

Opetuksen vaikutus valokovetuksen laatuun eri valmistajien valokovettajilla

Jussi Mattila

24.12.2016

Turun yliopisto

Hammaslääketieteen laitos

Syventävät opinnot

Ohjaaja: Murat Mutluay

Tarkastaja: Pekka Vallittu

Abstrakti

Opetuksen vaikutus Valokovetuksen laatuun eri valokovettajilla

Tavoitteet: Tutkimuksen tavoitteena on tutkia opetuksen vaikutusta yhdistelmämuovipaikkojen valokovetuksen laatuun käyttämällä 4 eri valokovettajaa.

Metodit ja materiaalit: Tutkimuksessa käytetään hyväksi MARC-PS simulaationukkea (MARC-PS™, BlueLight, NS, Canada). Laitteessa on sensorit d27 okklusaalipinnalla ja dd11-21 aproximaalivälissä. Tutkimuksessa on mukana 50 hammaslääketieteen opiskelijaa. Jokainen suorittaa valokovetuksen kaikilla 4 valokovettajalla MARC-PS simulaationukkeen molempiin sensoreihin. Valokovetuksessa välittynyt energia(J/cm²) mitattiin ja analysoitiin. Ensimmäisen valokovetuskerran jälkeen osallistujille kerrottiin tutkimuksen tarkoitus ja heille annettiin opetusta valokovetuksesta. Tämän jälkeen osallistujat suorittivat samat valokovetukset uudestaan. Toisen kierroksen jälkeen tulokset verrattiin keskenään. Kaikkien valokovettajien kokonaisteho ja tehon jakautuminen ovat myös määritetty.

Tulokset: Tuloksissa oli huomattavaa vaihtelua 2,9-26,8 J/cm². Ennen- ja jälkeen-tuloksia verrattaessa huomataan, että jälkeen-tulokset olivat merkitsevästi parempia (p<0,05). Tulokset paranivat 13 % eli 1,6 J/cm² 10 s valokovetuksen aikana. Tuloksissa käy myös selville, että taka-alueella vaaditaan pidempi valokovetus aika. Myös valokovettajien välillä oli merkittäviä eroja (p<0,05).

Yhteenveto: Tuloksien perusteella voidaan sanoa, että osalla hammaslääketieteen opiskelijoista valokovetustekniikka ei ollut riittävän hyvin hallinnassa ja heidän piti parantaa. Opetuksen jälkeen tulokset kuitenkin paranivat merkittävästi. Valokovettajan ominaisuudet voivat myös merkittävästi vaikuttaa kovetuksen laatuun.

Avainsanat: Valokovetus, MARC-PS, MiniLed, Elipar S10, VALO, Elipar Deepucure S

1.	<u>Johdanto</u>	4-6
2.	<u>Materiaalit ja metodit</u>	7-11
2.1.	<u>Tutkimukseen osallistujat</u>	7
2.2.	<u>MARC-PS</u>	7
2.3.	<u>Valokovettajat</u>	8
2.4.	<u>Beam profiling</u>	9
2.5.	<u>Simulaation toteutus ja ennen-simulaatio</u>	10
2.6.	<u>Opetus ja jälkeen-simulaatio</u>	11
3.	<u>Tulokset</u>	12-16
4.	<u>Pohdinta</u>	17-20
5.	<u>Yhteenveto</u>	21
6.	<u>Lähteet</u>	21-24

1. Johdanto:

Terveys 2000 tutkimuksessa on todettu, että joka kolmannella yli 30-vuotiaalla suomalaisella on vähintään yksi karieksen vuoksi paikkausta vaativa hammas (1). Suomessa suosituin paikkamateriaali on yhdistelmämuovi (2). Muita vaihtoehtoja ovat mm. keraamiset täytteet, lasi-ionomeeri ja amalgaami. Koska yhdistelmämuovi on suosituin paikkamateriaali, sen käsittelyssä tapahtuvat virheet korostuvat. Tutkimuksen tarkoituksena oli perehtyä siihen, että pystytäänkö koulutuksella parantamaan yhdistelmämuovipaikkojen laatua. Valokovetuksen tarkoituksena on kovettaa yhdistelmämuovipaikka. Valo aktivoi täytemateriaalin initiaattorin ja aktivaattorin ja saa aikaan muovin monomeerien polymerisoitumisen. Ongelmana on, saadaanko valokovettajilla välitettyä tarpeeksi suuri määrä energiaa, jotta yhdistelmämuovipaikka kovettuisi kokonaan. (17)

Aikaisemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että valokovetuksesta välittynyt energian määrä ja sitä myötä kovettumisen määrä vaikuttavat yhdistelmämuovipaikan kestävyYTEEN. (3) Valokovettimesta tuleva säteilyannos vaikuttaa kovettumisen määrään ja yhdistelmämuovipaikan ominaisuuksiin. (4) Huomioitavaa on, että liian pieni säteilyannos ja siitä johtuva huono kovettuminen aiheuttavat paikan liian nopeaa kulumista (5), heikentyntä sidostumista hampaaseen (6), oikomisbrakettien huonoa kiinnittymistä (7), marginaalista kulumaa (8), lisääntynyntä bakteerikolonisaatiota (9), sytotoksisten aineiden leviämistä (10) ja nopeampaa värin muutosta. (11) Nämä taas lisäävät riskiä sekundaarikarieksen muodostumiselle ja paikkojen ennenaikaiselle irtoamiselle.

Yhdistelmämuovipaikan keskimääräinen kesto aika on kymmenen vuotta (12). Yhdistelmämuovipaikkojen laatuun ja niiden "elinikään" vaikuttaa monta eri asiaa kuten käytettävät materiaalit, paikan sijainti ja hammaslääkärin ammattitaito (13). Eri materiaalit vaativat eri määrän säteilyä kovettuakseen (14). Kerralla kovetettavan muovin paksuus vaikuttaa myös jossakin määrin valokovetus aikaan. Lisäksi paikan laatuun vaikuttaa kaviteetin muoto ja sijainti. Eri hampaissa paikat joutuvat erilaiselle rasitukselle. Kaviteetin sijainnilla on osoitettu olevan vaikutusta siihen, miten hyvin paikka saadaan valokovetettua. Taka-alueelle voi olla vaikeampi päästä kovettamaan ja etäisyys kovetettavaan materiaaliin saattaa olla suurempi.

Myös valokovettajissa on suuria eroja. QTH-valokovettajissa (quartz tungsten halogen) on huomattavasti laajempi valon aallonpituuden spektri, mutta LED-valokovettajat saattavat olla tehokkaampia tietyllä aallonpituudella. (15) QTH- ja LED-valokovettimilla ei ole löydetty merkittävää eroa muovin kovettumisen suhteen. (16) Tässä tutkimuksessa keskityttiin vain LED-valokovettajiin. Niissä valon aallonpituus on lähellä optimaalista kamforikinonin aktivointia varten. Kamforikinonia käytetään initaattorina yhdessä amini aktivaattorin kanssa, toisin sanoen reaktion käynnistäjänä, suurimmassa osassa yhdistelmämuoveja. (17) Valon jakautumisella valokovettajan kärjessä on myös osoitettu olevan väliä yhdistelmämuovipaikkojen kovettumiselle. (18)

Riittävän energian määrä yhdistelmämuovipaikan kovetukselle vaihtelee merkittävästi eri lähteiden välillä. Tutkimuksissa on todettu, että $6-12 \text{ J/cm}^2$ riittäisi kovettamaan 1,5 mm kerroksen joitain yhdistelmämuoveja (14). Phillips' Science of Dental Materials kirjassa suositellaan 16 J/cm^2 energiaa parhaan mahdollisen kovuuden saamiseksi 2 mm paksuiselle yhdistelmämuovikerrokselle (17). Kuitenkin materiaalin sävystä ja opaakisuudesta riippuen tarvittava energian määrä voi olla jopa 35 J/cm^2 , jotta 2 mm kerros saataisiin kovetettua (19, 20). On hyvä huomata, että materiaalivalmistajien suosittelemat valokovetusajat eivät aina takaa riittävän hyvää lopputulosta. Tutkimuksessa on todettu, että vain 70 % muoveista kovettui riittävästi valmistajan antamalla ohjeella (14).

Yhdistelmämuovipaikkojen kovettumista on vaikeaa tutkia kliinisillä tutkimuksilla, koska se on eettisesti epäilyttävää. Yhdistelmämuovipaikkojen jättäminen tahallaan huonosti kovetetuiksi ei olisi oikein potilaille. Siksi onkin hyvä, että käytössä on mahdollisimman hyvin oikeaa yhdistelmämuovipaikkaustilannetta simuloivia, jolloin pystytään testaamaan asiaa eettisemmin. Näillä välineillä voidaan tutkia paremmin valokovetuksessa välittyviä energiamääriä ja yhdistelmämuovin kovettumisasteita. Työpaikoilla olevat käsikäyttöiset mittarit eivät kerro valokovettajasta ja kovettumisen onnistumisesta kaikkea tietoa. Ne on tarkoitettu lähinnä vain valokovettajan laadun pysyvyyden tarkkailuun. Käsikäyttöiset laitteet eivät kerro valokovettajan spektristä vaan pelkästään energian määrästä. (7) Simulaatioiden avulla on pystytty osoittamaan aikaisemmissa tutkimuksissa, että lisäopetuksella valokovetuksen laatu paranee. (21, 22, 23)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia simulaattorin avulla valokovettajien ja käyttäjien vaikutusta siihen, kuinka paljon energiaa valokovettajalla saadaan tuotettua. Ensimmäinen

hypoteesi oli, että kaikki tutkimukseen osallistuvat henkilöt saavat tuotettua vähintään 10 J/cm^2 energiaa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on käytetty samaa arvoa, minkä takia käytämme sitä myös tässä tutkimuksessa vertailun helpottamiseksi. 10 J/cm^2 todettiin myös riittäväksi määräksi kovuusmittauksissa. Pilottimittauksissa kovetettiin 10 J/cm^2 verran 2 mm paksuista kerrosta Filtek supreme XTE A3 muovia. Kovuusmittauksissa muovin yläosan ja alaosan kovettumisasteidenn keskiarvojen ero oli 6 %, jota voidaan pitää riittävänä. Toinen hypoteesi oli, että simulaattoriopetuksen avulla hammaslääkäriopiskelijat pystyvät kovettamaan yhdistelmämuovia paremmin.

2. Metodit ja materiaalit

2.1 Tutkimukseen osallistujat

Tutkimus suoritettiin Turun yliopiston hammaslääketieteen laitoksella ja siihen osallistui 44 kolmannen vuoden hammaslääketieteen opiskelijaa sekä kuusi jo valmista hammaslääkärinä, jotka suorittavat pätevöitymistä Suomessa. Tutkimuksessa opiskelijat suorittivat valokovetussimulaation pareittain. Toinen parista toimi hammaslääkärinä ja toinen hoitajana, jotta saavutettiin mahdollisimman autenttinen tilanne valokovetukseen. Parit vaihtoivat rooleja, kun toinen parista oli suorittanut omat valokovetussimulaationsa hammaslääkärin roolissa. Ensimmäinen valokovetussimulaatio suoritettiin niillä opeilla, mitä opiskelijat olivat aikaisemmin opinnoistaan saaneet. Opiskelijoille ei kerrottu simulaation tarkoitusta, jotta he eivät yrittäisi suorittaa liikaa. Tutkimuksessa otettiin huomioon Turun yliopiston tarkastuslautakunnan ohjeet. Tutkimukseen osallistujilta on saatu suullinen suostumus. Henkilökohtaista tietoa ei kerätty. Henkilöille kerrottiin vain omista tuloksista. Turun yliopiston eettinen komitea on tutkinut ja hyväksynyt tutkimussuunnitelman (UT Ethics Committee Statement 9/2013). Tutkimus menetelmissä on käytetty kvantitatiivista menetelmää.

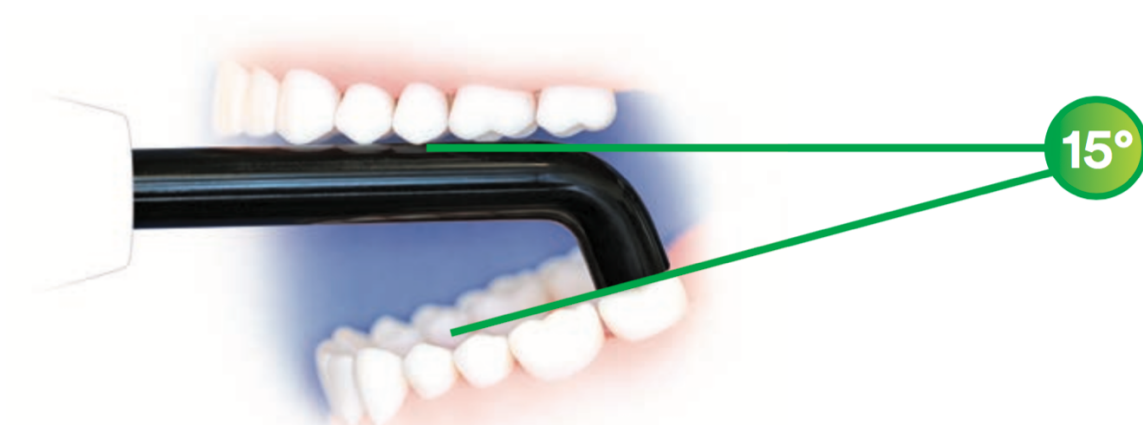
2.2 MARC-PS

Simulaatiossa käytettiin MARC-PS-laitetta (Bluelight analytics), joka on hammaslääketieteen opinnoissa käytettävä simulaattori. Sen avulla mitattiin opiskelijoiden aikaansaama valokovetuksen säteilyenergiämäärä valokovettajalla kuvitteellisissa kaviteetissa. Simulaattorissa ei käytetty yhdistelmämuovia, vaan laitteen sensorit mittasivat energian tyhjän kaviteetin pohjalta. MARC-PS mittaa maksimaalisen hetkellisen valotehon, keskimääräisen valotehon ja kokonaisenergian. Laite käyttää kahta 3,9 mm halkaisijaltaan olevaa säteilytunnistinta, jotka mittaavat säteilyvoimakkuuden. Laitteen sensorit on sijoitettu simulaationuken vasempaan toiseen ylämolarisiin (d27) okklusaalipinnalle ja yläetuhampaiden väliin labiaalisesti. Molarissa etäisyys sensoriin oli 2 mm okklusaalitasosta ja 4 mm kuspian kärjestä. Etuhampaassa etäisyys oli 1 mm. MARC-laite on kiinnitetty USB-johdolla tietokoneeseen, joka analysoi tiedot. Tietokone käyttää MARC-ohjelmaa (BlueLight Analytics), joka on tarkoitettu mittausten rekisteröintiin ja analysointiin. Suun avaus simulaationukella on 43 mm.

2.3 Valokovettajat

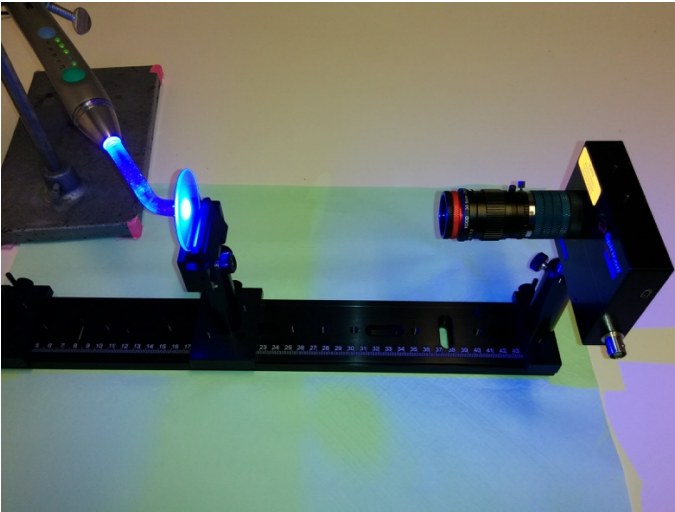
Simulaatiossa käytettiin neljää eri valokovettajaa: MiniLed, VALO, Elipar S10 ja Elipar Deepcure S. Valokovettajat valittiin niiden yleisyyden ja erilaisen muotoilun vuoksi.

Hoitoyksikköön kiinnitetty MiniLed on Suomen yleisin valokovettaja. MiniLed on tutkimuksen ainoa hoitoyksikössä kiinni oleva valokovettaja. VALO taas on muotoilultaan poikkeuksellinen verrattuna muihin valokovettajiin. Siinä ei ole erillistä kärkeä toisin kuin muissa valokovettajissa. Lisäksi sen valo on 90 asteen kulmassa runkoon nähden, mikä voi helpottaa kovettamista taka-alueella. Toisaalta VALO-kovettajassa ei pysty kääntämään kärkeä itselle optimaaliseen asentoon, vaan sen kanssa täytyy kääntää koko laitetta, toisin kuin muilla kovettajilla. VALO on johdollinen kovettaja, joka ei kuitenkaan ole kiinni hoitoyksikössä. Elipar S10 on muotoilultaan samankaltainen MiniLedin kanssa. Se on kuitenkin irrallinen kovettaja ilman johtoa. Elipar Deepcure S on kehittyneempi malli Elipar S10 kovettajasta. Sen markkinoidaan olevan edeltäjänsä tehokkaampi. Lisäksi kärki on musta ja sen muotoilua on hieman muutettu niin, että kärjen kulma on pienempi.

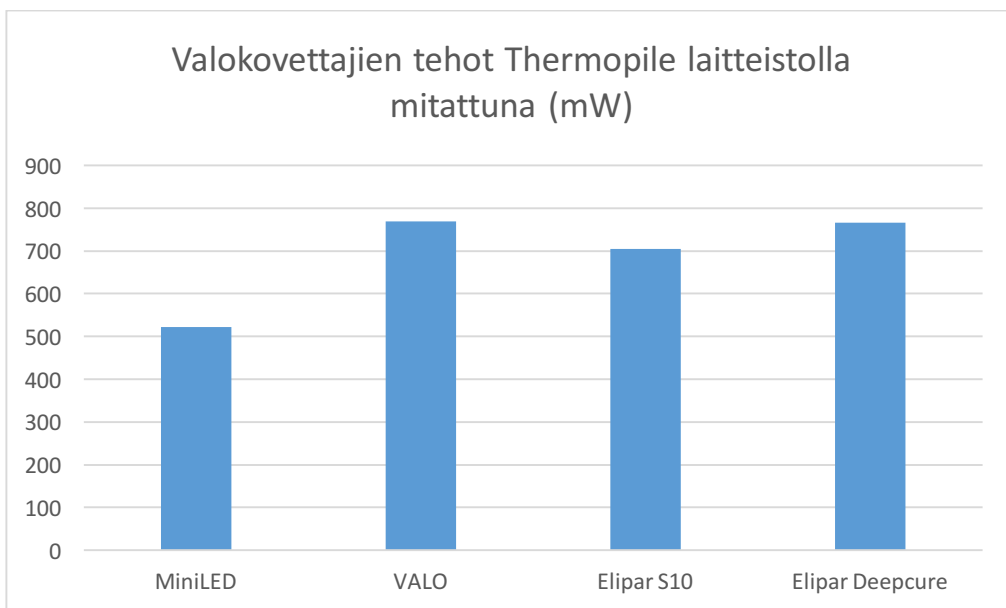


Kuva 1. Kärjen kulman ollessa pienempi, on helpompi päästä kovettamaan taka-alueita myös pienemmällä suun avauksella. (24)

2.4 Beam profiling



Kuva 2. Säteen profilointiin käytetty laitteisto.

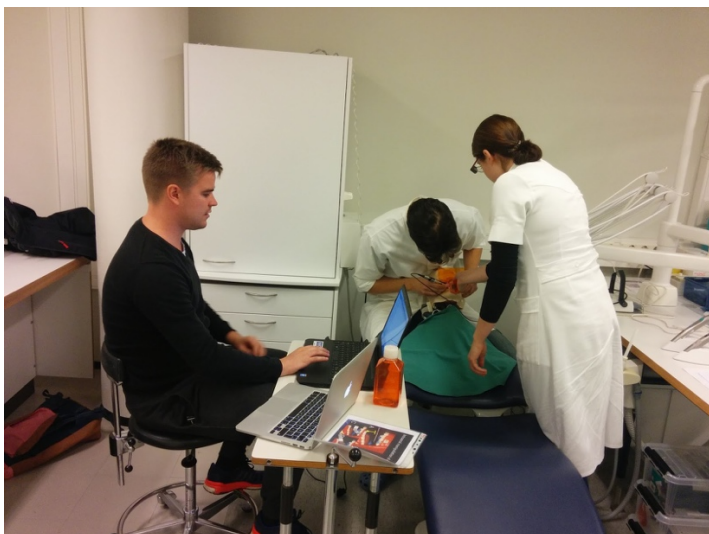


Kuva 3. Thermopile-laitteistolla saadut maksimitehot kullekin valokovettajalle.

Kullekin valokovettajalle tehtiin tehomittaus thermopile-laitteistolla. Näin saatiin mitattua valokovettajien maksimiteho standardiolosuhteissa, joka on kuvattuna taulukossa 1. Lisäksi jokaisesta kovettajasta otettiin sädeprofiili (LBA- USB-L070 Beam Profiler, Ophir-Spiricon, Logan, UT, USA). Profiilit otettiin 0 mm, 1 mm ja 4 mm etäisyyksillä. Säteilypofiilit on esitetty kuvassa 6. Ennen jokaista profilointia kone kalibroitiin, jotta tuloksista saataisiin mahdollisimman tarkat.

Tulokset esitettiin profilointiin tarkoitetulla ohjelmalla (LBA-USB-SCOR vs. 4.84, Ophir-Spiricon). Aikasemmin saadut tulokset thermopile-mittauksista lisättiin ohjelmaan. Laite määrittää näin jokaisen valokovettajan tehon jakautumisen ja antoi kuvan siitä.

2.5 Simulaation toteutus



Kuva 4. Kaksi opiskelijaa ja tutkimuksen tekijä suorittamassa valokovetussimulaatiota MARC-PS-laitteella.

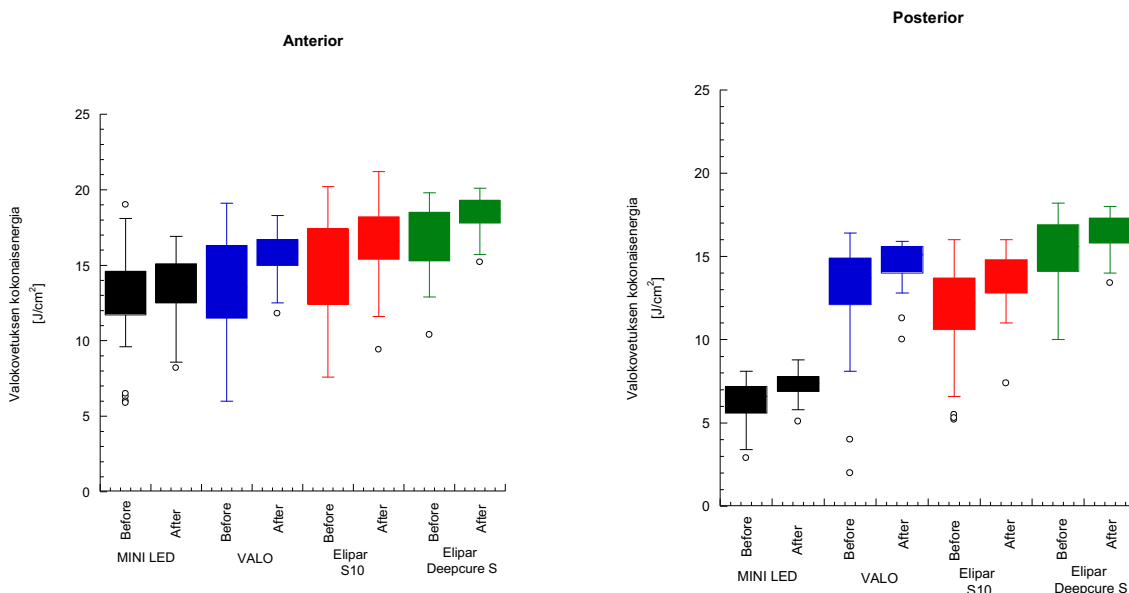
Simulaation tarkoituksena oli mitata säteilyvoimakkuuden määrä, minkä opiskelijat saavat aikaan kullakin valokovettajalla. Ennen valokovetussimulaation aloitusta jokaisen osallistujan pyydettiin suorittamaan valokovetus niin kuin he yleensä sen tekevät. Potilaan asennon säätäminen ja peilin käyttäminen oli sallittua. Tämän jälkeen jokainen suoritti 10 sekunnin valokovetuksen kaikilla neljällä eri valokovettajalla kumpaankin (d27 ja dd11-21 väli) sensoriin. Sensoriin osuva säteilyvoimakkuus mitattiin samanaikaisesti MARC ohjelmalla. Tiedot säteilyvoimakkuudesta olivat näkyvillä vain tutkimuksen tekijälle, ei osallistujille. Simulaatiota havainnollistettu kuvassa 4. Altistusaika kontrolloitiin jokaisen laitteen omalla ajanmittauksella. Näiden mittausten jälkeen saatiin tutkimuksessa myöhemmin viitattavat ”ennen” arvot.

2.6. Opetus ja toinen simulaatio

Ensimmäisen valokovetuskierroksen jälkeen tutkimukseen osallistuville opiskelijoille kerrottiin lisää tutkimuksesta ja sen tarkoituksesta. Tämän jälkeen heille pidettiin pienimuotoinen luento, jossa annettiin lisää ohjeita valokovetukseen. Luennossa kerrottiin erilaisista valokovettajista, muovin määrän vaikutuksesta, etäisyyden vaikutuksesta, suunnan vaikutuksesta ja pinta-alan vaikutuksesta. Heitä kehoitettiin käyttämään UV-valolta suojaavaa oranssia suojaa, katsomaan koko ajan mitä he tekevät, ja stabiloimaan valonlähde mahdollisimman lähelle kovettavaa aluetta. Luennon jälkeen opiskelijat suorittavat simulaatiot uudestaan samalla tavalla kuin ensimmäisellä kerralla. Vielä ennen jokaista simulaatiota ohjeet käytiin jokaisen parin kanssa uudestaan läpi. Ohjeiden jälkeen mitattiin uudet arvot säteilyvoimakkuudelle. Näin saatiin ”jälkeen” arvot.

3. Tulokset

Mittauksia aloittaessa mukaan osallistui yhteensä 50 osallistujaa. Näistä jälkeen-mittauksiin osallistui kuitenkin vain 41 henkilöä, eli 82 % aikaisemmin osallistuneista, koska kaikki ennen-mittauksissa mukana olleet eivät päässeet osallistumaan jälkeen-mittauksiin. Tästä syystä tuloksissa käytettiin vain niiden 41 osallistujan tuloksia, jotka osallistuivat molempiin mittauksiin. Pätevöityjistä vain yksi osallistui molempiin simulaatioihin. Lisäksi tilastoja analysoitaessa poistettiin mahdolliset virheelliset ääriarvot.



Kuva 5. Ennen ja jälkeen tulokset anteriorisesta ja posteriorisesta sensorista. Kuvasta nähdään, että lähes kaikilla kovettajilla vaihtelu on pienentynyt ja tulos parantunut

Mittauksissa saadut tulokset esitetään kuvassa 5. Näistä huomataan, että jälkeen-tuloksissa on huomattavasti pienempi vaihtelu kuin ennen-tuloksissa. Lisäksi nähdään, että jälkeen tulokset ovat kauttaaltaan paremmat. Ennen opetusta kaikkiaan 71:ssä (21,6 %) simulaatiossa päädyttiin alle 10 J/cm^2 . Opetuksen jälkeen jäätiin vain 46 (14 %) kertaa alle 10 J/cm^2 . Muutos tässä tilastossa oli 7,6 %. Huomattavaa oli, että MiniLed posteriori-mittaukset jäivät kaikki 41 molemmissa ryhmissä alle tavoitellun arvon. Jos MiniLed jätetään pois, jäädään ennen tuloksissa 30 kertaa ja jälkeen tuloksissa 5 alle tavoitellun 10 J/cm^2 arvon. Toisin sanoen 83 % vähemmän kertoja.

Taulukko 1. Ennen- ja jälkeen-simulaatioiden keskiarvotulokset ja niiden muutokset. Jokaisella valokovettajallakeskiarvo tulos on parantunut

	KA ennen	KA jälkeen	muutos %	muutos J/cm ²
MiniLed anterior	13,2 J/cm ²	13,7 J/cm ²	4,1 %	0,5 J/cm ²
MiniLed posterior	6,2 J/cm ²	7,3 J/cm ²	17,7 %	1,1 J/cm ²
VALO anterior	13,4 J/cm ²	16,2 J/cm ²	20,3 %	2,7 J/cm ²
VALO posterior	12,8 J/cm ²	14,7 J/cm ²	14,8 %	1,9 J/cm ²
Elipar S10 anterior	14,7 J/cm ²	16,6 J/cm ²	13,0 %	1,9 J/cm ²
Elipar S10 posterior	11,8 J/cm ²	13,7 J/cm ²	16,6 %	1,9 J/cm ²
Elipar Deepcure S anterior	16,6 J/cm ²	18,5 J/cm ²	11,0 %	1,8 J/cm ²
Elipar Deepcure S posterior	15,3 J/cm ²	16,4 J/cm ²	6,9 %	1,1 J/cm ²

Keskiarvomuuutos ennen- ja jälkeen-simulaatioiden välillä on 13 %, mikä tarkoittaa 10 sekunnin aikana 1,62 J/cm². Suurin muutos ennen- ja jälkeen-simulaatioiden välillä oli Valo anterior-ryhmässä, jossa muutos oli 20,3 %. Pienin muutos tapahtui MiniLed anterior-ryhmässä, jossa muutos oli vain 4,1 %. Tämä olikin ainoa ryhmä jossa muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä. Kaikissa muissa ryhmissä muutos ennen- ja jälkeen-ryhmien välillä oli tilastollisesti merkittävä (p<0,05).

Taulukko 2. Simulaatioissa saadut parhaat tulokset kullakin valokovettimella. Parhaiden tulosten perusteella ei voi päätellä liikaa opetuksen hyödyistä, sillä osa tuloksista on parempia ennen-simulaatioissa ja osa parempia jälkeen-simulaatioissa.

	Max ennen	Max jälkeen
MiniLed anterior	26,8 J/cm ²	16,9 J/cm ²
MiniLed posterior	8,1 J/cm ²	8,8 J/cm ²
VALO anterior	19,1 J/cm ²	18,3 J/cm ²
VALO posterior	16,4 J/cm ²	15,9 J/cm ²
Elipar S10 anterior	20,2 J/cm ²	21,2 J/cm ²
Elipar S10 posterior	15,8 J/cm ²	15,8 J/cm ²
Elipar Deepcure S anterior	19,8 J/cm ²	20,1 J/cm ²
Elipar Deepcure S posterior	18,2 J/cm ²	17,8 J/cm ²

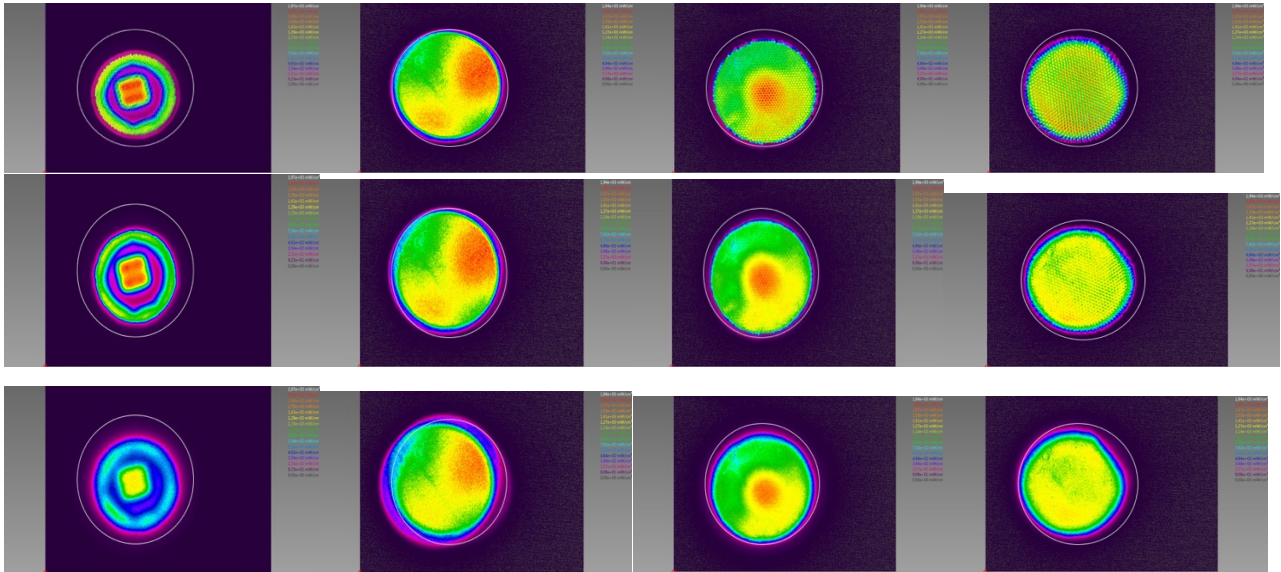
Taulukko 3. Simulaatioissa saadut pienimmät tulokset kullakin valokovettajalla. Taulukosta nähdään, että tulos on jokaisella valokovettimella parempi jälkeen-kovetuksissa

	Min ennen	Min jälkeen
MiniLed anterior	5,9 J/cm ²	8,2 J/cm ²
MiniLed posterior	2,9 J/cm ²	5,1 J/cm ²
VALO anterior	7,4 J/cm ²	11,8 J/cm ²
VALO posterior	8,1 J/cm ²	11,3 J/cm ²
Elipar S10 anterior	7,6 J/cm ²	9,4 J/cm ²
Elipar S10 posterior	5,2 J/cm ²	7,4 J/cm ²
Elipar Deepcure S anterior	10,4 J/cm ²	15,2 J/cm ²
Elipar Deepcure S posterior	11,3 J/cm ²	13,4 J/cm ²

Tulosten välillä nähtiin suurta vaihtelua. Simulaatioissa saadut arvot vaihtelivat 2,9 ja 26,8 J/cm² välillä. Parhaita tuloksia tarkasteltaessa huomattiin, että tulokset olivat melko vaihtelevia. Neljä kertaa kahdeksasta ennen-simulaatioissa saatiin suurempi maksimaalinen arvo kuin jälkeen-simulaatioissa. Lisäksi kertaalleen on päädytty samaan arvoon. Voidaan ajatella, että osa

simulaatioihin osallistujista on jo omannut riittävät taidot hyvään valokovetukseen jo ennen ensimmäistä simulaatiota. Tälle ryhmälle opetuksesta ei ollut hyötyä.

Huonoimpia tuloksia vertailtaessa huomataan, että kaikkien valokovettajien kohdalla huonoin tulos on parantunut. Voidaan siis ajatella, että opetuksen jälkeen kukaan ei ole enää täysin epäonnistunut valokovetuksessa ja opetuksesta olisi ollut hyötyä.



Kuva 6. Thermopile-laitteistolla kuvatut sädeprofiilit. Vasemmalta oikealle MiniLed, VALO, Elipar S10, Elipar Deepcure S. Ylhäältä alaspäin 0 mm, 1 mm ja 4 mm etäisyys. Sädeprofiileista näkyy valon jakautuminen kunkin valokovettimen kärjessä eri etäisyyksillä. MiniLed valokovettimella valo jakautuu epätasaisesti, kun taas Elipar valokovettimella valo jakautuu tasaisesti koko kärjen alueella. VALO valokovettimella valon tehokkain alue sijoittuu reunaan.

Sädeprofiileista nähdään hyvin tehon jakautuminen valokovettajien kärjissä. Mittaukset suoritettiin laboratorio-olosuhteissa ja tulosten välillä ei ollut vaihtelua. Jokainen sädeprofiili näyttää erilaiselta. MiniLed ja Elipar S10 valokovettajissa teho on suurimmillaan keskellä kovettajan kärkeä. Valo valokovettajassa on kaksi kohtaa kärjen reunoilla, joihin teho keskittyy. Elipar Deepcure S valokovettajassa teho on jakautunut tasaisesti koko kärjen alueelle.

Pienin ero ennen ja jälkeen kovetusten välillä oli Miniled anterior-ryhmässä. MiniLedissä on muita valokovettajia pienempi valokovettajan kärki, mikä saattaa helpottaa tähtäämistä. Muuten Elipar Deepcure S valokovettajalla oli pienimmät erot ennen- ja jälkeen simulaatioiden välillä. Voidaankin

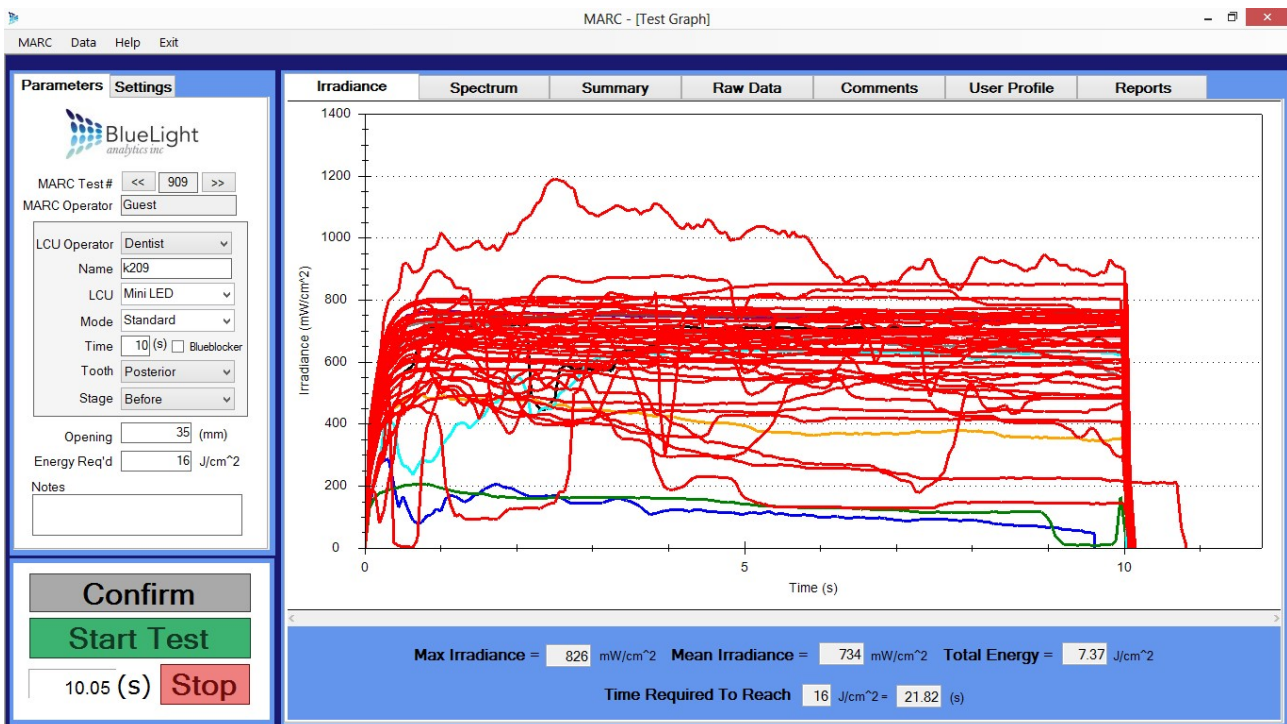
olettaa, että ero johtuu valon jakautumisesta tasaisesti koko kärjen alueella. Muilla valokovettajilla, joissa valo jakautuu epätasaisemmin, pieni tähtäysvirhe saattaa aiheuttaa isomman muutoksen kuin Elipar Deepcure S:n kanssa.

Valokovettajia vertailtaessa huomataan myös eroja. Kun verrataan jälkeensimulaatiossa saatuja arvoja toisiinsa, kaikkien valokovettajien välillä on toisiinsa verrattaessa tilastollisesti merkittävä ero sekä anteriorisesti että posteriorisesti ($p < 0,001$). Vertailussa käytetään vain jälkeensimulaation arvoja, jolloin tulokset olivat tasaisempia ja saatiin luotettavampi tulos pelkästään valokovettajia vertailtaessa. Jälkeensimulaation arvoja käytettiin myös siksi, että osallistujat osasivat silloin todennäköisemmin käyttää adekvaatisti valokovettajia.

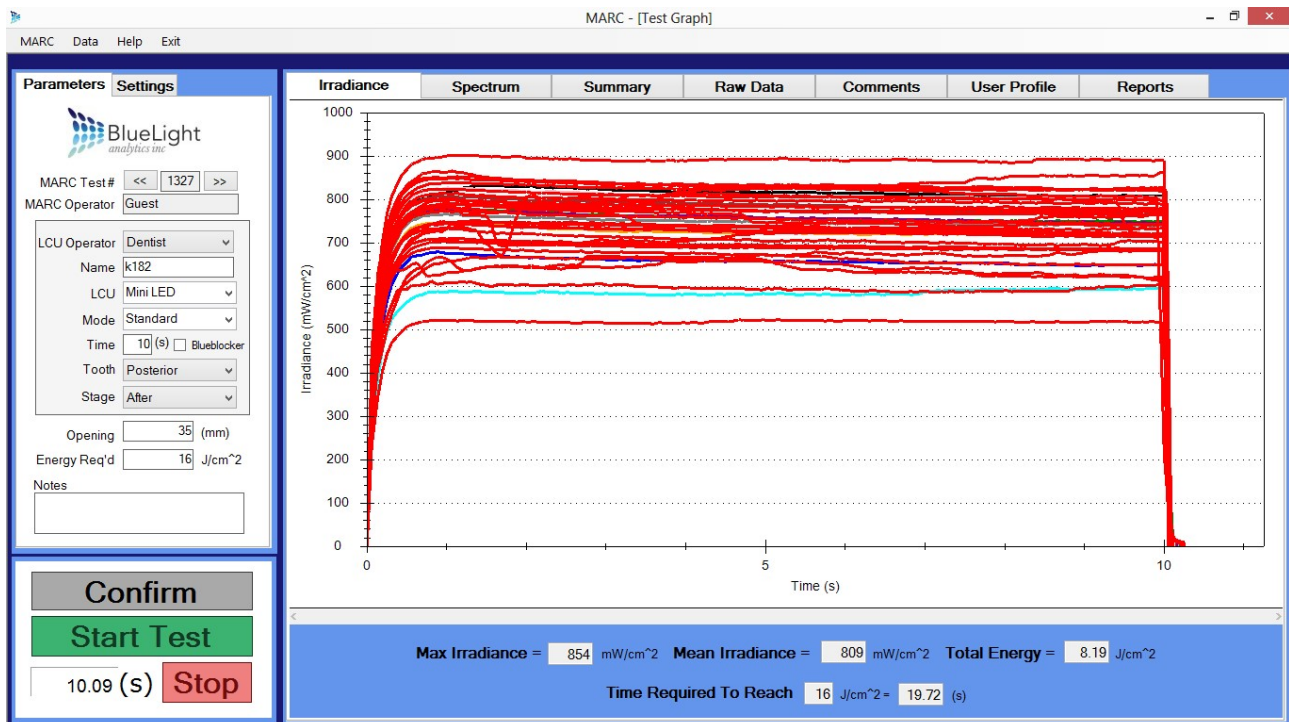
Hypoteesina oli, että jokainen osallistuja saisi jokaisella valokovettajalla vähintään 10 J/cm^2 sekä anteriorisesti että posteriorisesti. Hypoteesi ei pitänyt paikkaansa sillä vielä jälkeensimulaatioissakin 46:ssa tapauksessa tulos jäi alle 10 J/cm^2 . Toisena hypoteesina oli, että opetuksesta olisi hyötyä valokovetuksessa. Simulaatioiden perusteella voidaan todeta, että opetuksesta todella olisi hyötyä.

4. Pohdinta

Suurimmalla osalla osallistujista oli ennen-simulaatioiden alkaessa hyvin vähän kokemusta valokovettajien käytöstä. Opiskelijat eivät olleet käyttäneet kuin yhtä simulaatioissa käytettävistä valokovettajista. Muut valokovettajat olivat heille täysin uusia. Tästä syystä monen valokovettajan käytön kanssa oli hankaluuksia. Opiskelijat eivät esimerkiksi ymmärtäneet, että valokovettajan kärki pyörii ja näin ollen sen saa asetettua itselle mieluisaan asentoon valokovettajaan nähden. Opiskelijat eivät myöskään tieneet aina mistä valokovettaja menee päälle, mikä aiheutui myös hankaluuksia. Opetuksessa kerrottiin myös näistä asioista ja jälkeen-simulaatioissa valokovettajien käyttö oli luontevampaa. Ennen simulaatioissa oli huomattavaa myös, että valokovettaja liikkui simulaation aikana. Tästä johtuen Sensoriin välittyvän valon määrä väheni simulaation aikana merkittävästi. Syytä siihen saattoivat olla katseen puute kohteeseen, tuen puute valokovettajalle ja huono asento. Myös peilin käyttö oli vierasta ja se johti huonoon asentoon simulaatiota tehdessä. Jälkeen simulaatioissa myös nämä seikat olivat parantuneet.



Kuva 7. Miniled posterior ennen. Kuvassa näkyy liikkeen aiheuttama vaihtelu energian välityksessä valokovetuksen aikana.



Kuva 8. Miniled posterior jälkeen. Jälkeen kovetuksissa osallistujat saivat stabiloitua valokovettajan paremmin, minkä takia energia välittyi tasaisemmin.

Voidaan myös miettiä, että oliko simulaatioissa käytetty osallistujaryhmä oikea tähän tutkimukseen. Ovatko tulokset vääristyneet, kun testataan ryhmällä, jolla ei ole juuri ollenkaan aikaisempaa kokemusta. Osallistujat eivät oppineet pelkästään opetuksen myötä, vaan saivat tutkimuksen aikana myös koko ajan lisää kokemusta muutenkin. Olisiko parempi tutkia jo valmistuneiden hammaslääkäreiden kanssa, joilla on jo kokemusta valokovettamisesta. Olisiko myös heidän kohdallaan henkilökohtaisesta opetuksesta merkittävää hyötyä? Usein valmiille hammaslääkäreille, valokovetuksesta puhuttaessa, puhutaan vain valokovetusajoista. Oman tekniikan korostus ja konkreettinen näyttö paikkojen kovettumisesta jäävät usein uupumaan. Ainoa vertailukohta on omakohtainen tieto siitä, miten paikat ovat pysyneet mutta syytä sille ei välttämättä tiedä.

On tärkeä muistaa, että simulaatio ei ole sama asia kuin oikea potilastilanne. Osallistujat olisivat mahdollisesti ottaneet tilanteen totisemmin ja tehneet parempaa työtä jo ensimmäisessä simulaatiossa, jos kyseessä olisi ollut ihminen eikä simulaationukke. Simulaatio on kuitenkin muussa mielessä huomattavasti helpompi kuin oikea potilastilanne. Simulaationukke saa suuta enemmän auki kuin osa potilaista. Simulaationukella ei myöskään ole kieltä häiritsemässä eikä

nukke muutenkaan liiku. Oikeassa potilastilanteessa ei myöskään aina ole molemmat kädet käytettävissä ja esimerkiksi tuen saaminen valokovettajalle voi olla vaikeaa. Simulaation aikana ei myöskään ole kiire mihinkään, vaan sen aikana pystyy keskittymään ja harkitsemaan tekemistään huomattavasti pidempään kuin potilastilanteessa. Näin ollen voidaan olettaa, että simulaatioissa saatavat tulokset olisivat paremmat kuin ihmisillä saatavat tulokset.

Jälkeen tuloksissa 328:sta valokovetuksesta 116:ssa (35,4 %) tulos oli yli 16 J/cm^2 , joka olisi riittävä hyvään valokovetukseen. Lisäksi vain 3 tulosta jäi alle 6 J/cm^2

Tulokset aikaisempiin tutkimuksiin nähden ovat opetuksen hyödyn kannalta vastaavanlaiset. Huomattavaa on kuitenkin energiamäärän ero vastaavilla valokovettajilla. Tämän tutkimuksen tuloksissa Elipar S10 sai jälkeen tutkimuksessa keskiarvon $13,7 \text{ J/cm}^2$ ja toisessa tutkimuksessa se on saanut keskiarvon $11,5 \text{ J/cm}^2$ (21). Myös VALO valokovettajaa käytettiin molemmissa tutkimuksissa ja myös sen kanssa ero oli selkeä $14,7 \text{ J/cm}^2$ tässä tutkimuksessa ja 9 J/cm^2 toisessa (23). Toisessa tutkimuksessa osallistujamäärä oli 29 (68 %) osallistujaa vähemmän sekä osallistajat olivat jo kokeneita hammaslääkäreitä.

Valokovettajien välillä huomattiin merkittävää eroavaisuutta. Erot valokovettajien välillä saattavat johtua esimerkiksi valokovettajien muotoilusta. Moni osallistuja tuntui pitävän VALO:n erilaisesta muotoilusta. Toisaalta kyseisen valokovettajan kärkeä ei pysty kääntämään itselle mieluisaan asentoon, jolloin sen sujuva käyttö jokaisessa tilanteessa voi olla hankalaa. Tutkimuksessa huomioitavaa on myös se, että MiniLed pärjäsikin muille valokovettajille hyvin etualueella, mutta takaalueella tulokset jäivät huomattavasti heikommiksi. MiniLedin kärki kaventuu kärkeä kohti, joka keskittää valon lähelle kärkeä mutta etäisyyden kasvaessa valo hajoaa enemmän, kuin muilla valokovettajilla. Etualueella etäisyyden ollessa pienempi valo ei ole ehtinyt hajoamaan. Elipar Deepcuren vaihtelu ennen ja jälkeen mittauksissa oli kaikista pienin. Myös valon jakautumisella kärjen alueella, voidaan ajatella olevan merkitystä. Maksimaalisissa tehoissa ei juuri ollut eroa VALO:lla ja Elipar Deepcurella, mutta simulaatioissa eroja oli.

Ensimmäinen hypoteesi siitä, että jokainen osallistuja saisi valokovettajasta huolimatta vähintään 10 J/cm^2 energiaa 10 sekunnin aikana, ei pidä paikkaansa. Suurimmaksi osaksi tämä johtuu siitä, että valokovettajien välillä on huomattavia eroja. Toiseksi simulaatiota suorittamassa on ihmisiä, jotka ovat kaikesta opastuksesta huolimatta erehtyväisiä ja tulokset vaihtelevat suuresti

osallistujien välillä. Toinen hypoteesi, että opetuksesta olisi hyötyä, pitää paikkaansa. Vertaamalla keskiarvo tuloksia huomataan, että opetuksesta on tilastollisesti merkitsevästi hyötyä.

Tuloksista päätellen on tärkeää, että opiskelijoille opetetaan valokovetukseen liittyvä tekniikka ja välineet huolellisesti. MARC-PS sopii erinomaisesti havainnollistamaan opiskelijoille oikeaoppisen valokovetuksen merkityksen. Siksi olisikin hyvä, että jokainen opiskelija pääsisi kokeilemaan MARC-PS laitteella valokovetussimulaatiota ja saamaan samalla henkilökohtaista opastusta ja palautetta. MARC-PS-laitteesta olisi varmasti myös hyötyä kokeneemmille hammaslääkäreille, jolloin he näkisivät myös liikkeen, suuntauksen ja etäisyyden vaikutuksen valokovetukseen numeerisina arvoina.

Jatkossa olisi hyvä tutkia jo valmistuneiden hammaslääkäreiden kohdalla sitä, miten opetus ja testaus MARC-PS-laitteella vaikuttaa valokovetuksen laatuun. Olisi myös mielenkiintoista nähdä miten opiskelijoiden kohdalla opetuksen vaikutus säilyy. Paranevatko tulokset lisääntyvän kokemuksen myötä vai unohtuvatko opetukset ajan kuluessa. Tutkimuksessa olisi voinut tutkia esimerkiksi sitä miltä tulokset näyttävät vuoden kuluttua opetuksesta. Tutkimisen arvoista olisi myös valokovettajien laatu eri hammaslääkäriasemilla. Tässä tutkimuksessa todettiin, että valokovettajien välillä on eroja. Siksi olisikin hyvä tietää, että minkä tasoisia valokovettajia yleisesti on käytössä ja saadaanko niillä tarpeeksi energiaa välitettyä riittävän kovettumisen takaamiseksi. Valokovettajien tehon säilyminen vuosien käytössä olisi myös hyvä tutkimuskohde.

5. Yhteenveto

Yhteenvetona todetaan, että tämän tutkimuksen tulosten perusteella valokovetuksessa lopputulokseen vaikuttaa valokovetustekniikka ja valokovettaja. Valokovettajasta riippumatta henkilökohtainen opetus ja simulaatio auttavat parantamaan valokovetuksen laatua merkittävästi. Valokovetuksen laadun parantuessa myös yhdistelmämuovipaikkojen laatu ja kestävyys parantuvat.

6. Lähteet

- [1] Karies (hallinta) (online). Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim,2014 (viitattu 13.12.16) Saatavilla internetissä: <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50078#K1>
- [2] <http://www.hammaslaakariliitto.fi/fi/suunterveys/suun-hoitotoimenpiteet/hampaan-paikkaus#.WKwckWVAWt8>
- [3] Ferracane J.L., Berge H.X., Condon J.R. In vitro aging of dental composites in water--effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. J Biomed Mater Res. 1998 Dec 5;42(3):465-72.
- [4] Calheiros F.C., Daronch M., Rueggeberg F.A., Braga R.R. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA:TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2008 Feb;84(2):503-9
- [5] Bhamra G.S., Fleming G.J. Influence of halogen irradiance on short- and long-term wear resistance of resin-based composite materials. Dent Mater. 2009 Feb;25(2):214-20.
- [6] Kim S.Y., Lee I.B., Cho B.H., Son H.H., Um C.M. Curing effectiveness of a light emitting diode on dentin bonding agents. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2006 Apr;77(1):164-70.
- [7] Staudt C.B., Krejci I., Mavropoulos A. Bracket bond strength dependence on light power density. J Dent. 2006 Aug;34(7):498-502.
- [8] Vandewalle KS1, Ferracane JL, Hilton TJ, Erickson RL, Sakaguchi RL. Effect of energy density on properties and marginal integrity of posterior resin composite restorations. Dent Mater. 2004 Jan;20(1):96-106.

- [9] Brambilla E., Gagliani M., Ionescu A., Fadini L., García-Godoy F. The influence of light-curing time on the bacterial colonization of resin composite surfaces. *Dent Mater.* 2009 Sep;25(9):1067-72
- [10] Sigusch B.W., Völpel A., Braun I., Uhl A., Jandt K.D. Influence of different light curing units on the cytotoxicity of various dental composites. *Dent Mater.* 2007 Nov;23(11):1342-8.
- [11] Brackett M.G., Brackett W.W., Browning W.D., Rueggeberg F.A. The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites. *Oper Dent.* 2007 Sep-Oct;32(5):443-50.
- [12] Suomen Hammaslääkärilehti, 2011;15(4):26-35, Jan W.V. van Dijken ja Ulla Pallesen
- [13] Jokstad A., Bayne S., Blunck U., Tyas M., Wilson N. Quality of dental restorations. FDI Commission Project 2-95. *Int Dent J.* 2001 Jun;51(3):117-58.
- [14] Fan P.L., Schumacher R.M., Azzolin K., Geary R., Eichmiller F.C. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc.* 2002 Apr;133(4):429-34
- [15] Price R.B., Felix C.M., Whalen J.M. Factors affecting the energy delivered to simulated class I and class V preparations. *J Can Dent Assoc.* 2010;76:a94.
- [16] Mousavinasab S.M., Meyers I. Curing efficacy of light emitting diodes of dental curing units. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2009 Winter;3(1):11-6
- [17] Anusavice K.J., Shen C., H.R. Rawls H.R., Philips science of dental materials, St. Louis. 12th edition. ISBN 978-1-4377-2418-9. WB Saunders. USA. 2013:290
- [18] *Richard B.T. Pricea, Daniel Labrieb, Frederick A. Rueggebergc, Braden Sullivana, Ivan Kostylevb, John Faheyd.* Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dent Mater.* 2014 Dec;30(12):1345-57.

[19] Moore B.K., Platt J.A., Borges G., Chu T.M., Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. Oper Dent. 2008 Jul-Aug;33(4):408-12

[20] Rueggeberg F.A., Cole M.A., Looney S.W., Vickers A., Swift E.J. Comparison of manufacturer-recommended exposure durations with those determined using biaxial flexure strength and scraped composite thickness among a variety of light-curing units. J Esthet Restor Dent. 2009;21(1):43-61.

[21] Federlin M., Price R. Improving light-curing instruction in dental school. J Dent Educ. 2013 Jun;77(6):764-72.

[22] Seth S., Lee C.J., Ayer C.D. Effect of Instruction on Dental Students' Ability to Light-Cure a Simulated Restoration. J Can Dent Assoc. 2012;78:c123.

[23] Mutluay MM, Rueggeberg FA, Price RB. Effect of using proper light-curing techniques on energy delivered to a Class 1 restoration. Quintessence Int. 2014 Jul-Aug;45(7):549-56

[24] <http://multimedia.3m.com/mws/media/10564820/3m-elipar-deepecure-s-led-curing-light-brochure-us.pdf>