

Opinnäytetyö (AMK)

Hammastekniikka

2019

Emma Roivainen, Petra Sydänmaa

OPETUSVIDEO CAD- SUUNNITTELUSTA HAMMASTEKNIIKASSA

3SHAPE DENTAL SYSTEM -OHJELMISTON
KÄYTTÖ



Emma Roivainen, Petra Sydänmaa

OPETUSVIDEO CAD-SUUNNITTELUSTA HAMMASTEKNIIKASSA

- 3Shape Dental system -ohjelmiston käyttö

Tietokoneavusteinen suunnittelu ja valmistus (CAD/CAM) yleistyvät hammastekniikassa koko ajan enemmän. CAD/CAM -teknologia kehittyy jatkuvasti nykyaikaistaen hammasteknistä osaamista. Tällä hetkellä teknologialla voidaan suunnitella ja valmistaa erilaisia hammasteknisiä töitä, kuten irtoprotetiikkaa, kruunuja, siltoja ja implantteja. Eri materiaaleja töiden valmistukseen on runsaasti, yleisimpinä lasikeraami, zirkoniumoksidi ja PMMA. Laitteistokokonaisuus sisältää skannerin, suunnitteluohjelmiston sekä valmistuslaitteen, yleisimmin jyrsimen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa video 3Shapen suunnitteluohjelman käytöstä Turun ammattikorkeakoulun hammasteknikkokoulutuksen opetuskäyttöön ja opetusmateriaaliksi. Tavoitteena oli saada opetusvideo opiskelijoiden hyödynnettäväksi, jotta ohjelman käyttäminen helpottuu. Tarkoituksena on, että opiskelija oppii opetusvideosta ja opiskelijalla on mahdollisuus itsenäiseen opiskeluun opetusvideon tukemana. Aikaisempaa suomenkielistä opetusmateriaalia CAD-suunnittelusta on vain kirjallisenä oppaana, jonka ohella jatkossa tämä opetusvideo toimii oppimisen tukena.

Opinnäytetyö on kehittämistyö, joka on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä. Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta, toteutusosuudesta sekä toiminnallisesta osuudesta, joka oli videon valmistus. Teoriaosuudessa käsitellään aluksi hyvän opetusvideon sisältöä. Osuus jatkuu kerronnalla, mitä CAD/CAM -teknologia on, mitä siihen kuuluu ja miten se näkyy hammasteknikkokoulutuksessa. Osuuden lopussa tutustutaan tarkemmin 3Shapen suunnitteluohjelman toimintoihin.

Toteutusosuudessa selvitämme, miten toiminnallinen osuus on toteutettu. Kerromme videon kuvaamisesta, editoinnista, äänittämisestä sekä kohderyhmältä saamastamme palautteesta ja sen läpikäymisestä. Lopuksi arvioimme tuotoksen onnistumista ja pohdimme työn eettisyyttä ja luotettavuutta. Valmis opetusvideo julkaistiin koulutusohjelman YouTube -kanavalla.

ASIASANAT:

CAD/CAM, hammastekniikka, opetusvideo, kruunu, kruunusuunnittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Dental technology

2019 | 42 pages, 5 pages in appendices

Emma Roivainen, Petra Sydänmaa

INSTRUCTIONAL VIDEO ON CAD-DESIGNING IN DENTAL TECHNOLOGY

- The use of 3Shape Dental System -software

Computer aided design and manufacturing (CAD/CAM) is becoming continually more common nowadays. CAD/CAM-technology is constantly evolving, modernizing dental technological expertise. Currently this technology can be used to design and manufacture different types of dental restorations, such as removable prosthodontics, crowns, bridges and implants. There are ample variety of different materials for manufacturing, which include ceramic materials, zirconium and PMMA. CAD/CAM-facilities include a scanner, software for designing and a processing device.

The purpose of thesis is to produce a video on the use of the 3Shape CAD -designing software in Dental Technology Degree Programme in Turku University of Applied Sciences. The objective of the thesis is to use the video as an educational material for dental technology students, to support their learning. The intent is that the student learns from the educational video and can study independently with the support of the video. Currently there are written instructions for dental CAD -designing in Finnish, which the video reinforces.

The thesis is a development work that has been carried out as a functional thesis. The thesis consists of three sections; theory section, an implementation section and a functional section, which is the production of the educational video. Firstly, in the theory section, the content of a good educational video is discussed. The section continues with narration of what CAD/CAM -technology is, what the facilities include and how it appears in the Dental Technology Degree Programme. The functions of the 3Shape designing program are discussed at the end of the section. In the implementation section, there is a report of how the implementation of the operational part has been done. It includes information of filming, editing, recording and the feedback from the target audience and how it has been gone through. The written report of the thesis ends in the evaluation of the success and consideration of ethics and reliability of the project. The educational video was published on the degree programme's YouTube-channel.

KEYWORDS:

CAD/CAM, dental technology, instructional video, crown, crown designing

SISÄLTÖ

SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 OPETUSVIDEO	8
2.1 Videopedagogiikka	8
2.2 Millainen on hyvä opetusvideo	10
2.2.1 Videon kuvaus	11
2.2.2 Spiikki	11
2.2.3 Editointi	11
3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU JA VALMISTUS	13
3.1 CAD/CAM teknologian alku	13
3.2 CAD/CAM hammastekniikassa	14
3.2.1 Skannaus suunnittelua varten	15
3.2.2 Valmistajien erilaisia suunnitteluohjelmia	17
3.2.3 Valmistuslaite	17
3.2.4 Käytettävät materiaalit	18
3.3 CAD/CAM hammasteknikkokoulutuksessa	19
4 KRUUNUN SUUNNITTELU 3SHAPEN DENTAL SYSTEM -OHJELMISTOLLA	21
4.1 3Shape suunnitteluohjelman työkalut	22
5 OPETUSVIDEON TOTEUTUS KÄYTÄNNÖSSÄ	28
5.1 Editointi HitFilm Expressiä käyttämällä	29
5.2 Käsikirjoitus ja äänityksen teko	30
5.3 Palaute kohderyhmältä	31
6 POHDINTA	33
6.1 Onnistumisen arviointi	33
6.2 Eettisyys ja luotettavuus	35
LÄHTEET	36

LIITTEET

Liite 1. Käsikirjoitus

KUVAT

Kuva 1. Oppimisen ulottuvuudet (Hakkarainen, 2011).	9
Kuva 2. CAD/CAM prosessi (Bhasin;ym., 2010)	15
Kuva 3. Lasersäteen ja valkoisen valon ero skannereissa. Vasemmalla lasersäde, oikealla valkoinen valo (Allin, 2012).	16
Kuva 4. 3Shapen E2 optinen malliskanneri kipsimallin skannaamiseen.	16
Kuva 5. Ivoclarin PrograMill PM7 tarkkuusjyrsin.	18
Kuva 6. CAD/CAM materiaaliblokki ja -kiekko. (Dentsply Sirona, 2019).	19
Kuva 7. 3Shapen E2 malliskanneri Turun Ammattikorkeakoulun hammasteknikoiden tiloissa.	20
Kuva 8. Hammaskirjasto	22
Kuva 9. Veistämistyökalut	22
Kuva 10. Usean hampaan työkalut	22
Kuva 11. Yksittäisen hampaan työkalut	23
Kuva 12. Vahaveitsityökalun asetukset	24
Kuva 13. Älykkäät työkalut	24
Kuva 14. Kontaktit ja tasoitus -työkalu	25
Kuva 15. Hiontarajaan kiinnitys työkalut	26
Kuva 16. Kumoa/Tee uudelleen -painikkeet	26
Kuva 17. Visualisointisäätimet	26
Kuva 18. 2D läpileikkausikkunan -painike	27
Kuva 19. Etäisyyden mittaustyökalut	27
Kuva 20. 3Shapen Dental system -ohjelmisto auki työpisteellä	28

SANASTO

Kruunu	Hampaan näkyvä osa
Abutmenti	Implantin jatke, jonka päälle kruunu asetetaan
Intra-oral	Suunsisäinen
Silta	Vähintään kolmen hammaskaaresta puuttuvan hampaan korvaava kiinteä siltaproteesi
Onlay/Inlay	Hammaspaikka
Laminaatti	Etuhampaan ulkopinnalle kiinnitettävä hammaskuori
Irtoprotetiikka	Irrotettavia proteeseja sisältävä ala
Implantti	Leukaluuhun kiinnitettävä keinojuuri, johon yhdistetään kruunu, silta tai irtoproteesi
Maryland-silta	Silta, jossa hampaan korvaava proteesikruunu on sidostettu viereisiin hampaisiin vain niiden linguaali-/palatinaalipinnalta
Indikaatio	Hoidon aihe
Preparaatio	Hampaan hionta
Hiontaraja	Raja, jolle asti työ, esimerkiksi kruunu, ulottuu
Embrasure	Aukenevuus hampaiden kärkien välissä
Tikutusväli	Vierushampaiden ienväli, joka täytyy mahtua puhdistamaan
Fissuuralinja	Hampaan keskiuurre
Kuspiharjanne	Kuspin, eli hampaan suippenevan kärjen, harjanne

1 JOHDANTO

Tietokoneavusteinen suunnittelu ja valmistus (CAD/CAM) ovat viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana yleistyneet ja niiden käyttö kasvaa jatkuvasti. Digitalisaation myötä myös hammastekniikan ala kehittyi. CAD/CAM -kokonaisuuksilla pystytään nykyisin valmistamaan paljon erilaisia hammasteknisiä töitä eri materiaaleista, jotka nopeuttavat ja helpottavat hammasteknikon työtä. CAD/CAM -tekniikan yleistymisen myötä hammasteknikoiden on kädentaitojen lisäksi ymmärrettävä ja taidettava tietokoneavusteinen töiden teko ja valmistus.

Kehittämistyönämme on opetusvideo CAD-suunnittelusta hammastekniikassa. Opetusvideo on tehty hammastekniikan opiskelijoille CAD/CAM -tekniikan oppimisen tueksi. Opetusvideo auttaa kirjallisten ohjeiden ohella ymmärtämään CAD-suunnittelun työvaiheita, jolloin oppiminen helpottuu. Hammasteknikkokoulutukseen kuuluu paljon itsenäistä työskentelyä, jota opetusvideo mahdollistaa ja tukee. CAD-suunnittelusta ei löydy aikaisempaa suomenkielistä opetusvideota, minkä takia videon tekeminen koettiin tarpeelliseksi ja hyödylliseksi. Tähän asti suomenkielisenä opetusmateriaalina CAD -suunnittelusta ovat olleet kirjalliset ohjeet ja jatkossa rinnalle tulee opetusvideo aiheesta.

Opinnäytetyön alussa kerromme videopedagogiikasta ja pohdimme, millainen on hyvä opetusvideo. Käymme myös läpi CAD/CAM -teknologian historiaa ja sen saapumista hammaslääketieteeseen sekä sen hyödynnettävyyttä hammastekniikassa. Lisäksi selvitämme CAD/CAM -laitteistokokonaisuutta ja -teknologiaa ja kerromme CAD/CAM -teknologiasta hammasteknikkokoulutuksessa. Lisäksi opetusvideoon sisältyvän 3Shape suunnitteluohjelman käyttöä ja sen painikkeiden toimintaa avataan videota tarkemmin kirjallisessa raportissa.

Opetusvideossa teemme täysanatomisen d26:n kruunun 3Shapen suunnitteluohjelmalla. Videolla käydään läpi tilauslomakkeen täyttö ja työn suunnitteluosuus. Suunnitteluosuudessa näytetään sisäänsovitussuunnan määrittäminen, hiontarajan asettaminen sekä kruunun suunnittelu. Kruunun suunnitteluvaiheessa käydään videolla läpi kaikki hyödylliset työkalut, hyödyllisimmät säätimet sekä hyviä painikkeita suunnitteluohjelman oikeasta sivupalkista. Raportin toteutusosuudessa kerrotaan videon teosta, sen kuvamisesta, editoimisesta ja käsikirjoitetun puheen äänittämisestä. Raportti päättyy tuotoksen arviointiin sekä eettisyyden ja luotettavuuden pohdintaan.

2 OPETUSVIDEO

Kehittämistyön tuloksena syntynyttä opetusvideota tullaan hyödyntämään hammasteknikokoulutuksen opetusmateriaalina. Tietokoneavusteisella suunnittelulla ja valmistuksella voidaan toteuttaa monia erilaisia töitä, ei ainoastaan hammastekniikassa, vaan myös muilla teknisillä aloilla. Kehittämistyöhömmme emme voineet sisällyttää kaikkia hammastekniikassa valmistettavia töitä, jolloin päätimme rajata opetusvideon laajuuden kruunun suunnitteluun. Kehittämistyön tutkimuskysymyksinä oli: *Millainen on hyvä opetusvideo? Millaisia piirteitä se sisältää? Mitä CAD-suunnittelusta kertova video tulee pitää sisällään, jotta video on opettavainen, informatiivinen ja laadukas?* Selvitimme lisäksi, millaista oppimismateriaalia koulutuksellemme on jo olemassa sekä miten pyrimme sitä täydentämään.

Hyödynsimme kehittämistyössämme Kari Salosen konstruktivistista mallia. Mallissa yhdistyy Salosen (2013) mukaan lineaarinen ja spiraalinen malli. Malliin sisältyy kehittämistyön huolellinen suunnittelu, hankkeen vaiheistus, toiminnan oppiminen, osallisuus, tutkimuksellinen kehittämisote ja monipuolinen menetelmäosaaminen sekä siinä korostuvat yhteisöllinen ja osallistava näkökulma (Salonen, 2013). Mallin käyttö näkyy työssämme sillä, että lähdimme suunnittelemaan ratkaisua ongelmaan, joka oli CAD-suunnittelun opetusmateriaalin puutteellisuus. Ratkaisu, eli opetusvideon tekeminen, tehtiin tietojen omaksumisen ja soveltamisen kautta. Tuloksen toimivuutta testattiin pyytämällä palautetta kohderyhmältä, jonka jälkeen voitiin vielä palata prosessissa taaksepäin tekemään muutoksia ja tarkastelemaan työtä uusin näkökulmin.

2.1 Videopedagogiikka

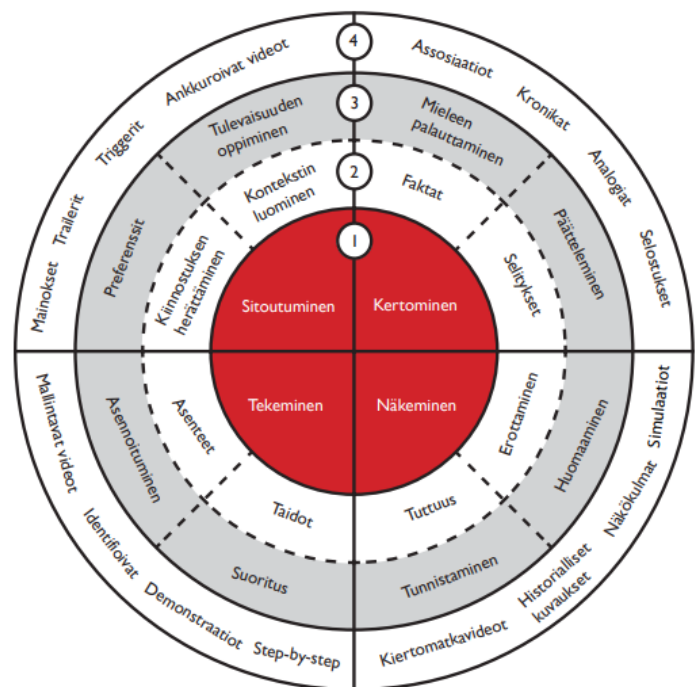
Teknologian kehittymisen myötä videoiden katsomisesta ja tuottamisesta on tullut helpompaa ja edullisempaa. Videoiden tekeminen ei ole vain harvojen osaajien hommaa vaan aivan tavalliset opiskelijat ja opettajat voivat tuottaa, editoida ja jakaa videoita. Sanaa videopedagogiikka käytetään videon opetuskäyttöön liittyvässä kontekstissa. Kun videota käytetään oppimisen ja opetuksen välineenä ja kohteena, videopedagogiikka kuvaa hyvin videon tarkoitusta ja tavoitteellisuutta. (Hakkarainen, 2011). Videopedagogiikka voidaan jakaa kolmeen videoryhmään: opettajien luomiin videoihin, opiskelijoiden

luomiin videoihin, sekä ulkoisista lähteistä löytyviin videoihin. (Länsitie, 2016). Videopedagogiikan keinoin syntyviä videoita voivat olla esimerkiksi tallennetut luennot, demonstraatiovideot, projektivideot ja tietoiskuvideot. Yhteinen tekijä näille videoille on pedagoginen käsikirjoitus. Pedagogisella käsikirjoituksella tarkoitetaan sitä, miten video yhdistetään oppimistehtävään, -ympäristöön ja -tulokseen. Pedagogisella käsikirjoituksella varmistetaan, että video yhdistyy osaksi isompaa opetus- ja oppimisprosessia tehokkaasti. (Länsitie, 2016). Videopedagogiikan onnistumisen saavuttamiseksi videon sisällön tulee olla tiiviisti sovitettu opetustavoitteeseen. Videon sisältäessä liikaa tietoa, kuvia, puhetta ja tekstiä samanaikaisesti, se vain ylikuormittaa opiskelijan, jolloin oppimisen tavoite ei täyty. Videopedagogiikassa ei ole yleispätevää ohjetta, vaan sisältö vaihtelee tapauksen mukaan. Tapa, jolla tehokkaimmin saadaan opiskelijat sitoutumaan videon aiheeseen, riippuu vahvasti opittavasta sisällöstä. (Bell, 2010).

Schwartzin ja Hartmanin multimediamympäristön suunnittelun tueksi kehittelemä malli esittelee neljä oppimisen ulottuvuutta, jotka ovat näkeminen, sitoutuminen, tekeminen ja kertominen. Päivi Hakkarainen ja Kari Kumpulainen ovat Schwartzin ja Hartmanin mallia mukaillen luoneet seuraavanlaisen kuvion:

Avain

1. Oppimisen ulottuvuus
2. Videon käytön tavoite
3. Arviointi
4. Genre



Kuva 1. Oppimisen ulottuvuudet (Hakkarainen, 2011).

Näkeminen on neljästä oppimisen ulottuvuudesta tärkein. Liikkuva kuvan näkemisen oppi perustuu asioiden huomaamiseen. Liikuvasta kuvasta voidaan huomata asioita,

jotka muuten jäisivät näkemättä tai tutustuttaa uuteen asiaan tai kohdistaa huomio tutun asian uuteen yksityiskohtaan. Tekeminen -ulottuvuuden pyrkimyksenä on asenteiden ja taitojen oppiminen, jolloin video toimii tekemisen mallina. Tällaisia videogenrejä ovat esimerkiksi demonstraatiovideot ja mallintavat videot. Kolmannella ulottuvuudella, sitoutumisella, tarkoitetaan kiinnostuksen herättämistä. Sitoutumiseen pyrkiviä videogenrejä ovat esimerkiksi tietoisut, mainokset ja trailerit. Oppimisen ulottuvuutena kertomisen tavoitteena on selitysten ja faktojen oppiminen. Tällaisissa videoissa pyritään tukemaan asioiden muistamista. (Hakkarainen, 2011).

Osana opinnäytetyötämme tekemämme opetusvideo on tyyliltään demonstraatiovideo, jossa demonstroimme suunnitteluohjelman käyttöä ja hampaan muotoilua. Videopedagogiikan toteutuminen taataan liittämällä valmis opetusvideo osaksi CAD/CAM kurssien opetusmateriaaleihin. Tällöin video saadaan osaksi oppimis- ja opetusprosessia ja se tukee muita opetusmateriaaleja ja opettajan opetusta.

2.2 Millainen on hyvä opetusvideo

Videon tekemiseen kuuluu neljä työvaihetta, jotka ovat käsikirjoitus, kuvaus, editointi ja lopuksi julkaiseminen. Lopputulos on tietenkin sitä parempi, mitä huolellisemmin ennakkovalmistelut ja suunnittelut ovat tehty. Videomme edustaa prosessikuvausta. Prosessikuvaus on toiminnan näyttämistä alusta loppuun. Meidän opetusvideollamme toiminta on kruunun suunnittelu. Käsikirjoitus tällaiselle prosessikuvaukselle on yksinkertaisimmillaan, ja meidän tapauksessamme, listaus tarvittavista kuvista ja niihin liittyvän spiiikin tai ruudulla näkyvän tekstin auki kirjoittaminen. (Ailio, 2015). Opiskelijan mielenkiinnon ylläpitäminen on tärkeää opetusvideon teossa. Kaikista tärkein ohje mielenkiinnon ylläpitämiseen on pitää video lyhyenä. On huomattu, että alle kuuden minuutin videoiden katseleminen pitää kiinnostusta yllä lähes 100%. Mitä pidempi video on, sitä matalampi sitoutuminen videoon on. Esimerkiksi 9-12 minuuttiseen videoon sitoutuminen on enää vain n. 50%. Opiskelijoiden sitoutumista videon katseluun lisää myös se, jos se on luotu ja koottu tavalla, joka kertoo, että aineisto on luotu ja tarkoitettu juuri tämän luokan ja opiskelijan tarpeisiin. (Brame, 2016).

2.2.1 Videon kuvaus

Kuvaamista aloittaessa on todella tärkeää, että käsikirjoitus on huolellisesti tehty ja sisältää kaikki tarvittavat osat. Myöhemmin voi olla haastavaa kuvata uudestaan kohtia, jotka on unohtunut tai joista ei ole tarpeeksi materiaalia. On siis tärkeää myös varmistaa kuvaustilanteessa, että materiaalia on tarpeeksi editointivaiheeseen. Niin kuin monessa muussakin videon kuvaustilanteessa, myös meidän opetusvideossamme olisi vaikeaa, jollei mahdotonta, myöhemmin kuvata lisää materiaalia videoon. Kuvausvaihe on videon materiaalin keräämistä ja se vaatii aikaa ja malttia, siihen ei kannata ryhtyä hutiloiden. (Ailio, 2015).

2.2.2 Spiikki

Videon selostavaa puhetta kutsutaan spiikiksi. Videon spiikin tulee olla helposti omaksuttavaa, joten kirjoitettuun tekstiin verrattuna sen on oltava yksinkertaisempaa ja selkeämpää. Virkkeet tulee pitää lyhyinä ja helposti ymmärrettävinä. Koska video on koko ajan etenevää, sen sisällön pitää olla helposti sisäistettävissä. Toistoa tulee välttää, samoin tahatonta komiikkaa herättävät kielikuvat sekä kuluneet ja kliseiset sanonnat. Spiikin äänityksessä luontevuuden säilyttämiseksi on parempi puhua teksti kohdehenkilölle, paperilta lukemisen sijaan. Puhetta tulee hidastaa aavistuksen ja keskittyä huolelliseen ääntämiseen. On suositeltavaa harjoitella käsikirjoitusta lukemalla ja testiäänityksiä tekemällä. Lopullisen äänityksen tulee kuitenkin olla luontevan kuuloista ja hyvin tauotettua ja rytmitettyä sekä omaan suuhun sopivaa. On tärkeä muistaa, ettei video saa olla läpikotaisin puhuttu, vaan video vaatii myös hengähdystaukoja. (Ailio, 2015). Opetusvideossamme spiikki toimii kuvan tukena. Se kertoo yksinkertaisesti ja selkeästi, miten ja miksi videolla näkyvät toiminnot tehdään. Käsikirjoitusta kirjoittaessa karsimme toiston pois ja pyrimme mahdollisimman lyhyin virkkein ja ymmärrettävästi kertomaan videon tapahtumat.

2.2.3 Editointi

Editoinnin tarkoituksena on karsia ja koostaa kuvatuista materiaaleista video. Leikkaus palauttaa materiaalit käsikirjoituksen mukaiseen pakettiin. Toiminnallinen kuva, spiikki, taustamusiikki ja grafiikat muodostuvat tässä vaiheessa kokonaisuudeksi. Klassisessa

kuvakerronnassa pyritään siihen, ettei katsoja huomaa, milloin kuva leikkautuu seuraavaan. Videon seuraaminen häiriintyy silloin, kun katsoja tulee tietoiseksi videon tekemiseen liittyvistä asioista. Tällaisia katsojan keskittymistä häiritseviä asioita pyritään häivyttämään videossa. Jokaista valittua elementtiä tai efektiä tulisi käyttää vähintään kolmesti, jotta niistä muodostuu tyylilaji eikä sekava kokonaisuus. (Ailio, 2015).

3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU JA VALMISTUS

Termi CAD/CAM on lyhenne sanoista 'computer-aided design' (tietokoneavusteinen suunnittelu) sekä 'computer-aided manufacturing' (tietokoneavusteinen valmistus). CAD/CAM tekniikalla suunnitellaan ja valmistetaan tietokoneavusteisesti hammaslääketieteessä suun restauroitioita eli korjaustöitä. Kaikki CAD/CAM järjestelmät sisältävät kolme osaa; skannerin, suunnitteluohjelmiston ja valmistuslaitteen. Skanneri muuntaa tiedot digitaaliseksi dataksi, jota voidaan käsitellä tietokoneella. Suunnitteluohjelmisto käsittelee dataa ja sillä voidaan muokata dataa tietokoneella halutuksi tuotteeksi valmistusvaiheeseen. Valmistuslaite muuntaa datan valmiiksi tuotteeksi. (Beuer, 2008).

Teollisuudessa CAD/CAM tekniikkaa voidaan käyttää prototyyppien tai valmiiden osien valmistukseen. Usein teollisuudessa puhutaan CAD/CAM termin sijaan CNC:stä. CNC:ssä eli tietokoneistetussa numeerisessa ohjauksessa valmistuslaitteet eroavat huomasti hammastekniikassa käytettävistä jyrsimistä. Laitteet ovat kooltaan huomattavasti isompia sekä niiden siisteys ja tarkkuus ovat usein huonompia verrattuna hammaslaboratorion laitteisiin. CNC-koneista puhutaankin yleensä työstökoneina tai sorveina. (Computerized Numerical Control Finland Oy, 2019).

3.1 CAD/CAM teknologian alku

Vuonna 1957 Dr. Patrick J. Hanratty kehitti ensimmäisen kaupallisen numeerista ohjausta käyttävän ohjelmistojärjestelmän nimeltä Pronto. Tietokoneistettua numeerista ohjausta kutsutaan usein nimellä CNC-koneistus (Computerized Numerical Control). Hanrattyn Pronto pani alulle CAD:in ja Hanrattya pidetäänkin CAD:in isänä. Muutamaa vuotta myöhemmin, vuonna 1960, Ivan Sutherland loi Sketchpadin, joka oli ensimmäinen ohjelmisto, jossa käytettiin graafista käyttöliittymää. (Barnhorn;ym., 2019). Sketchpadilla oli mahdollista valokynällä piirtää suoraan tietokoneen näytölle, mikä oli uudenlainen tapa vuorovaikuttaa tietokoneen kanssa. (Cadazz, 2019).

Hammaslääketieteessä CAD/CAM teknologia alkoi Dr. Duret'n johdolla vuonna 1971. Dr. Duret valmisti abutmentistä otetun optisen jäljennöksen avulla hampaan kruunun

käyttämällä numeerisesti ohjattavaa konetta. Vuonna 1985 Dr Mormann esitteli ensimmäisen kaupallisen CAD/CAM järjestelmän nimeltä CEREC. CEREC järjestelmällä digitaalinen jäljennös otetaan intra-oral kameralla. Dr Andersson loi samoihin aikoihin, 1980-luvun puolivälissä, Procera järjestelmän. Vuonna 1994 julkaistiin Siemensin toimesta CEREC 2 järjestelmä ja vuonna 2000 Sironan CEREC 3 ja InLab. (Aslam, 2015).

3.2 CAD/CAM hammastekniikassa

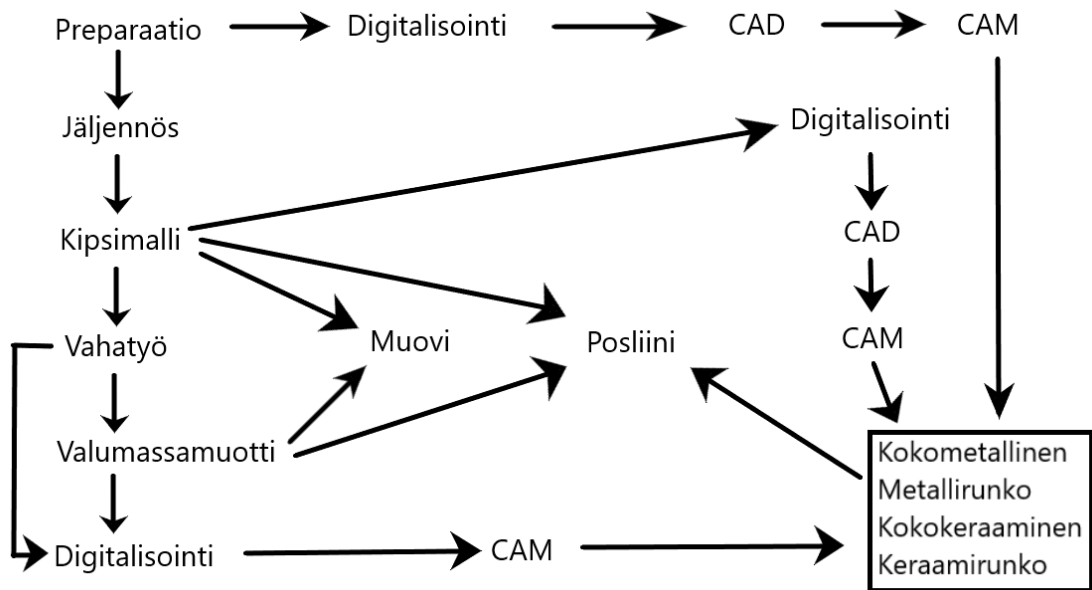
CAD/CAM tekniikka on nykypäivää hammaslääkärin vastaanotolla sekä hammaslaboratoriossa. CAD/CAM teknologia koostuu työn skannauksesta, työn tuomisesta suunnitteluohjelmaan, työn muokkauksesta suunnitteluohjelmassa sekä työn valmistamisesta eli CAM-vaiheesta. Suunnitteluohjelmalla voidaan suunnitella työ täysin itse tai ohjelman avustuksella. Ohjelma antaa valmiita ratkaisuja tekijälle, joista voidaan muokata toimivammat. Jyrsityt työt nopeuttavat hammasteknikon työntekoa. Kolme johtavinta CAD/CAM kokonaisuuksien valmistajaa ovat CEREC, 3Shape ja Planmeca (Al-Hassiny, 2018).

CAD -suunnitteluohjelmalla voidaan suunnitella erilaisia hammasteknisiä töitä, kuten kruunuja, siltoja, onlay ja inlay -paikkoja, laminaatteja, irtoprotetiikkaa, implantteja, teleskooppiratkaisuja, jatkeita, implanttikiskoja ja –siltoja, vahattuja kruunuja ja siltoja, Maryland-siltoja sekä anatomisia ja kerrostettavia runkoja. (Plandent, 2019).

CAD/CAM tuotanto hammastekniikassa voi olla paikannettu kolmeen paikkaan: hammaslääkärin vastaanotolle, laboratoriokeskitetyksi tai jyrsinkeskuksiin. CAD/CAM kokonaisuus voi sijaita hammaslääkärin vastaanotolla, jolloin tuotteen valmistusta ei tarvitse suorittaa laboratoriossa. Skannaus tapahtuu tällöin intra-oral kameralla, joka korvaa tavallisen jäljentämisen eli vähentää työvaiheita ja nopeuttaa työntekoa.

Laboratorioissa skannaus yleisesti otetaan kipsimallilta, joka on tehty hammaslääkäriltä tulleesta jäljennöslusikasta. Kipsimallin skannaus ja loput työvaiheet tehdään laboratoriossa olevilla CAD/CAM laitekokonaisuuksilla. Yleistymässä on hammaslääkärin vastaanotolta suoraan laboratorioon digitaalisesti lähetetty intra-oralskannaus.

Jyrsinkeskuksiin lähetetään laboratoriosta skannatut ja suunnitellut työt valmistukseen. Etu laboratorioille valmistuksen ulkoistuttamisella jyrsinkeskuksiin on se, että tällöin laboratorioon ei tarvitse investoida muuta kuin skanneri ja suunnitteluohjelma sekä se, että ei ole sidottuna vain yhteen tuotantoteknologiaan, kuten jyrsimiseen. (Beuer, 2008).



Kuva 2. CAD/CAM prosessi (Bhasin;ym., 2010)

3.2.1 Skannaus suunnittelua varten

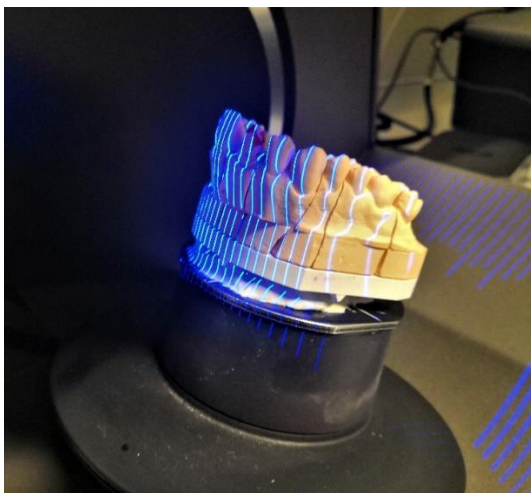
Skanneri skannaa kolmiulotteisen leuan ja hampaiden muodot ja muuttaa ne digitaalisiksi tiedoksi. Skannereita on kahdenlaisia; optisia skannereita ja mekaanisia skannereita. Lähes kaikki hammaslääketieteessä käytettävät skannerit on rakennettu samalla peruseriaatteella. Skanneri koostuu valonlähteestä, yhdestä tai useammasta kamerasta sekä skannattavan objektin useassa eri kulmassa valonlähteeseen ja kameraan kohdistavasta liikejärjestelmästä. (Allin, 2012).

Optisen skannerin perustana on kokoelma kolmiulotteisia rakenteita triangulaatiomenetelmässä. Tässä valonlähde (lasersäde tai valkoisen valon projektio) ja kamera ovat tarkassa kulmassa suhteessa toisiinsa. Tämän kulman avulla tietokone voi laskea kamerassa olevasta kuvasta kolmiulotteiset tiedot. Ero lasersäteellä toimivan ja valkoisella valolla toimivan skannerin välillä on se, että lasersäteellä toimivat skannerit luovat useita rivejä siirtämällä skannauspäätä tarkalle lineaariselle akselille, kun taas valkoisen valon skannerissa on kiinteä skannauspää, mutta valonlähde tuottaa useita valonlinjoja saaden koko näkymän liikkumatta (Allin, 2012). Esimerkkejä optisista skannereista ovat KaVon Everest Scan (valkoinen valo projektio), Etkonin es1 skanneri (lasersäde) ja 3M ESPE:n Lava Scan ST (valkoinen valo projektio).



Kuva 3. Lasersäteen ja valkoisen valon ero skannereissa. Vasemmalla lasersäde, oikealla valkoinen valo (Allin, 2012).

Mekaanisella skannerilla kipsimallia luetaan mekaanisesti riviriviltä rubiinipallon avulla ja mitataan kolmiulotteinen rakenne. Mekaanisen skannerin hyviä puolia on erittäin korkea tarkkuus. Huonoja puolia sen sijaan on kohtuuttoman monimutkainen mekaniikka, joka tekee laitteesta erittäin kalliin sekä pitkät käsittelyajat verrattuna optisiin järjestelmiin. Esimerkkejä tällaisesta skannerista hammastekniikassa on Nobel Biocaren Procera skanneri. (Beuer, 2008).



Kuva 4. 3Shapen E2 optinen malliskanneri kipsimallin skannaamiseen.

3.2.2 Valmistajien erilaisia suunnitteluohjelmia

Valmistajat tarjoavat erityisiä ohjelmistoja erilaisten hammasrestauraatioiden suunnitteluun. Ohjelmistoissa on eroja, jotkin valmistajat tarjoavat laajempia indikaatiota kuin toiset. Esimerkiksi Exocadin DentalCAD:n perusohjelmistossa on suppeampi indikaatiovalikoima kuin monessa muussa suunnitteluohjelmistossa, mutta lisämoduuleilla DentalCAD:n indikaatiovalikoimaa voidaan laajentaa, jolloin sillä pystytään tekemään lähes kaikkea (Exocad, 2019). Nykyisin markkinoilla saatavilla olevien CAD/CAM järjestelmien ohjelmistoja parannetaan jatkuvasti. Päivitysten avulla uusimmat rakennemahdollisuudet ovat käyttäjälle jatkuvasti saatavilla. CAD tiedot voidaan tallentaa eri tietomuotoihin. Standardi tietomuoto on (STL). Monet valmistajat käyttävät kuitenkin omia tietomuotojaan, joten CAD ohjelmien tiedot eivät ole yhteensopivia keskenään. Markkinoilla käytävissä olevat järjestelmät ovat eriteltä lähinnä CAD ohjelmiston mukaan. Monet järjestelmät korostavat mahdollisimman laajaa indikaatiospektriä, kun taas toiset valmistajat korostavat intuitiivista käyttöä ja käyttäjäystävällisyyttä. (Beuer, 2008). Tunnetuimpia suunnitteluohjelmistoja on 3Shapen Dental System, Dentsply Sironan CEREC ja Planmegan suunnitteluohjelmistot.

3.2.3 Valmistuslaite

Yleisimmin CAD/CAM kokonaisuuteen kuuluu jyrsinlaite. Jyrsinlaitteet voidaan jaotella jyrsintäakseleiden määrän mukaan. Jyrsimiä on 3-akselisia, 4-akselisia ja 5-akselisia. 3-akselisessa jyrsimessä on liikkumisasteet kolmeen suuntaan, X-, Y- ja Z-suuntiin. 3-akselisen jyrsimen etuja ovat lyhyet jyrsintäajat, yksinkertaistetut ohjaukset sekä laitteiden edullisuus. 3-akselisuus ei riitä hammastekniikassa pienikokoisten ja epäsymmetrisien muotojen tarkkuuteen, jonka vuoksi sitä käytetään enemmän teollisuudessa. 4- ja 5-akselisissa jyrsimissä X-, Y- ja Z-suuntien lisäksi on A- ja B-suunnat. A- ja B-suunnat ovat X- ja Y-akselien kiertoliikkeitä. Nämä mahdollistavat geometrisesti monimutkaisempien muotojen, kuten kruunujen valmistuksen. Hammastekniikassa käytetään yleisimmin 4- ja 5-akselisia jyrsimiä. (Beuer, 2008).

Jyrsintätapoja on hammastekniikassa kaksi: märkä- ja kuivajyrsintä. Märkäjyrsinnässä käytetään vettä poran jäähdyttämiseen, materiaalin ylikuumentumisen estämiseksi. Yleensä märkäjyrsintää käytetään metalli ja lasikeraamisten materiaalien työstämisessä. Kuivajyrsintää puolestaan käytetään vain zirkoniumin työstämisessä, sillä materiaali on

ennen sintrausta hyvin hauras ja huokoinen. Kuivajyrsinnässä laite käyttää paineilma- ja imurilaitteita jyrsinnässä syntyvän jätteen vähentämiseksi. (Beuer, 2008).



Kuva 5. Ivoclarin PrograMill PM7 tarkkuusjyrsin.

Hammasteknisiä töitä voidaan valmistaa myös 3D-tulostamalla. 3D-tekniikalla voidaan valmistaa lähes samoja restauraatioita kuin jyrsimällä, muun muassa kruunuja, oikomiskojeita ja implantteja (Darwood, 2015). Jyrsintä ja 3D-tulostus eroavat valmistustavoissa toisistaan. Jyrsinnässä nimensä mukaisesti jyrsitään materiaalista haluttava muoto, kun taas 3D-tulostuksessa materiaalia lisätään halutun muodon mukaisesti. Valmistusprosessi niissä on samanlainen. Digitaalimuodossa oleva tieto muokataan suunnitteluohjelmalla valmiiksi restauraatioksi, joka valmistetaan laitteessa.

3.2.4 Käytettävät materiaalit

Hammasteknisissä CAD/CAM töissä voidaan käyttää monia eri materiaaleja, riippuen indikaatiosta. Jotkin jyrsimet ovat suunniteltu ainoastaan zirkonian työstämiseen, mutta useimmat hammaslaboratoriossa käytettävistä laitteista on suunniteltu työstämään kaikkia materiaaleja. Töitä voidaan valmistaa muun muassa metallista, vahasta, muovista,

keraamista sekä lasikeraamista. Yleisimmät nykyisin käytetyt metallit ovat titaani, titaaniyhdisteet sekä kobolttikromi. Metallista valmistetaan yleensä yksittäisiä kruunuja. Muita yleisimmin käytettyjä materiaaleja ovat zirkoniumoksidi ja PMMA. Alumiinioksidi ja zirkoniumoksidi ovat tyypillisimpiä hammastekniikassa käytettäviä oksidipohjaisia materiaaleja. Materiaalit ovat yleensä joko kiekkoja tai blokkimuotoisia. Materiaalin valitsemisessa tulee kiinnittää huomiota indikaation lisäksi jyrsintätapaan. (Beuer, 2008).



Kuva 6. CAD/CAM materiaaliblokki ja -kiekko. (Dentsply Sirona, 2019).

3.3 CAD/CAM hammasteknikkokoulutuksessa

Hammastekniikan opiskelijoiden opintosuunnitelmaan kuuluu tällä hetkellä yhteensä 15 opintopistettä CAD/CAM opintoja, mutta tulevaisuudessa tarkoitus on lisätä CAD/CAM opetusta perinteisten menetelmien rinnalle useimpiin opintojaksoihin. Tietokoneavusteista suunnittelua ja valmistusta sisältävät kurssit ovat CAD/CAM1 ja CAD/CAM 2 sekä Jyrsityt kokokeraamiset täytteet, kruunut ja sillat. Jokainen kurssi on laajuudeltaan viisi opintopistettä. Opetusvideon tekeminen helpottaa ja tukee opiskelijoiden oppimista ja itsenäistä työskentelyä. Tätä ennen CAD-suunnittelusta ei ole ollut suomenkielisiä opetusvideoita.

Turun ammattikorkeakoulun hammasteknisen koulutuksen CAD/CAM laitteistokokonaisuuteen kuuluu 3Shapen E2 malliskanneri, 3Shapen Dental System -ohjelmisto sekä Ivoclarin PrograMill PM7 tarkkuusjyrsin.



Kuva 7. 3Shapen E2 malliskanneri Turun Ammattikorkeakoulun hammasteknikoiden tiiloissa.

4 KRUUNUN SUUNNITTELU 3SHAPEN DENTAL SYSTEM -OHJELMISTOLLA

CAD/CAM työprosessin alkuvalmisteluina hammaslaboratoriossa tulee valaa kipsistä työmalli ja sen vastapuriija jäljennöksestä. Yleisimmin kipsimallit valmistetaan erikoiskovakipsistä, jolloin varmistutaan mallin säilyvän hyväkuntoisena. Työmalli ositetaan, jonka jälkeen molemmat leuat voidaan skannata skannerilla. Ennen skannausta suunnitteluohjelmalla tehdään työn tilauslomake, johon täytetään työn tiedot, kuten asiakkaan sekä restauration tiedot. Skanneri antaa selkeät ohjeet työn skannaukseen; ala- ja ylämallit skannataan erikseen sekä yhdessä, jotta oikea purenta tallentuu. Lisäksi tulee skannata pelkkä ositettu preparaatio, tarkkuuden säilyttämiseksi. Kun skannaus on suoritettu, voidaan aloittaa työn suunnittelu suunnitteluohjelmalla. Eri valmistajien suunnitteluohjelmat noudattavat pääpiirteittäin samaa kaavaa.

Hampaan suunnittelun tärkeimpiä huomioon otettavia asioita ovat hiontarajan tarkka ja oikein tehty määrittäminen, hyvät kontaktit vastapuriijaan ja vierushampaisiin, riittävän tilavat tikutusvälit ja embrasuret, fissuuralinjan ja kuspiharjanteiden linjojen yhteensopivuus vierushampaisiin ja hampaan koko ja muotojen yhteensopivuus vierushampaisiin. Pyrkimyksenä on tehdä hampaasta esteettisesti miellyttävän näköinen ja toiminnallinen.

3Shapen suunnitteluohjelman tutustumisen ja käytön tietoperustana on käytetty 3Shapen esitteitä, suunnitteluohjelmasta löytyvää User Manualia, verkosta löytyviä erilaisia suunnitteluohjelmia koskevia videoita sekä CAD/CAM kursseilta opittuja tietoja. Rajasimme esiteltävät painikkeet ja säätimet sen perusteella, mitkä itse olemme kokeneet hyödyllisimmiksi ja mitkä meille on suunnitteluohjelman käytön opetuksen yhteydessä esitelty. 3Shape Dental Systemin User Manualista löytyy käyttöohjeet suunnitteluohjelmaan sekä opetusvideoita ohjelman käytöstä. Nämä käyttöohjeet ovat toimineet suurimpana osana opetusvideon tietoperustana. Seuraavan alaotsikon tiedot ovat peräisin 3Shapen Dental System -ohjelmiston User Manualista.

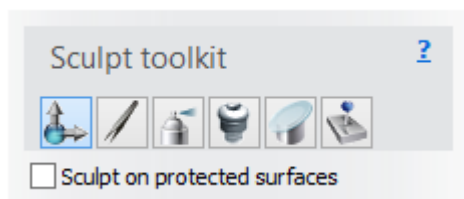
4.1 3Shape suunnitteluohjelman työkalut

Hammaskirjasto (Smile library) klikkaamalla voidaan valita suunnitteluohjelman automaattisesti valitseman hampaan tilalle mieleinen hammas listasta. Valittu hammas voidaan asettaa kaikkiin suunnittelussa tehtäviin hampaisiin tai asettaa valittu hammas vain yhteen restauraatioon klikkaamalla listan alapuolelta löytyvää yksittäisen hampaan ruutua.



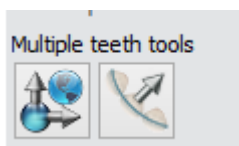
Kuva 8. Hammaskirjasto

Veistämistyökalut (Sculpt tools) löytyy näytön vasemmalta sivulta. Työkaluilla on tarkoitus tehdä kaikki tarvittavat muokkaukset suunnitelmalle. Nämä työkalut ovat käytössä kaikissa indikaatioissa.



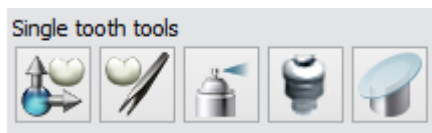
Kuva 9. Veistämistyökalut

Usean hampaan työkalut (Multiple teeth tools) löytyvät ensimmäiseltä riviltä. Näillä kahdella työkalulla voidaan liikuttaa useamman kuin yhden hampaan yksikön kokonaisuuksia. Ensimmäinen työkalu on ryhmän liikuttamistyökalu, jolla voidaan liikuttaa koko suunniteltavaa hammasryhmää. Toinen työkalu on kaaren liikuttamistyökalu, jolla voidaan muuttaa hammasryhmän kaaren muotoa.



Kuva 10. Usean hampaan työkalut

Yksittäisen hampaan työkalut (Single tooth tools) löytyvät seuraavalta riviltä. Niillä voidaan muokata yksittäistä restauraatiota tai yhtä hammasta usean hampaan restauraatioissa. Työkaluja ovat:

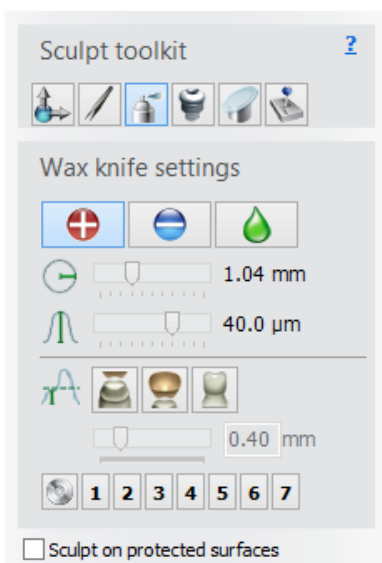


Kuva 11. Yksittäisen hampaan työkalut

Globaali muunnostyökalu (Global transformation). Sen avulla voidaan siirtää, skaalata ja pyörittää suunnittelukohdetta. Kohdetta käännetään klikkaamalla ja vetämällä yhtä punaisella merkityistä keskipisteistä. Pistettä painamalla ilmestyvät vastakkaiset nuolet kuvaavat liikkeen suuntaa. Vetämällä sinisiä palloja sivusuunnassa vaihtuu suunnittelun yläosan muoto. Vetämällä vihreitä palloja sivusuunnassa, edestakaisin tai ylös ja alas vaihtuu koko suunnittelun muoto. Pallot muuttuvat keltaisiksi, kun ne aktivoidaan. Kaikkien pisteiden näkymä muuttuu, sen mukaan mistä suunnasta niitä katsotaan (ylhäältä, edestä jne.). Pitämällä Ctrl-näppäintä pohjassa vaihtuu skaalaustila suhteellisesta yksisuuntaiseksi.

Kohdennetun muotoilun työkalu (Morphing) auttaa muotoilemaan hammassuunnittelua vetämällä sen tiettyjä osia. Hiiri voidaan asettaa mihin tahansa kohtaan suunnittelukohdetta ja valittua kohtaa voidaan siirtämällä liikuttaa haluamalla tavalla. Cursorissa näkyvä verkko osoittaa mihin suuntaan muotoilua käytetään. Verkko osoittaa myös muotoilun malliin kohdistuneen puristamisen ja vetämisen intensiteetin. Verkko voi muuttaa värinsä ja sijaintinsa näkymän suunnasta riippuen (ylhäältä, alhaalta jne.) Työkalun asetusikkunasta, joka tulee näkyviin, kun valitaan työkalu, voidaan määrittää säteen/vaikutusalueen koko vetämällä liukusäädintä. Sädettä voidaan myös muuttaa pitämällä Shift-näppäintä pohjassa ja liikuttamalla hiiren kiekkoa.

Vahaveitsityökalua (Wax knife) käytetään, kun halutaan lisätä tai poistaa materiaalia suunnitelmalta tai tasoittaa sen pintaa. Työkalu toimii valitsemalla yksi kolmesta vaihtoehdosta ja klikkaamalla tai maalaamalla mallille. Työkalun sädettä ja voimakkuutta voidaan muuttaa liukusäätimillä (tai käyttämällä Shift + hiiren kiekkoa ja Ctrl + hiiren kiekkoa).

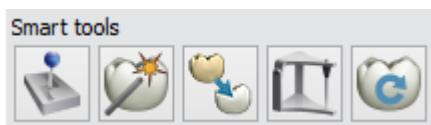


Kuva 12. Vahaveitsityökalun asetukset

Kiinniketyökalun (Attachment) avulla voidaan asettaa kiinnike mihin tahansa indikaatioon. Painamalla työkalua aukeaa valikot, josta voidaan valita, millainen kiinnike halutaan sekä kiinnittämisen suunta.

Tasonleikkaustyökalua (Plane cut) käytetään leikkaamaan suunnittelukohte tasolla. Työkalua käytetään ja käsitellään samaan tapaan kuin 2D läpileikkausikkunatyökalua. Leikattujen reunojen kovuutta voidaan säätää pehmeämmäksi liikusäätimellä, joka ta-soittaa leikattuja reunoja.

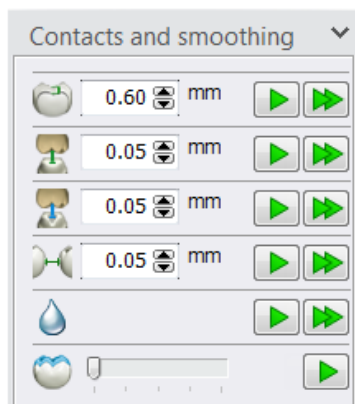
Älykkäät työkalut (Smart Tools):



Kuva 13. Älykkäät työkalut

Kontaktit ja tasoitus -työkalua (Contacts and smoothing) klikkaamalla aukeaa ikkuna, josta pystyy määrittelemään minimipaksuuden, halutun etäisyyden vastapuriin, tarkan etäisyyden vastapuriin ja halutun etäisyyden viereisiin hampaisiin. Haluttu etäisyys vastapuriin -painike leikkaa suunnittelukohteen vastapuriin nähden varmistaakseen oikean purennan. Tarkka etäisyys vastapuriin -painike leikkaa suunnittelukohteen vastapuriin nähden säilyttäen kuitenkin kontaktialueen anatomian. Tasoitus-painikkeella

koko suunnittelukohteen pinta tasoittuu. Viimeisellä okklusaalikulumis-säätimellä voidaan muokata molaarin tai premolaarin kulumisen voimakkuutta.



Kuva 14. Kontaktit ja tasoitus -työkalu

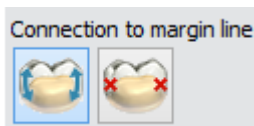
Automaattisen asettamisen -työkalulla (Autoplacement) voidaan automaattisesti asettaa hammas tai täyte paikalleen yhdellä klikkauksella. Kontaktit ja etäisyys vastapuriin mukautetaan automaattisesti. Automaattisen asettamisen -työkalun asetuksista voidaan määrittää haluttu etäisyys vastapuriin ja viereisiin hampaisiin. Tämä työkalu ei sovellu siltojen tekoon.

Peilaustyökalulla (Mirror tool) voidaan kopioida valmis CAD suunnittelu vastapuolelle, kopioida skannatulta mallilta vastapuolelle suunnittelu tai voidaan peilata yksittäisen hampaan alkupreparaatio tai vahaskannaus.

Artikulaattorityökalulla (Virtual articulator) voidaan tarkastella artikulaattorissa töitä, joilla on vastapuri. Artikulaattorityökalu tarjoaa nopean ja tarkan tavan tarkistaa purenan suoraan tietokoneohjelmassa.

Suunnitelman nollaus -työkalu (Reset design) mahdollistaa suunnitelman nollauksen valitussa hampaassa painamalla Apply-painiketta tai kaikkiin suunnitelmiin painamalla painiketta Apply to all.

Hiontarajaan kiinnitys/Hiontarajaan uudelleenkiinnitys -painike (Connection to margin line/Reconnection to margin line) liittää tai uudelleen liittää suunnitellun anatomisen muodon hampaan hiontarajalle painamalla Apply-painiketta. Painamalla Apply to all-painiketta kaikki leuan indikaatiot kiinnittyvät hiontarajaan.



Kuva 15. Hiontarajaan kiinnitys työkalut

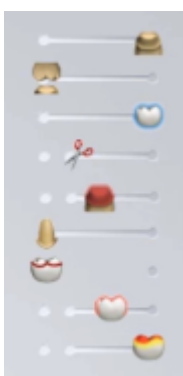
Hiontarajalta irrotus -painikkeella (Disconnection from margin line) voidaan hylätä hiontarajaan kiinnitys painamalla Apply-painiketta.

Kumoa/Tee uudelleen -painikkeet (Undo/Redo) löytyvät näytön vasemmasta alakulmasta. Painamalla Kumoa-painiketta, voit peruuttaa viimeisimmän toimenpiteen. Poistaakseen aikaisempia muutoksia, painetaan pientä mustaa nuolta Kumoa-painikkeen vierestä ja valitaan peruutettava toimenpide. Sama periaate toimii Tee uudelleen -painikkeella.



Kuva 16. Kumoa/Tee uudelleen -painikkeet

Visualisointisäätimet (Visualization slider) löytyvät suunnittelutilan oikeasta yläkulmasta. Säätimien määrä ja ulkonäkö voivat vaihdella sen mukaan, mitä indikaatiota tehdään, missä työvaiheessa ollaan tai millainen malli on. Kun kursoria pidetään säätimen päällä sekunnin ajan, tulee säätimen nimi näkyviin, josta voidaan päätellä säätimen toiminta.



Kuva 17. Visualisointisäätimet

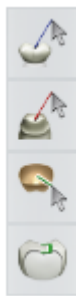
Näkymätyökalut (Viewing tools) ovat näytön oikeassa sivussa olevalla paneelilla. Näihin kuuluu viisi ryhmää työkaluja. Pääryhmä on aina näkyvässä ja siihen kuuluu perustoimintoja, kuten tallenna, sulje ja poistu kokoruudun tilasta. Muut ryhmät ovat standardinäkömetyökalut, pinnan mittaustyökalut, muokkausasetukset ja visuaaliset asetukset.

2D läpileikkausikkuna (2D cross-section window) löytyy näkömetyökaluista ja se mahdollistaa mallin paremman tarkastelun. 2D läpileikkausikkuna voidaan määrittää joko asettamalla kolme pistettä 3D mallille, vetämällä leikkausviiva painamalla vasenta hiiren painiketta ja liikuttamalla kursoria mallin läpi tai Parallel/Perpendicular view -painikkeella 2D läpileikkausikkunassa. Käyttäkseen 2D läpileikkausikkunaa, painetaan 2D läpileikkaus painiketta näkömetyökaluista, jolloin ikkuna aukeaa.



Kuva 18. 2D läpileikkausikkunan -painike

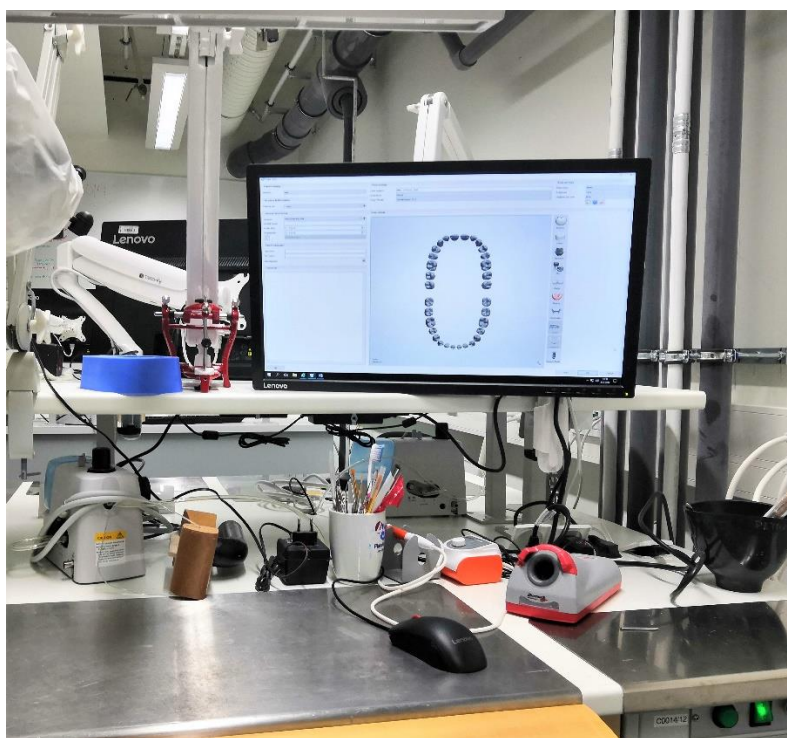
Etäisyyden mittaustyökalut (Distance measurements) näkömetyökalupaneelissa ovat yksinkertaisia ja tehokkaita instrumentteja, jotka tarjoavat erilaisia etäisyyden mittatuloksia ruudulla.



Kuva 19. Etäisyyden mittaustyökalut

5 OPETUSVIDEON TOTEUTUS KÄYTÄNNÖSSÄ

Aloitimme opetusvideon toteutuksen kuvaamalla. Kuvasimme videon 18.12.2018 käyttämällä Powerpointin näytöntallenninta. Videon kuvaus tapahtui Turun ammattikorkeakoulun hammastekniikan luokkatilan tietokoneella. Lähtötilanteessa ajatuksena oli käyttää internetistä ladattavaa uutta näytöntallennusohjelmaa, jota korkeakoulun tietokoneilta ei löytynyt. Tietokoneille ei pystynyt itse lataamaan lisäohjelmia, joten korkeakoulun yhteydenpito Service Desk -apuhenkilöstöön olisi ollut välttämätöntä uuden ohjelman saamiseksi. Keskusteltuamme asiasta lehtori Pasi Alanderin kanssa, ehdotus Powerpointin näytöntallentimesta tuli ilmi. Tällöin emme tarvinneet uutta ladattavaa ohjelmaa. Tutustuimme paremmin Powerpointin näytöntallennus toimintoon ja kuvasimme lyhyen kokeiluvideon. Olimme tyytyväisiä kokeiluvideon laatuun ja videoinnin helppouteen, joten päätimme lopulta käyttää opetusvideon kuvauksessa Powerpointin näytöntallenninta.



Kuva 20. 3Shapen Dental system -ohjelmisto auki työpisteellä

Kirjoitimme alustavan käsikirjoituksen 13.12.2018. Käsikirjoitus sisälsi läpikäymisjärjestyksessä asiat, jotka halusimme sisällyttää videoon. Käsikirjoituksen tietoperustana toimi 3Shape Dental System -ohjelmiston käyttöohjeet, CAD/CAM kurseilla saamamme opetus ohjelman käytöstä sekä englannin kieliset opetusvideot 3Shape-ohjelman käytöstä.

Lopullista käsikirjoitusta opetusvideon puheelle ei tässä vaiheessa ollut. Kuvauspäiväksi päätimme 18.12.2018, jolloin uskoimme luokkatilan olevan kuvaukselle otollinen. Kuvasimme aluksi kaksi versiota tilauslomakkeen teosta. Seuraavaksi kuvasimme loput videosta yhdellä kertaa. Olimme tyytyväisiä videoihin, joten emme kokeneet tarpeelliseksi kuvata useampia versioita.

5.1 Editointi HitFilm Expressiä käyttämällä

Editoimme videon HitFilm Express -ohjelmalla. Editointiohjelmaksi valikoitui HitFilm Express, sillä sitä suositeltiin monissa eri lähteissä, hakiessamme vaihtoehtoja ilmaisista editointiohjelmista. Valitsemastamme ohjelmasta löytyi paljon tietoa ja käytönopetusvideoita ja se vaikutti helppokäyttöiseltä sellaiselle, jolla ei ole paljon kokemusta editoinnista. Olimme päättäneet, että editoimme itse, sillä koimme uusien taitojen oppimisen miellyttäväksi ja hyödylliseksi. Perehdyimme editointiohjelmaan katsomalla paljon videoita sen käytöstä ja lukemalla ohjeita ja vinkkejä HitFilm Expressin omilta nettisivuilta.

Videon leikkaus lyhyempään muotoon oli tehtävä ensimmäisenä. Alkuperäiset tilauslomakevideot olivat pituudeltaan 2.06 ja 2.21 minuuttia ja suunnitteluun keskittyvä video 50.51 minuuttia. Halusimme lopullisen videon pituuden olevan noin 15 minuuttia, maksimissaan 20 minuuttia, joten materiaalissa oli runsaasti leikattavaa. Lopputuloksen tulisi olla tiivis ja informatiivinen, läpikäytynä kaikki tärkeät työkalut ja toiminnot. Alkuperäisessä materiaalissa oli läpikäytynä kaikki työkalut, säätimet ja painikkeet. Lopulliseen versioon jäi vain työkalut, painikkeet ja säätimet, jotka ovat täysanatomisen kruunun suunnittelussa tarpeellisia. Videota on leikkauksen lisäksi sulavuuden ja tiiviiden takaa-miseksi nopeutettu. Hidastusta on käytetty kohdissa, joissa puhe ei pysynyt samassa tahdissa. Lopullinen videon pituudeksi saimme 14.02 minuuttia.

Lisäsimme videoon efektejä kohtiin tai painikkeisiin, joista videolla kulloinkin kerrottiin. Tällöin videolta olisi helpompi seurata, mistä kyseiset painikkeet löytyvät. Ilman rajausta hahmottaminen vaikeutuisi. Rajauksen ilmestyttyä ja poistuttua niihin on lisätty häivytyk-s, jolloin rajaus tulee ja poistuu pehmeästi. Videoon on lisätty oikeaan alareunaan Turku AMK -logo. Logo on saatu Turun ammattikorkeakoulun Messin sivuilta. Lisäksi videon loppuun on lisätty Turun ammattikorkeakoulun logoanimaatio Messin video-ohjeiden mukaisesti, joka löytyi korkeakoulun nettisivuilta.

5.2 Käsikirjoitus ja äänityksen teko

Ennen lopullista käsikirjoituksen kirjoittamista ja puheen äänittämistä, video tuli editoida lopulliseen muotoonsa. Editoinnin jälkeen tehdyllä testipuheella selvitettiin, millainen vaikutus puheella on videon pituuteen sekä miten puhe istuu eri kohtiin työtä. Alustava käsikirjoitus oli vapaamuotoisempi lopulliseen käsikirjoitukseen verrattuna. Puheen ammattimaisuus ja virallisten termien käyttö sisältyi vasta lopulliseen käsikirjoitukseen. Nauhoitimme 11.03.2019 puheen puhelimen ääninauhuria käyttäen. Lisäsimme äänityksen videoon ja editoimme äänitystä. Äänitteen editointi, asettelu oikeisiin kohtiin sekä videon sopiminen puheeseen lisäsivät videon pituutta.

Lopullinen puheen käsikirjoitus tehtiin 13.03.2019. Pyrimme mahdollisimman ammattimaiseen, tiiviiseen, mutta rauhalliseen puheeseen. Käytimme puheessa hammastekniikan termistöä lisätäksemme ammattimaisuuden tuntua. Opetusvideoilla tai oppaissa tulisi suosia käskymuotoa, jolloin asia menee katsojalle paremmin perille. Mielestämme suunnitteluohjelman käytössä ei ole vain yhtä oikeaa tapaa tehdä, vaan hyvään lopputulokseen voi päästä monella tavalla. Siksi käskymuoto ei mielestämme sopinut opetusvideollemme. Päätimme kertoa mitä on suositeltavaa käyttää tai tehdä missäkin vaiheessa työtä, ja kertoa mitä ja miten me olemme videossa esitellyn työn tehneet. Testipuhe tehtiin puhelimen ääninauhurilla, joka osoittautui laadullisesti erittäin hyväksi. Tämän vuoksi myös lopullinen puheen äänitys tehtiin samaa keinoa käyttäen. Puhelimen ääninauhurin käyttö antoi vapauden puheen äänittämisen aikataululle, verrattuna esimerkiksi lainakalustoon. Olimme aluksi miettineet pyytävämme ulkopuolista tekemään spiiikin, mutta koska halusimme tehdä mahdollisimman paljon itse, päätimme tehdä myös puheen. Lopullinen äänitys tehtiin opetusvideolle tekemäämme erillistä käsikirjoitusta (Liite 1) noudattaen 20.3.2019. Puhetta tauotettiin, jolloin äänityksen tekeminen sujui vaivattomammin. Puhetta äänittäessä oli tärkeää pitää äänensävyt ja -voimakkuudet samana, jolloin lopullisessa opetusvideossa selostus pysyy tasaisena ja miellyttävänä.

Opetusvideo sisältää paljon puhetta, mutta myöskin kohtia ilman puhetta. Taustamusiikin tarpeellisuus nousi tärkeäksi kysymykseksi. Videoon lisättiin taustamusiikki, joka on käyttäjälle ilmainen ja tekijänoikeuslain mukaisesti sallittu käytettäväksi videoissa. Taustamusiikki löytyi videopalvelu Youtuben Äänikirjaston ilmaisen musiikin listalta, josta se löytyy nimellä New Land. Taustamusiikin lisäys toi videolle hiljaisten kohtien täyden lisäksi ammattimaisempaa videon teon tuntua.

5.3 Palaute kohderyhmältä

Haimme kohderyhmältä palautetta valmiista opetusvideostamme, jotta pystyimme tekemään videoon vielä mahdollisia muutoksia. Kohderyhmäksi valitsimme kolmannen vuoden hammasteknikko-opiskelijat, PHAMMS16 -ryhmän. Tarkoituksena oli saada mahdollisimman hyvää ja rakentavaa palautetta, jonka vuoksi valitsimme hammasteknikkokoulutuksen harjaantuneimman ryhmän. Ryhmä tietää opetusvideon aiheesta ja osaa nähdä mahdolliset sisällölliset puutteet sekä antaa kehitysideoita. Ensimmäisen vuoden hammasteknikko-opiskelijat eivät vielä olleet käyneet tietokoneavusteisen suunnittelun ja valmistuksen kurseja opetusvideon valmistuessa, joten heiltä ei olisi saanut palautetta videon sisällön mahdollisesta puutteellisuudesta tai liiallisesta tiedosta, vaan pelkästään rakenteellisista seikoista. Jotta saisimme mahdollisimman monen opiskelijan palautteen, päätimme suorittaa videon näytön ja palautteen annon verkon välityksellä. Latasimme videon YouTubeen ja teimme vapaan sanan palautekyselyn. Nettikyselyyn liitettiin linkki videoon, joka oli ladattu YouTubeen piilotettuna. Vastaajat pystyivät oman aikataulunsa mukaan antamaan palautetta kahden viikon aikana, milloin halusivat ja halutessaan katsomaan videon useaan kertaan.

Nettikysely tehtiin kyselynetti.com:ssa, koska nettisivu oli ilmainen ja vaikutti helppokäyttöiseltä. Halusimme, että vastaajat voivat antaa vapaata palautetta, mutta halusimme herätellä vastaajat miettimään kuitenkin tarkemmin palautettaan, joten kyselyn vastauslaatikostoa edelsi seuraavanlainen teksti: *Miten kehittäisit opetusvideota? Puuttuuko videosta jotakin oleellista tai onko siinä rakenteellisia epäkohtia? Mikä on mielestäsi hyvää ja mikä huonoa? Kommentoi vapaasti.* Nettikysely lähetettiin koko PHAMMS16 -ryhmälle sekä kolmelle alan opettajalle. Kysely lähetettiin 7.4.2019 ja vastausaikaa annettiin 21.4.2019 saakka.

Vastausten määrä jäi odotettua pienemmäksi, vastauksia tuli vain seitsemältä osallistujalta. Palaute, jota saimme, oli yhtenäistä ja se oli hyvin positiivista ja parannusehdotuksia ei ollut hirveästi. Puheesta pidettiin ja se koettiin sopivan rauhalliseksi ja selkeäksi. Myös siitä pidettiin, että eri painikkeet ja työvaiheet oli käyty hyvin videossa läpi. Taus-tamusiikin koki hyväksi valtaosa, joten sen vaihtoa ei palautteen jälkeen enää mietitty. Kaksi palautteen antajaa kertoi jopa oppineensa videosta tai jo unohtuneiden asioiden palautuneen mieleen, joka oli mukava kuulla, sillä se kertoi videon olevan toimiva. Videon pituuteen liittyen tuli ehdotus videon jaksottamisesta, jotta keskittyminen ei her-

paantuisi sekä ehdotus videon leikkaamisesta tai nopeuttamisesta kohdissa, joissa hammasta pyöritellään pitkään. Videon parannusehdotukseksi tuli lisäksi läpileikkaustyökalun hyödyllisyyden ja paluupalikon selittäminen sekä tarkempi neuvonta työn sulkemisesta ja työn skannaukseen lähettamisestä. Toivottiin myös, että videolla näytettäisiin, kuinka hammas saadaan istumaan hiontarajalle, mutta tätä toivomusta emme pystyneet enää toteuttamaan, sillä missään kuvausmateriaaleissamme ei näy tarkemmin hampaan hiontarajalle asettamista.

Palautteen jälkeen äänitimme lisää puhetta videoon. Lisäsimme videoon tarkemman kerroksen skannauksesta sekä kerroimme takaisin päin -painikkeesta ja hampaan läpileikkaustyökalun hyödyllisyydestä. Palautteen pohjalta nopeutimme videosta kohtia, joissa hammasta pyöritellään kauan ja lopullinen video lyhentyi tämän ansiosta noin minuutilla. Videon jaksottamista mietittiin, mutta sitä ei koettu hyväksi ratkaisuksi. Video olisi tällöin voitu leikata useammaksi videoksi työvaiheiden mukaan, mutta lyhennettyjen videoiden pituudet koettiin epäkäytännöllisiksi. Videon olisi voinut jaksottaa lisäämällä eri työvaiheiden ja työkaluryhmien esittelyjä ennen otsikot, mutta se olisi vain lisännyt videon lopullista pituutta ja niitä olisi ollut videolla häiritsevästi. Työn sulkemisen tarkempaa neuvontaa emme myöskään videoon lisänneet, sillä mielestämme videolla työn sulkeminen on kerrottu hyvin, eikä sitä sen selkeämmin pystynyt muotoilemaan.

6 POHDINTA

Työprosessin alussa asetimme seuraavat tutkimuskysymykset työllemme: *Millainen on hyvä opetusvideo? Millaisia piirteitä se sisältää? Mitä CAD-suunnittelusta kertova video tulee pitää sisällään, jotta video on opettavainen, informatiivinen ja laadukas?* Haimme raporttiin vastauksia näihin kysymyksiin ja vastauksista opitut tiedot toimivat opetusvideon perustana. Kehittämistyön onnistumista voidaan määritellä sen tavoitteen täyttymisen kautta. Tavoitteena oli valmistaa opetusvideo 3Shape suunnitteluohjelman käytöstä hammasteknikko-opiskelijoille CAD/CAM -oppimisen tueksi ja avuksi itsenäiseen opiskeluun. Tarkoituksena oli tehdä opetusvideosta tiivis, mutta informatiivinen. Opetusvideon valmistuttua hammasteknikko-opiskelijoilla on käytössään enemmän suomen kielistä opetusmateriaalia, joka oli yksi tavoitteista.

6.1 Onnistumisen arviointi

Onnistumista voidaan arvioida myös kohderyhmältä pyydetyn palautteen pohjalta. Opetusvideosta saatu palaute oli lähtökohtaisesti täysin positiivista. Kehittämisideoita tuli myös jonkun verran, joista saimmekin suurimman osan vielä toteutettua lopulliseen versioon videosta. Positiivisen palautteen ja parannusehdotuksien toteuttamisen ansiosta opetusvideo on onnistunut. Lopullinen opetusvideo täyttää asetetut tavoitteet ja toiveet. Onnistuimme hyvin tiivistämään kaikki tarvittavat tiedot videolle alle 15 minuuttiin, joka oli aluksi iso haaste materiaalin paljouden vuoksi. Hyödynsimme onnistuneesti prosessin aikana oppimiamme hyvän opetusvideon tunnuspiirteitä videon kokoamisessa ja editoinnissa, samoin kuin spiikin tekemisessä. Tämä näkyi siinä, että yritimme tehdä videosta mahdollisimman lyhyen, käytimme editoidessa vain yhdenlaista efektiä, jolloin kokonaisuus säilyi eheänä sekä lisäsimme videolle taustamusiikin. Spiikissä opit näkyivät puheen tarkkana tauotuksena sekä selkeässä, rauhallisessa ja tiiviissä selostuksessa. Videosta tuli laadukas ja ammattimainen kokonaisuus, vaikka tekijöillä ei ollut aikaisempaa kokemusta videoiden ja opetusmateriaalien tekemisestä.

Opinnäytetyömme onnistui toteutuksen suhteen erittäin hyvin pienryhmätyönä. Osallisia ryhmätyössä oli vain kaksi, mutta töiden jakautuminen molemmille onnistui sitäkin helpommin. Koko opinnäytetyön työstämisen aikana, työt jakautuivat niin sanotusti tilanteen

mukaan ja pyrimme refleктоimaan tuottamaamme jatkuvasti. Hyvän suunnittelun pohjalta osasimme opinnäytetyön tuotoksen sekä raportoinnin työstön aikana palata työvaiheisiin uusin näkökulmin. Jokaista työvaihetta on työstetty useamman kerran, jotta voitiin varmistaa lopputuloksen olevan paras mahdollinen. Lisäksi kohderyhmältä saatu palaute opetusvideosta toi ulkopuolisilta näkökulmia, joita emme itse välttämättä havainneet. Prosessin aikana opittiin paljon uutta ja syvennettiin aikaisempaa osaamista ja tietoja. Opimme myös etsimään lähteitä monipuolisesti ja käyttämään niitä oikein. Mahdollinen parannusidea videolle olisi ollut erittäin oleellisen asian, hampaan hiontarajalle asettamisen, parempi näyttö ja ohjeistus.

Yksi opinnäytetyöprosessin haasteista oli, ettei meillä ollut aikaisempaa kokemusta videon kuvaamisesta ja editoimisesta, joten uusien taitojen opettelu vei paljon aikaa ja vaati paljon taustatietojen keräämistä. Uusien taitojen opettelu oli kuitenkin mieluisaa ja se koettiin hyödylliseksi. Opetusvideo kuvattiin näytöntallennusta käyttämällä, mikä toi haasteensa siinä mielessä, että videon kuvakulma pysyi koko videon samana. Kulusta leikkausta ei myöskään voinut hyödyntää videolla ja videomateriaalista puuttui kokonaan luonnollinen taustaaani. Kun videolla oli hiljainen kohta, se todellakin oli pelkkää hiljaisuutta ilman taustamusiikkia. Täysi hiljaisuus videolla on katsojille vieraannuttavaa ja outoa. Näytöntallentimella kuvaamisen hyviä puolia olivat kuitenkin hyvä laatu, vakaa kuva ja se, ettei valotusta ja eri videoleikkeiden värin samanlaisiksi määrittelyä tarvinnut miettiä. Pituus oli videossamme haaste. Video on kuitenkin leikattu ja tiivistetty niin lyhyeksi kuin mahdollista. Pituudesta huolimatta toivomme, että katsojan mielenkiinto pysyy yllä sillä, että video on kohdennettu juuri katsojalle ja kaikki epäoleellinen ja ylimääräinen on jätetty pois ja jäljellä on pelkästään katsojalle tärkeät asiat ja tiedot.

Kehittämistyön suunnitteluvaiheessa loimme aikataulun työllemme. Alussa pysyimme melko hyvin aikataulussa, mutta alkuvuodesta aloimme vähän pudota aikataulumme kyydistä. Aluksi laatimamme aikataulun mukaan opinnäytetyö olisi pitänyt olla pohdintaa vaille valmis jo maaliskuun loppuun mennessä, mutta lopulta viimeistelimme raporttiamme vielä toukokuun puolella. Voimme jälkeen päin sanoa, että aluksi luotu aikataulu oli liian kunnianhimoinen ja ehdimme kuitenkin ilman kamalaa kiirettä tekemään opinnäytetyömme palautuskuntoon ajallaan. Yksi iso haaste prosessin alusta alkaen oli se, että samaa aihetta käsittelevä opinnäytetyö oli valmistettu vuotta aikaisemmin. Haaste oli siinä, että piti varmistaa, ettei meidän raporttimme tule sisältämään tai toista samoja asioita kuin aikaisempi työ. Raportin sisällön päättäminen ja sen varmistaminen, että raportista tulee tarpeeksi laaja eikä jää liian lyhyeksi, oli haastavaa. Oli haastavaa miettiä

kuinka syvällisesti teoriaosuuteen pitää uppoutua vai riittääkö pelkkä pintaraapaisu ja perusasioiden selittäminen ilman turhan yksityiskohtaista tai syvällistä kertomista. Haasteena oli myös löytää hyviä lähteitä tietokoneavusteisesta suunnittelusta ja valmistuksesta, jotka olisivat vielä tarpeeksi tuoreita.

Jatkossa video lisätään hammasteknikkokoulutuksen opetusmateriaaleihin, jolloin sen pedagoginen tavoite täyttyy. Videota on vielä mahdollisuus jatkokehittää esimerkiksi tekemällä skannaus- ja jyräntäosuudesta videot, jolloin koko CAD/CAM kokonaisuudesta saataisiin suomen kieliset videot opetusmateriaaleiksi opiskelijoille.

6.2 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyömme on eettisesti hyväksyttävä ja luotettava, sillä se on tehty hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla eli sen jokaisessa vaiheessa on oltu rehellisiä, huolellisia ja avoimia sekä kunnioitettu muiden tutkijoiden työtä. Oikeilla viittauksilla on pyritty takamaan muiden tutkijoiden tekemän työn arvostus. Opinnäytetyö on pyritty tekemään jokaiselle vaiheelle oleellisen tarkasti ja huolellisesti. Yleisesti kaikki päätökset opinnäytetyön eri vaiheissa on perusteltu ja harkittu sekä opinnäytetyön suunnittelu, toteutus ja raportointi on tehty tieteelliselle tiedolle asetettujen vaatimusten mukaisesti.

Lähdekirjallisuuden eettisyys ja luotettavuus pyrittiin takaamaan sillä, että katsottiin tarkoin, että aineisto kerättiin luotettavilta sivustoilta ja pidettiin huolta, että lähdekirjallisuus on mahdollisimman puolueetonta. Englanninkielistä lähdekirjallisuutta käytettäessä pyrittiin käännökset tekemään mahdollisimman tarkasti ja huolella, jottei luotettavuutta heikentäviä käännösvirheitä tullut. Luotettavuutta lisää lähdeluettelo ja sen viitteet, jotka on laadittu Turun ammattikorkeakoulun ohjeiden mukaan. Lähteet ja viitteet on merkitty oikeaoppisesti ja huolellisesti. Opetusvideon teossa otettiin tekijänoikeudet huomioon musiikin käytössä, sillä se oli luokiteltu kaikille käyttäjille sallituksi ja käytettiin Turun ammattikorkeakoulun logoa ja loppuanimaatiota koulun ohjeiden mukaisesti.

LÄHTEET

Ailio, Johanna. 2015. Vähän parempi video - opas laadukkaan videon suunnitteluun ja toteutukseen. Turku : Turun Ammattikorkeakoulu, 2015.

Al-Hassiny, Ahmad. 2018. Institute of Digital Dentistry. 13. Elokuu 2018. Viitattu: 4. Toukokuu 2019. <https://instituteofdigitaldentistry.com/cad-cam/the-battle-of-the-cad-cam-titans/>.

Allin, Thomas;Hollenbeck, Karl ja van der Poel, Mike. 2012. *Dental Lab 3D Scanners – How they work and what works best*. Kööpenhamina : 3Shape Technology Research, 2012.

Aslam, K;Irfan, UB ja Nadim, R. 2015. *A review on cad cam in dentistry*. : J Pak Dent Assoc, 2015. J Pak Dent Assoc.

Barnhorn, Alexis;Beck, Adam ja Caudill, Laura. 2019. 60 Years of CAD Infographic: The History of CAD since 1957. 2019. Viitattu: 6. Maaliskuu 2019. <https://partsolutions.com/60-years-of-cad-infographic-the-history-of-cad-since-1957/>.

Bell, Lynn ja Bull, Glen L. 2010. Digital video and teaching. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*. 2010, 10(1), s. 2.

Beuer, F.;Edelhoff, D. ja Schweiger, J. 2008. *Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations*. : Springer Nature, 10. Maaliskuu 2008. British Dental Journal.

Bhasin, Abhilasha ja Mantri, Sneha S. 2010. CAD/CAM in Dental Restorations: An Overview. 2010. s. 3.

Brame, Cynthia J. 2016. Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content. *CBE Life Sciences Education*. Winter 2016, 15(4).

Cadazz. 2019. Cadazz. 2019. Viitattu: 7. Maaliskuu 2019. <http://www.cadazz.com/cad-software-Sketchpad.htm>.

Computerized Numerical Control Finland Oy. 2019. CNC Finland. 2019. Viitattu: 28. Maaliskuu 2019. <https://cncfinland.fi/>.

Darwood, A.;Marti, B. ja Sauret-Jackson, V. 2015. *3D printing in dentistry*. : British Dental Journal, 2015.

Davidowitz, Gary ja Kotick, Philip G. 2011. *The Use of CAD/CAM in Dentistry*. : Dental clinics of North America, 2011.

Exocad. 2019. Exocad. 2019. Viitattu: 7. Maaliskuu 2019. <https://exocad.com/our-products/exocad-dentalcad/>.

Hakkarainen, Päivi & Kumpulainen, Kari. 2011. *Liikkuva kuva - muuttuva opetus ja oppiminen*. Kokkola : Kokkolan yliopistokeskus Chydenius, 2011.

Länsitie, Janne, Karjalainen, Asko, Karjalainen, Tommi, Männistö, Riku & Stevenson, Blair. 2016. *Video pedagogy*. Oulu : Oulun Ammattikorkeakoulu, 28. Syyskuu 2016.

Plandent. 2019. Plandent. 2019. Viitattu: 6. Maaliskuu 2019. <https://www.plandent.com/fi/cadcam/>.

Raivo, Petri ja Rissanen, Riitta. 2018. *Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset*. : Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene Oy, 2018.

Salonen, Kari. 2013. *Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle*. Turku : Turun ammattikorkeakoulu, 2013.

TENK. 2012. *Hyvä tieteellinen käytäntö.*: Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012.

Vivadent, Ivoclar. 2019. Ivoclar Vivadent. 2019. Viitattu: 7. Huhtikuu 2019. <http://www.ivoclarvivadent.com/en/p/laboratory-professional/products/all-ceramics/>.

Käsikirjoitus

Tämä on opetusvideo 3Shapen suunnitteluohjelman käytöstä.

Ensimmäisenä luodaan ohjelmaan uusi tilaus. Tilaus tehdään vasemmasta yläkulmasta, painamalla tilauspainiketta.

Näytölle aukeaa tilauslomake, johon täytetään tarvittavat tiedot, kuten asiakkaan tiedot.

Seuraavaksi valitaan työ, tällä videolla tehdään d26:n kruunu.

Viereisestä valikosta löytyy erilaisia hammasteknisiä töitä, kuten kruunuja, siltoja, irto-protetiikkaa ja implantteja. Tässä tapauksessa valitaan kruunu.

Valitaan, millainen kruunutyö tehdään; onko työ esimerkiksi runko tai paikka. Tällä kertaa tehdään täysanatominen kruunu, eli valitaan ensimmäinen.

Lisävalikkoa painamalla löytyy materiaalivalikko, myös värin voi valita.

Skannausasetuksia voidaan muuttaa; valitaan skannattava työn, vastapurijan sekä vierushampaiden tiedot; onko malli ositettu vai ei.

Kun kaikki tarvittavat tiedot on lisätty, painetaan ok.

Työn tiedot näkyvät alareunassa. Työn tietoja voi tarkastella alareunasta.

Seuraavaksi työ skannataan.

Skannaus voidaan aloittaa painamalla työtä hiiren oikealla näppäimellä ja valitsemalla ”SCAN”, työmallit asetetaan skanneriin näytöllä näkyvien ohjeiden mukaisesti.

Työn muokkausvaiheessa on mahdollista palata takaisinpäin painamalla vasemmalle osoittavaa sinistä nuolta. Esimerkiksi, jos hiontaraja tai sisäänsovitussuunta halutaan määritellä uudelleen, se onnistuu palaamalla nuolella takaisinpäin.

Läpileikkaustyökalu. Jolloin päästään tarkastelemaan hammasta eri näkökulmasta paremmin.

Skannattu työ avataan kaksoisklikkaamalla.

Työ aukeaa suunnittelutilaan.

Ylhäältä nähdään missä työvaiheessa ollaan.

Työtä voidaan liikuttaa hiiren oikealla näppäimellä.

Lähemmäs ja loitommas päästään vierittämällä hiiren kiekkoa.

Valitaan työlle sisäänsovitussuunta.

Mallissa näkyvät punaiset kohdat kertovat allemenojen sijainnin. Ohjelma on automaattisesti valinnut sisäänsovitussuunnan, joka on yleensä lähes optimaalinen. Jos sisäänsovitussuuntaa halutaan muuttaa, se onnistuu vasemmalta löytyvien työkalujen avulla. Sovitussuuntaa voidaan siirtää käyttämällä työkalun nuolinäppäimiä tai asettelemalla työ näytölle sisäänsovitussuunnan mukaisesti ja painamalla SET. Tässä työssä allemenoja on liikaa, joten sisäänsovitussuunta määritellään uudestaan. (Tällä kertaa työlle tuli enemmän allemenoja, joten tehdään uudestaan.) Tulee pyrkiä siihen, ettei hiontarajojen yläpuolelle tule allemenoja.

Kun sisäänsovitussuunta on valittu, siirrytään seuraavaan vaiheeseen painamalla sinistä nuolta.

Seuraavaksi määritetään työn hiontaraja. Ohjelma etsii automaattisesti hiontarajan, mutta se vaatii yleensä korjailuja.

Hiontarajan paikkaa voidaan muuttaa klikkailemalla kohtiin, joihin sen halutaan asettuvan. Hiontarajaa voidaan myös piirtää vetämällä hiirtä.

Kun raja on valmis, siirrytään seuraavaan.

Suunnitteluvaiheessa pilarin päälle ilmestyy oletushammas.

Jos ohjelman valitsema hammas ei vastaa haluttua, voidaan hammaskirjastosta valita mieleinen.

Työnmuokkaus työkalut löytyvät vasemmalta.

Ensimmäinen suositeltava työkalu on muutostyökalu. Sillä voidaan liikuttaa, kääntää ja skaalata hammasta.

Tässä vaiheessa hampaasta kannattaa tehdä oikean kokoinen viereisiin hampaisiin nähden ja asetella fissuuralinja kulkemaan oikein.

Seuraava hyödyllinen työkalu on kohdennetun muotoilun työkalu, jolla pystyy kohdistetusti vetämällä muotoilemaan hammasta. Saman värisiä palloja voidaan liikuttaa samanaikaisesti pitämällä liikuttaessa SHIFT näppäin pohjassa.

Esimerkiksi tämän hampaan distaali-bukkalinen kuspki on väärässä kohtaa, mutta tällä työkalulla sen saa helposti siirrettyä oikeaan paikkaan.

Vahaveitsityökalun pluspainikkeesta voidaan lisätä massaa työhön. Tai poistaa massaa miinuspainikkeella.

Työkalun voimakkuutta ja sädettä voidaan muuttaa säätimillä.

Vasemmassa alakulmassa on kumoa ja tee uudelleen -painikkeet, jos tarvitsee peruttaa tekemänsä muutos.

Pisara-painikkeella voidaan tasoittaa/silottaa hampaan pintaa.

Kun työtä ei enää liikuteta tai paikkaa haeta, se liitetään hiontarajaan tällä työkalulla. Klikataan työkalua ja painetaan vihreää nuolta, jolloin työ kiinnittyy hiontarajaan. Viereisestä työkalusta työn voi irrottaa hiontarajasta.

Hiontaraja kannattaa tasoittaa.

Tässä työssä kuspiharjanteet eivät ole linjassa vierushampaisiin nähden, mutta kohdennetun muotoilun työkalulla saa linjat sopiviksi.

Muita löytyviä työkaluja on kontakti ja tasoitustyökalu, jolla voidaan määrittää minimipak-suudet ja kontaktit sekä tasoittaa koko hampaan pinta, vihreistä nuolista painamalla. Tämä on helppo ja nopea tapa laittaa kontaktit optimaalisiksi, mutta hampaan ulkonäkö voi kärsiä.

Myös tällä työkalulla voidaan asettaa kontaktit vastapuriin ja vierushampaisiin.

Peilaus-työkalulla voidaan peilikuvana kopioida hammas vastapuolelta, jolloin kyseiset hampaat ovat samannäköiset molemmilla puolilla.

Artikulaattori-työkalulla voidaan tarkastella työtä artikulaattorissa.

Jos suunnittelu halutaan aloittaa alusta, painetaan palautuspainiketta.

Käydään seuraavaksi oikean yläkulman säätimet:

Ensimmäinen säädin muuttaa mallin näkyvyyttä, jolloin päästää paremmin tarkastelemaan hampaan approksimaalivälejä ja hiontarajaa, jotka kannattaa tasoittaa.

Seuraavalla säätimellä saadaan työ pois näkyviltä, jolloin näkyviin jää vain malli.

Tällä säätimellä saa vastapurijan näkyviin. Nyt näemme hyvin, että hammas tulee vastapurijasta läpi. Asia voidaan korjata vahaveitsityökalulla.

Myös kontakti vierushampaisiin on liian voimakas, vahaveitsityökalun miinus- ja pisarapainikkeilla tai kontaktien asettamistyökalulla kontakti korjaantuu.

Seuraava säädin näyttää punaisella ne kohdat työssä, joissa paksuus on alle minimipaksuuden. Fissuurien pohjat ovat usein tällaisia kohtia, joihin voidaan lisätä massaa.

Seuraava säädin näyttää punaisella rajauksella kohdat, joissa työ läpileikkaa vastapurijan tai vierushampaat.

Jos okklusaali-pinta jää omasta mielestä liian tasaiseksi, siihen voi vahaveitsityökalulla lisätä muotoja. Tai, jos siinä on liikaa muotoja, sitä voidaan tasoittaa.

Seuraava säädin näyttää värikarttana työn paksuudet: vihreän ajatellaan olevan optimaalinen, punaisen liian ohut. Tässä punertavia kohtia hieman paksunnetaan.

Sitten säädin, joka näyttää värikarttana kontaktien etäisyydet, jälleen vihreä on hyvä, punainen liian voimakas. Oranssi kertoo tiukasta kontaktista.

Tässä kohtaa avataan tikutusvälejä lisää, sillä ne olivat melko ahtaat. Hyvät tikutusvälit tekee hampaan puhdistettavuudesta helpompaa. Samoin päältäkatsottuna hampaan embrasuret olisi hyvä olla loivat ja muodot pyöreät, jolloin puhdistettavuus helpottuu.

Seuraavaksi esitellään muutama hyödyllinen työkalu oikeasta sivupalkista.

Esimerkiksi jos haluaa tarkastella työtä eri perspektiiveistä, näistä painikkeista klikkaamalla se onnistuu nopeasti.

On myös painikkeita, jotka kertovat työn paksuuden millimetreinä tai etäisyyttä vierushampaisiin.

Tämä hyödyllinen työkalu toimii vetämällä hampaan läpi viiva, jolloin aukeaa läpileikkauskartta, josta voi tarkastella hampaan läpileikkausta.

Seuraava painike näyttää minkä kokoisen tilan materiaalista työ vaatii vähintään, esimerkiksi blokkiin tai kiekkoon.

Hampaan pinta voidaan muuttaa helposti oikean hampaan näköiseksi painikkeella, jolla saadaan parempi käsitys lopputuloksesta. (Tästä painamalla hampaan pinta muuttuu oikean hampaan näköiseksi, jolloin saa paremman käsityksen millainen lopputulos tulee olemaan.)

Kun suunnittelu on valmis, työ tallentuu siirtymällä seuraavaan. Suunnittelun ollessa valmis, työ tallentuu, kun siirrytään seuraavaan.

Vasemmalla näkyy varmistus siitä, että suunnitelma on valmis ja tallennettu.

Tämän jälkeen työn voi sulkea.

Seuraavaksi työ on valmis jyrättäväksi.

Kiitos.