

Joel Kuusikoski

CAD/CAM-TEKNIKALLA TYÖSTETTÄVIEN
MUOVIKOMPOSIITTIEI SIDOSTUVUUS JA
VALONLÄPÄISEVYYS VERRATTUNA LASIKERAAMEIHIN

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Kevätlukukausi 2019

Joel Kuusikoski

CAD/CAM-TEKNIKALLA TYÖSTETTÄVIEN
MUOVIKOMPOSIITTIEEN SIDOSTUVUUS JA
VALONLÄPÄISEVYYS VERRATTUNA LASIKERAAMEIHIN

Lääketieteellinen tiedekunta

Hammaslääketieteen laitos

Protetiikka ja biomateriaalitiede

Kevätlukukausi 2019

Vastuhenkilö: HLT, EHL, Yliopistonlehtori Johanna Tanner

Asiantuntijatarkastaja: Professori Pekka Vallittu

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

TURUN YLIOPISTO

Lääketieteellinen tiedekunta

KUUSIKOSKI, JOEL: CAD/CAM-tekniikalla työstettävien muovikomposiittien sidostuvuus ja valonläpäisevyys verrattuna lasikeraameihin

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Hammasprotetiikka ja biomateriaalitiede

Lokakuu 2019

TIIVISTELMÄ

CAD/CAM-tekniikalla valmistettujen restauraatioiden käyttäminen etenkin takahampaiden alueella on muodostunut yleiseksi hoitokäytännöksi nykypäivänä. Tässä tutkimuksessa on tavoitteena arvioida suun ulkopuolella CAD/CAM-tekniikalla valmistettujen muovikomposiittien sidostuvuutta yhdistelmämuovisementtiin ja valonläpäisevyyttä verrattuna lasikeraamiin.

Tutkimukseen valittiin kaksi CAD/CAM-muovikomposiittia ja yksi lasikeraaminen materiaali. Tutkimuksessa käytetyt muovikomposiitit olivat CAD/CAM-muovikomposiitteja (Brilliant Crios, Coltene, Ryhmä A sekä Cerasmart, GC, Ryhmä B). Lasikeraamimateriaalina toimi litiumdisilikaattivahvisteinen IPS e.max CAD, Ivoclar-Vivadent (Ryhmä C). Tutkimusta varten valmistettiin 6 näytettä kaikista materiaaleista ja ne kiinnitettiin tukimateriaaliin testausta varten. Näytteet esikäsiteltiin valmistajien ohjeiden mukaisesti, minkä jälkeen materiaaleihin sidostettiin Scotchbond Universal -sidosaineen avulla Relyx Ultimate -sementtipilareita. Pilarit polymerisoitiin valokovettajalla. Näiden pilarien sidostuvuutta materiaaleihin tutkittiin leikkauslujuusmittauksella. Materiaalien valonläpäisevyyttä tutkittiin tekemällä 1 mm:n ja 1,5 mm:n paksuisia levyjä jokaisesta materiaalista. Valokovettimen valo suunnattiin levyjen läpi ja materiaalin läpäisemää valontehoa mitattiin. Tutkimustuloksien keskiarvoja verrattiin tilastollisesti varianssianalyyysilla (ANOVA).

Tulokseksi saatiin, että yhdistelmämuovisementin ja tutkimusmateriaalien välinen leikkauslujuusvoima oli suurin lasikeerameilla (ryhmä C) ja kaikista pienin Cerasmart-muovikomposiitilla ($p=0,001$). Ryhmän A ja B muovikomposiittien sidoslujudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kaikki muovikomposiitti näytteet lohkesivat kohesiivisesti, kun taas ryhmän C lasikeraaminäytteet lohkesivat adhesiivisesti. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että myös muovikomposiiteilla on mahdollista saavuttaa kliinisesti riittävä sidoslujuus. Niiden todellista sidoslujutta ei pystytty määrittämään, koska muovikomposiitti materiaalien rakenne oli sidosta heikempi, jolloin vain materiaali murtui. Valonläpäisevyydeltään muovikomposiitit eivät eronneet lasikeeramista.

Avainsanat: CAD/CAM, muovikomposiitti, lasikeraami, leikkauslujuus, hammaslääketieteen materiaalit

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS	3
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	4
3.1 Näytteiden valmistus	5
3.2 Leikkauslujuuden testaus	8
3.3 Valonläpäisevyyden testaus	9
3.4 Tilastomenetelmät	11
4 TULOKSET	12
5 POHDINTA	14
LÄHTEET	17
LIITTEET(POSTERITYÖ)	19

1. Johdanto

Digitalisaation kehitys on luonut uusia mahdollisuuksia niin teollisuuden ja lääketieteen aloilla kuin myös joka päiväisessä elämässä. Vuosikymmenien ajan CAD/CAM-tekniikkaa (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) on käytetty hyväksi teollisuudessa ja viime vuosina sen käyttö on yleistynyt reilusti myös hammaslääketieteessä (Ruse ja Sadoun 2014).

Hammaslääketieteessä käytettävä CAD/CAM-laitteisto koostuu intraoraaliskannerista, ohjelmistosta, joka prosessoi skannattua dataa, sekä saadun datan perusteella lopullisen restauration valmistavasta jrsimestä. Tämän laitteiston avulla hammaslääkäriin on mahdollista toteuttaa hammastekninen restaurointi kokonaisuudessaan alusta loppuun omalla vastaanotollaan niin sanotusti chairside-tekniikkana nopeuttaen hoidon kulkua eikä välttämättä väliaikaista restaurointiota tarvita (Rekow 1991). Intraoraaliskannerilla otetusta digitaalisesta hampaiston jäljennöksestä voidaan välittömästi arvioida preparoinnin laatua, jonka jälkeen on mahdollista suunnitella lopullinen hoitosuunnitelman mukainen restaurointi hampaalle (van Noort 2011).

Hampaan väriset CAD/CAM materiaalit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: osittain amorfisiin CAD/CAM lasikeraameihin, kiteisiin CAD/CAM -oksikeraameihin (aluminiaan ja zirkoniaan) sekä CAD/CAM hybridikeraameihin ja komposiitteihin (Yin ym. 2019).

CAD/CAM-tekniikan yleistymisestä johtuen markkinoille tulee vuosittain useita uusia materiaali vaihtoehtoja. Paljon käytetyt lasikeraamit ovat vakiinnuttaneet paikkansa digitaalisen hammashoidon saralla. Keraamien on kuitenkin katsottu olevan hauraita ja niiden jrsintäprosessin aikana materiaalin rakenne voi heikentyä. Keraamit tarvitsevat myös huolellista viimeistelyä ja erilaisia käsittelymenetelmiä ennen restauration lopullista sementointia hampaalle. (Zandparsa 2014). Esimerkiksi nykyisin paljon käytetty litiumdisilikaattilujitteinen lasikeraami vaatii n.k. kristallisoitipolton, eli restaurointi lämpökäsitellään jrsinnan jälkeen lopullisen koostumuksen aikaansaamiseksi. Tämän johdosta valmistajat ovat yrittäneet luoda materiaaleja, joista restauration valmistaminen suoraan hammaslääkäriin toimesta olisi nopeampaa, helpompaa eivätkä vaatisi lämpökäsittelyä.

Lasikeraamien lisäksi CAD/CAM tekniikassa käytössä ovat erilaiset muovikomposiitit. Muovikomposiitit koostuvat polymeerimatriksista, jonka joukkoon on lisätty fillereitä.

Fillerit koostuvat joko epäorgaanisesta-, orgaanisesta tai resiniinimateriaalista (Ferracane 2011). Muovikomposiittien rakennetta on yritetty muokata siten, että niiden työstäminen olisi mahdollisimman helppoa sekä niin, että niiden ominaisuudet vastaisivat mahdollisimman paljon oikeaa hammasta. Muovikomposiittien etuna on katsottu olevan niiden nopea ja hyvä työstettävyyys, joka poistaa lämpökäsittelyn tarpeen jyrsinän jälkeen. Ne eivät myöskään ole yhtä hauraita kuin keraamit, mikä vähentää marginaalisen reunan lohkeamista valmistusprosessin aikana (Tsitrou ym. 2007). Muovikomposiittien kimmokerroin on keraameja pienempi ja on verrattavissa luonnon-hampaan kimmokertoimeen (Alamouch ym. 2018). Tämä tarkoittaa sitä, että ne ovat lähempänä hampaan rakenteen jäykkyyttä. Muovikomposiitit ovat myös nykyään esteettinen vaihtoehto hampaan restauroimiseksi normaalianatomiaa unohtamatta. Näiden etujen vuoksi CAD/CAM-muovikomposiittien on katsottu olevan vaihtoehto lasikeraameille.

Epäsuorat täytteet ja kruunut kiinnitetään hampaan kudokseen sidostamis-tekniikalla, useimmiten kaksoiskovetteista yhdistelmämuovisementtiä käyttäen. Ohuempia epäsuoria täytteitä ja laminaatteja voidaan sementoida myös valokovetteisella yhdistelmämuovisementillä. Näiden kiinnityssementtien hyvässä kovettumisessa valoteholla on tärkeä merkitys (Souza ym. 2015). Kiinnitettävän täytteen valon läpäisykyky on näin ollen tärkeää lopullisen sidoslujuuuden kannalta.

Epäsuorien täytteiden huolellinen valokovettaminen sekä kestävä sidos hampaan kudoksiin ovat tärkeässä asemassa täytteen tai kruunun ennusteen kannalta. Restauration marginaalisen sementtiraon kestävyys on myös yksi erittäin merkittävä tekijä restauration ennusteen kannalta. Yhdistelmämuovisementtien etuna on katsottu olevan pienempi saumavuoto, sekä alhaisempi liukenevuus verrattuna lasi-ionomeeri- ja fosfaattisementteihin (Lise ym. 2018). Tämä vaatii yhdistelmämuovisementin kunnollisen kovettumisen restauration hyvän istuvuuden lisäksi. Lasikeraamien osalta materiaalien valonläpäisevyyttä on tutkittu jo erittäin paljon, mutta uusien muovikomposiittien osalta tietoa asiasta ei ole vielä tarpeeksi.

2. Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia kahden eri CAD/CAM-muovikomposiitin sidostuvuusominaisuuksia tutkimalla sekä niiden sidoslujutta kaksoiskovetteiseen yhdistelmämuovisementtiin, että kykyä läpäistä sementin kovettamiseen käytettävää valoa. Vertailumateriaalina käytettiin litiumdisilikaatti vahvisteista lasikeraamia.

Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää, saadaanko CAD/CAM-muovikomposiittien ja kiinnitysmentin välille muodostettua laboratorio-olosuhteissa sidos, jonka voitaisiin katsoa olevan kliinisessä käytössä riittävän kestävä.

3. Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin kaksi eri valmistajan CAD/CAM-muovikomposiittia sekä yksi CAD/CAM- lasikeraami materiaali. Toinen muovikomposiiteista on tullut markkinoille jo useita vuosia sitten ja toinen muutaman vuoden sisällä. Tutkimuksessa käytetyt muovikomposiitit olivat vahvistettua CAD/CAM -hybridimuovikomposiittia (Brilliant Crios, Coltene, Ryhmä A) (Kuva 3) sekä hybridikeraami-CAD/CAM-materiaali (Cerasmart, GC, Ryhmä B) (Kuva 1). Lasikeraamimateriaalina toimi laajalti kliinisesti käytetty litiumdisilikaattivahvistainen lasikeraami (IPS e.max CAD, Ivoclar-Vivadent, Ryhmä C) (Kuva 2). Nämä materiaalit valittiin tutkimukseen seuraavista syistä. Ryhmän A Brilliant Crios muovikomposiitti materiaali oli tullut markkinoille muutama vuosi sitten ja sen ominaisuuksia haluttiin verrata jo paljon aikaisemmin tulleeseen Cerasmart muovikomposiittiin. Verrokiksi katsottiin myös oleelliseksi valita paljon sekä yleisesti käytetty IPS e.max lasikeraami.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt materiaalit sekä esikäsitteilymenetelmät.

Materiaali	Materiaalin rakenne	Esikäsitteily	Sidostus	Sementti	Kappalemäärät (n)
Brilliant Crios, Coltene	Barium lasi + SiO ₂ (70%), Silloitettut metakrylaatit (Bis-GMA*, Bis-EMA**, TEGDMA***), Epäorgaanisia pigmenttejä.	Hiekkapuhallus, Korox 50	Scotchbond Universal, 3M ESPE	Relyx Ultimate, 3M ESPE	10
Cerasmart, GC	Silika ja barium lasinanopartikkeleita (71%), Bis-MEPP****, UDMA****, DMA*****.	Hiekkapuhallus, Korox 50	Scotchbond Universal, 3M ESPE	Relyx Ultimate, 3M ESPE	10
IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent	Litiumdisilikaatti vahvisteista lasikeraamia.	HF-Etsaus, IPS Ceramic Etching Gel	Scotchbond Universal, 3M ESPE	Relyx Ultimate, 3M ESPE	9

*bisphenol A-glycidyl methacrylate, ** bisphenol A diglycidyl methacrylate ethoxylated, ***triethylene glycol dimethacrylate, ****bisphenol-A ethoxylate dimethacrylate, ***** urethane dimethacrylate, *****Dimethylamino.



Kuva 1. Cerasmart muovikomposiitti.



Kuva2. E.max lasikeraami.



Kuva 3. Brilliant Crios muovikomposiitti.

3.1 Näytteiden valmistus

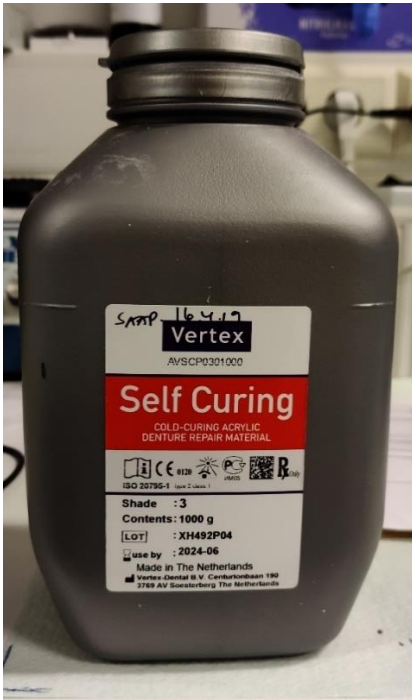
Leikkauslujuuden määrittämiseksi jokaisesta valitusta materiaalista valmistettiin kuusi testikappaleita. Testikappaleista leikattiin noin 14 x 12 x 4mm kokoisia levyjä histologisella sahalla (Struers secotom-50) (Kuva 6) CAD/CAM-blokeista, jotka kiinnitettiin kylmäakrylikiikkoihin (Verter Self Curing denture repair material) (Kuva 4). Kun testikappaleet oli kiinnitetty kylmäakrylikiikkoihin, niiden pinta hiottiin laboratorio olosuhteissa 800-karkeuksisella hiontapaperilla vesijäähdytyksessä (Struers LaboPol-21) (Kuva 8) tasoittaen testikappaleiden pinnan sekä poistaen mahdolliset kylmäakryyli ylimäärät.

Testikappaleiden pinnat esikäsiteltiin valmistajien ohjeiden mukaisesti. Ryhmän A ja ryhmän B CAD/CAM-muovikomposiittien pinnat esikäsiteltiin seuraavien suositusten mukaisesti. Ensimmäiseksi suoritettiin testikappaleiden hiekkapuhallus 50 µm:n alumiinioksidihiekalla (Korox 50) Cojet-hiekkapuhallus laitteiston avulla 1,5 kPa:n paineella noin 5 sekunnin ajan. Tämän jälkeen hiekkapuhallettu pinta puhdistettiin

runsaalla vedellä ja kuivattiin paineilmalla. Lopuksi pinta pyyhittiin etanoliin kostutetulla liinalla. Ryhmän C lasikeraamimateriaali käsiteltiin fluorivetyhapolla (4,5%) (IPS Ceramic etching-gel, Ivoclar vivadent) 20 sekunnin ajan, jonka jälkeen pinta huuhdeltiin runsaalla vedellä ja kuivattiin paineilmalla.

Tutkimuksessa käytettiin Scotchbond Universal-sidosainetta (3M ESPE) (Kuva 5). Sidostamisessa noudatettiin valmistajan antamia ohjeita. Sidosainetta applikoitiin testikappaleiden pinnalle 20 sekunnin ajan, jonka jälkeen pintaa kuivattiin kevyesti ilmalla 5 sekunnin ajan ja valokovetettiin 10 sekunnin ajan (Elipar S10 3M ESPE, 2mm etäisyydeltä, $\sim 1200 \text{ mW/cm}^2$). Jokaisen testikappaleen sidostetulle pinnalle valmistettiin kaksi sylinterin muotoista kiinnityssementtipilaria, joten yhteensä näytteitä valmistettiin 12 kappaletta kunkin materiaalin pinnalle käyttäen apuna injektioruiskusta valmistettua muottia. Sementtipilarien halkaisija oli 3,6 mm ja kiinnityssementtinä toimi Relyx Ultimate Adhesive Resin Cement (3M ESPE). Kiinnityssementti ruiskutettiin ensin kärjestä katkaistun insuliiniruiskun sisään, jonka avulla kiinnityssementti vietiin testikappaleiden sidostetun pinnan päälle. Insuliiniruiskun männän avulla kiinnityssementtiin kohdistettiin painetta testikappaleen pintaa vasten. Tällä yritettiin simuloida vastaavaa efektiä, kun kruunua tai epäsuoraa täytettä sementoidaan hampaalle ja siihen kohdistetaan sisäänsovitus suunnassa painetta hammasta vasten. Tämän jälkeen kiinnityssementtipilaria valokovetettiin neljästä eri suunnasta 4 x 20 sekunnin ajan ($\sim 2 \text{ mm}$ etäisyydeltä, $\sim 1200 \text{ mW/cm}^2$). Tutkimuksessa käytettiin Elipar S10-valokovettajaa (Kuva 7).

Valonläpäisevyyden tutkimista varten jokaisen ryhmän materiaalista valmistettiin lisäksi 1,0 mm ja 1,5 mm paksuja kappaleita. Näytteet valmistettiin leikkaamalla materiaalista halutun paksuisia kappaleita histologisella sahalla (Kuva 6). Kaikkien ryhmien materiaalit olivat sävyltään A3 ja läpikuultavuutena korkea läpikuultavuus (HT).



Kuva 4. Kylmäakryyli



Kuva 5. HF-etsaus geeli keraamille sekä sidosaine.



Kuva 6. Tutkimuksessa käytetty histologinen saha



Kuva 7. Elipar S10 valokovetin.



Kuva 8. Näytteiden hiontalaitteisto.

3.2 Leikkauslujuuden testaus

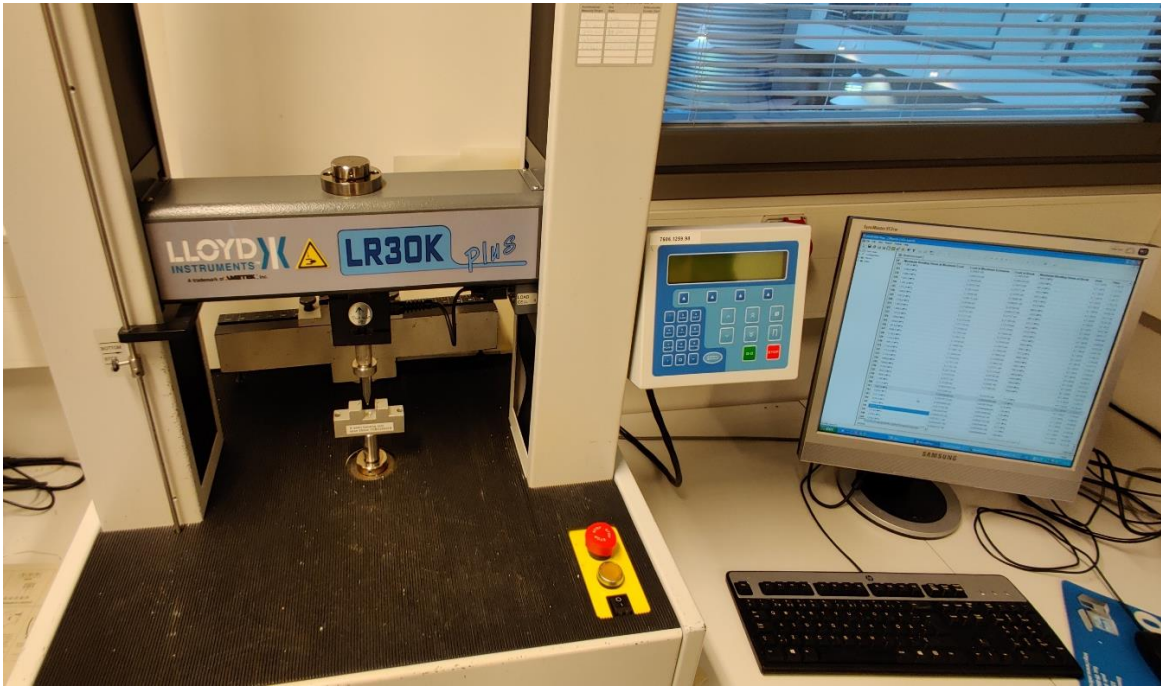
Sidoslujuutta kiinnityssementin ja tutkimukseen valittujen materiaalien välillä mitattiin laboratorio olosuhteissa suoritettulla leikkauslujuustestillä (LR30K Plus, Lloyd Instruments) (Kuva 9). Leikkauslujuustesti suoritettiin kiinnittämällä valmistettu testikappale mittalaitteiston alustaan. Mittaus suoritettiin kuivana ja näytteitä oli säilytetty 5 päivän ajan kuivassa noin 20-asteen huonelämpötilassa ennen mittausta. Mittalaitteiston testikärki asetettiin 90 asteen kulmassa siten, että se pystyi työntämään sementtipilaria ylhäältä alaspäin mahdollisimman läheltä materiaalin pintaa (Kuva 11). Tällä tavoin yritettiin mahdollisimman hyvin simuloida täydellisen leikkauslujuuden suorittamista. Pilaria työnnettiin murtumispisteeseen asti ja saatu data siirtyi tietokoneelle.

Mittalaitteisto kalibroitiin määrittämällä kuormitusvoima, testinopeus alussa sekä testinopeus sen jälkeen, kun mittalaitteiston testikärki oli koskenut näytteeseen. Alustava kuormitusvoima oli 3N. Kuormitusvoiman nopeus oli alussa 10mm/min ja mittausta suorittaessa 1mm/min.

Kaikkien näytteiden murtumistyyppit sementtipilarin ja materiaalin välillä kirjattiin ylös. Tässä tutkimuksessa havaittiin joko adhesiivisia tai kohesiivisiä murtumistyypppejä. Adhesiivisessa murtumistyyppissä sementtipilarin ja materiaalin välinen adhesiivinen sidos petti, jolloin materiaalin pinta sementtipilarin kohdalta on jäänyt tasaiseksi (Kuva 12). Kohesiivisessä murtumistyyppissä adhesiivinen sidos ei petä vaan murtuminen tapahtuu materiaalin pinnassa. Tällöin materiaalin pinta sementtipilarin kohdalta jää kuopalle (Kuva 12).

3.3 Valonläpäisevyyden testaus

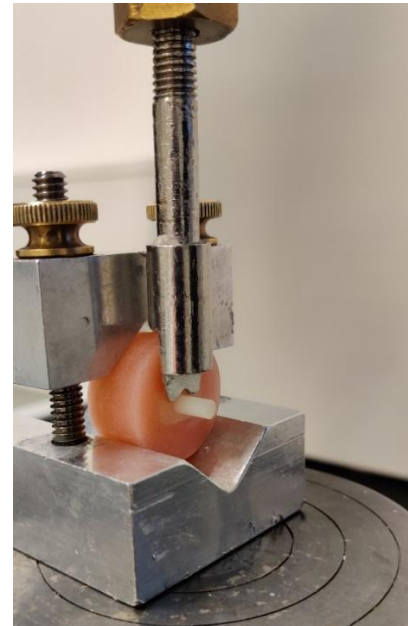
Valmistettujen levyjen valonläpäisevyyttä mitattiin siihen tarkoitetulla laitteella (MARC Resin Calibrator) (Kuva 10). Tutkimuksen suorittaminen mahdollisimman virheettömästi ja toistettavasti päätettiin valonläpäisevyyttä mitattaessa käyttää apuna sapluunaa, joka ohjaa valon valokovettajan kärjestä mahdollisimman suoraan sensoria kohden. Sapluunan käyttäminen vähensi myös muualta tulevan valon määrää ja helpotti valokovettajan asettamista mahdollisimman keskelle mittalaitteistoa. Sapluuna oli paksuudeltaan 1 mm jokaisessa mittauksessa. Ensimmäisenä mitattiin 0-arvot, jolloin valokovettajan ja sensorin välissä ei ollut sapluunan lisäksi muuta materiaalia. Näin saatiin varmistettua valokovettajan ja testiasetuksien toimivuus. Jokainen mittaus suoritettiin kaikkien levyjen ryhmien kanssa kolme kertaa ja tulokset kirjattiin ylös (Taulukko 2). Tämän jälkeen jokaisen ryhmän mittaukset suoritettiin kaikkien levyjen osalta siten, että tutkittavan materiaalin levy asetettiin sensorin päälle ja levyn päälle asetettiin sapluuna, jonka läpi valo suunnattiin kohti sensoria. Jokainen mittaus suoritettiin kolme kertaa tuloksen varmistamiseksi. Valokovettajana tässäkin tutkimuksessa toimi Elipar S10 (3M ESPE).



Kuva 9. Tutkimuksessa käytetty testauslaitteisto.



Kuva 10. Valonläpäisevyyden testauslaitteisto.



Kuva 11. Sidoslujuuden testaus.

3.4 Tilastomenetelmät

Tutkimuksen tulokset analysoitiin käyttämällä SPSS-tilasto-ohjelmaa. Tilastomenetelmänä käytettiin varianssianalyysiä (ANOVA). Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi määriteltiin $p=0,05$.

4.Tulokset

Paras sidoslujuus leikkauslujuus-testissä havaittiin IPS e.max CAD lasikeraaminäytteillä. Alhaisimmat sidoslujuusarvot todettiin Cerasmart-muovikomposiittinäytteillä. Näiden materiaalien välillä tulokset erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Kahden muovikomposiitin välillä sidoslujuuksissa havaittiin pieniä eroja, mutta ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kaikkien muovikomposiittien ja sementtipilarien väliset murtumat olivat murtumatyypiltään kohesiivisia eli itse testattavien materiaalin sisäisiä murtumia. Verrokkina toimineen lasikeraamin murtumatyypit olivat adhesiivisia eli materiaalin ja sementtipilarin välinen sidos petti (Kuva 12). Leikkauslujuustestin tulokset on esitetty taulukoissa 2, 3, ja 4.

Valonläpäisevyydessä materiaalien välillä oli näytteen paksuudesta riippuen pieniä eroja. Parhaiten valoa läpäisi 1mm paksuisista näytteistä ryhmän B muovikomposiitti Cerasmart ja 1,5mm paksuisista näytteistä ryhmän C lasikeraami IPS e.max CAD. Muuten 1mm paksuisissa näytteissä ryhmän A ja C sekä 1,5mm paksuisissa näytteissä ryhmän A ja B välillä ei ollut suurta eroa.

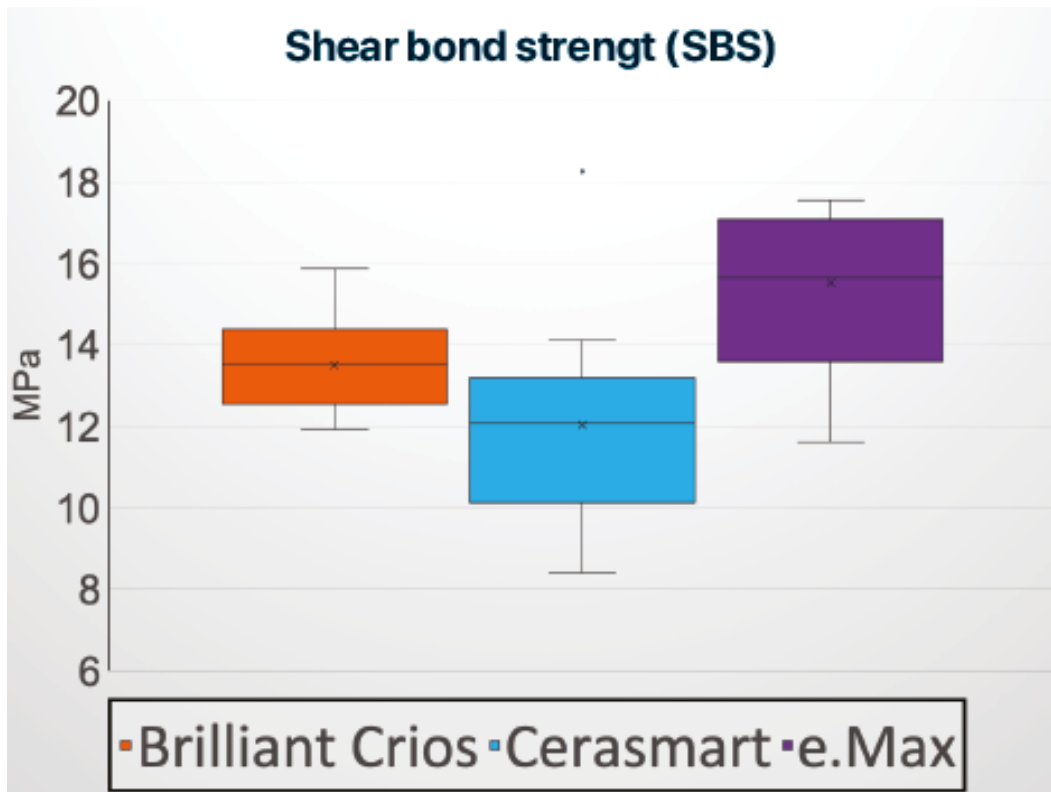
Taulukko 2. Tutkimuksessa saadut tulokset taulukoituna.

Material	Shear bond strength (MPa)	Light transmittance(mW/cm ²)
A) Brilliant Crios, Coltene	13.05 (11.93–15.87) ^{a,b*}	1mm=445 1.5mm=295
B) Cerasmart, GC	12.03 (8.40–18.26) ^a	1mm=492 1.5mm=301
C) IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent	17.47 (11.63–17.55) ^b	1mm=453 1.5mm=321
* same superscript letter indicates homogenous subset or no statistical difference		

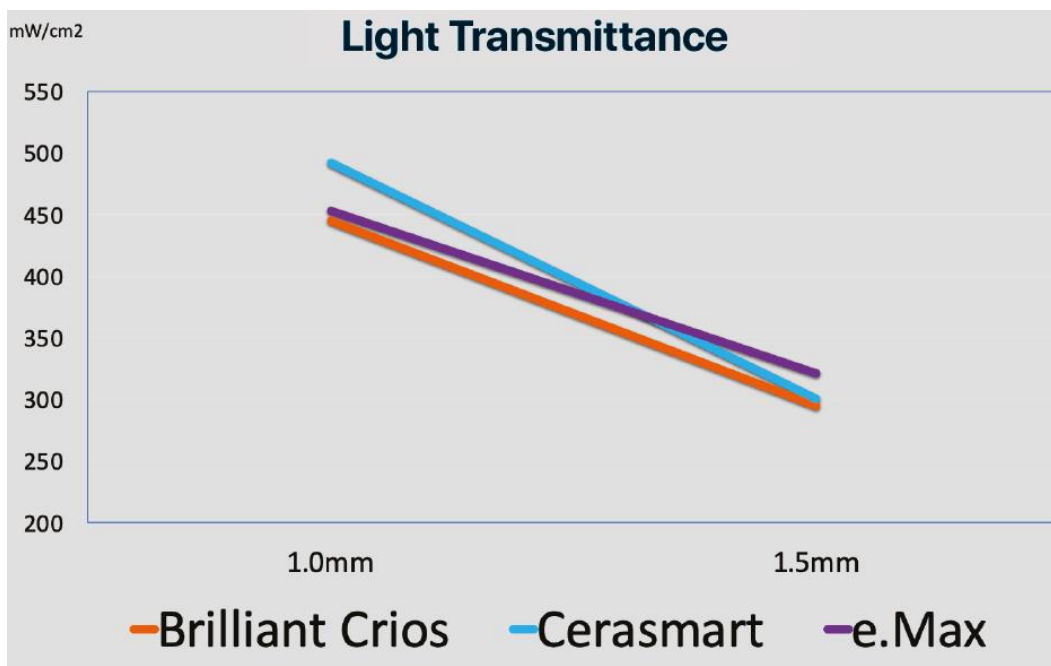
Kuva 12. Tutkimuksessa käytettyjen materiaalien murtumispinnat.



Taulukko. 3 Tutkittujen materiaalien sidoslujuus kaksoiskovetteiseen yhdistelmämuovisementtiin tutkittuna leikkauslujuustestillä.



Taulukko 4. Tutkittujen materiaalien kyky läpäistä valokovetuksessa käytettävää valoa.



5. Pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää CAD/CAM tekniikalla työstettävien materiaalien, kahden rakenteeltaan hieman erilaisen muovikomposiitin ja yhden lasikeraamin, sidostusominaisuuksia käytettäessä kaksoiskovetteista yhdistelmämuovisementtiä. Tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota tutkitun CAD/CAM materiaalin ja yhdistelmämuovisementin murtumispintaan, sen tyyppiin sekä sen kestävyYTEEN. Tässä tutkimuksessa mitattiin myös kyseisten materiaalien valonläpäisevyyttä.

Tutkimukseen valittujen materiaalien leikkauslujuutta testattaessa täydellistä leikkauslujuutta pyrittiin simuloimaan tutkimuksessa suoritettulla testaustavalla. Tällä testaustavalla ei kuitenkaan saada mittaustulokseksi vain leikkauslujuutta. Sementtipilaria työnnettäessä ylhäältä alaspäin materiaalin ja sementtipilarin väliseen sidokseen kohdistuu sekä leikkausjännitystä, mutta myös taivutusjännitystä. Taivutusjännitys muodostuu, koska sementtipilarin vapaa pääty pääsee taipumaan alaspäin ennen sidoksen tai materiaalin lohkeamista. Näin ollen saatuja tuloksia tutkittaessa tämä tulee huomioida johtopäätöksiä tehdessä.

Näytteitä säilytettiin tässä tutkimuksessa huoneen lämmössä kuivissa olosuhteissa. Näytteiden säilyttäminen pidempään noin 37 asteen vedessä olisi vastannut enemmän kliinisiä käyttöolosuhteita suussa. Lise ym. (2017) tutkivat CAD/CAM - materiaalien pintakäsittelyn ja vesisäilytyksen vaikutusta sidoslujuteen muovisementin ja tutkittavien materiaalin välillä. Tulokseksi he saivat, että puolen vuoden vesisäilytys heikensi sidoslujutta tutkituilla materiaaleilla. Tästä voidaan päätellä, että tässäkin tutkimuksessa materiaalien vesisäilytys olisi heikentänyt saatuja leikkauslujuusarvoja.

Parhaimman sidoslajuuden saavutti verrokkina toiminut lasikeraami, mikä ennen tutkimusta oli oletettavissa. Tähän oletukseen oli päädytty lasikeraamien hyvän sidostuvuuden takia. Lasikeraamien hyvä kiinnittyminen yhdistelmämuovisementtiin perustuu fluorivetyhappo etsaukseen. Fluorivetyhappo syövyttää lasikeraamimateriaalin pinnasta selektiivisesti lasipartikkeleita materiaalista riippuen ja tekee sen pinnasta huokoisen. Lasikeraamin huokoiseen pintaan sidosaine pääsee infiltroitumaan ja muodostamaan kestävästä sidoksen. Viimeaikaisissa tutkimuksissa tulokseksi on kuitenkin saatu, että käytettyjen lasikeraamien ja muovikomposiittien sidoslajuuksissa leikkauslujuutta testattaessa ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja (Üstün ym. 2018). Muovikomposiittien sidoslajuuksissa hieman

paremmin menestyi ryhmän A, Brilliant Crios, mutta tilastollisesti merkitseviä eroja niiden välillä ei havaittu. Kaikki muovikomposiitit murtuivat kohesiivisesti, josta voidaan päätellä, että yhdistelmämuovisementin ja muovikomposiittien välinen sidos on materiaalin kohesiivista lujuutta suurempi. Hiekkapuhallus lisää CAD/CAM - muovikomposiittimateriaalien sidospinta-alaa ja mikroretentiota, johon yhdistelmämuovisementti kiinnittyy. Tulee kuitenkin muistaa, että muovikomposiittien esikäsitteily hiekkapuhaltamalla voi haurastuttaa materiaalin pintaa ja täten vaikuttaa materiaalin lohkeamiseen. Yoshihara ym. (2017) olivat tutkineet hiekkapuhalluksen vaikutusta CAD / CAM- muovikomposiittien pintarakenteeseen. Tutkimuksessa tulokseksi saatiin, että hiekkapuhalluksella saadaan lisättyä sidoslujutta, mutta hiekkapuhallus voi samalla vaurioittaa käsitellyn materiaalin pintarakennetta. Tässä tutkimuksessa käytettyjen CAD / CAM -muovikomposiittien pinnat hiekkapuhallettiin, joka on osaltaan voinut vaikuttaa niiden kohesiiviseen lohkeamiseen. CAD / CAM - muovikomposiittien esikäsitteily hiekkapuhaltamalla on kuitenkin erittäin oleellista, jos valmistaja sitä ohjeissaan suosittelee. Güngör ym. (2016) tutkivat CAD / CAM - muovikomposiittien sidoksen leikkauslujuutta yhdistelmämuovisementtiin ja totesivat, että verrokkina toimineen hiekkapuhaltamattoman ryhmän leikkauslujuudet olivat hiekkapuhallettuja näytteitä pienempiä. Lasikeraamiryhmän murtumiset tapahtuivat adhesiivisesti. Voidaankin olettaa, että yhdistelmämuovin ja lasikeraamin välistä sidosta voidaan vielä mahdollisesti parantaa. Lasikeraamit ovat muovikomposiitteja lujempia ja tässä tutkimuksessa käytetyn lasikeraamin murtolujuus ylittää muovisementin ja sidosmuovin murtolujuuden. Testatuilla muovikomposiiteilla murtolujuus oli taas heikompi kuin muovisementin ja sidosmuovin murtolujuus, mikä aiheutti materiaalin murtumisen.

Valonläpäisevyydessä materiaalien välillä ei havaittu merkitseviä eroja. Ohuemmilla 1,0 mm paksuisilla leikkeillä parhaiten valoa läpäisi muovikomposiitti Cerasmart kun taas paksummilla 1,5 mm paksuilla leikkeillä parhaiten valoa läpäisi lasikeraami IPS e.max CAD. Materiaalit läpäisivät valoa melko samankaltaisesti, mutta lasikeraamin valonläpäisykyky vaikutti heikentyvän vähiten materiaalin paksuuden kasvaessa. Ohuilla näytteillä saadut tulokset ovat samansuuntaisia aiempien tutkimusten kanssa. Stawarczyk työryhmineen (2016) tutki sinisen valon valonläpäisevyyttä erilaisilla CAD / CAM-työstöön sopivilla materiaaleilla 1,0 mm ja 2,0 mm paksuilla näytteillä. Parhaiten valoa läpäisi rakenteeltaan pelkästään muovikomposiittia sisältävä materiaali (LAVA Ultimate, 3M ESPE). Huonoiten tutkimuksessa valokovettimen valoa läpäisi

hybridikeraami (Vita Enamic, VITA Zahnfabrik), jonka jälkeen seuraavana oli litiumdisilikaatti-vahvisteinen lasikeraami (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent). Materiaalit käyttäytyivät vastaavasti sekä ohuemmillä, että paksummilla näytteillä testattaessa. Heidän käyttämänsä komposiitti-materiaalit poikkesivat kuitenkin tässä tutkimuksessa käytetyistä. Mahdolliset erot verrattuna tähän tutkimukseen voivat johtua eri valokovettimen käytöstä, näytteiden eri värisävystä tai siitä, että tutkitut CAD/CAM muovikomposiitit ovat kemialliselta koostumukseltaan kuitenkin hieman erilaisia. Stawarczyk ym. olivat käyttäneet näytteiden värisävynä A2:ta kun tässä tutkimuksessa käytettiin A3:a. Heidän tutkimuksessaan oli myös suurempi kappalemäärä testattuja näytteitä, joka osaltaan voi vaikuttaa saatuihin tuloksiin.

Tässä tutkimuksessa olisi ollut myös mielenkiintoista tutkia paksumpien 2,0-3,0 mm paksujen leikkeiden valonläpäisevyyttä, koska valon läpäisevyys heikkenee selvästi materiaalin paksuuntuessa. Paksujen täytteiden ja kruunujen sementoinnissa on syytä käyttää kaksoiskovetteista muovisementtiä kunnollisen kovettumisen varmistamiseksi.

Tutkimuksen kannalta tulee myös huomioida, että testit suoritettiin laboratorio-olosuhteissa eikä tässä tutkimuksessa tutkittu materiaalien sidostumista hampaan kovakudokseen, dentiiniin tai kiilteeseen. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset ovat suuntaa-antavia eikä niitä voida suoraan verrata kliiniseen käytäntöön. Lisäksi kliinisessä ympäristössä potilaan suussa restauraatioon kohdistuu useita erisuuntaisia voimia ja mm. lämpötilan ja happamuuden vaihtelua. Näin ollen CAD/CAM materiaalien sidostuvuutta dentiiniin on syytä tutkia jatkossa myös kliinisissä olosuhteissa (Cekic-Nagas ym. 2016).

Lähteet

Alamouh RA., Silikas N., Salim NA., Al-Nasrawi N., Satterthwaite JD., Effect of the Composition of CAD/CAM Composite Blocks on Mechanical Properties. *Biomed Res Int.* 2018; 4893143.

Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204(9):505-511.

Cekic-Nagas I, Ergun G, Egilmez F, Vallittu PK, Lassila LV., Micro-shear bond strength of different resin cements to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. *J Prosthodont Res.* 2016 Oct;60(4):265-273.

Fasbinder DJ. Digital dentistry: innovation for restorative treatment., *Compend Cont Educ Dent.* 2010;31:2-11.

Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):29-38.

Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Ünver S, Doğan A, Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials., *J Adv Prosthodont.* 2016 Aug;8(4):259-66.

Lise DP., Van Ende A., De Munck J., Vieira Lcc, Baratieri LN., Van Meerbeek B., Microtensile Bond Strength of Composite Cement to Novel CAD/CAM Materials as a Function of Surface Treatment and Aging., *Oper Dent.* 2017 Jan/Feb;42(1):73-81.

Lise DP., Van Ende A., De Munck J., Yoshihara K., Nagaoka N., Cardoso Vieira LC., Van Meerbeek B., Light irradiance through novel CAD–CAM block materials and degree of conversion of composite cements., *Dent Mater.* 2018 Feb;34(2):296-305.

Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater.* 2012;28(1):3-12.

Rekow E.D., Erdman A.G., Riley D.R., Klamecki B., CAD/CAM for dental restorations—some of the curious challenges, *Biomed Eng*, 38 (4) (1991), pp. 318-414.

Ruse ND., Sadoun MJ., Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res* 93(12):1232-1234, 2014.

Stawarczyk B., Awad D., Ilie N., Blue-Light Transmittance of Esthetic Monolithic CAD/CAM Materials With Respect to Their Composition, Thickness, and Curing Conditions., *Oper Dent.* 2016 Sep-Oct;41(5):531-540.

Stawarczyk B., Liebermann A., Eichberger M., Guth JF., Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater* 2015 Mar;55:1-11.

Souza G.D.E., Braga R.R., Cesar P.F., Lopes G.C., Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review, *J Appl Oral Sci*, 23 (2015), pp. 358-368

Sulaiman T.A., Materials in digital dentistry—A review, *J Esthet Restor Dent*. 2020 Mar;32(2):171-181.

Tsitrou EA, Northeast SE, van Noort R., Brittleness index of machinable dental materials and its relation to the marginal chipping factor. *J Dent* 2007;35:897-902.

Üstün Ö., Büyükhatoğlu IK., Seçilmiş A., Shear Bond Strength of Repair Systems to New CAD/CAM Restorative Materials., *J Prosthodont*. 2018 Oct;27(8):748-754.

Yin L., Song X.F., Song Y.L., Huang T., Li J., An overview of in vitro abrasive finishing & CAD/CAM of bioceramics in restorative dentistry. *Int J Mach Tool Manufact*, 46 (2006), pp. 1013-1026

Yin R, Kim YK, Jang YS, Lee JJ, Lee MH, Bae TS., Comparative evaluation of the mechanical properties of CAD/CAM dental blocks., *Odontology*. 2019;107:360–7.

Yoshihara K., Nagaoka N., Maruo Y., Nishigawa G., Irie M., Yoshida Y., Van Meerbeek B., Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks *Dental Materials*; 2017; Vol. 33; iss. 3; pp. E124 - E135

Zandparsa R., Digital imaging and fabrication. *Dent Clin N Am*. 2014;58(1):135-158.

(Posterityö)

Esitetty hammaslääketieteen tutkimusjärjestön International Association for Dental Research (IADR) kongressissa. 11/2019, Brisbane, Australia 2019 .

Adhesive and optical properties of CAD/CAM milled composite- and ceramic materials

J. Kuusikoski ^{a)}, L. Lassila ^{a)}, J. Tanner ^{b)}

#155



Abstract of the International Association for Dental Research
 11th-16th, August 2019
 11-16 November 2019
 Brisbane Convention & Exhibition Centre, Queensland, Australia

^{a)} Department of Biomaterials Science and Turku Clinical Biomaterials Centre - TCBC, Institute of Dentistry, University of Turku, Turku, Finland

^{b)} Department of Prosthetic Dentistry and Stomatognathic physiology - Institute of Dentistry, University of Turku, Turku, Finland

OBJECTIVE

Indirect restorations using CAD/CAM technique have become a standard care for posterior teeth with large cavities. In addition to traditional reinforced glass ceramics, new composite materials have recently been introduced for this indication. With a lower elastic modulus than ceramics, composite materials are expected to show less catastrophic fractures and wear of antagonist than ceramics. Proper curing and good adhesion of resin cement to the restoration material play a significant role in the durability of an indirect restoration. For glass ceramics this is well documented, whereas for the new composite materials we have a lack of knowledge.

AIM OF STUDY

The aim of this study is to compare shear bond strength (SBS) and light transmittance (LT) between CAD/CAM -ceramic and -composite blocks.

MATERIALS AND METHODS

Two CAD/CAM composites and one ceramic material were studied. The composite materials tested were a reinforced composite CAD/CAM material (Brilliant Crios, Coltene, Group A) and a hybrid ceramic CAD/CAM material (Cerasmart, GC, Group B). Lithium disilicate glass-ceramic CAD/CAM material served as a control (IPS e.Max CAD, Ivoclar-Vivadent, Group C). Discs size of 14 x 12 x 4mm were cut from commercially available CAD/CAM blocks and surface was pretreated according to study protocol. First all the discs were roughened with silicon paper grit (#800ppm). Thereafter, group A and B were sandblasted using 50µm aluminumoxide particles (Korox 50) and group C was etched with hydrofluoric acid (IPS Ceramic Etching Gel HF < 5%). These pretreated surfaces were bonded with Scotchbond Universal Adhesive (3M ESPE). Cylinders (diameter 3,6mm) of dual cured resin cement (RelyX Ultimate, 3M ESPE) were bonded to the surface of test specimens. Altogether twelve specimens were prepared. The bond strength of resin cement to the studied materials were tested using SBS test (ISO 10477, LLOYD LR30K). For LT testing, samples of 1.0 and 1.5mm thickness were prepared from all materials. Curing light transmittance (Elipar S10, 3M ESPE) of the studied materials was tested using a MARC Resin Calibrator. All the results were subjected to statistical analysis with ANOVA.

RESULTS

Summary of the SBS and LT results are shown in the table below. Glass-ceramic showed the highest bond strength and Cerasmart the lowest (p<0.001). The studied composite materials showed differences in bond strengths, but the difference was not statistically significant. All CAD/CAM-composites failed cohesively, fracture occurring within the restoration material. Glass-ceramic (IPS e.max) showed adhesive fractures.

CONCLUSION

The bond strength of studied CAD/CAM composites to resin cement is good, although somewhat lower compared to the bond strength of LiSi2 glass ceramic. Failure mode of CAD/CAM composites was mostly cohesive and differed from glass ceramic specimens that showed adhesive failures. CAD/CAM materials transmit curing light well and behave similarly compared to lithium disilicate.

KEY WORDS

dental materials, CAD/CAM, composite, shear bond strength

Material	Shear bond strength (MPa)	Light transmittance (mW/cm2)
A) Brilliant Crios, Coltene	13.05 (11.93-15.87) ^{ab}	*m=445 1.5mm=295
B) Cerasmart, GC	12.03 (9.40-19.26) ^a	*m=492 1.5mm=301
C) IPS e.Max, Ivoclar Vivadent	17.47 (11.83-17.55) ^b	*m=453 1.5mm=321

^{a)}superscript letters indicate statistical similarity/difference

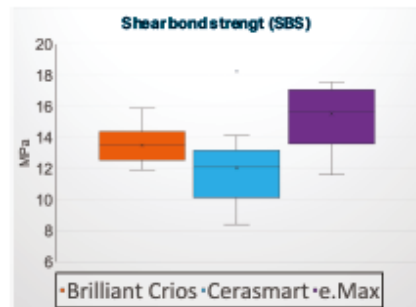


Figure 1. Shear bond strength of dual cured resin cement cylinders (RelyX Ultimate, 3M ESPE) to the studied materials.

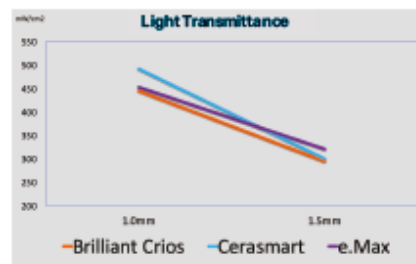


Figure 2. Output of curing light transmitted through study samples of varying thickness.



Figure 3. Materials used in study.



Figure 4. Illustration of different failure modes. Samples after SBS test, fractures were cohesive in all CAD/CAM composites and with glass-ceramic there were only adhesive fractures.



Figure 5. The test setup for SBS testing

ACKNOWLEDGEMENTS
 The financial support by the Finnish Dental Society Apdionia is gratefully acknowledged.



CORRESPONDENCE
 Joel Kuusikoski
 Institute of Dentistry, University of Turku,
 Finland
 jdkrkuu@utu.fi

