

Opinnäytetyö (AMK)

Hammasteknikkokoulutus

2022

Soumia Ait Brahim, Elina Hovi & Henni Leinonen

ITSEKIINNITTYVÄN
KOMPOSIITTISEMENTIN
TARTTUMINEN
HAMMASLÄÄKETIETEEN
KUITUVAHVIKKEISIIN ERI
SIDOSAINOJA KÄYTTÄEN

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Hammasteknikkokoulutus

2022 | 34 sivua

Soumia Ait Brahim, Elina Hovi, Henni Leinonen

ITSEKIINNITTYVÄN KOMPOSIITTISEMENTIN TARTTUMINEN HAMMASLÄÄKETIETEEN KUITUVAHVIKKEISIIN ERI SIDOSAINEITA KÄYTTÄEN

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja vertailla komposiittisementin ja lasikuitujen välisiä sidoslujuuksia eri sidosaineita käyttäen. Komposiittisementin ja lasikuitujen välillä on tärkeää saavuttaa hyvä sidoslujuus, jotta voidaan taata laadukas ja pitkäikäinen hammastekninen tuote.

Tutkimuksessa käytettiin shear bond –testausta sidosaineiden tuoman sidoslujuuden selvittämiseksi komposiittisementin ja lasikuitujen välillä. Tutkimuksessa oli mukana kaksi komposiittisementtiä, kaksi lasikuitua ja neljä sidosainetta. 120 testikappaletta jaettiin tasan kymmeneen ryhmään, viisi ryhmää everStick C&B -kuituilla ja viisi Stick-kuituilla. Näissä viidessä ryhmässä oli käytössä neljä eri sidosainetta. Yksi ryhmistä oli kontrolliryhmä, jossa käytettiin eri komposiittisementtiä.

Odotetusti sidosaine 4, joka on yleisimmin käytetty tässä indikaatiossa, sai korkeimmat sidoslujuusarvot. Ryhmä neljä (sidosaine 4, Stick-kuitu) sai korkeimmat tulokset ja ryhmä 7 (sidosaine 2, everStick C&B -kuitu) matalimmat. Heikoimmat sidoslujuudet olivat sidosaineella 2. Yhtä ryhmää lukuunottamatta ryhmät, joissa oli käytössä, Stick-kuidut ylsivät korkeampiin tuloksiin kuin everStick C&B -kuitujen ryhmät.

EverStick C&B -kuitujen ryhmissä murtumat olivat useimmiten kohesiivisiä, kun taas Stick-kuitujen ryhmissä murtumat olivat enemmän adhesiivisiä. Sidoslujuus oli vahvin sidosaineella 4 ja heikoin sidosaineella 2. Stick-kuitujen ryhmät saivat aikaan vahvempia sidoksia kuin everStick C&B -kuidut.

Asiasanat:

Itsekiinnittyvä, komposiittisementti, lasikuidut, sidosaine, sidoslujuus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Dental technology

2022 | 34 pages

Soumia Ait Brahim, Elina Hovi, Henni Leinonen

Binding of self adhesive composite cement to glass fibres used in dentistry using different bonding agents

The purpose of this thesis is to test and compare the shear bond strength of composite cement to glass fibres using different bonding agents. It is essential to have optimal bond strength between composite and glass fibres to ensure a quality dental product with a long life.

Shear bond testing was used to determine the shear bond strength different bonding agents provide when bonding composite cement to glass fibres. Included in this study were two composite cements, two glass fibres and four bonding agents. There were 120 test subjects evenly divided into ten groups, five with everStick C&B -fibres and five with Stick-fibres. Out of the five groups, four had different bonding agents and one was the control group with a different composite cement.

As presumed, bonding agent 4, which is most commonly used in bonding composite cement to glass fibres, performed best in this study. Group 4 (bonding agent 4, Stick-fibres) had the strongest results and group 7 (bonding agent 2, everStick C&B -fibres) the weakest. The weakest bond overall was with bonding agent 2. Groups using Stick-fibres apart from one gained higher results than groups with everstick C&B -fibres.

Fractures in groups with everstick C&B -fibres were more commonly cohesive whereas groups with Stick-fibres showed more adhesive fractures. The shear bond strength with bonding agent 4 was the strongest and with bonding agent 2 the weakest. Stick-fibres gained overall stronger bonds with the tested materials than everStick C&B -fibres.

Keywords:

Self-adhesive, composite cement, glass fibres, bonding agent, bond strength

SISÄLTÖ

Kuvat	5
Sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite	8
3 Sidoslujuus	9
Sidoslujuuden käytännönsovellutukset	10
Sidoslujuustestaus	11
Esimerkkitutkimuksia sidoslujuudesta	12
4 Sidostuminen ja etsaus	15
5 Materiaalit ja menetelmät	17
Kuidut.....	18
Testikappaleiden valmistus	18
Testikappaleiden testaus	22
6 Tulokset	25
Murtumatyyppianalyysi	25
7 Pohdinta	29
Luotettavuus ja eettisyys.....	30
8 Johtopäätökset	32
9 Lähteet	33

Kuvat

Kuva 1: Hammaslääketieteen tutkimuksissa yleisesti käytettävien shear bond ja microtensile bond testien eroa havainnollistava kuva.	11
Kuva 2: Lassilan ym. (2007) sidoslukuustutkimuksen testiryhmät.	13
Kuva 3: Murtumatyypit Polacekin ym. (2014) sidoslukuustutkimuksessa.	14
Kuva 4: Testikappale tapinmuodostajassa.	21
Kuva 5: Testikappaleiden valmistus.	22
Kuva 6: Testikappale Lloyd Instruments LRX Plus –testilaitteessa.	23
Kuva 7: Testikärjen sijainti testinapilla.	24
Kuva 8: Esimerkkimurtumat kuvattuna Futudent HD 16 mm -kameralla.	27

Kuviot

Kuvio 1: Pylväsdiagrammi tulosten keskiarvoista ja keskihajonnoista.	25
--	----

Taulukot

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt aineet.	17
Taulukko 2: Testiryhmät.	20

Sanasto

Dentiini	Hammasluu
Diffuusio	Aineiden pyrkiminen siirtyä väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan ja näin tasoittaen pitoisuuserot
ER	Etch and Rinse. Etsaa ja huuhtelee
Etsaus	Pinnan syövyttäminen hapolla retention aikaansaamiseksi
FRC	Fiber-Reinforced Composite. Kuituvahvike, joka muodostuu sadoista yksittäisistä kuiduista, jotka ovat sidoksissa toisiinsa matriisimuovin avulla
Kiille	Hampaan pinnan uloin kerros
Kontaminoituminen	Ei-toivotun osatekijän (mm. mikrobien) joutuminen esimerkiksi kappaleen pinnalle tai materiaaliin
Komposiittisementti	Restauraatioiden kiinnittämisessä ja paikkamateriaalina käytettävä muovimateriaali
PFC	Particulate Filler Composite. Komposiittimuovi, jota käytetään muovirestauration esteettisen osan kerrostukseen
Restauraatio	Puuttuvan hammaskudoksen korvaava silta, kruunu, laminaatti, onlay tai inlay
SBS	Shear Bond Strength. Sidoslujuus
SE	Self-Etch. Itse-etsautuva
Sidosaine	Aineiden välistä sidosta vahvistava materiaali
TBS	Tensile Bond Strength. Vetolujuus

1 Johdanto

Hammaslääketieteen sidosaineita käytetään erilaisten hammasteknisten restauraatioiden kiinnittämisessä. Restaurationeita ovat metallista, muovista tai keraamista valmistetut kruunut, sillat, onlayt, inlayt ja muut hammaspaikat. Kiinnityspintoja hammaskudoksessa ovat kiille ja dentiini. Sidosaineiden avulla voidaan luoda vahva ja voimakkaita purentavoimia kestävä sidos restauration ja kiinnityspinnan välille. Tutkimusten mukaan sidosaine parantaa pintojen välistä sidosta. Esimerkiksi Polacekin ym. tekemässä tutkimuksessa todettiin sidosaineen lisäämisen parantavan sidosta komposiitin ja esikyllästetyn kuidun välillä (Polacek ym., 2014).

Kuituvahvikkeet (fiber reinforced composite, FRC), joita käytetään hammaslääketieteellisissä tarkoituksissa, muodostuvat sadoista yksittäisistä kuiduista, jotka ovat sidoksissa toisiinsa matriisimuovin avulla (Vallittu ym., 2017). Kiinteän protetiikan osalta kuituvahvikkeita voidaan käyttää niin pitkäikäisten kuin myös väliaikaisten restauraatioiden runkorakenteina. Väliaikaisia restaurationeita ovat muun muassa kevytsillat, jotka kiinnitetään komposiittisementin avulla hammaskudokseen.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sidosaineen vaikutusta sidoslujuuteen kahden eri komposiittisementin ja kuituvahvikkeen välillä. Testiryhmiä oli yhteensä kymmenen, joissa oli kussakin 12 testikappaletta (n=120). Ryhmät jaettiin edelleen kahteen eri ryhmään käytettävän kuitutyypin mukaan. Testattavia sidosaineita oli neljä. Testikappaleet valmistettiin ja testattiin shear bond -testillä Stick Tech Oy:n antaman ohjeen mukaan. Ohje mukaili ISO 29022 -standardia (ISO 29022:2013, 2013).

2 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kahden eri komposiittisementin ja kuituvahvikkeiden välisiä sidoslujuuksia eri sidosaineita käyttäen. Sidosaineen tarkoitus on parantaa sidosta kiinnitettävien aineiden välillä. Opinnäytetyö on tutkimuksellinen ja se suoritettiin toimeksiantona Stick Tech Oy:lle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa siitä, kuinka jo käytössä olevat ja uudet kaupalliset sidosaineet tarttuvat tässä tutkimuksessa käytettyihin hammasteknisiin materiaaleihin (komposiittisementti ja kuitu). Saatua tutkimusnäyttöä voidaan soveltaa markkinointitarkoitukseen, sekä uusien valmisteiden kehittämiseen. Tutkimuskysymys oli: Kuinka vahvoja sidoslujuuksia saavutamme eri komposiittisementtien ja hammaslääketieteellisten kuitujen välillä eri sidosaineita käyttäen?

Hypoteesina oli, että sidosaine 4 ylittää vähintään yhtä hyviin sidoslajuustuloksiin, kuin vastaava sidosaine 1. Lisäksi ryhmien 4 ja 9 oletettiin ylittävän samoihin tuloksiin kuin samalla sidosaineella, mutta eri komposiittisementillä valmistetut ryhmät 5 ja 10.

3 Sidoslujuus

Sidoslujuudella tarkoitetaan kahden materiaalin välisen sidoksen kestävyyttä.

Materiaalien sidostamisessa toisiinsa voidaan käyttää sidosainetta.

Sidoslujuutta tutkimalla saadaan tietoa sidoksen laadusta ja kestävyydestä.

Tuloksia hyödyntämällä voidaan valita oikeat aineet käyttöindikaatioon.

Materiaalien välinen sidoslujuus vaikuttaa suoraan restauration käyttöikään ja

suun hoitoon kuluviin kustannuksiin, ja sen myötä myös potilaan

tyytyväisyyteen. Hammasteknikon on tärkeää ymmärtää sidoslujuuden

määritelmä ja ottaa se huomioon suunnitellessaan ja valmistaessaan

restaurationioita. Hammasteknikon tulee valmistaa restaurationiot siten, että

hammaslääkäri saa aikaan hyvän sidoksen kiinnittäessään sitä potilaan

hampaisiin. Esimerkiksi hammaslaboratoriovalmisteisissa everStick C&B

kuitusilloissa kuitujen pinnan on oltava esillä sidospinnassa, jotta

hammaslääkäriin on mahdollista aktivoida ne resiinillä ennen sementointia.

Vaikka lopullisen sidostamisen suorittaa hammaslääkäri, on yhteistyö tärkeää.

Sidoslujuuteen vahvistavasti vaikuttavia tekijöitä ovat sekä materiaalien

valmistajan ohjeiden mukainen käyttö, sidostettavien pintojen siisteydestä

huolehtiminen, että niiden asianmukainen esikäsittely. Heikentäviä tekijöitä

sidoslujuudelle voivat olla mahdolliset virheet sidoksen valmistuksessa, tai

sidosaineen kontaminoituminen suuolosuhteissa. Virheitä voi muodostua

sidosaineen levityksessä, käsittelyssä ja valokovetuksessa. (Koskivirta, 2020.)

Erilaisia sidosmateriaaleja on useita, joten niiden yksilölliset ominaisuudet ja

erityispiirteet tulee tuntea. Materiaalien oikeaoppinen käyttö on avainasemassa

kestävän sidoksen muodostumisessa.

Restaurationiot tulisi suunnitella kestävänsä samoja voimia kuin luonnonhampaat.

Voimakkaimmillaan luonnonhampaisto voi saavuttaa 850 N purentavoiman,

vaikka tavanomaisessa ruoan hienontamisessa voimat ovat 50–80 N luokkaa.

Molaarialueilla restaurationioiden tulisi kestää 1000 N staattista kuormitusta.

(Vallittu, 2017.) Hammaskudoksen ja komposiittimuovin välisen sidoslujuuden

tulisi olla vähintään 17–20 Mpa (Hegde ym., 2008).

Sidoslujuuden käytännönsovellutukset

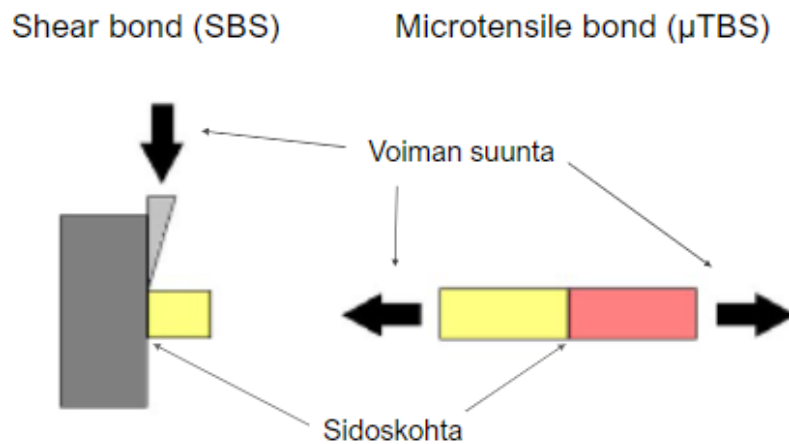
Kuitusillan (fiber reinforced composite, FRC) päämurtumatyyppi on komposiittimuovin (particulate filler composite, PFC) irtoaminen alla olevasta kuituvahvikerungosta, eli delaminaatio (Lassila ym., 2007). Kuituvahvikkeen ja PFC:n välisen sidoksen optimointi on kriittistä restauration kestävyden kannalta. Hammasteknikko on vastuussa tämän sidoksen lujuudesta. Muita murtumatyyppejä ovat restauration halkeaminen, sekä sidoksen pettäminen hammaskudoksen ja restauration välillä. Tämä sidos on hammaslääkärin tekemä, ja siihen vaikuttavat hammaskudoksen ja sementin, sekä restauration ja sementin väliset sidoslajuudet.

Kuitusillan murtumat materiaalin rajapinnalla tapahtuvat Vallitun mukaan yleisimmin vedon, tai leikkaavan voiman seurauksena (Vallittu, 2017). Restauration tulee siis suunnitella ja muotoilla siten, että se kestää siihen kohdistuvia voimia mahdollisimman hyvin. Muotoilu on onnistunut, mikäli restauration saadaan suussa vääntävän rasituksen sijaan puristava rasitus. Hyvin tasapainotettu purenta vapaana artikulaatioliikkeistä on tärkeää, jotta purentavoimat jakautuvat tasaisesti restauration ja jäljellä olevien hampaiden välillä. Huomiota on kiinnitettävä myös siihen, ettei kuitusillan välisosaa muotoilla liian leveäksi. (Vallittu, 2017.)

Sidoksen rikkoutuminen voidaan jakaa kolmeen erilaiseen murtumatyyppiin. Murtumatyypeiksi luetaan adhesiivinen murtuma, kohesiivinen murtuma ja näiden kahden yhdistelmä. Adhesiivisella murtumalla tarkoitetaan tilannetta, jossa kappaleiden välinen sidos, tai kappaleen ja sidosaineen välinen sidos rikkoutuu. Tällöin murtuma tapahtuu aineiden rajapinnassa. Kohesiivisessä murtumassa kappaleiden välinen sidosaine tai sidostettava aine murtuu. Sidostettava aine voi olla esimerkiksi kuiturungon päälle kerrostettava yhdistelmämuovi. Kohesiivisessä murtumassa aineiden välinen sidos on niin luja, että se pysyy ehjänä, mutta aineet murtuvat sidoksen läheltä. Kolmas murtumatyyppi on yhdistelmä adhesiivisesta ja kohesiivisesta murtumasta. Murtumalinja voi kulkea sekä sidostettavien aineiden, että sidospinnan läpi. (Lahdenperä, 2019.)

Sidoslujuustestaus

Sidoslujuuksia on perinteisesti mitattu shear bond strength (SBS) ja tensile bond strength (TBS) -mittausmenetelmillä. SBS-testissä testikappaleeseen kohdistetaan irrottavaa työntävää voimaa. TBS-testissä sidoslujutta testataan vetämällä kappaleita vastakkaisiin suuntiin. Uudemmat vaihtoehdot mittausmenetelmiksi ovat microshear bond test (μ SBS), sekä microtensile bond test (μ TBS). Münchowin ym. vuonna 2013 julkaistussa μ TBS ja μ SBS -testejä vertailevassa artikkelissa todetaan, että mikrotestauksissa testikappaleiden sidospinta-ala on alle 2 mm^2 . (Münchow ym., 2013.) Alla olevassa kuvassa 1 on havainnollistettu yleisesti käytössä olleiden SBS- ja μ TBS-testien erot.



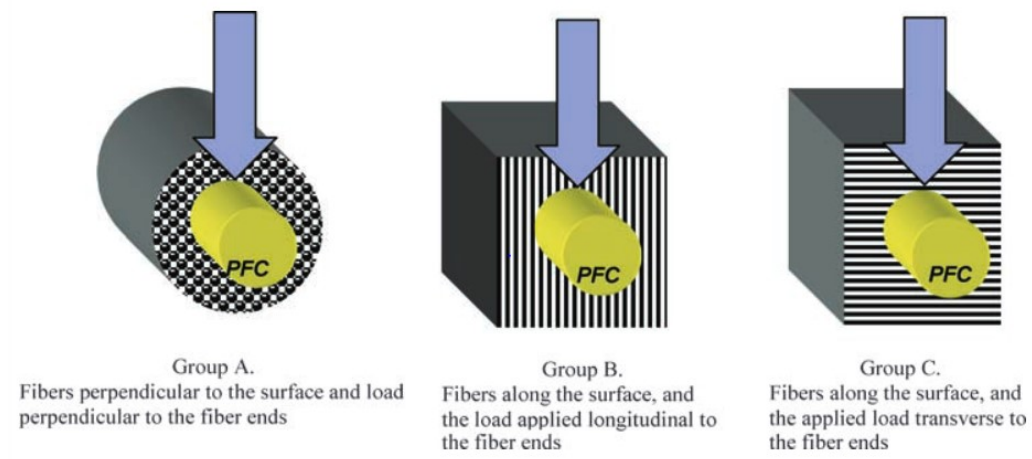
Kuva 1: Hammaslääketieteen tutkimuksissa yleisesti käytettävien shear bond ja microtensile bond testien eroa havainnollistava kuva. Mustat nuolet kuvaavat voiman suuntaa. SBS-testiasetelma vasemmalla kuvaa esimerkiksi keltaisen komposiittisementtitapin sidosta lasikuituun. Voima tulee tällöin lähelle sidosta ylhäältä päin painettavalta testikärjeltä Oikealla μ TBS-testiasetelmana voisi olla esimerkiksi lasikuidun sidos proteesin pohjalevyvuoviin. Sidosta testaava voima muodostuu vetämällä kappaleita pois päin toisistaan.

Scherrerin ym. vuonna 2010 julkaistussa kirjallisuuskatsauksessa vertailtiin neljän eri testimenetelmän (shear bond, microshear bond, tensile bond ja microtensile bond) tuloksia ja murtumatyyppejä. Artikkelin mukaan makrotesteissä (joissa sidospinta-ala oli noin 7 mm^2) sidoslujuus on selvästi heikompi, kuin mikrotesteissä (sidospinta-ala 1 mm^2). Pienempi sidospinta-ala

on siis suoraan yhteydessä vahvempaan sidoslujuteen. Lisäksi mitä suurempi sidospinta-ala on, sitä todennäköisemmin testikappaleessa on virheitä, jotka vaikuttavat sidoslujuteen. Tästä johtuen näiden menetelmien vertailu keskenään ei ole mielekäästä. Makrotestien keskinäisessä vertailussa SBS-testeillä on saatu vahvempia sidoslujuuksia kuin TBS-testillä. (Scherrer ym., 2010.)

Esimerkkitutkimuksia sidoslujudesta

Lassilan ym. vuonna 2007 tehdyssä sidoslujutta testaavassa tutkimuksessa käytettiin vastaavanlaisia näytekappaleita ja laitteistoa kuin opinnäytetyössämme, mutta sidosaineiden sijaan testattava muuttuja Lassilan tutkimuksessa oli lasikuitujen suunta PFC-nappia, sekä testilaitteiston asettamaa voimaa kohti. Testikappaleet valmistettiin kolmen ryhmän mukaan: ryhmä A kuidut kohtisuoraan (sidos kuitujen päähän), ryhmä B kuidut sidospintaa myöden pitkittäin, sekä ryhmä C kuidut sidospintaa myöden poikittain, kuten kuvassa 2 alla. Tutkimuksessa havaittiin selkeä ero sidoslujuuksissa eri ryhmien testikappaleiden välillä. Suurin sidoslujuus saatiin mitattua ryhmällä A (44.8 ± 3.4 MPa), kun taas ryhmä C sai heikoimmat arvot (24.8 ± 6.3 MPa). Ryhmän B mittaustulos oli 37.2 ± 7.4 MPa. Artikkelin mukaan kuidun suunta, näytekappaleen muoto, sekä valmistuksen muuttujat, kuten sidosainekerroksen paksuus ja polymerisaatio-olosuhteet vaikuttavat testituloksiin. (Lassila ym., 2007)



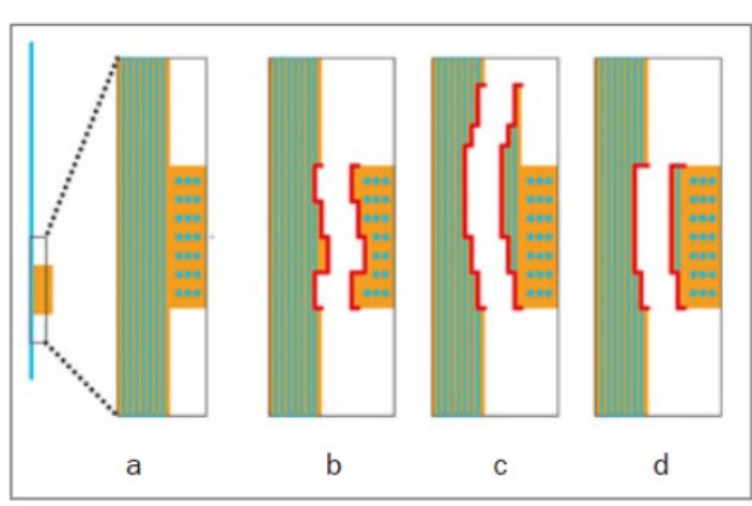
Kuva 2: Lassilan ym. (2007) sidoslujuuksitutkimuksen testiryhmät. Kuvassa havainnollistuu lasikuitujen suunnat PFC-sidosta, sekä nuolen suunnasta tulevaa voimaa kohti.

Lassilan tutkimuksen perusteella opinnäytetyöhömmme valittiin ryhmän B mukainen kuitujen suunta näytekkappaleiden valmistuksessa. Kuitujen asemointi on helpompi toteuttaa ryhmän B, kuin ryhmän A mukaisesti. Lisäksi komposiittimuovitappeja mahtuu yhteen näytekkappaleeseen kaksi, mikä osaltaan nopeuttaa työskentelyä.

AlJehanin ym. vuonna 2016 tehdyssä tutkimuksessa testattiin sidoslujuuksia kuituvahvistettujen komposiittien ja kerrostettavien komposiittien välillä käyttäen eri sidosainevaihtoehtoja. Testi suoritettiin kolmella markkinoilla olevalla komposiittimuovilla (BelleGlass®, Sinfony® ja GC Gradia®), ja sidosaineina käytettiin neljän eri valmistajan resiinejä (Scotchbond Multi-Purpose, OptiBond Solo Plus, CAPrime&Bond NT ja Stick Resin). Kuituna käytettiin StickNet-lasikuituverkkoa. Paras sidoslujuus saavutettiin korkeaviskositeettisella BelleGlass®-komposiitilla sidostettuna OptiBond Solo Plus-, sekä CAPrime&Bond NT-sidostusresiineillä. Huonoin sidoslujuus saavutettiin matalaviskositeettisellä Sinfony®:lla. Tutkimuksen mukaan sidostusresiinin ja komposiitin tuotemerkki vaikuttavat StickNet-lasikuituverkon ja komposiitin väliseen sidostumiseen. (AlJehani ym., 2016.)

Polacekin ym. vuonna 2014 julkaistussa tutkimuksessa testattiin sidostusresiinin ja juoksevan flow-muovin lisäämisen vaikutusta komposiitin ja

valmiiksi kyllästetyn yhdensuuntaisen S2-lasikuidun (Dentapreg) sidokseen. Testiryhmät olivat A) FRC+PFC, B) FRC+(sidostusresiini)+PFC, C) FRC+flow-muovi+PFC. Tutkimuksen tulos oli, että sidostusresiini parantaa PFC-FRC -sidoslujutta, ja flow-muovin lisääminen FRC:n päälle PFC:n kerrostamisessa voidaan jättää pois. Tutkimuksessa tarkasteltiin lisäksi sidoksen murtumatyyppiä elektronimikroskooppikuvista (scanning electron microscope, SEM). SEM-kuva-analyysin perusteella ryhmän A murtumat todettiin kohesiiviksi PFC:ssä, ja adhesiiviseksi FRC:n ja PFC:n välillä. Ryhmän B murtumat olivat huomattavan kohesiiviset FRC:ssä. Ryhmän C murtumat taas olivat vain hieman kohesiiviset FRC:ssä. Murtumatyyppiä on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 3. (Polacek ym., 2014.)



Kuva 3: Murtumatyyppit Polacekin ym. (2014) sidoslujuustutkimuksessa. A) Alkuperäinen testikappale. B) Yhdistelmä kohesiivista vauriota PFC:ssä ja adhesiivista murtumaa. C) Pieni adhesiivinen vaurio ja laaja kohesiivinen murtuma FRC:ssä. D) Pieni kohesiivinen vaurio FRC:ssä ja pieni adhesiivinen murtuma.

4 Sidostuminen ja etsaus

Hammasprotetiikassa hammaslääkäri sidostaa hammasteknikon valmistamia kruunuja ja siltoja, tai paikkamuovia hammaskudokseen. Sidospintoina ovat tällöin dentiini ja kiille. Nämä kudokset ovat sidosominaisuuksiltaan toisistaan hyvin poikkeavat, jolloin kestävän sidoksen saavuttaminen kumpaankin pintaan on haasteellista. Van Meerbeekin ym. vuonna 2010 julkaistun itse-etsautuvien sidosaineiden ominaisuuksia esittelevän artikkelin mukaan kiilteeseen saadaan helpommin aikaan parempi sidos, kun taas dentiiniin sidostaminen on monimutkaisempaa ja vaatii monivaiheisen käsittelyn. (Van Meerbeek ym., 2011.) Myös hammasteknikko tekee sidostamista esimerkiksi lisätessään yhdistelmämuovia kuiturungon päälle. Tämä sidostaminen vaatii kuitenkin erilaiset sidosaineet, sillä hammaskudoksen ominaisuudet ovat erilaiset verrattuna kuituvahvisteiseen muovirestauraatioon.

Dentiiniin ja kiilteeseen sidostamisen perusmekanismeja ovat hammaskudoksen mineraalien poistaminen (etsaus) ja niiden korvaaminen resiinimonomeereilla. Tämä diffuusioon perustuva, hybridisaatioksi kutsuttu mikromekaaninen lukittuminen huokosiin on edellytys hyvään sidostumiseen etenkin dentiinissä (Van Meerbeek ym., 2011). Van Meerbeekin ym. vuonna 2020 julkaistussa artikkelissa tiivistetään teoriaa nopeasti kehittyneistä sidostustekniikoista. Tekniikka on edistynyt happoetsauksesta nykyaikaisiin itsekiinnittyviin komposiittisementteihin. Artikkelin mukaan minkä tahansa hammaslääketieteen materiaalin kiinnittäminen hammaskudokseen vaatii pinnan kostutuksen, mikroretention tai mikromekaanisen lukittumisen, sekä kemiallisen sidoksen. Dentiinin tubulukset ovat luonnostaan nesteiden täyttämät, mikä heikentää sidoksen lujuutta. Jotta kostea ja huokoinen dentiini saadaan kostutettua, on sidosaineen oltava ennen kovettumista hydrofiilinen, eli veteen liukeneva. Polymerisaatiossa sidosaineen on kuitenkin muututtava hydrofobiseksi estääkseen veden imeytymisen ja sidoksen hydrolyyttisen hajoamisen. (Van Meerbeek ym., 2020.) Kiilteessä etsaushappo tuottaa

hydroksiapatiittikiteistä koostuviin kiilleprismoihin mikrohuokosia, joihin resiniinimonomeerit imeytyvät (Koskivirta, 2020).

Koskivirran vuonna 2020 julkaistussa itse-etsaavan sidosaineen ja yhdistelmämuovin välistä sidoslujutta tarkastelevassa tutkielmassa sidosaineet jaotellaan etsaa ja huuhtelee (etch and rinse, ER), sekä itse-etsaaviin (self-etch, SE) sidosaineisiin. Sidosaaineet koostuvat tyypillisesti happamista akryyli-resiniinimonomeereistä, orgaanisista liuottimista, initiaattoreista ja inhibiittoreista, sekä filleri-partikkeleista (Koskivirta, 2020). SE-sidosaineet säästävät työskentelyaikaa, sillä ne eivät vaadi erillistä hammaskudoksen etsaus-työvaihetta, eli käsittelyä polyakryylihapolla, tai esikäsittelyyn tarvittavaa primeria. Koskivirran mukaan sidosaaineet vahvistavat yhdistelmämuovin kemiallista ja mikromekaanista retentiota dentiiniin ja kiilteeseen, sillä ne mahdollistavat monomeerien imeytymisen hammaskudosten mikrohuokosiin; Sidosaaineen ja komposiittimuovin rajapinnan happi-inhibitiokerroksen hiiliatomit ja sidosaaineen monomeerit reagoivat keskenään muodostaen kaksoissidoksia. (Koskivirta, 2020.)

5 Materiaalit ja menetelmät

Testikappaleet jaettiin kymmeneen ryhmään käytetyn kuidun, komposiittisementin ja sidosaineen mukaan. Testikappaleisiin käytetyt materiaalit tietoisesti löytyvät alla olevasta Taulukosta 1. Kaikkien aineiden valmistaja oli GC. Aineiden kauppanimet ovat tässä opinnäytetyössä piilotettu. Materiaalit olivat hammaslääkäreille suunnattuja aineita, joita käytetään pääasiassa kiinteän protetiikan valmistuksessa ja luonnonhampaaseen sementoinnissa. Tutkimuksen otanta oli 120 testikappaletta kymmenessä ryhmässä eli 12 näytettä jokaista ryhmää kohden. Tutkimuksessa käytettiin ja vertailtiin kahteen eri kuituun (everStick C&B ja Stick) kiinnitettyjä komposiittisementtejä, jolloin molempia kuituja edusti viisi ryhmää. Näissä ryhmissä oli käytössä neljä eri sidosainetta ja kaksi komposiittisementtiä, sillä yhdessä ryhmistä käytettiin kontrollina eri komposiittisementtiä. Testinapit koostuivat akryylisestä pohjanapista, johon porattuun uraan upotettiin lasikuituja. Lasikuidut käsiteltiin ryhmään kuuluvalla sidosaineella, minkä jälkeen lasikuitujen päälle muodostettiin komposiittisementtitappi.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt aineet.

Koodinimi	Käyttötarkoitus	LOT-numero
everStick C&B	Kuituvahvike	202009141
		202108091
Stick	Kuituvahvike	STCK202011231
Sementti 1	Resiinisementti	2010291
		2012011
		2104081
Sementti 2	Resiinisementti	2101132
Sidosaine 1	Resiini	190903C
		51901436B
Sidosaine 2	Pohjustusaine	2012011
Sidosaine 3	Sidosaine	2101071
Sidosaine 4	Muotoiluneste	2011191

Kuidut

EverStick C&B -kuidut ovat yksisuuntainen kimppu e-lasikuituja. Yhden kimpun läpimitta on noin 1,5–1,7 mm ja siinä on noin 400 yksittäistä kuitua. EverStick C&B -kuidut ovat käyttövalmiita, sillä ne on valmistuksessa kyllästetty termoplastisella polymeerillä ja valokovetteisella resiniinimartiisilla. EverStick C&B -kuitujen IPN-teknologia (interpenetrating polymer network) pohjautuu polymeerimatriisin kykyyn liueta osittain sidosaineeseen luoden vahvan liitoksen kuitujen ja restauration välille. (GC Europe) EverStick C&B -kuidut sisältävät BisGMA-polymeerimatriisia, joka on valokovetettava jatkuva polymeerimatriisi (Kadambi ym., 2021).

Stick-kuidut koostuvat matriisimuovista ja silanoiduista E-lasikuiduista. Yksisuuntainen kuitukimppu tuo vahvuutta ja jäykkyyttä materiaalille kuitujen suuntaisesti. Yksisuuntaisia kuitukimppuja käytetään komposiitti- ja akryylituotteiden vahvistamiseen kuidun suuntaisesti. Stick-kuidut tulee kyllästä valokovetteisella resiinillä tai PMMA:lla ennen käyttöä riippuen kuitujen käyttökohteesta. Stick-kuiduissa on huokoinen termoplastinen polymeerimatriisi ja ne sopivat käytettäväksi valokovetteisten, kemialliskovetteisten, kaksoiskovetteisten resiinien ja komposiittimuovien sekä jauhe/neste akryyliin kanssa. (GC Europe)

Testikappaleiden valmistus

Testikappaleet muodostuivat akryylisistä pohjanapeista, joihin porattiin 5 mm leveät urat, joihin kuidut asetettiin. Uriin porattiin lisäksi poikittaisia ja pitkittäisiä lisäuria, jotta kuidut pysyisivät paikallaan testauksen aikana. Napit höyrypestiin (Wasi-Steam 2, Wassermann) ennen kuitujen lisäystä, ettei niiden pinnalle jää epäpuhtauksia, jotka voisivat vaikuttaa kuitujen sidostumiseen akryyliin. Pohjanapit numeroitiin testiryhmän ja yksittäiskappaleen mukaan. Esimerkiksi 1.1 -merkinnällä tarkoitettiin ensimmäisen ryhmän ensimmäistä nappia, jossa on kaksi ensimmäistä testattavaa komposiittisementtitappia.

EverStick C&B -kuidut leikattiin napin halkaisijan pituisiksi ja urat täytettiin kuitukimpuilla. Kuitujen kovettamiseen käytettiin Premium Plus C02 - käsikovetinta, jonka valon teho mitattiin mittarilla (C10 LED curing light meter, Premium Plus) ja tehoksi saatiin 1500 mW/cm². Valokovettimen kärjen leveys oli 1 cm. Kuituja valokovetettiin 20 sekunnin ajan kuidun molemmista päistä, 2 cm paksun läpinäkyvän silikonityynyn (Stick Refix L, GC) läpi. Vaikka valo kulkee kuidun läpi pituussuunnassa, haluttiin varmistaa kuidun tasainen kovettuminen kovettamalla molemmat päät erikseen. Stick-kuidut kyllästettiin Stick Resin -aineessa. Stick-kuitujen käyttöohjeen mukaan resiiniä tulisi käyttää noin 1 tippa jokaista kuitusenttimetriä kohti. Suurempi määrä resiiniä helpottaa kuitenkin kuitujen kostumista, joten sitä käytettiin enemmän. Kostutettua kuitua taivuteltiin vähintään 2 minuutin ajan tasaisen kostumisen takaamiseksi. Kuitujen annettiin vielä levätä valolta suojattuna ennen aikaisen kovettumisen välttämiseksi vähintään 5 minuutin ajan ennen uraan asettamista. Kyllästämisen jälkeen kimput prässättiin instrumentilla uriin ja valokovetettiin kuten everStick C&B -kuitu.

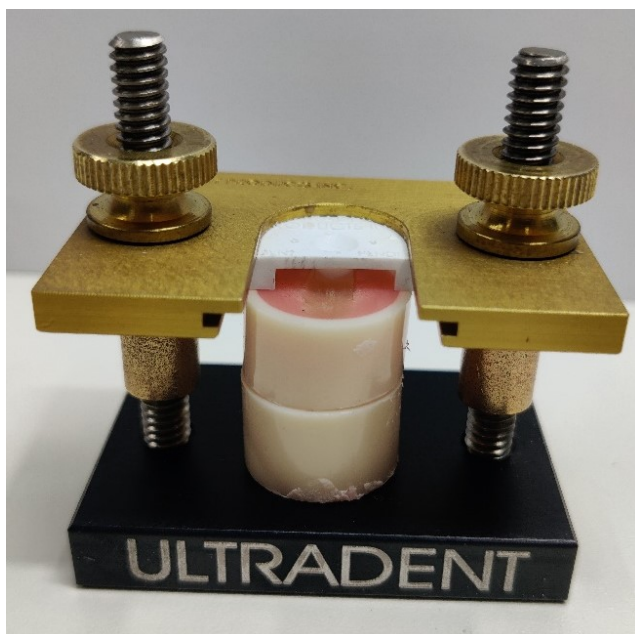
Kuidun pinta hiottiin tasaiseksi napin kanssa kahdella eri hiekkapaperilla, ensin 120 grit ja sitten 600 grit (Buehler-Met II, Buehler). Hiontapöly poistettiin höyrypesurilla ja napit jaettiin sattumanvaraisesti ryhmiin. Näytekappaleet siveltiin sidosaineella käyttäen harjatikkua (Micro Brush, Orbis) ja käsiteltiin valmistajan ohjeiden mukaisesti valolta suojattuna, sillä osa käsiteltävistä sidosaineista oli valokovetteisia.

Ryhmissä 1 ja 6 oli käytössä sidosaine 1, joka siveltiin kuitujen pinnalle. Ryhmien 2 ja 7 testikappaleet käsiteltiin sidosaineella 2. Sidosainetta 2 levitettiin ohut kerros ja odotettiin 10 sekuntia ennen kuin siihen kohdistettiin hellästi paineilmaa aineen kuivattamiseksi. Ryhmiin 3 ja 8 käytettiin sidosainetta 3. Testikappale siveltiin sidosaineella 3 harjatikkua käyttäen ja puhallettiin välittömästi paineilmalla ennen aikaisen kovettumisen välttämiseksi, sillä tämä sidosaine oli valokovetteinen. Ryhmissä 4, 5, 9 ja 10 oli käytössä sidosaine 4. Tätä sidosainetta levitettiin kuidun pinnalle ja kappale asetettiin pimeään lokeroon lepäämään viiden minuutin ajaksi. Alla olevassa taulukossa 2 on lueteltu testiryhmien valmistusaineet.

Taulukko 2: Testiryhmät.

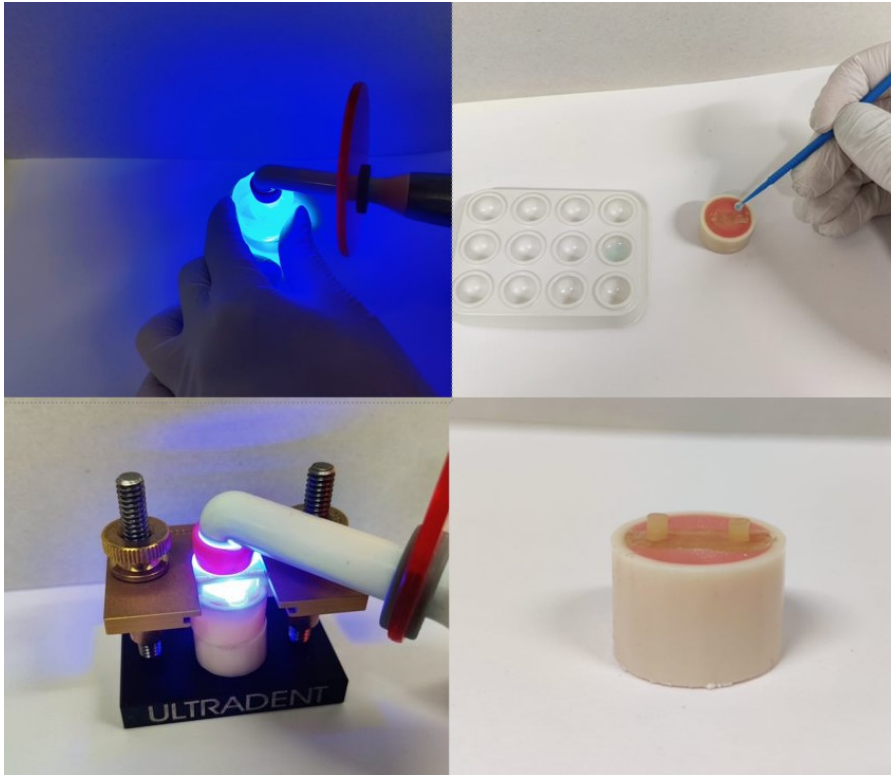
Kuitu	Testiryhmä	Komposiitti	Sidosaine
Stick	Ryhmä 1	Sementti 1	Sidosaine 1
	Ryhmä 2	Sementti 1	Sidosaine 2
	Ryhmä 3	Sementti 1	Sidosaine 3
	Ryhmä 4	Sementti 1	Sidosaine 4
	Ryhmä 5	Sementti 2	Sidosaine 4
everStick C&B	Ryhmä 6	Sementti 1	Sidosaine 1
	Ryhmä 7	Sementti 1	Sidosaine 2
	Ryhmä 8	Sementti 1	Sidosaine 3
	Ryhmä 9	Sementti 1	Sidosaine 4
	Ryhmä 10	Sementti 2	Sidosaine 4

Sidosaineella käsitellyt testikappaleet sijoitettiin tapinmuodostajaan huolellisesti, jotta taattiin komposiittisementtitappien yhdenmukaiset sijainnit testikappaleiden välillä. Tapinmuodostaja eristettiin eristysaineella (Very Special Separator, DVA), jotta napin poistaminen tapinmuodostajasta ei kohdistaisi ylimääräistä voimaa tappiin. Eristysaineen levittämiseen käytettiin harjatikkua, jotta tapinmuodostajan pinnalle ei jäisi märkää kerrosta eristysainetta. Liiallinen eristysaine olisi voinut valua sidospinnalle, mikä olisi vaikuttanut sidokseen. Käsiteltävän napin alle asetettiin toinen nappi, jotta saavutettiin tarvittava korkeus, kuten alla olevassa kuvassa 4.



Kuva 4: Testikappale tapinmuodostajassa.

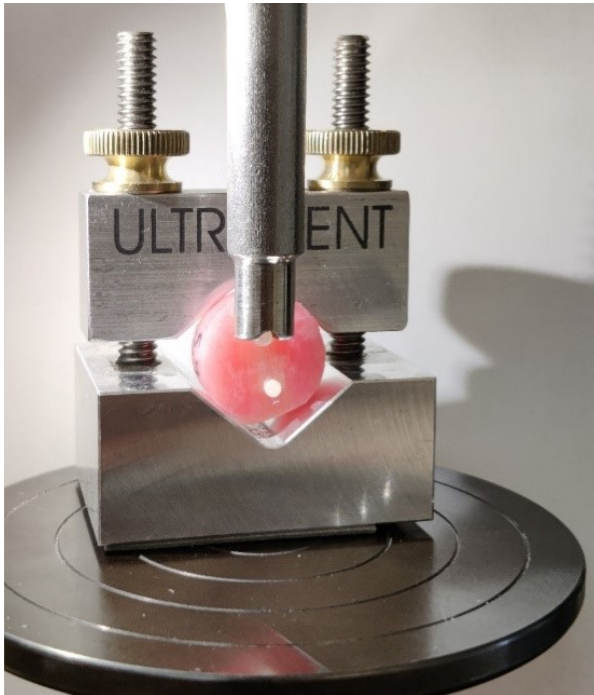
Kuidun päälle valutettiin komposiittisementti tapinmuodostajan avulla ja kovetettiin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Komposiittisementti 1 valokovetettiin 20 sekunnin ajan ja odotettiin 4 minuuttia ennen napin poistamista. Komposiittisementti 2 valokovetettiin 20 sekunnin ajan, jonka jälkeen nappi oli valmis poistettavaksi tapinmuodostajasta välittömästi. Käyttämällä tapinmuodostajaa saatiin tapeista samankokoisia. Alla olevassa kuvassa 5 näkyy vaiheita testikappaleiden valmistuksesta. Tapit mitattiin työntömitalla (Limit) ja niiden halkaisijaksi saatiin 2,3 mm. Jokaiseen nappiin sijoitettiin kaksi komposiittisementtitappia. Valmiit napit säilytettiin huoneenlämmössä yhden viikon ajan ennen testausta.



Kuva 5: Testikappaleiden valmistus. Vasemmalla ylhäällä everStick C&B -lasikuitua valokovetettiin silikonityynyllä prässäten. Oikealla ylhäällä lasikuituun levitettiin sidosainetta harjatikulla. Vasemmalla alhaalla komposiittisementtitappi valokovetettiin tapinmuodostajassa sidosaineella käsitellyn lasikuidun päälle. Oikealla alhaalla näkyy valmis testikappale, jossa on kaksi komposiittisementtitappia.

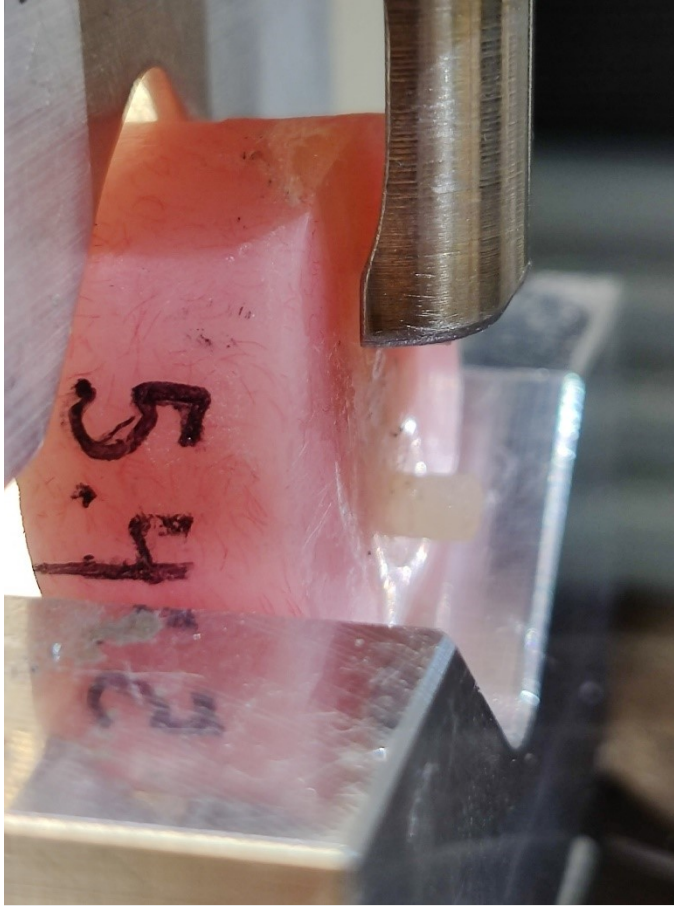
Testikappaleiden testaus

Tutkimus toteutettiin shear bond, eli sidoslujuustestinä. Testausmenetelmä valittiin, sillä testauslaitteisto oli saatavilla toimeksiantajayrityksen tiloissa, ja koska SBS-testaus on yksinkertainen suorittaa ja toistaa. Testaus suoritettiin mukaillen sidoslujuustestin suoritusohjeissa ja ISO 29022 -standardissa lueteltuja menetelmiä (ISO 29022:2013, 2013). Testikappaleiden testaus suoritettiin toimeksiantajayrityksen toimintatiloissa Lloyd Instruments LRX Plus --testilaitteella, jossa oli yhden kilonewtonin voimakkenno. Käytetty testausohjelmisto oli Lloyd Instrumentsin Nexyogen. Alla olevassa kuvassa 6 näkyy testikappale testauslaitteistossa.



Kuva 6: Testikappale Lloyd Instruments LRX Plus –testilaitteessa.

Shear bond -testauksessa lovellinen kärki laskettiin 1 mm minuuttinopeudella 90 asteen kulmassa komposiittisementtitappia kohti. Testaus päättyi ja kärjen liike pysähtyi automaattisesti, kun komposiittisementtitappi irtosi. Kärki laskettiin kaikkien testikappaleiden kohdalla kuidun suuntaisesti. Kappaleiden sijoituksessa testilaitteeseen huomioitiin se, että kärki osuu tasaisesti komposiittisementtitappiin, jotta kärki ei painaisi komposiittisementtitappia epätasaisesti. Alla olevassa kuvassa 7 näkyy oikein sijoitettu kärki.



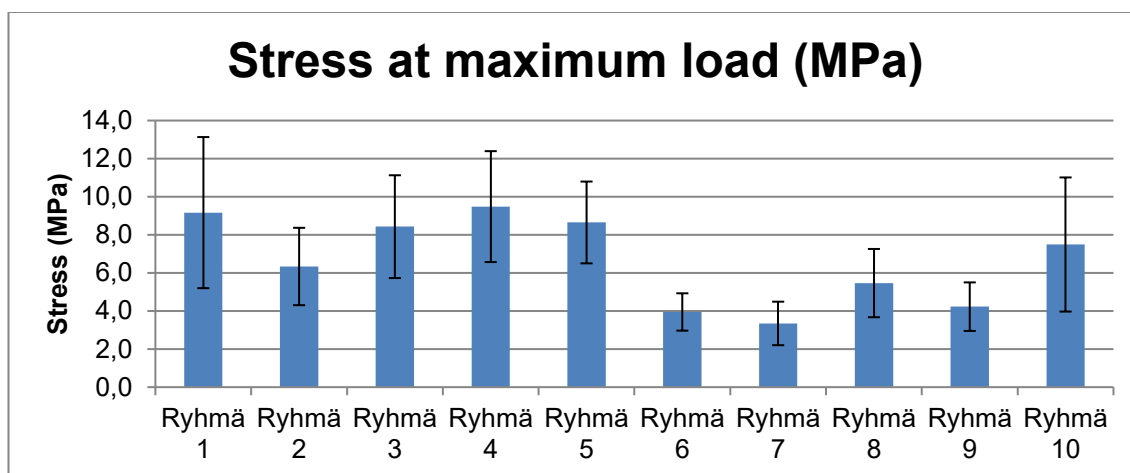
Kuva 7: Testikärjen sijainti testinapilla.

Tulokset siirrettiin Excel-taulukkoon, jossa aineisto muokattiin selkeämpään muotoon niiden tulkintaa varten. Tuloksista laskettiin ryhmien sisäiset keskiarvot ja -hajonnat, ja näistä luotiin pylväsdiagrammi.

Murtumatyyppianalyysi tehtiin tarkastelemalla näytekappaleiden murtumapintoja Futudent HD 16 mm -kameralla otetuista lähikuvista. Murtuma luokiteltiin adhesiiviseksi, jos kuidun ja komposiittisementin välinen sidosaine oli pettänyt. Murtuma luokiteltiin kohesiiviseksi, jos sidoksen pettämisen sijaan joko sidostettava aine, eli komposiittisementti tai kuitu, tai itse sidosaine murtui.

6 Tulokset

Testiryhmillä, joissa käytettiin Stick-kuituja (ryhmät 1-5) sidoslujuus nousi yhtä ryhmää lukuun ottamatta suurempiin lukemiin, kuin everStick C&B -kuituryhmillä (ryhmät 6-10). Stick-kuitujen ryhmät ylsivät lähes kaksinkertaiseen tuloksiin verrattuna niiden vastaaviin everStick C&B -kuitujen ryhmiin. Kuitujen väliset samojen sidosaineiden ryhmät vastaavat toisiaan suhteellisesti ryhmiä 4 ja 9 lukuunottamatta. Tulokset sijoituivat 3,3 MPa ja 9,5 MPa välille. Ryhmä 4 saavutti korkeimman sidoslujuustuloksen arvolla 9,5 MPa. Heikoin sidoslujuus oli ryhmällä 7, jonka sidoslujuus oli 3,3 MPa. Suurin keskihajonta oli ryhmällä 1 (arvolla 4,0) ja pienin ryhmällä 6 (arvolla 1,0). Kuviossa 1 näkyy pylväsdiagrammina ryhmien tulosten keskiarvot ja keskihajonnat.

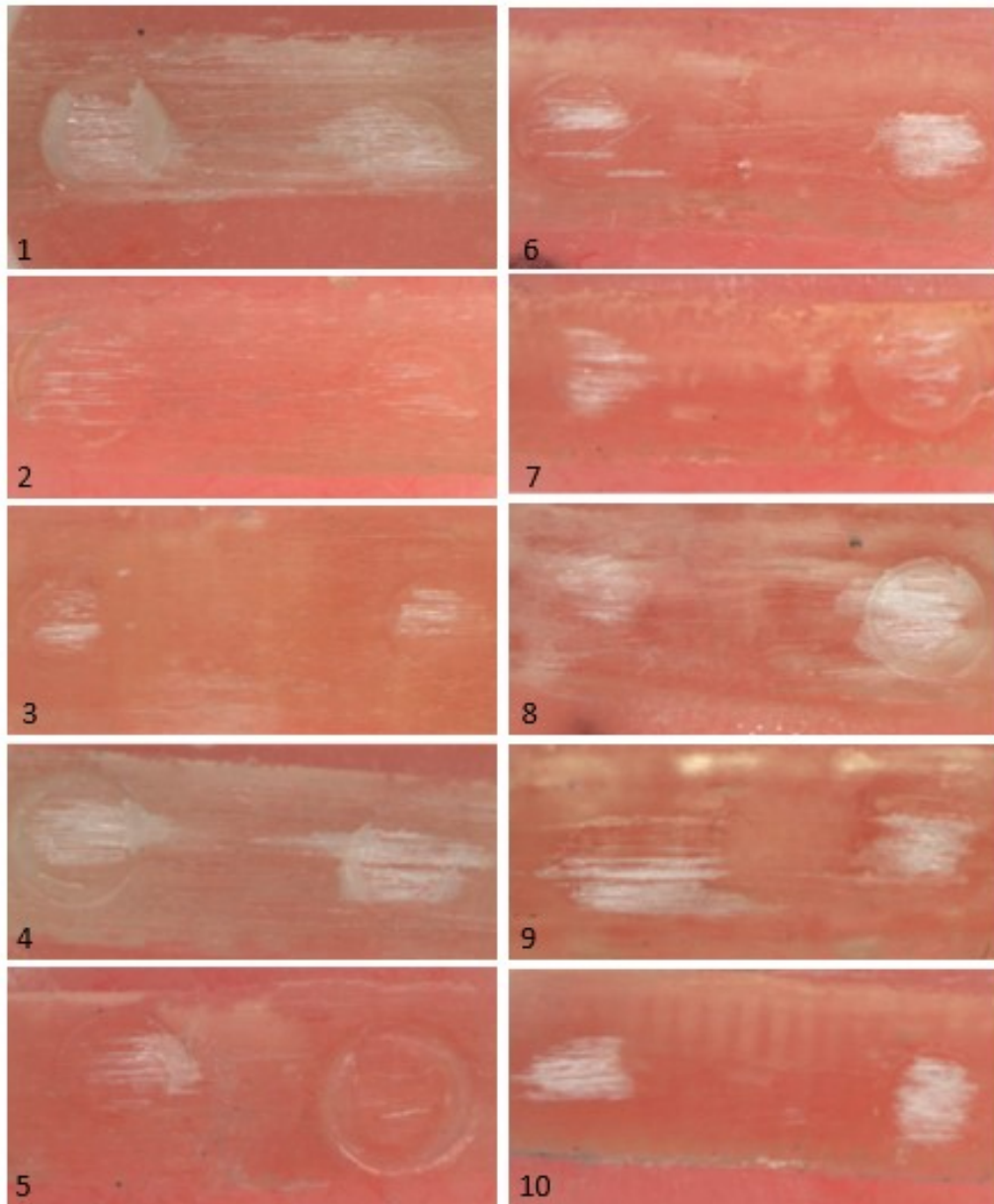


Kuvio 1: Pylväsdiagrammi tulosten keskiarvoista ja keskihajonnoista. Ryhmät 1-5 edustavat everStick C&B -kuituja sidosaineilla 1-4, ja ryhmät 6-10 edustavat Stick-kuituja sidosaineilla 1-4. Ryhmissä 5 ja 10 on käytetty kontrollina komposiittisementtiä 2 sidosaineella 4.

Murtumatyyppianalyysi

Stick-kuituihin sidostettuna ryhmissä 1 ja 4 komposiittisementin pääasiallinen murtumatyyppi on selvästi kohesiivinen, kun taas ryhmässä 2 adhesiivinen.

Ryhmissä 3 ja 5 murtumatyyppi on yhdistelmä sekä kohesiivista, että adhesiivista. EverStick C&B -kuituihin sidostettuna muovin päämurtumatyyppi on ryhmissä 6,8,9 ja 10 kohesiivinen, ja ryhmässä 7 on havaittavissa hieman enemmän adhesiivista murtumaa. Ryhmät 2 ja 7, joissa sidosaineena oli käytössä sidosaine 2, ovat selvästi adhesiivisimmat murtumatyypiltään omissa kuituluokissaan. Myös näiden ryhmien sidoslujuudet ovat heikoimmat. Alla olevassa kuvassa 8 on esitelty jokaisen testiryhmän esimerkkimurtumat.



Kuva 8: Esimerkkimurtumat kuvattuna Futudent HD 16 mm -kameralla. Vasemmalla on ryhmien 1-5 Stick-kuitujen ja komposiittisementin, sekä oikealla ryhmien 6-10 EverStick C&B-kuitujen ja komposiittisementin välinen murtuma. Sidosaineena ylhäältä alaspäin ovat sidosaine 1, sidosaine 2, sidosaine 3, sidosaine 4 ja sidosaine 4.

EverStick C&B -kuitujen murtumat ovat Stick-kuitujen murtumiin verrattuna voimakkaammin kohesiiviset. Sidoslujuudet ovat everStick C&B:n osalta kuitenkin Stick-kuitujen sidoslujuuksia heikompia. Sidosaine 1 ja sidosaine 4

saivat sidosljuuustestissä suurimmat lujuusarvot, mikä näkyy myös murtumatyypeissä etenkin ryhmien 1 ja 6, sekä 4,9 ja 10 osalta.

7 Pohdinta

Sidosainetta 1 on perinteisesti käytetty sidosaineena tähän käyttöindikaatioon. Vain yksi aine, sidosaine 4, suoriutui testauksessa sidosainetta 1 paremmin Stick-kuitujen ryhmistä. EverStick C&B -ryhmistä taas sidosaine 1 suoriutui toiseksi heikoiten. Sekä Stick- että everStick C&B -ryhmistä heikoimmat sidoslujuusarvot sai sidosaine 2. Tämän voidaan katsoa johtuvan siitä, ettei kyseistä sidosainetta ole tarkoitettu käyttöindikaatioon, sillä aine on suunniteltu kiilteen ja dentiinin kostuttamiseen.

Standardin mukaan sidoslujuuksien tulisi olla yli 5 MPa. Stick-kuiduilla kaikki ryhmät ylsivät tähän, mutta everStick C&B -kuiduilla vain ryhmät 8 ja 10 saivat yli 5 MPa keskiarvon. EverStick C&B -kuidut sisältävät valokovetetttävää BisGMA-polymeerimatriisia, minkä vuoksi valmiit ja tiiviit kimput eivät levity täydellisesti näytetapin uraan, kuten Stick-kuitu. Tämä voi selittää kuituryhmien välistä eroa tuloksissa.

Stick-kuidut kostutettiin testikappaleita valmistaessa itse, jolloin kuidut leviävät vapaammin, ja mekaaninen retentio kuitujen ja sidosaineen välillä on suurempi verrattuna valmiiksi kostutettuihin tiiviisiin everStick C&B -kuitukimppuihin. Murtuman ollessa adhesiivinen sidosaineen voidaan katsoa olevan heikko, minkä vuoksi ryhmien 2 ja 7 sidosaine, dentiinin ja kiilteen kostuttamiseen tarkoitettu sidosaine 2 ei sovellu kuitujen ja komposiittisementin sidostamiseen.

Hypoteesi ryhmien 1 ja 4, sekä 6 ja 9 tulosten samankaltaisuuksista toteutui, sillä sidoslajuudet vastaavat keskimäärin toisiaan oman kuituryhmän sisällä. Myös ryhmien 4 ja 5 tulokset ovat lähellä toisiaan, kuten oletimme. Ryhmä 9 sai sen sijaan huomattavasti alemmat tulokset, kuin verrokkikomposiittisementillä valmistetun ryhmän 10 tulokset.

Tulosten korkeaa keskihajontaa voivat selittää muuttujat valmistuksessa. Näitä olivat esimerkiksi kolme eri testikappaleen valmistajaa, sekä sidosaineiden määrän säätelyn vaikeus. Tuloksiin voi vaikuttaa myös se, että lasikuituja

säilytettiin ennen kappaleiden valmistusta huoneenlämmössä. Valmistajan ohjeen mukaan everStick C&B -lasikuituja tulisi säilyttää jääkaapissa.

Luotettavuus ja eettisyys

Jotta tutkimuksessa saavutettiin paras mahdollinen validiteetti eli pätevyys ja reliabiliteetti eli luotettavuus, huomiota kiinnitettiin useaan seikkaan aina tutkimuksen aloittamisesta tulosten raportointiin asti. Vilkan vuonna 2015 julkaisun tutkimusmetodeja käsittelevän kirjan mukaan tutkimuksen kokonaisluotettavuus syntyy pätevyyden ja luotettavuuden summana. (Vilka, 2015.) Pätevyyden varmistamiseksi valittiin testikappaleiden testaamista varten juuri sidosljuustesti, sillä tällä tutkimusmenetelmällä mittaamalla saatiin vastaus laadittuun tutkimuskysymykseen.

Sidoslujuustestauksen suoritusohje saatiin Stick Tech Oy:lta ja sekä testaus että testikappaleiden valmistus suoritettiin sitä mukailleen. Kyseinen suoritusohje noudattaa ISO 29022 standardin periaatteita. Jokainen testikappale valmistettiin ohjeen mukaisesti käyttäen näytetapin valmistusalustaa, jolloin näytetapeista saatiin keskenään identtisiä niin korkeudeltaan kuin halkaisijaltaan. Käytettyjen aineiden kohdalla noudatettiin myös tarkasti valmistajan laatimaa käyttöohjetta. Testikappaleiden valmistus jaettiin tutkimuksen tekijöiden kesken niin, että yhtä tutkimusryhmää kohti oli useampi valmistaja. Näin minimoitiin testikappaleen valmistajan vaikutus saataviin tutkimustuloksiin. Vilkan mukaan tutkimuksen luotettavuudella tarkoitetaan saatujen tulosten tarkkuutta. Tällöin testaukseen valitulla tutkimusmenetelmällä saadaan ei-sattumanvaraisia tuloksia ja testaus on toistettavissa samaa standardia noudattamalla ja ohjetta mukailleen. (Vilka, 2015.) Testauksessa kuitukimput olivat aina saman suuntaisesti. Testaukselle antaa luotettavuutta myös käytetty kalibroitu Lloyd-testauslaitteisto, jota käytettiin laitteen käyttöohjeen mukaisesti.

Yhtenä eettisenä näkökulmana opinnäytetyössä oli käytettyjen materiaalien eettisyys. Tutkimuksessa ei käytetty sidospintana aitoja hampaita, sillä luonnonhampaiden käyttöä tutkimuksissa ei pidetä enää eettisenä valintana.

Tutkimus suoritettiin hyvän tieteellisen käytännön edellyttämin tavoin. Näin ollen tutkimus on eettisesti hyväksyttävä, luotettava ja saadut tulokset uskottavia. Varantolan ym. vuonna 2012 julkaisemassa hyvän tieteellisen käytännön ohjeessa esitettiin kyseisiä lähtökohtia, joita työssämme noudatimme. Näitä olivat erityisesti rehellisyys, yleinen huolellisuus ja tarkkuus tutkimuksen tulosten tallentamisessa, esittämisessä sekä tutkimuksen ja sen tuottamien tulosten arvioinnissa. (Varantola ym., 2012.) Ennen tutkimuksen aloittamista tehtiin sopimus Stick Tech Oy:n kanssa ja yritys yhteistyöstä raportoidaan opinnäytetyössä.

8 Johtopäätökset

Suoritetun tutkimuksen myötä saatiin vastaus laadittuun tutkimuskysymykseen: Kuinka vahvoja sidoslujuuksia saavutamme eri komposiittisementtien ja hammaslääketieteellisten kuitujen välillä eri sidosaineita käyttäen? Tässä tutkimuksessa korkeimman tuloksen saavutti komposiittisementin 1 sidos Stick-kuituihin käyttäen sidosainetta 4. Sidosaineen 4 havaittiin toimivan komposiittisementin 1 kanssa hieman paremmin kuin sidosaine 1 molemmissa kuiduissa. Voidaan siis todeta, että uusi sidosaine 4 toimii paremmin tai vähintään yhtä hyvin kuin perinteinen sidosaine 1.

Tämän tutkimuksen tulokset eivät ole suoraan verrannollisia aitoihin potilastapauksiin, joissa sidospintana on luonnonhammas. Kuituihin sidostaminen tarjoaa kuitenkin vertailukelpoisen tutkimusnäytön.

9 Lähteet

- AlJehani, Y.A., Baskaradoss, J.K., Geevarghese, A., AlShehry, M.A., Vallittu, P.K., 2016. Shear Bond Strength between Fiber-Reinforced Composite and Veneering Resin Composites with Various Adhesive Resin Systems. *Journal of prosthodontics* 25, 392-. <https://doi.org/10.1111/jopr.12315>
- GC Europe, n.d. Fibre reinforcement for minimally invasive bridges.
- GC Europe, n.d. Stick: Fibre reinforcement for composites and acrylics [WWW Document]. URL <https://europe.gc.dental/en-GB/products/stick> (accessed 3.2.22b).
- Hegde, M.N., Bhandary, S., 2008. An evaluation and comparison of shear bond strength of composite resin to dentin, using newer dentin bonding agents. *Journal of Conservative Dentistry : JCD* 11, 71. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.44054>
- ISO 29022:2013: Dentistry. Adhesion. Notched-edge Shear Bond Strength Test., 2013.
- Kadambi, P., Luniya, P., Dhattrak, P., 2021. Current advancements in polymer/polymer matrix composites for dental implants: A systematic review, in: *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd, pp. 740–745. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.396>
- Koskivirta, O., 2020. Kontaminoivien tekijöiden vaikutus yksivaiheisen itse-etsaavan 3M ESPE Scotchbond Universal -sidosaineen ja 3M Filtek Supreme XTE - yhdistelmämuovin väliseen sidoslujuteen 36 tuntia ja 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen.
- Lahdenperä, M., 2019. Structural and interfacial adhesion elements of indirect fiber-reinforced composite fixed dental prostheses.
- Lassila, L.V.J., Tezvergil, A., Dyer, S.R., Vallittu, P.K., 2007. The bond strength of particulate-filler composite to differently oriented fiber-reinforced composite substrate. *Journal of prosthodontics* 16, 10–17. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2006.00147.x>
- Münchow, E.A., Bossardi, M., Priebe, T.C., Valente, L.L., Zanchi, C.H., Ogliari, F.A., Piva, E., 2013. Microtensile versus microshear bond strength between dental adhesives and the dentin substrate. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 46, 95–99. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2013.06.005>
- Polacek, P., Pavelka, V., Ozcan, M., 2014. Effect of intermediate adhesive resin and flowable resin application on the interfacial adhesion of resin composite to pre-impregnated unidirectional S2-glass fiber bundles. *J Adhes Dent* 16, 155-. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a31812>
- Scherrer, S.S., Cesar, P.F., Swain, M. v., 2010. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: A critical literature review. *Dental Materials* 26, e78–e93. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2009.12.002>
- Vallittu P., 2017. Key requirements for dental FRCs, in: *Clinical Guide to Principles of Fiber-Reinforced Composites in Dentistry*. WP Woodhead publishing, pp. 3–9.

- Vallittu P., Matinlinna J., 2017. Types of FRCs used in dentistry, in: Clinical Guide to Principles of Fiber-Reinforced Composites in Dentistry. WP Woodhead publishing, p. 11.
- van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Kirsten, I., Landuyt, V., Yoshida, Y., Peumans, M., 2020. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *J Adhes Dent* 22, 7–34. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>
- van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., de Munck, J., van Landuyt, K.L., 2011. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 27, 17–28. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2010.10.023>
- Varantola K., Launis V., Helin M., Spoof S.K., 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa [WWW Document]. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. URL <https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/HTK-ohje-2012> (accessed 2.22.22).
- Vilka, H., 2015. Tutki ja kehitä, 4. uudistettu painos. ed. PS-kustannus.