, käytännönläheinen, tutkimuksellisella asenteella toteutettu ja riittävällä tasolla alan tietoja osoittava. (Vilkka, 2003; & Airaksinen, 2003.)

8.2 Asiantuntijahaastattelu

Asiantuntijuus ei ole kyky tai pysyvä ominaisuus, vaan se määrittyy toiminnassa ja vuorovaikutuksessa eli esimerkiksi ammatillisten tehtävien ja tai institutionaalisen aseman kautta. Asiantuntijuus on siis enemmänkin jotain mitä ihmiset tekevät kuin yksilön tietovarasto tai pysyvä ominaisuus. (Meuser & Nagel 2009.) Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että asiantuntijat ovat henkilöt, jolla on sellaista erityistä tietoa tutkittavasta asiasta, jota ei ole kellään muulla tai jota on vain hyvin harvalla (Alastalo ym. 2010).

Pohjatyön merkitys korostuu asiantuntijahaastattelussa. Huolellinen valmistautuminen on tärkeässä roolissa niin kentälle pääsyn kuin haastatteluaineiston laadun kannalta. On myös tärkeää, että tutkija jo haastattelua sopiessaan esittää itsensä asiantuntijana ja perustella tutkimuksensa merkityksen haastateltavalle mielekkäällä tavalla. Hyvän vaikutuksen antaminen haastateltavaan voi olla hyödyllistä, sillä yhden asiantuntijan kautta voi avautua kokonainen kontaktiverkosto. Parhaimmillaan yksi kontakti voi avata lähes rajattoman pääsyn erilaisiin sisäpiireihin. (Alastalo ym. 2010)

Haastatteluun valmistautuessa on hyvä pitää tutkimuksen kohde hyvin mielessä. Tämä siksi, että kysymisen tapaan vaikuttaa, onko kohteena faktat, kulttuuriset jäsenyykset vai kenties molemmat. (Alastalo ym. 2010)

Asiantuntijahaastattelut usein edellyttävät räätälöityjä kysymyksiä sekä haastattelurungon muokkaamista haastattelun edetessä. Haastattelurunko voi pitää sisällään kerronnallisia kysymyksiä, joissa voidaan esimerkiksi pyytää asiantuntijaa kertomaan omin sanoin tapahtumien kulkua. (Meuser ym. 2009)

Tarkasti kohdennetut kysymykset ovat monesti myös hyödyllisiä. Tarkasti kohdennetuilla kysymyksillä asiantuntijaa pyydetään kuvailemaan rutiiniluontoisia päätöksentekotilanteita ja toimintatapoja. Näiden lisäksi on hedelmällistä sisällyttää haastattelurunkoon kysymyksiä, jotka koskevat

poikkeuksellisia tilanteita, kuten hankalien päätösten tekoa. Haastattelu rakentuu vuorovaikutuksesta. Kuten kaikissa haastatteluissa, myös asiantuntijahaastatteluissa on tärkeää osata lukea tilannetta ja muokata omaa rooliaan niin, että haastattelu tuottaa tutkimuksen kannalta tarkoituksenmukaista tietoa (Alastalo ym. 2010).

8.3 Millainen on hyvä kirjallinen ohje?

Onnistuneessa ohjeessa on käytetty käskymuotoa, tunnistettu ohjattavan toiminnan olennaiset tiedot ja vaiheet sekä esitetty ohjeet helposti hahmottuvassa muodossa. (Kotimaisten kielten keskus, n.d.) Kirjallisen ohjeen tulee toimia tiedon lähteenä, jota voi hyödyntää itseään koskevassa asiassa (Eloranta ym. 2011). Käskymuodon käyttäminen helpottaa lukijaa hahmottamaan, mitä hänen itsensä pitää tehdä ja mitä jonkun muun. Käskymuoto eli imperatiivi ei vaikuta tyllyltä, kun ohjeen toiminta on selkeästi oman edun ja tavoitteen mukaista. (Kotimaisten kielten keskus, n.d.)

Sanoihin liittyvä asiantuntemus tulee ottaa huomioon. Mahdollinen erikoissanasto tulee pyrkiä tunnistamaan, joten käytetyt termit ja lyhenteet tulisi selittää. (Kotimaisten kielten keskus, n.d.) Ohjeen tulee olla sanastoltaan yleiskielistä ja selkeää. Pitkiä ja monimutkaisia lauserakenteita tulee välttää, sillä ne saattavat vaikeuttaa asianymmärtämistä. Toisaalta liian lyhyet lauseet saattavat puolestaan antaa ohjeelle töksähtävän sävyn. (Eloranta, ym. 2011.)

Joidenkin sanojen tarkoitus vaihtelee hetkestä toiseen. Kannattaa käyttää täsmällisiä päiväyksiä, kuten 20.4.2023, ei sanoja *tänään*, *huomenna*, *tiistaina* tai *ensivuonna*. Lisäksi tulee miettiä, tarvitseeko ohjeeseen liittää yhteystietoja ja keneen tulee olla yhteydessä, jos jokin ohjeessa on epäselvää. (Kotimaisten kielten keskus, n.d.)

Ohjeen tiedon tulee olla ajantasaista ja virheetöntä. Kirjallisten ohjeiden ongelmana on usein ohjeen päivittäminen. Jotta kirjallinen ohje ajaisi asiansa,

tulee ohjeiden säännölliseen päivittämiseen nimetä vastuuhenkilöt (Eloranta ym. 2011).

Selkeä rakenne osuvien väliotsikoiden kera palvelee kaikkia tekstejä ja ohjeita (Kotimaisten kielten keskus, n.d). Otsikot voivat olla toteavia tai vaikkapa kysymysmuotoisia. Tarvittaessa voi ottaa kuvat avuksi. Kuvien tulisi olla värillisiä, sillä niillä on havaittu olevan parempi huomioarvo verrattuna mustavalkoisiin. Fontin soveltuvuus kohderyhmälle tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi ikääntyneille suunnatussa ohjeessa kannattaa käyttää isompaa fonttikokoa. Yleisesti ottaen kannattaa kirjasimeksi valita helposti luettava kirjasintyyppi esimerkiksi Calibri. (Eloranta, ym. 2011.)

Ohjeissa tulee olla tarkka, että eri vaiheet ja asiat ovat esitetty loogisessa järjestyksessä. Tekstistä on käytävä ilmi mitä tehdään ensin, mikä lopuksi sekä mikä on pakko tehdä tai mikä taas on vapaaehtoista. Ohjeisiin liittyy usein vaiheittaista toimintaa, joten numeroidut luettelot sopivat ja auttavat hahmotuksessa. (Kotimaisten kielten keskus, n.d.) Ohjeen keskeiset sisällöt voi myös korostaa lihavoinnilla tai suuraakkosilla. Alleviivauksia tulee välttää etenkin verkossa julkaistavissa ohjeissa, mutta myös paperisessa versiossa luettavuuden heikkenemisen vuoksi. (Eloranta ym 2011.)

Ohjeen ulkoasun tulisi palvella ohjeen sisältöä. Ohjeen taitto eli kuvien ja tekstin asettelu on ohjeen ymmärrettävyyden ja houkuttelevuuden kannalta oleellinen asia. Taitossa tulee pitää huoli siitä, että tekstin ja kuvien sijainnit ovat loogisia ja tarkoituksenmukaisia. Ilmava muotoilu tekee ohjeesta selkeämmän, joten ohjetta ei tule ylitäyttää. (Torkkola ym. 2002.)

8.4 Ohjeen suunnittelu ja toteutus

Ohjeen suunnittelu alkoi helmikuussa 2023. Suunnitteluvaiheessa määriteltiin ohjeen sisältöä ja millaisilla visuaalisilla keinoilla tietoa halutaan välittää ohjeen

lukijalle. Suunnitteluvaiheessa ohjetta tukevia kuvien sijoittelua hahmoteltiin suoraan word tiedostolle.

Kirjallinen ohje toteutettiin pohjautuen teoreettiseen viitekehykseen. Ohjekortin sisällön tekemiseen hyödynnettiin intraoraaliskannerien asiantuntijaa.

Asiantuntijahaastattelussa selvitettiin, mitä osia intraoraaliskannerissa on sekä miten laite tulisi huoltaa.

Alusta alkaen oli melko selvää, että ohjeesta tulisi laminoitava. Laminointia perusteltiin sillä, että ohje tulisi klinikalle käyttöön, jolloin ohjeen tulisi pysyä hyvänä sekä hygienisena. Asettelussa otettiin huomioon hyvän ohjeen kriteerien mukaisesti tekstin ja kuvien asettelu. Visuaalisuudessa pyrittiin noudattamaan Turun ammattikorkeakoulun graafista ohjeistoa valitsemalla ohjeiston mukaiset värit sekä Calibri -fontti. Ohjeen taustaväriksi valittiin valkoinen. Ohjeeseen otetut kuvat otettiin itse, sillä sopivia kuvia ei löytynyt. Ohjekortti löytyy sivulta 115 (liite 2).

9 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Eettisyydellä tarkoitetaan järjestelmällisen tutkimisen ja ajattelun, tarkkailun ja kokeilun kautta saadun tiedon tuottamista. Eettisyyttä tutkiessa pitää kunnioittaa henkilöiden ihmisarvoa sekä itsemääräämisoikeutta. (Tenk 2019.) Luotettavuus on varmistaa tieteellisen toiminnan laatu suunnittelussa, menetelmissä, voimavarojen käytössä sekä analyyseissä. (Tenk 2023.)

Vilpillä tarkoitetaan tieteellisen toiminnan vääristämistä tai harhautusta. Vilppi luokitellaan tieteellisessä toiminnassa kolmeen alaluokkaan; sepittäminen, vääristely ja plagiointi. Sepittämisellä tarkoitetaan tekaistujen aineistojen ja havaintojen esittämistä. Vääristelyllä tarkoitetaan tutkimustietojen muuntelua. Plagioinnilla taas viitataan luvattomaan lainaamiseen eli toisten tekemän työn tai tutkimuksen käyttämistä ilman lupaa tai viittausta. (Tenk 2023.)

Opinnäytetyön tekijän on hallittava hyvä tieteellinen käytäntö prosessissaan ja tieteellisen käytännön vastuut sekä myös ihmisiin kohdistuvien tutkimuksien yleiset periaatteet. Opinnäytetyön eettisiin ohjeisiin kuuluu selvittää esteellisyys, perehtyä opinnäytetyön aiheeseen sekä tutustua tutkimuseettisiin ohjeistuksiin. Opiskelija on itse vastuussa oman opinnäytetyönsä eettisyydestä (Näreaho yms. 2020).

Lainsäädännöllä on asetettu tutkimus- ja kehittämishanketoiminnalle ja siihen liittyville asioille oikeuksia suojaavia rajoja. Eettiset suositukset sekä ohjeet täydentävät tätä suojaa tuomalla esiin arvoperustan, jota on tutkimuksessa noudatettava. Aiheen valinnan ja kehittämistoiminnan parantamiseksi eettisyys on jo ennen tutkivan kehittämistoiminnan aloittamista mietittävä huolellisesti. Tutkimuksella ei saa loukata ketään eikä väheksyä eri ihmisiä tai ihmisryhmiä. (Heikkilä yms. 2008).

Opinnäytetyössä käytetään luotettavia sekä tieteelliseen tutkimukseen perustuvia lähteitä, jotka perustellaan ajantasaisuudella sekä olennaisella tiedolla. Opinnäytetyössä lähteet ovat merkittävä asianmukaisesti plagioinnin välttämiseksi. Ilmoitetaan alkuperäiset tekijät, julkaisija sekä julkaisuvuosi. (Kuula 2006)

Opinnäytetyön luotettavuus varmistettiin käyttämällä tieteellisiä artikkeleita sekä tieteellisiä kirjoja. Tietoa etsittiin laajasti eri tietokannoista, manuaalisella haulla sekä kirjastosta. Rajauksessa oli pyritty käyttämään mahdollisuuksien mukaan uusimpia tietoja, kuten tiedonhakutaulukosta (liite 1.) ilmenee. Lähteiden merkitsemistapa on Turun ammattikorkeakoulun ohjeiden mukainen.

10 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla intraoraaliskannereiden käyttöä digitaalisessa jäljentämisessä suun terveydenhuollossa. Opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa intraoraaliskannereiden käyttömahdollisuuksista suuhygienistikoulutuksessa. Tämä opinnäyte on tehty osana EU-rahoitteista Green 3D-printing for Dental Appliances hanketta ja Turun ammattikorkeakoulun Suun terveyden tutkimusryhmää. Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen sisällön ovat tuottaneet Turun amk:n 3. vuoden suuhygienistiopiskelijat yhdessä ja opinnäytetyön empiirinen osa on toteutettu pienryhmissä.

Opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä. Tässä opinnäytetyössä laadittiin teoreettisen viitekehyksen osuus nimeltään intraoraaliskannerin hyödyntäminen eri hammaslääketieteen osa-alueilla. Intraoraaliskanneria voidaan hyödyntää esimerkiksi ortodontiassa, kariologiassa, endodontiassa, parodontologiassa, suu- ja leukakirurgiassa, protetiikassa, purentafysiologiassa, esteettisessä hammashoidossa sekä omahoidon ohjauksessa.

Toiminnallisen osuuden tuotoksena on tehty kuvallinen ohjekortti intraoraaliskannerin osista ja sen huollosta. Opinnäytetyössä haastateltiin intraoraaliskannerien asiantuntijaa skannerin osista ja sen huollosta. Ohjekortti perustuu asiantuntijahaastatteluun ja hyvän kirjallisen ohjeen kriteereihin. Toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksena syntynyt ohjekorttia voidaan hyödyntää Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksessa. Ohjekortti löytyy liitteenä opinnäytetyön lopusta (liite 2.)

Teoreettinen viitekehys on koottu tieteellisistä artikkeleista sekä alan kirjallisuudesta. Suurimpana haasteena oli löytää tieteellistä tietoa intraoraaliskannerin hyödyntämisestä eri hammaslääketieteen osa-alueissa. Tietoa Intraoraaliskannerin hyödyntämisestä hammaslääketieteen eri osa-alueissa löytyi lähinnä englannin kielisenä. Suomalaista tutkimustietoa aiheesta

ei vielä ole paljoakaan. Osassa tutkimuksista kerrottiin missä osa-alueessa intraoraaliskanneria voidaan hyödyntää mutta ei kerrottu miten.

Opinnäytetyön toiminnallinen osuus pohjautuu teoreettiseen viitekehykseen ja sen toteutuksessa pyrittiin mahdollisimman selkokieliseen, faktapohjaiseen ja kiinnostusta herättävään sisältöön. Opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen perusteella syntynyttä tuotosta arvioitiin opponoivan ryhmän toimesta.

Ohjeen on tarkoitus tukea Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistiopiskelijoiden kliinistä työtä, jota toteutetaan Medisiina D-StuDentalissa. Jatkossa opinnäytetyötä voisi kehittää hakemalla lisää tietoa intraoraaliskannerin hyödyntämisestä. Lisäksi voisi päivittää intraoraaliskannerin huoltotoimenpiteet mikäli niihin tulee muutoksia.

Lähteet

3Shape. 2022a. 3SHAPE 3D VIEWER SOFTWARE. Viitattu: 10.11.2022

<http://www.renstrom.com/3shape-stl-viewer>

3shape. 2022b. TRIOS 4 Wireless. Viitattu 28.9.2022.

<https://www.3shape.com/en/scanners/trios-4>.

3M. 2016. 3M™ True Definition Scanner. Viitattu 29.11.2022.

<https://multimedia.3m.com/mws/media/984589O/3m-true-definition-scanner-brochure-cart-edition.pdf>

Adobe. 2022. Mikä STL tiedosto on? Viitattu: 10.11.2022.

<https://www.adobe.com/fi/creativecloud/file-types/image/vector/stl-file.html>.

Ahn, JS.; Park, A.; Kim, JW.; Lee, BH. & Eom, JB. 2017. Development of Three-Dimensional Dental Scanning Apparatus Using Structured Illumination. Sensors (Basel). Vol. 17, No 7, 1634. Viitattu 15.11.2022.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5539490/>

Airaksinen, T. 2009. Toiminnallinen opinnäytetyö tekstinä. Viitattu 8.3.2023.

[Toiminnallinen opinnäytetyö tekstinä](#)

Airaksinen, T. & Vilkkä, H. 2003 Toiminnallinen opinnäytetyö. Viitattu 25.3.2023

Airaksinen, T., Vilkkä, H. & Kostamo, P. 2022. Kirjoita itsesi asiantuntijaksi. Viitattu 8.2.2022. E-kirja.

Alastalo, M. & Åkerman, M. 2010. Asiantuntijahaastattelun analyysi: faktojen jäljillä. Tampere: vastapaino. Viitattu 26.3.2023

Al-Hassiny, A. 2022. Aoralscan 3 Intraoral Scanner Review | the latest IOS by Shining 3D – the best low-cost IOS?. Institute of Digital Dentistry. Viitattu 24.11.2022. <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/aoralscan-3-scanner->

[review-the-latest-ios-by-shining-3d/?utm_campaign=15477665886&utm_source=g&utm_medium=cpc&utm_content=&utm_term=&seg_aprod=&ad_id=618798436513&qclid=EAlaIqObChMlmlr7-u7G-wlVRe-yCh2EJgV2EAAYAyAAEgLEFvD_BwE#t-1606260371679](https://www.researchgate.net/publication/35477665886&utm_source=g&utm_medium=cpc&utm_content=&utm_term=&seg_aprod=&ad_id=618798436513&qclid=EAlaIqObChMlmlr7-u7G-wlVRe-yCh2EJgV2EAAYAyAAEgLEFvD_BwE#t-1606260371679)

Al-Hassiny, A. 2022. Virtuo Vivo Intraoral Scanner Review 2022 Update I The Relaunched IOS by Straumann. Institute of Digital Dentistry. Viitattu 21.11.2022. <https://instituteofdigitaldentistry.com/ios-reviews/straumann-virtuo-vivo-intraoral-scanner-review/>

Arene. 2019. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. Viitattu <https://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/Arenen%20ONT%20eettiset%20ohjeet%20esitysmateriaali%202020.pdf?t=1578486373>

Akl, M.; Mansour, D. & Zheng, F. 2022. The Role of Intraoral Scanners in the Shade Matching Process: A Systematic Review. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists. Julkaistu ennakoon internetissä. Viitattu 22.11.2022. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.13576>.

Al-Hassiny A. 104-111. 2022. 3D Printing in Oral Health Science: Applications and Future Directions. ResearchGate. Alankomaat. Viitattu: 13.10.2022. https://www.researchgate.net/publication/364321522_3D_Printing_in_Oral_Health_Science_Applications_and_Future_Directions

Al-Hassiny, A. 2022. Institute of digital dentistry. Fundamentals of intraoral scanning part 1, 2 & 3. Viitattu 08.11.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=Jc0PBW35sm0>

Amornvit, P.; Rokaya, D. & Sanokhan, S. 2021. *Comparison of Accuracy of Current Ten Intraoral Scanners*. BioMed Research International. Vol. 9, Article ID 2673040. Sivu 9. Viitattu 10.12.2022. <https://doi.org/10.1155/2021/2673040>

Anttila, V.; Heikkinen, T. & Vuollo V. 2022. Suuskannerien hyödyntäminen oikomishoidossa. Suomen Hammaslääkärilehti. Vol 29, No 9, 30-35. Viitattu 2.11.2022.

<https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tod/article/shl00733/search/suuskanneri#s3>

Aragón, M.; Pontes, L.; Bichara, L.; Flores-Mir, C. & Normando, D. 2016. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. European Journal of Orthodontics. Vol 38, No 4, 429-434. Viitattu 31.10.2022.

<https://academic.oup.com/ejo/article/38/4/429/1748903>

Aswani, K.; Wankhade, S.; Khalikar, A. & Deogade, S. 2020. *Accuracy of an intraoral digital impression: A review*. Journal of Indian Prosthodontic Society. 2022;20:27-37. Viitattu 25.9.2022. https://doi.org/10.4103/jips.jips_327_19

Bernsten, C.; Kleven, M.; Heian, M. & Hjortsjö, C. 2018. Clinical comparison of conventional and additive manufactured stabilization splints. National Library of Medicine. Viitattu 14.12.2022.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6095019/>

Beuer F.; Schweiger J. & Edelhoff D. 2008. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. British Dental Journal. Viitattu 29.11.2022. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.350>

Cai, Y.; Huang, Z.; Luan, Q. & Zhang, J. 2021. Digital assessment of gingiva morphological changes and related factors after initial periodontal therapy. Journal of Oral Science. Vol. 63, No 1, 59–64. Viitattu 14.12.2022.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/josnugd/63/1/63_20-0157/pdf-char/en

Cant, R. & Cooper, S. 2009. Simulation-based learning in nurse education: systematic review. Journal of advanced nursing. Vol. 66, 1. 3–15. Viitattu

12.12.2022. [Simulation-based learning in nurse education: systematic review - Cant - 2010 - Journal of Advanced Nursing - Wiley Online Library.](#)

Chaudhari, P.K., Bhatia, D. Jitendra Sharan, J. 2022. 3D Printing in Oral Health Science: Applications and Future Directions. 1. painos. Sveitsi: Springer.
Christopoulou, I.; G. Kaklamanos, E.; A. Makrygiannakis, M.; Bitsanis, I.; Perlea, P. & I. Tsolakis, A. 2022. *Intraoral Scanners in Orthodontics: A critical review*. International Journal of environmental research and public health. Vol. 19, No 1407. Viitattu 25.9.2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031407>

Ciobota, N-D. 2012. Standard tessellation language in rapid prototyping technology. Materials and mechanics. Viitattu 21.10.2022
https://fsim.valahia.ro/sbmm.html/docs/2012/mechanics/4_Ciobota_2012.pdf.

Corbett, J. n.d. Medit i500's Scanning and Technology - Video-type Scanning and Triangulation. Medit. Viitattu 29.11.2022.
<https://blog.medit.com/medit/medit-i500s-scanning-and-technology-video-type-scanning-and-triangulation>

Dahl, B. E. & Ronold, H. J. 2014. Digitaaliset jäljennökset. Suomentaja: Juha-Matti Auvinen. Suomen Hammaslääkärilehti 4/2014. S.32–38. Viitattu 29.11.2022. <https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/read/04-2014/150408.html>

Davidowitz, G. & Kotick, P. G. 2011. The use of CAD/CAM in dentistry. Dental clinics of North America. Vol. 55, No 3. Viitattu 15.11.2022.
<https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.011>

Delli-Rocili Chiabrera, O. n.d. Why scan every patient, every time? Understanding the value of TRIOS patient Monitoring. Webinaari. 3Shape. Viitattu 31.10.2022.
https://pages.3shape.com/WBN_GLO_2021_08_12_Whyscaneverypatientevery

[timeUnderstandingthevalueTRIOSPatientMonitoring_01-LP-Registration3Shape.html.](#)

Dentsply Sirona. n.d. CEREC Users. Never stop being prime with CEREC. Viitattu 24.11.2022.

<https://www.dentsplysirona.com/content/dam/flagship/en/explore/cerec/brochures/CER-brochure-Never-stop%20being-prime-M43-C242-EN.pdf>

Doi, K.; Yoshiga, C.; Kobatake, R.; Kawagoe, M.; Wakamatsu, K. & Tsuga, K. 2021. Use of an intraoral scanner to evaluate oral health. Vol 63, No 3, 292-294. Viitattu 31.10.2022. https://www.jstage.jst.go.jp/article/josnurd/63/3/63_21-0048/pdf/-char/en

Duarte, C. & Omar, D. 2018. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. The Saudi Dental Journal. Vol. 30, No 1, 7–12. Viitattu 15.12.2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1013905217300597?via%3Dihub>

Eloranta, T. & Virkki, S. 2011. Ohjaus hoitotyössä. Helsinki: Tammi. Viitattu 18.4.2023.

Escobar, P.; Kishen, A.; Lopes, F.; Borges, C.; Kegler, E. & Sousa-Neto, M. 2019. A CAD/CAM-based strategy for concurrent endodontic and restorative treatment. Pubmed. Viitattu 7.11.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31485423/>

Einar B. D., Rønold H. J. 2014. Digitaaliset jäljennökset. Suomen Hammaslääkärilehti 04/2014. Suomen hammaslääkäriseura Apollonia. Helsinki. Viitattu: 13.10.2022. Saatavilla myös: <https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/read/04-2014/150408.html?p=68>

Euroopan komissio. 2022. Tiedote lääkinnällisten laitteiden ja in vitro-diagnostiikkaan tarkoitettujen lääkinnällisten laitteiden hankkijoille. Viitattu 14.11.2022. https://health.ec.europa.eu/system/files/2020-09/procurementecosystem_factsheet_fi_0.pdf

Euroopan komissio. n.d. Medical devices - Yleistä. Viitattu 11.11.2022 https://health.ec.europa.eu/medical-devices-sector/overview_fi

Euroopan komissio. N.d. Public Health. Medical Devices - EUDAMED. Overview. Viitattu 14.11.2022. https://health.ec.europa.eu/medical-devices-eudamed/overview_en

Euroopan komissio. 2022. Eudamed timeline. Viitattu 14.11.2022. https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-07/md_eudamed_timeline_en.pdf

–
Euroopan unioni. 2020. Tietokooste terveydenhuollon ammattilaisille ja yksiköille. Viitattu 14.11.2022. https://health.ec.europa.eu/system/files/2020-09/healthcareprofessionals_factsheet_fi_0.pdf

Euroopan unioni. 2022. Lääkinnällisten laitteiden turvallisuuden ja suorituskyvyn varmistaminen. Viitattu 11.11.2022 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM:4301046>

Fimea. 2022. Tietoa fimeasta. Viitattu 11.11.2022 https://www.fimea.fi/tietoa_fimeasta

Fimea. 2022. Lääkinnälliset laitteet. Viitattu 11.11.2022. https://www.fimea.fi/laakinnalliset_laitteet

Flinno. n.d. Medit i700 3D-skanneri. Viitattu 7.11.2022. https://flinno.fi/tuote/medit-i700-3d-skanneri/?gclid=EAlaIQobChMIImriMw-ib-wIVmQLmCh3bKg6nEAAYASAAEgLnw_D_BwE

Francesco M.; Andrea G.; Giuseppe L.; Silvia L.; 2017 Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC Oral Health. Viitattu 31.12.2022 <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-017-0442-x>

Frenkel K. A. 1989. Ivan E. Sutherland 1988 A. M. Turing Award Recipient. An interview with Ivan Sutherland. Communications of the ACM. Vol. 31, No 6. 711-718. Viitattu 20.12.2022. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/63526.63531>

Gamgox. n.d. Shining 3D Aoralscan 3 Intra-Oral 3D Scanner. Viitattu 28.11.2022. <https://www.camgox.com/shining-3d-aoralscan-3-intra-oral-3d-scanner.html>

Gangemi, S.; Cardia, E. & Minciullo, P. 2009. Fatal anaphylactic shock due to a dental impression material. Viitattu 14.11.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19260424/>

GC FUJIROCK EP Premium Line. 2016. Safety Data Sheet. Viitattu 28.10.2022. https://www.gcamerica.com/downloads/SDS_US/SDS_GC_FUJIROCK_EP_Premium_Line.pdf

Giese-Kraft, K.; Jung, K.; Schlueter, N.; Vach, K. & Ganss, C. 2022. Detecting and monitoring dental plaque levels with digital 2D and 3D imaging techniques. PLoS One. Vol. 17, 2. Viitattu 31.10.2022 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8846510/>.

Glisic, O.; Hoejbjerre, L. & Sonnesen, L. 2019. A Comparison of patient experience, chair-side time, accuracy of dental arch measurements and costs of acquisition of dental models. Vol 89, No 6, 868-875. Viitattu 31.10.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8109162/>

Gupta, R. & Brizuela, M. 2022. Dental Impression Materials. Viitattu 27.11.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34662010/>.

Halenur, B. & Ayguzen, C. 2020. Comparison of digital and conventional impression methods by preclinical students: Efficiency and future expectations. Journal of International Society of Preventive Community Dentistry. Vol. 10, No 4, 402–409. Viitattu 28.9.2022.

<https://www.jispcd.org/text.asp?2020/10/4/402/291460>.

Hammastuote. n.d. Viitattu 7.11.2022. <https://www.hammastuote.fi/digituotteet>

Hammasväline. n.d. BDT-kipsinsaostusallas. Viitattu 28.10.2022.

<https://kauppa.hammasvaline.fi/laboriotarvikkeet/laitteet-ja-kalusteet/laitteet/laboriorion-pienlaitteet/22627-bdt-kipsinsaostusallas-p-3426.html>

Heikkilä, J.; Jokinen, P. & Nummela, T. 2008. Tutkiva kehittäminen. Viitattu 26.3.2023

Helenius-Hietala, J. 2019a. Purentavirheet. Terve Suu. Viitattu 28.10.2022.

<https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tod/article/trv00101/search/purentavirheet?db=18526>.

Helenius-Hietala, J. 2019b. Esteettinen hammashoito. Terve suu. Viitattu 28.10.2022.

<https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tod/article/trv00096/search/valkaisu>

Helenius-Hietala, J. 2022. Esteettinen hammashoito. Terveyskirjasto. Terve suu. Viitattu 12.12.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/trv00096>

Hiltunen, K. 2018. Epäsuorat täytteet. Duodecim Käypähoito suositus. Viitattu 14.11.2022. <https://www.kaypahoito.fi/nix02587>

Honkala, S. 2022 Terve suu- Oikomishoito. Viitattu 29.11.2022

<https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tod/article/trv00089/search/oikomishoito>

Hydrogum 5 käyttöturvatiedote. 2016. Viitattu 28.10.2022.

<https://kauppa.hammasvaline.fi/attachment/download/17071-d66d0e77df264a0866a6501dcda75389>

Hyvärinen, H., Nikander, P. & Ruusuvuori. 2017. Tutkimushaastattelun käsikirja. Viitattu 26.2.2023.

Hyötilä, M. 2022. Haastattelu. Turun ammattikorkeakoulun suuhygienistikoulutuksen koulutusvastaavaa/ lehtoria haastatteli: 28.11.2022
Tess Eager.

Hyötilä, M.; Pietikäinen, P & Manneros, J. 2021. Medisiina D- StuDentalin liiketoiminnan toimintasuunnitelma 2022 (Turun ammattikorkeakoulu Oy). Turun ammattikorkeakoulu. Suuhygienistikoulutus. Vaatii käyttäjätunnuksen. Viitattu 13.11.2022.

Institute of Digital Dentistry. 2020. WOW Intraoral Scanner review –The Smallest IOS in the world! Viitattu 29.04.2023

<https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/wow-intraoral-scanner-review/>

Irfan UB.; Aslam K. & Nadim, R. 2015. A review on cad cam in dentistry. Journal of Pakistan Dental Association. Vol. 24, No 03. 112-116.

Viitattu 7.11.2022. <http://archive.jpda.com.pk/wp-content/uploads/2016/05/article2-15-3.pdf>

Jihu S., Minji K. 2020. Accuracy on Scanned Images of FULL Arch Models with Orthodontics Brackets by Various Intraoral Scanners in the Presense of Artifial Saliva. Biomed Research International. Department of Orthodontics. College of Medicine. Ewha Womens University. Seoul. Republic of Korea. Viitattu: 13.10.2022. Saatavilla myös:

<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2020/2920804/>

Jiménez-Gayosso S. I., Lara-Carrillo E., López-González S., Medina-Solís C. E., Scougall-Vilchis R. J., Hernández-Martínez C. T., Colomé-Ruiz G. E.,

Escoffié-Ramirez. 2018. Difference between manual and digital measurements of dental arches of ortodontic patients. PubMed Central. Viitattu: 13.10.2022. Saatavilla myös: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6392585/>

Karies (hallinta). Käypä hoito -suositus 2020. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 28.11.2022. www.kaypahoito.fi. Viitteessä (Karies [hallinta]: Käypä hoito -suositus 2020).

Keto, A. 2019. Plakkivärjäys. Therapia Odontologica. Viitattu 31.10.2022. <https://www.terveysportti.fi/apps/dtk/tod/article/tod29112/search/plakkiv%C3%A44rj%C3%A4ys>

Kettunen, N. 2014. Simulaatio-opetus terveystalan koulutuksessa - Ammattikorkeakouluopettajien kokemuksia. Opinnäytetyö (YAMK). Sairaanhoidaja. Sosiaali- ja terveystalan kehittämisen ja johtamisen koulutusohjelma. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 7.12.2022. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83093/simulaatio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Kiviahde, H.; Bukovac, L.; Jussila, P.; Pesonen, P.; Sipilä, K.; Raustia, A. & Pirttiniemi, P. 2018. Inter-arch digital model vs. manual cast measurements: Accuracy and reliability. Cranio: the journal of craniomandibular practice. Vol. 36, No 4, 227–227. Viitattu 21.10.2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28659050/>.

Korlin, H. & Nyholm, A. n.d. Dentopoliksessa Planmegan yliopistoratkaisut pääsevät oikeuksiinsa. Plandent. Viitattu 28.11.2022. [https://www.plandent.fi/yrityksemme/uutiset-ja-tapahtumat/dentopoliksessa-planmegan-yliopistoratkaisut-pääsevät-oikeuksiinsa/](https://www.plandent.fi/yrityksemme/uutiset-ja-tapahtumat/dentopoliksessa-planmegan-yliopistoratkaisut-paasevät-oikeuksiinsa/)

Koskinen, K. 2019. Esteettisen hammashoidon perusteet. Therapia Odontologica. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 26.11.2022. Terveysportti.

Kotimaisten kielten keskus. n.d. Ohjeita ohjeiden tekijöille. Viitattu 8.2.2022.
https://www.kotus.fi/ohjeet/hyvan_virkakielen_ohjeita/millaisia_ovat_toimivat_ohjeet_ja_kysymykset/ohjeita_ohjeiden_tekijoille

Kotimaisten kielten keskus ja Kielikone Oy. 2022. Ortodontia. Viitattu 8.12.2022. <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/#/ortodontia>

Kromopan. 2012. Safety Data Sheet. Viitattu 28.10.2022.
<https://www.dentalcity.com/MSDS/44-798.pdf>

Kuula, A. 2006 Tutkimusetiikka: aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys. Viitattu 11.4.2023

Laki lääkinnällisistä laitteista 15.07.2021/719
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210719#L2P11>

Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista 24.06.2010/629
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100629>

Lindfors T. 2021. Kustannustehokas ja asiakaslähtöinen jäljentäminen oikomishoidossa. Opinnäytetyö. Kirjallisuuskatsaus. Ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Metropolian ammattikorkeakoulu. Helsinki. Viitattu: 13.10.2022. Saatavilla myös:
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/505897/Lindfors_Tanja.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Linko, A.; Rantavuori, K. & Svedström-Oristo, A.-L. 2022. Digitaalisten menetelmien ja kalvo-oikomisen käyttö oikojien vastaanotolla. Suomen Hammaslääkärilehti 2/2022. S.26–31. Viitattu 25.10.2022.
https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/_read/02-2022/300360.html

Logozzo, S.; Zanetti, E. M.; Franceschini, G.; Kilpelä, A. & Mäkynen, A. 2014. Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. Optics and Lasers in Engineering. Vol. 54, 187–196. Viitattu

15.11.2022. <https://www.sciencedirect.com/journal/optics-and-lasers-in-engineering/vol/54/suppl/C>

Lyhentyneen hammaskaaren hoito. Käypä Hoito -suositus 2022. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 21.10.2022
<https://www.kaypahoito.fi/hoi50094> Viitteessä (Lyhentyneen hammaskaaren hoito: Käypä hoito -suositus 2022).

Mangano, F.; Gandolfi, A.; Luongo, G. & Logozzo, S. 2017. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. BMC oral health. Vol. 17., No 149. Viitattu 15.11.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5727697/>

MEDIT Help Center. 2020. Can I use the Medit i500 scanner for orthodontics or clear aligners? Viitattu 29.11.2022. <https://support.medit.com/hc/en-us/articles/360024105892-Can-I-use-the-Medit-i500-scanner-for-orthodontics-or-clear-aligners->

MEDIT Help Center. 2020. How fast is the Medit i500? Viitattu 24.11.2022. <https://support.medit.com/hc/en-us/articles/360023910732-How-fast-is-the-Medit-i500->

Merne-Grafström, M.; Haapanen, H.; Havia, L.; Lahtinen, S.; Lamberg, S-M.; Sillvan, O.; Tammiala-Salonen, T.; Tiainen, R. & Virtanen, L. 2010. MunSuu -ohje. Turun kaupunki. Vaatii käyttäjätunnuksen. Viitattu 28.11.2022.

Meuser, M & Nagel, U. 2009. The expert interview and changes in knowledge production. Viitattu 26.3.2023.

Michou, S.; Lambach, M.; Ntovas, P.; Benetti A.; Bakhshandeh, A.; Rahiotos, C.; Ekstrand, K. & Vannahme, C. 2021. Automated caries detection in vivo using a 3D intraoral scanner. Scientific Reports. Vol. 11, Article 21276. Viitattu 14.12.2022. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-00259-w>

Miyazaki, T.; Hotta, Y.; Kunii, J.; Kuriyama, S. & Tamaki Y. 2009. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of

experience. Dental Materials Journal. Vol. 28, No 1. 44–56. Viitattu 7.11.2022.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/28/1/28_1_44/pdf/-char/en

Mizumoto, M. R & Yilmaz, B. 2018. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. Pubmed. Viitattu 3.11.2022.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29627211/>

Mogliani, E.; Carlo, L.; Shulman, M.; Pasqualini M.; Rossi F. & Cosma C. 2018. Intra-oral scanning and CAD/CAM prosthesis fabrication. Annali di Stomatologia. Vol. 9. 146–161. Viitattu 15.11.2022.

[https://www.researchgate.net/profile/Enrico-](https://www.researchgate.net/profile/Enrico-Mogliani/publication/360874613_Intra-oral_scanning_and_CADCAM_prosthesis_fabrication/links/628fb0c2c660ab61f846b0cb/Intra-oral-scanning-and-CAD-CAM-prosthesis-fabrication.pdf)

[Mogliani/publication/360874613_Intra-](https://www.researchgate.net/profile/Enrico-Mogliani/publication/360874613_Intra-oral_scanning_and_CADCAM_prosthesis_fabrication/links/628fb0c2c660ab61f846b0cb/Intra-oral-scanning-and-CAD-CAM-prosthesis-fabrication.pdf)

[oral_scanning_and_CADCAM_prosthesis_fabrication/links/628fb0c2c660ab61f846b0cb/Intra-oral-scanning-and-CAD-CAM-prosthesis-fabrication.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Enrico-Mogliani/publication/360874613_Intra-oral_scanning_and_CADCAM_prosthesis_fabrication/links/628fb0c2c660ab61f846b0cb/Intra-oral-scanning-and-CAD-CAM-prosthesis-fabrication.pdf)

Nandini, V.; Venkatesh, K. & Nair, K. 2008. Alginate impressions: A practical perspective. Vol 11, No 1, 37-41. Viitattu

28.10.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2813082/>

Nissinen, A. 2014. Edistyksellisyys ja epävarmuus arkipäivää implanttirakenteiden digitaalisessa jäljentämisessä. Suomen Hammaslääkärilehti 12/2014. S.16. Viitattu 9.11.2022.

https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/_read/12-2014/150422.html

Nissinen, A. 2022. Yksilölliset implantit vähentävät kasvomurtumapotilaiden komplikaatioita. Suomen Hammaslääkärilehti 11/2022. S. 18-19. Viitattu

21.11.2022. https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/_read/11-2022/324947.html

Näreaho, S.; Kettunen, J.; Kärki, A. & Päällysaho, S. 2020. Vastuullinen opinnäytetyö. Arene. Viitattu 8.2.2023. [https://www.arene.fi/wp-](https://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/Arenen%20ONT%20eettiset%20ohjeet%20esitysmateriaali%202020.pdf?t=1578486373)

[content/uploads/Raportit/2020/Arenen%20ONT%20eettiset%20ohjeet%20esitysmateriaali%202020.pdf?t=1578486373](https://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/Arenen%20ONT%20eettiset%20ohjeet%20esitysmateriaali%202020.pdf?t=1578486373)

Oberoi, G.; Nitsh, S.;Edelmayer, M.; Janijic, K.; Müller, A.S. & Agis, H. 3D printing-Encompassing the facets od dentistry. Front. Viitattu 28.11.2022.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2018.00172/full>

Oral. n.d. Protetiikka, hoidon tarpeen arviointi. Viitattu 19.12.2022.
<https://www.oral.fi/palvelut/protetiikka-hoidon-tarpeen-arviointi/>

Ochsmann, E.; Brand, P.; Kraus, T. & Reich, S. 2020. *Ultrafine particles in scanning sprays: a standardized examination of five powders used for dental reconstruction*. Journal of Occupational Medicine and Toxicology. Vol. 15, No 20, 10-11. Viitattu 22.11.2022. <https://doi.org/10.1186/s12995-020-00271-2>

Paalasmaa, V-P. 2020. Hampaiden kotivalkaisu: valkaisulusikan valmistus. Hammastieto. Viitattu 27.11.2020.
<https://hammastieto.fi/tietoa/estetiikka/hampaiden-valkaisu-kotona-valkaisulusikan-valmistus/>.

Panda Scanner. n.d. a. Application. Viitattu 29.11.2022. <https://www.panda-scanner.com/application/>

Panda Scanner. n.d. b. Panda P2. Viitattu 29.11.2022. <https://www.panda-scanner.com/panda-p2-product/>

Pastoret, MH.; Krastl G.; Bühler J.; Weiger, R. & Zitzmann, NU. 2017. Accuracy of a separating foil impression using a novel polyolefin foil compared to a custom tray and a stock tray technique. The Journal of Advanced Prosthodontics. Vol. 9, No 4. 287-293. Viitattu 15.11.2022.
<https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.4.287>

Perkkiö, E. 2022a (huomio ohjaajille: tulossa julkaisuun Theseuksessa). Suuhygienisti- ja hammasteknikko-opiskelijoiden moniammatillisen yhteistyön kehittäminen Sun hyvä elämä –klinikan palveluiksi. Opinnäytetyö (YAMK). Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 28.11.2022. Ei julkaistu.

Planmeca. n.d.a. Planmeca Emerald S. 2022. Viitattu 22.11.2022.

<https://www.planmeca.com/fi/cadcam/hammasskannaus/planmeca-emerald-s/>.

Planmeca. 2022. Romexis CMF Surgery. Viitattu

14.11.2022. <https://www.planmeca.com/fi/ohjelmistot/ohjelmistomoduulit/planmeca-romexis-cmf-surgery/>

Planmeca. n.d.c. Planmeca-intraoraaliskannerit. Viitattu 16.11.2022.

<https://www.planmeca.com/fi/cadcam/hammasskannaus/intraoraaliskannerit>.

Planmeca. 2022. Romexis- ohjelmisto 3D- implantologiaan. Viitattu 14.11.2022.

<https://www.planmeca.com/fi/ohjelmistot/ohjelmistomoduulit/planmeca-romexis-3d-implanttimoduuli/>

Planmeca. 2022. Romexis Smile Design. Viitattu 30.11.2022.

<https://www.planmeca.com/fi/ohjelmistot/ohjelmistomoduulit/planmeca-romexis-smile-design/>

Planmeca. 2022. Planmeca ratkaisut endodontiaan. Viitattu

28.12.2022. <https://www.planmeca.com/fi/kuvantaminen/kktt-kuvaus/planmeca-endodontiakuvaus/>

Planmeca. n.d. Planmeca Romexis® -ohjelmisto hammaslääketieteelliseen kuvantamiseen. Viitattu 15.11.2022.

<https://www.planmeca.com/fi/ohjelmistot/tarkeimmat-hyodyt/>

Planmeca. n.d.b. Romexis® CAD/CAM. Viitattu 16.11.2022.

<https://www.planmeca.com/fi/ohjelmistot/ohjelmistomoduulit/planmeca-romexis-cadcam/>.

Porko, C. 2019a. Kotivaalennus kiskoa käyttäen. Therapia Odontologica.

Viitattu 25.11.2022. Terveysportti.

Porko, C. 2019b. Vaalentamisen kemialla. *Therapia Odontologica*. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 26.11.2022. Terveysportti.

Puranen, J. 2021. 3D-tulostaminen ja sen mahdollisuudet hammaslääketieteessä. Opinnäytetutkielma. Hammaslääketieteen koulutusohjelma. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto. Viitattu 27.11.2022.
https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/26072/urn_nbn_fi_uef-20211308.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Resnick, C.; Doyle, M.; Calabrese, C.; Sanchez, K. & Padwa, B. 2019. Is It Cost Effective to Add an Intraoral Scanner to an Oral and Maxillofacial Surgery Practice?. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. Vol. 77, No 8. Viitattu 15.12.2022. [https://www.joms.org/article/S0278-2391\(19\)30336-2/fulltext](https://www.joms.org/article/S0278-2391(19)30336-2/fulltext)

Richert, R.; Goujat, A.; Venet, L.; Viguié, G.; Viennot, S.; Robinson, P.; Farges, J-C.; Fages, M. & Ducret, M. 2017. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *Journal of Healthcare Engineering*. Vol. 2017. Viitattu 24.11.2022. <https://www.hindawi.com/journals/jhe/2017/8427595/>

Salonen, K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Viitattu 7.2.2022.
<https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>

Sawase, T. & Kuroshima S. 2020. *The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry*. *Dental Materials Journal* 1/2020. Vol. 39, No 1, 57-61. Viitattu 25.9.2022. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-285>

Schlenz, M.; Schupp, B.; Schmidt, A.; Wöstmann, B.; Baresel I.; Krämer, N. & Schulz-Weidner, N. 2022. New Caries Diagnostic Tools in Intraoral Scanners: A Comparative In Vitro Study to Established Methods in Permanent and Primary Teeth. *Pubmed*. Viitattu 15.11.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8950989/>

Sfondrini, M.; Gandini, P.; Malfatto, M.; Corato, F.; Trovati, F. & Scribante, A. 2018. Computerized Casts for Orthodontic Purpose Using Powder-Free

Intraoral Scanners: Accuracy, Execution Time, and Patient Feedback. Viitattu 31.10.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5937598/>

Shining 3D Dental. 2020. AORALSCAN — Boost your digital dentistry. Universal application. Viitattu 29.11.2022. <https://www.shining3ddental.com/solution/intraoral-scanner/>

Siqueira, R.; Galli, M.; Chen, Z.; Mendonca, G.; Meirelles, L.; Wang, H. & Chan, H. 2021. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. Vol 25, No 12, 6517-6531. Viitattu 31.10.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8475874/>

Sirviö, Kaarina. 2022. Suun omahoito. Terveyskirjasto. Terve suu. Viitattu 19.12.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/trv00158>

Society for Simulation in Healthcare. n.d. About Simulation. Viitattu 1.12.2022: <https://www.ssih.org/About-SSH/About-Simulation.>

Stavroula M., Christoph V., Azam B., Kim R. E., Ana R. B. 2022. Intraoral scanner featuring transillumination for proximal caries detection. An in vitro validation study on permanent posterior teeth. Journal of Dentistry. Viitattu: 13.10.2022. Saatavilla myös: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300571221002645?via%3Dihub>

Straumann. 2023. VirtuoVivo-Brochure. Viitattu 29.04.2023 https://www.straumann.com/content/dam/media-center/digital/en/documents/brochure/product-information/490.710-en_low.pdf

Suese, K. 2020. Progress in digital dentistry-The practical use of intraoral scanners. Dental materials journal. Vol 39, No 1, 52-56. Viitattu 28.10.2022. https://www.jstage.jst.go.jp/article/dmj/39/1/39_2019-224/pdf/-char/en

Suojärvi, T. Nissinen, A. 2019. Hammaslääkärilehti. Digitaalisuus vastaanottolla missä mennään nyt? Viitattu 30.11.2022 [Digitaalisuus vastaanotolla – missä mennään nyt? | Hammaslääkäri \(hammaslaakarilehti.fi\)](https://www.hammaslaakarilehti.fi/digitaalisuus-vastaanotolla-missa-mennaan-nyt/)

Taneva, E.; Kusnoto, B. & Evans, C.A. 2015. 3D Scanning, Imaging and Printing in Orthodontics. Issues in Contemporary Orthodontics. Intechopen. Viitattu 8.12.2022. <https://www.intechopen.com/chapters/48165>

Temonen, A. 2014. Elämä vastavalmistuneena ja sen jälkeen. Suomen Hammaslääkärilehti 12/2014. S. 52. Viitattu 9.11.2022. <https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/read/12-2014/150422.html>

Tenk, 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Viitattu 1.5.2023. https://tenk.fi/sites/default/files/2023-03/HTK-ohje_2023.pdf

Tenk, 2019. Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakkoarviointi Suomessa. Viitattu 1.5.2023. https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakkoarvioinnin_ohje_2020.pdf

Terve suu. 2022. Terveyskirjasto. Purentakisko. Viitattu 28.12.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/trv02020>

Terveysportti, Duodecim sanakirjat: hakusana parodontologia <https://www.terveysportti.fi/apps/sanakirjat/0/parodontologia> Viitattu 28.11.2022

Terveysportti, Duodecim sanakirjat: hakusana kariologia <https://www.terveysportti.fi/apps/sanakirjat/0/kariologia> Viitattu 28.11.2022

Terveysportti, Duodecim sanakirjat: hakusana endodontia

<https://www.terveysportti.fi/apps/sanakirjat/0/endodontia> Viitattu 28.11.2022

Terveysportti, Duodecim sanakirjat: hakusana gingivektomia

<https://www.terveysportti.fi/apps/sanakirjat/0/gingivektomia> Viitattu 28.11.2022

Terveysportti. Ortognaattinen kirurgia. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 29.11.2022. [Sanakirjat \(terveysportti.fi\)](https://www.terveysportti.fi/sanakirjat/0/ortognaattinen_kirurgia)

Tiitu, M. 2020. *Optinen jäljentäminen kiinteässä protetiikassa*.

Hammaslääketieteen kandidaatin tutkielma. Lääketieteellinen tiedekunta, hammaslääketiede. Helsinki: Helsingin yliopisto. Viitattu 25.9.2022.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202101271392>

TopDent. 2013. Käyttöturvallisuustiedote. Viitattu 28.10.2022.

<https://kauppa.hammasvaline.fi/attachment/download/17616-6f53d677584b5e7b2f1cdfeca2ca8149>

Torkkola, S., Heikkinen, S. & Tiainen, S. 2002. Potilas ohjeet ymmärrettäviksi. Helsinki: Tammi.

Turkyilmaz, I. & Lakhia, S. 2019. *Challenges to Digital Dentistry in Dental Schools*. The Journal of Contemporary Dental Practice. Vol. 20, No 12, 1361. Viitattu 4.10.2022. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2734>

Turun ammattikorkeakoulu. 2022a. Suuhygienisti (AMK), S20. Opinto-opas. Viitattu 12.12.2022. <https://opinto-opas.turkuamk.fi/fi/21632/fi/76589/PSUUNS20/year/2020>.

Turun ammattikorkeakoulu 2022b. Toteutus suunnitelma: Anatomia ja fysiologia. Viitattu 9.11.2022.

Turun ammattikorkeakoulu 2022c. Toteutus suunnitelma: Suun terveydenhoidon perusteet. Viitattu 9.11.2022.

Turun ammattikorkeakoulu 2022d. Toteutus suunnitelma: Protetiikan perusteet. Viitattu 9.11.2022.

Turun ammattikorkeakoulu. 2022e. Toteutus suunnitelma: Ortodontian perusteet sekä estetiikka. Viitattu 9.11.2022.

Turun ammattikorkeakoulu. 2022f. Toteutus suunnitelma: Ortodonttinen hoitotyö. Viitattu: 9.11.2022.

Ultradent. 2014. Tuoteluettelo. Viitattu 26.11.2022.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj7-Pk78v7AhUOcPEDHQEfAzgQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hammasvaline.fi%2Ffiles%2F2310%2FUltradent tuoteluettelo 2014 net.pdf&usq=AOvVaw2EAkP1B055x4f1KffmL_Xn](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj7-Pk78v7AhUOcPEDHQEfAzgQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.hammasvaline.fi%2Ffiles%2F2310%2FUltradent%20tuoteluettelo%202014%20net.pdf&usq=AOvVaw2EAkP1B055x4f1KffmL_Xn).

Valvira. 2018. Potilasasiakirjat. Viitattu 26.11.2022.

<https://www.valvira.fi/terveydenhuolto/hyva-ammattinharjoittaminen/potilasasiakirjat>.

Vatko, J. & Unt, L. 2021. Suuhygienistien käsityksiä digitaalisesta suun terveyden edistämisestä. Opinnäytetyö (AMK). Suuhygienisti. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.11.2022.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202104235618>.

Volkan Asar, N.; Yun, S.; Schwartz, S. & Turkyilmaz, I. 2022. Analysis of the relationship between the surface topography of prepared tooth surfaces and data quality of digital impressions from an intraoral scanner. Journal of Dental Sciences. Vol. 17, No 1, 545-550. Viitattu 30.11.2022.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1991790221001604>.

Virtanen, J.I.; Pellikka, E.; Singh, S. & Widström, E. 2015. The professional role of a dental hygienist in Finland – educators' views. *International Journal of Dental Hygiene*. Vol. 14, No 3, 231-238. Viitattu 19.10.2022.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/idh.12166>.

Vult von Steyern, P.; Ekstrand, K.; Svanborg, P. & Örtorp A. 2014. Digitaaliset tekniikat purennan kuntoutuksen työkaluna. *Suomen Hammaslääkärilehti* 4/2014. S.22–31. Viitattu 26.10.2022.

<https://www.lehtiluukku.fi/lehti/hammaslaakarilehti/read/04-2014/150408.html>

Wikipedia. n.d. Suu- ja leukakirurgia. Viitattu

8.12.2022. https://fi.wikipedia.org/wiki/Suu-_ja_leukakirurgia

Wikipedia. n.d. Purentafysiologia. Viitattu

12.12.2022. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Purentafysiologia>

Ympäristöministeriö. n.d. Mitä on kestävä kehitys? Viitattu 14.11.2022.

<https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>

Zhivago, P. & Turkyilmaz, I. 2021. A comprehensive digital approach to enhance smiles using an intraoral optical scanner and advanced 3-D sculpting software. *Journal of Dental Sciences*. Vol. 16, No 2, 784–785. Viitattu 22.11.

2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8025131/>.

Zimmermann et al., 2017. Precision of guided scanning procedures for full-arch digital impressions in vivo. Viitattu 08.11.2022

https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/143333/1/39_Zimmermann_PrecisionGuidedScanning_Jorofac_Orthop_2017.pdf

Kuvalähteet

3Shape. 2023. Scanners - Trios 4. Viitattu 04.05.2023

<https://www.3shape.com/en/scanners/trios-4>

Al-Hassiny, A. 2022. Institute of digital dentistry. Fundamentals of intraoral scanning part 1, 2 & 3. Viitattu 08.11.2022.

<https://www.youtube.com/watch?v=Jc0PBW35sm0>

Institute of Digital Dentistry. 2020. WOW Intraoral Scanner review –The Smallest IOS in the world! Viitattu 29.04.2023

<https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/wow-intraoral-scanner-review/>

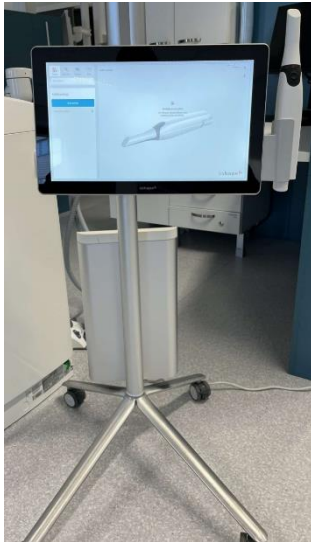
Liitteet

Tiedonhakutaulukko (Intraoraaliskannerin hyödyntäminen hammaslääketieteen eri osa-alueissa)

Tietokanta	Hakusanat	Rajaus	Haun tulos	Valittu
PubMed	Intraoralscanner in dentistry	2016-2022, englanti	1065	2
PubMed	Intraoralscanner in periodontology	2016-2022, suomi, englanti	73	0
PubMed	Intraoralscanner in endodontics	2017-2022, kaikki kielet	38	1
Terveysportti sanakirja	Ortodontia, parodontologia, kariologia, endodontia, gingivektomia, ortognaattinen kirurgia	suomi	6	6
Manuaalinen haku				10

Liite 2. Ohjekortti

Intraoraaliskannerin osat ja huolto



Osat

1. Värikalibrointi



2. Kalibrointi adapteri



3. Skannauskärki

4. Laturi + akut



5. Suojakärki



6. Käsikappale



Huoltotoimenpiteet:

Kalibrointi pitää tekoälyn ns elossa. Ylläpidetään skannerin värien muodostamista

Päivittäiset huoltotoimet: Välipyyhinnät ohjeiden mukaisesti joka potilasvaihdon välissä

Muut huoltotoimet: Välikalibrointi (20 skannauksen välein), ohjelmistopäivitykset

Milloin/kuinka usein huolto suoritetaan?

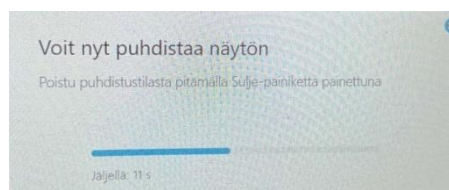
- Huolto eli välikalibrointi suoritetaan Trios 4-laitteelle 20 skannausten välein. Laitteessa kalibroidaan myös älykärki. Laitteen muut huollot, kuten puhdistukset tehdään joka potilasvaihdon välissä. Trios 4 laite ilmoittaa, kun laite tulee kalibroida. Ohjelmistopäivityksiä tulee tasaisesti muutaman vuodessa.

Onko perusteluja, miksi huolto on tärkeää laitteen toimivuuden kannalta?

- Trios 4-laitteen älykärki ilmoittaa kalibroinnin tarpeesta, mikäli sitä ei huolleta eli välikalibroida. Pidemmällä aikavälillä skannaus onnistuu, mutta skannausohjelmisto hidastuu välikalibroinnin puuttumisen takia.

Välipyyhinnät:

1. Paina näytön oikeassa alareunassa näkyvää "3share" painiketta.
2. Näytölle ilmestyy "3Shape Unite" kuvake, josta valitaan näytön puhdistus. (Näytön puhdistustila kestää 20 sekuntia)



3. Pyyhi näyttö Dürr (FD 366) top wipes desinfiointipyyhkeillä.
4. Kuivaa näyttö käsipaperilla, jotta näyttöön ei jää pyyhintäjälkiä.



5. Pyyhi skannerin käsikappale Dürr (FD 366) top wipes desinfiointipyyhkeillä.
6. Pyyhi runko Easydesillä (Kiilto Pro) /Orbiksella (pH 6,5-7,5)



7. Huuhtele kärki hanan alla vedellä.



8. Laita kärki sterilointi pussiin, jonka jälkeen laita se autoklaaviin.

PEILI EI SAA VAHINGOITTUA!

Jos peiliin jää tahra, pyyhi peili A12T:llä

9. Laita suojahuppu näytön päälle, kun laitetta ei käytetä.

KALIBROINTI

1. Paina kohdasta "lisää", jolloin sivupalkista avautuu lisää vaihtoehtoja.
2. Paina kohdasta "TRIOS", jolloin avautuu 3 vaihtoehtoa. Valitse vaihtoehtoista kohta "skannerin hallinta"

Värikalibrointisovitin skannerin päässä oikein päin asennettuna.



4. Kalibrointi alkaa.



Tekijät: Aleksandra Tiivits & Wilma Eloranta 2023

Kuvat: Aleksandra Tiivits & Wilma Eloranta 2023

Asiantuntija Suvi Hyrkäs (Unident) 27.2.2023

