

Markus Similä

SUORAT JA EPÄSUORAT TÄYTTEET TAKAHAMMASALUEELLA – MEKAANISTEN
OMINAISUUKSIEN, KLIINISEN TEKNIIKAN JA ENNUSTEEN VERTAILU

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Syyslukukausi 2014

Markus Similä

SUORAT JA EPÄSUORAT TÄYTTEET TAKAHAMMASALUEELLA – MEKAANISTEN
OMINAISUUKSIEN, KLIINISEN TEKNIIKAN JA ENNUSTEEN VERTAILU

Hammaslääketieteen laitos

Syyslukukausi 2014

Vastuhenkilö: Johanna Tanner

Asiantuntijatarkastaja: Pekka Vallittu

TURUN YLIOPISTO

Hammaslääketieteellinen tiedekunta

SIMILÄ, MARKUS: Suorat ja epäsuorat täytteet takahammasalueella – mekaanisten ominaisuuksien, kliinisen tekniikan ja ennusteen vertailu

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 25 s.

Hammasprotetiikka

Joulukuu 2014

TIIVISTELMÄ

Tämä syventävien opintojen opintoprojekti koostuu opetusvideoista ja aiheeseen liittyvästä kirjallisuuskatsauksesta. Opintoprojektissa valmistetaan kliinisiä opetusvideoita hammaslääketieteen perusopintojen opetusmateriaaliksi, aihepiirinä keraamisen täyteen valmistuksen kliiniset tekniikat. Kirjallisen osuuden tavoitteena on laatia kirjallisuuskatsaus tutkimustiedosta suoralla ja epäsuoralla tekniikalla valmistettujen takahammas täytteiden eroista. Katsauksessa käsitellään kliinisen tekniikan eroavaisuuksia, sekä täytteiden mekaanisten ominaisuuksien ja ennusteen eroavaisuuksia. Suorista täytteistä tarkastellaan yhdistelmämuovitäytteitä ja epäsuorista täytteistä tarkastellaan keraamisia täytteitä ja epäsuoria muovitäytteitä.

Suoralla tekniikalla toteutetut yhdistelmämuovitäytteet ovat laajassa kliinisessä käytössä korjaavassa hammashoidossa. Takahammasalueella etenkin laajojen muovitäytteiden ongelmia ovat murtumat, saumavuoto ja sekundääririkaries. Näitä ongelmia voidaan osaltaan eliminoida toteuttamalla täytteet epäsuoralla tekniikalla. Epäsuorilla ja suorilla täytteillä on molemmilla omat kliiniset indikaationsa.

Kliinisten seurantatutkimusten mukaan epäsuorat täytteet ovat pitkäikäisempiä kuin suorat täytteet. Epäsuorat täytteet säilyttävät luonnollisen ulkonäön ja pintakiilteen ikääntyessään. Toisaalta, epäsuora tekniikka on kliinisesti vaativampi ja vie enemmän hammaslääkärin työaika. *In vitro*-testeissä todetaan, että epäsuorilla täytteillä saadaan täytteisiin tiiviimmät saumat, mutta toisaalta suoran tekniikan muovitäytteet saattavat kestää paremmin purentarasiuksia MOD-paikoissa johtuen paremmasta elastisuuskertoimesta. Valinta epäsuoran ja suoran täyteen välillä tulee tehdä yhdessä potilaan kanssa, tilannekohtaisesti.

Avainsanat: Korjaava hammashoito, paikkamateriaalit, epäsuora täyte, suora täyte yhdistelmämuovi, keraami

Sisältö:

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

1 JOHDANTO

2 SUORA PAIKKAUSTEKNIikka

2.1 Pieneräteknikka ja kovettumiskutistuma

2.2 Bulk-filling tekniikka

3 EPÄSUORA PAIKKAUSTEKNIikka

3.1 Kliininen tekniikka

3.2 Täytteen kiinnittäminen

3.2.1 Sidostaminen hampaan kudoksiin

3.2.2 Tekninen sidostaminen

3.3 Täytteen valmistaminen hammaslaboratoriossa

3.4 Täytteen valmistaminen vastaanotolla

3.4.1 Chairside epäsuorat muovitäytteet

4 MATERIAALIT

4.1 Suoran paikkaustekniikan yhdistelmämuovit

4.2 Epäsuoran tekniikan yhdistelmämuovit

4.3 Lujitetut lasikeraamit

5 OMINAISUUKSIEN VERTAILU

5.1 Mekaaniset ominaisuudet ja kuluminen

5.1.1 In vitro testien tuloksia

5.1.2 Mitä tiedetään muovien ja keraamien kulumisesta purennassa

6 KLIINISTEN SEURANTA TUTKIMUSTEN TULOKSIA

7 POHDINTA

LÄHTEET

Lyhenteet ja määritelmät

MOD: mesio-okklusaali-distaali

CAD/CAM: Computer-assisted design/computer-assisted machining

Onlay: Epäsuoratäyte, jolla korvataan myös kuspi

Inlay: Epäsuoratäyte, jolla ei korvata kuspeja

Chairside: suoraan vastaanotolla tehtävä työ

1. Johdanto

Suoralla tekniikalla valmistetut yhdistelmämuovitäytteet ovat nykyisin yleisesti käytössä korjaavassa hammashoidossa, myös takahammasalueella. Niiden tiedetään ideaalitulanteessa olevan pitkäikäisiä takahammasalueella, mutta etenkin laajoissa täytteissä todetaan myös ongelmia. Tutkimuksissa yleisimmin raportoituja ongelmia suoran tekniikan muovitäytteissä ovat sekundääriskaries ja täytteiden murtumat (Osiewiczza 2014). Muita raportoituja ongelmia ovat saumavuoto, täytteen värin muutokset ja pinnan kuluminen (Baig et al. 2013). Tavoitteena on, että muovitäytteen saumat saadaan tiiviiksi ja muoto luonnollisen kaltaiseksi ja anatomiseksi, mutta mitä laajempi täyte tehdään, sitä vaikeampaa on saada täytteestä virheetön.

Suoran tekniikan keskeisimpiä ongelmia on yhdistelmämuovin kutistuminen sen kovettuessa. Kovettumiskutistumalla tarkoitetaan yhdistelmämuovin tilavuudellista muutosta, kun se kovettuu (Terry et al. 2002). Kovettuessaan useimmat yhdistelmämuovit kutistuvat 2-3% tilavuudestaan. Partikkelimäärää lisäämällä voidaan vähentää kutistumaa, mutta se samalla heikentää materiaalin kykyä läpäistä valoa. Valon tunkeutuminen täytemateriaaliin on edellytys valoaktiivisten materiaalien polymeroitumiselle. Muita ongelmia suorien yhdistelmämuovitäytteiden kanssa ovat

luonnollisen näköisen ulkonäön ja anatomian toteuttamisen vaikeus. Puutteellinen täytteen anatomia hampaiden approksimaaliväleissä voi johtaa ruuan ja plakin pakkautumiseen, ja johtaa parodontiumin tulehdukseen ja kariesongelmiin. Suorien muovitäytteiden tiedetään myös värjäytyvän ajan kanssa iniaattoreiden ja aktivaattoreiden jäämien hapettuessa (Priti et al. 2011).

Toteuttamalla täyte epäsuoralla tekniikalla voidaan edellä mainittuja ongelmia osittain välttää tai vähentää. Kun täyte on valmistettu ja kovetettu jo ennen hampaaseen kiinnittämistä, ei itse täytteen kovettumiskutistuma aiheuta ongelmaa. Täytteen kiinnitykseen käytettävän muovisementin kovettumiskutistuma aiheuttaa pienemmän tilavuutensa ansiosta merkittävästi vähäisemmän rasituksen hampaan kovakudokseen ja limasaumaan. Epäsuorilla muovitäytteillä on myös osoitettu esiintyvän vähemmän saumavuotoa (Aggarwal et al. 2008). Epäsuorien täytteiden anatomia, muotoilu ja kontaktit viereisiin hampaisiin pystytään tekemään paremmiksi, kun ne valmistetaan esimerkiksi kipsimalleilla tai CAD/CAM suunnitteluohjelmalla.

Epäsuorien täytteiden valmistukseen liittyy myös haasteita. Työskentelyalueen eristäminen ja hampaan vieruskudosten ja suun nesteiden kontrollointi saattaa olla sementoitaessa vaikeaa. Epäsuoran täytteen valmistaminen vie myös enemmän aikaa kuin suoran täytteen valmistaminen ja sen kustannukset ovat korkeammat niin potilaalle kuin hammaslääkärillekin.

2. Suora paikkaustekniikka

Suoralla tekniikalla tarkoitetaan täytteen valmistamista täyteaineesta suoraan hampaan kaviteettiin ilman jäljennöksiä. Kyseisellä tekniikalla täytteet tehdään nykyisin yleisimmin yhdistelmämuovista. Menetelmän suurimmat edut ovat nopeus ja taloudellisuus.

Yhdistelmämuoveja käytettäessä on eri tekniikoita kaviteetin täyttämiseen.

Pienierätekniikassa pyritään mahdollisimman pieneen kovettumiskutistumaan, kun

taas bulk-tekniikassa pyritään säästämään aikaa täyttämällä kaviteetti suurempina kerroksina.

2.1 Pienerätekniikka ja kovettumiskutistuminen

Pienerätekniikassa pyritään minimoimaan kovettumiskutistuma.

Kovettumiskutistuman aiheuttaa rasitusta hampaaseen, kun yhdistelmämuovitäytettä ympäröivä hammaskudos pyrkii kompensoimaan muovin tilaudellista muutosta. Ilmiötä kuvataan termillä konfiguraatiotekijä, eli C-faktori. C-faktorilla tarkoitetaan sidostettujen ja sidostamattomien tai vapaiden pintojen välistä suhdetta (Feilzer 1987). Jos C-faktori on suuri, hampaaseen kohdistuva rasitus on suurempi kuin sidostusvoima, jolloin sidos pettää (De Munck et al. 2005, Choi et al. 2004, Nikolaenko et al. 2004). Tämä aiheuttaa hampaan ja yhdistelmämuovin saumaan aukon; saumavuodon. Mikrobin ja suun nesteiden vaikutuksesta sauman värjäytyy ja paikan hajoaminen nopeutuu. Kovettumiskutistuma aiheuttaa myös toistuvaa kariesta kaviteetin ja paikka-aineen rajapintaan. Dentiinin hypersensitiivisyyttäkin ja pulpan vaurioita saattaa myös kehittyä. Kaikki edellä mainitut asiat vaarantavat täyteen pitkäkestoisuuden (Baig et al. 2013).

Pienerätekniikka toteutetaan täyttämällä kaviteetti käyttämällä vain 2 mm paksuisia yhdistelmämuovikerroksia. Kerrokset voidaan tehdä horisontaalisella tai vinolla tekniikalla. Pienerätekniikassa varmistetaan täydellinen polymerisaatio valokovetuksella. Myös marginaalisen täyteen laatu paranee estäen kaviteetin seinämien säröjä (Simone et al. 2002). Pienerätekniikalla oletetaan C-faktorin pienenevän. Tämän tekniikan huonoja puolia ovat, että se vie aikaa ja kerrosten välisen tyhjiön varmistaminen on vaikeaa (Junkyu et al. 2008).

2.2 Bulk-filling tekniikka

Bulk filling-tekniikassa käytetään yhdistelmämuoveja paksuina kerroksina. Kun se valokovetetaan, muovi kutistuu kohti valoa aiheuttaen yhdistelmämuovin sisäistä rasitusta, joka johtaa suurentuneeseen polymerisoitumisrasitukseen. Tämä voi

aiheuttaa dentiinisidoksen peittämisen ja näin aiheuttaen saumavuodon. Jos C-faktori on korkea, se aiheuttaa suurta rasitusta hampaalle ja paikka-aineelle (Marangos 2006). Tästä voi aiheutua hampaan lämpötila- ja puremisherkkyyttä. Bulk-tekniikalla C-faktori on siis suuri ja kovettumiskutistuma on merkittävä, kun käytetään tavanomaisia yhdistelmämuoveja (Park et al. 2008). Tästä syystä tekniikassa käytetään ns. bulk-muoveja, joilta vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia (Quellet 1995). Bulk-muoveilla tulee olla pieni kovettumiskutistuma. Tämä toteutetaan muovin elastisuudella, joka pienentää hampaaseen kohdistuvaa rasitusta muovin kovettuessa. Bulk-muoveja pitää pystyä valokovettamaan ainakin 4 mm:n kerroksina. Kyseisten muovien tulisi myös olla juoksevia, jotta ne adaptoituvat hyvin kaviteetin muotoihin (Idriss et al. 2003).

3 Epäsuora tekniikka

Hampaan valmistaminen epäsuoralla tekniikalla jakautuu kliinisiin ja teknisiin työvaiheisiin. Ensinnäkin hammas preparoidaan täytettä varten. Preparointi jäljennetään ja jäljennöksen perusteella tehdään täyte joko suoraan vastaanotolla tai laboratoriossa. Valmis täyte kiinnitetään hampaaseen eli sementoidaan useimmiten muovisementillä.

Perinteisesti epäsuoria täytteitä on valmistettu kullasta valamalla sekä posliinista ja muovista käsin kerrostamalla. Materiaalien ja valmistustekniikoiden kehittyessä näiden käsityöhön perustuvien tekniikoiden käyttö on vähentynyt. Nykyisin suuri osa epäsuoran tekniikan täytteistä valmistetaan tietokoneohjatulla suunnittelulla ja valmistuksella erilaisista keraameista tai muovikomposiiteista.

3.1 Kliininen tekniikka

Hampaan preparointi liimaustekniikalla kiinnitettävää epäsuoraa täytettä varten tehdään pyöreäpäisiä kartiomaisia timanttioria käyttämällä. Tarkoituksena on tehdä okklusaalisesti aukeava kaviteetti, jossa on noin 5 asteen divergenssi per seinämä.

Ulkokulmien tulisi olla mahdollisimman lähelle 90 astetta. Preparoinnin reunat eivät saa olla approksimaalisen tai okklusaalisen kontaktin kohdalla. Lopullisessa kaviteetissa ei saa olla teräviä särmiä. Preparointi voidaan viimeistellä hienorakeisilla timanteilla tai käsi-instrumentein.

Kun hammas on preparoitu epäsuoraa täytettä varten, se jäljennetään. Jos käytettävissä ei ole optista skanneria, voidaan jäljennös ottaa käyttämällä jäljennösaineita, useimmiten A-silikonია tai polyeetteriä.

Polyvinyyliisiloksaani eli A-silikoni sekoitetaan kahdesta pastasta, jotka sisältävät vinyyliisilikonია. Katalysaattoripastassa on klooriplatinahappoa. A-silikonin edut ovat hyvä tarkkuus, hyvä elastinen palautuminen, helppokäyttöisyys ja jäljennöksen säilyminen pitkään muuttumattomana. Huonot puolet ovat kallis hinta ja mahdollinen repeytyminen subgingivaalisia hiontoja jäljennettäessä.

Polyeetteri koostuu polyeetteripolymeeristä, hyytelömäisestä piioksidista, joka toimii fillerinä, ja glykolieetteristä, joka toimii pehmentimenä. Katalysaattorina polyeetterissa käytetään aromaattista sulfonaattia, piioksidia ja glykolieetteriä. Polyeetterin edut ovat hyvä jäljennöstarkkuus subgingivaalialueilla sekä hyvä säilyvyys varastoituna ja kovettuneena. Polyeetteri ei sovi kumiallergisille ja se on vaikea poistaa suuremmista allemenoista. Itse jäljennös polyeetterillä voidaan ottaa monofaastitekniikkaa käyttäen. Tässä tekniikassa preproidulle hampaalle viedään ensin jäljennösainetta ruiskulla. Tämän jälkeen yksilöllinen lusikka täytetään samalla jäljennösaineella ja tuetaan kovettumisen ajan.

Toinen käyttökelpoinen jäljennöstekniikka on putty-wash-tekniikka. Tässä kaksivaihesessa tekniikassa otetaan ensin hampaista puttyjäljennös. Putty wash-tekniikassa käytetään tukevaa lusikkaa. Puttyjäljennökseen tehdään tilaa wash-materiaalille leikkaamalla tai polyeteenikalvon avulla. Wash-materiaalia ruiskutetaan preproidulle hampaalle ja puttyjäljennökseen. Lusikka painetaan nyt uudestaan preparoitua hammasta vasten ja odotetaan, kunnes jäljennösaine on kovettunut. Vastapurijasta voidaan tarvittaessa ottaa jäljennös alginaatilla.

Jos epäsuoraa täytettä ei valmisteta heti suoraan vastaanotolla, suojataan hampaan preparointi väliaikaisella täytteellä. Väliaikaisen täytteen tehtävänä on stabiloida ja suojata hammasta jäljentämisen otosta pysyvän täytteen sementointiin. Nykyaikaisella väliaikaisella täytteellä tulee olla hyvä murtumislujuus ja sen täytyy olla joustava. Täytteen oletetaan myös olevan luonnollisen näköinen sekä kestävä. Väliaikaiset täytteen voidaan jakaa esivalmistettuihin kruunuihin ja kemialliskovetteisiin materiaaleihin. Kemialliskovetteiset väliaikaiset täytemateriaalit ovat yhdistelmämuovipohjaisia tai akryylipohjaisia. Yleisimmät käytössä olevat väliaikaistäytemateriaalit ovat dimetakrylaattipohjaisia komposiitteja. (3M ESPE 2009.)

3.2 Täytteen kiinnittäminen

3.2.1 Sidostaminen hampaan kudoksiin

Yhdistelmämuovien sidostamisella on oleellinen rooli suorien ja epäsuorien muovitäytteiden ennusteelle. Sidoksen vaatimuksena on kestää mekaanista rasitusta, kestää kovettumiskutistumaan liittyviä voimia, tiivistää yhdistelmämuovin ja hampaan välistä aluetta, sekä kestää suun olosuhteita.

Sidostaminen kiilteeseen ja dentiiniin tapahtuu hieman eri menetelmillä. Kiille on 90% epäorgaanista ainesta, josta suurin osa on hydroksiapatiittia. Kiille on prismarakenteinen. Dentiini on taas tubulaarirakenteinen ja siinä on epäorgaanista ainetta vain 45%-50% . Se sisältää paljon vettä ja orgaanista ainetta. Sidostaminen kiilteeseen tapahtuu ensin etsaamalla, joka poistaa kiilteen pinnalta materiaalia epätasaisesti. Kiille-sidosaineliitos perustuu mikromekaaniseen retentioon. Kiillesidos on vahvempi kuin dentiinisidos, (24MPa vs 40MPa). Dentiinisidos perustuu suurimmaksi osaksi myös mikromekaaniseen retentioon. Etsauksella poistetaan dentiinin pinnasta hydroksiapatiittia. Sidosaine pääsee tämän jälkeen tunkeutumaan dentiinitubuluksiin ja kollageeniverkoston. Kollageeniverkko ja siihen tunkeutunut

sidosaine muodostaa hybridikerroksen, joka on osana yhdistelmämuovin mikromekaanista retentiota dentiiniin. Tämä hybridikerros on kuitenkin altis hydrolyysille suun kosteissa olosuhteissa. Sidosainetta jää myös dentiininpinnalle, johon yhdistelmämuovi tarttuu. Itse sidosaineina käytetään primeria ja adhesiivia. Primer esikäsittelee kosteaa kollageeniverkkoa liuttominsa ja hydrofiilisyytensä ansiosta adhesiiville sopivaksi. Adhesiivi taas tarttuu primerin monomeereihin. (kts esim. Kotiranta 2012.)

3.2.2. Tekninen sidostaminen

Epäsuoran täyteen ennusteeseen vaikuttaa paljon oikeaoppinen sementointi ja täyteen esikäsitteleminen. Sementin hyvä kiinnittyminen hampaaseen ja täytteeseen on edellytys täyteen hyvälle sidokselle, täyteen hammasta vahvistavalle vaikutukselle ja täyteen ennusteelle. Sementoinnilla aikaansaattava adhesiivinen liitos siirtää kuormituksen täytteestä hampaalle ja hampaasta täytteelle. Lasikeraamitäytteet kiinnitetään muovisementillä. Sidos perustuu tällöin sementin mikromekaaniseen retentioon, toisaalta hampaan kovakudokseen ja toisaalta lasikeraamisen materiaalin pinnan epätasaisuuksiin. Makromekaanista kiinnitystä, eli kaviteetin muotoilua retentiiviseksi ei tule kokonaan unohtaa.

Epäsuoran lasikeraamitäyteen kiinnittyminen muovisementtiin perustuu teknisellä sidostamisella aikaansaattavaan muovi-keramisidokseen. Silika-pohjaiset keraamitäytteet etsataan ensin fluorivetyhapolla. Etsauksella syövytetään selektiivisesti huokosia keraamin pinnan lasiseen matriisiin. Keraamityypistä riippuen pinnasta syöpyy joko piioksidifaasi tai disilikaattikidefaasi. Tämä tekee täyteen pinnasta karhean lisäten sidostuvaa pinta-alaa. Etsauksen kestolla on todettu olevan merkitystä sidoslujudelle ja 120 sekunnin etsauksella saadaan aikaan vahvin sidos (Chen et al. J Dent 1998). Etsauksen jälkeen täytteet silanoidaan (Matinlinna ja Vallittu 2007). Silaani on tartunta-aine, joka parantaa sidosta polymeerin ja keraamipinnan välillä. Silaanimolekyylin toisen pään hydrolyysiryhmä reagoi lasikeraamin pinnan

piioksidin kanssa ja toisen pään metakrylaattiryhmä taas polymeroituu kiinni sidosmuoviin tai sementtiin. Hydrofiilisyytensä ansiosta silaani myös parantaa täytteen pinnan kostuvuutta, joka mahdollistaa resiniin tunkeutumisen keraamin huokosiin.

3.3 Täytteen valmistaminen hammaslaboratoriossa

Laboratoriossa tehtävät epäsuorat täytteet valmistetaan yleisesti joko prässäämällä, jyrsimällä tai CAD/CAM-menetelmällä.

Prässätessä ensin kipsimallille tehdään täytteestä vaha-aiho, joka upotetaan kanavoituna valumassaan. Valusylinteri kuumennetaan ja sulaneen aihion tilalle prässätään sula keraami. Kun täyte on jäähtynyt, se karakterisoidaan maalilla tai sen pintaan kerrostetaan ja poltetaan posliinia. Tällä tekniikalla preparoinnin ja kruunun suunnittelun epätäydellisyyksistä selvittää helpommin kuin CAD/CAM tekniikalla. (Neves et al. 2014.)

Jyrsintä laboratoriossa tapahtuu ensin valmistamalla muoviaihio kipsimallin päällä. Tämä kopioidaan lukuanturilla. Jyrsintäkone tekee keraamiblokista muoviaihion mukaisen kappaleen. Täyte voidaan vielä haluttaessa kiiltopolttaa.

Laboratoriossa tehtävä CAD/CAM toteutetaan hammaslääkärin lähettämän jäljennöksen perusteella. Tämän mukaan suunnitellaan ja jyrsitään preparoinnille sopiva täyte.

3.4. Täytteen valmistaminen vastaanotolla

Chairside CAD/ CAM:illä tarkoitetaan proteesin valmistustapaa, jossa potilas saa valmiin täytteen yhdellä samalla vastaanottokäynnillä. Preparoinnista otetaan jäljennös käyttäen optista skanneria (esim. CEREC). Tämän jäljennöksen mukaan täyte

suunnitellaan digitaalisella suunnitteluohjelmalla, jolla varmistetaan purennan, saumojen sekä pinnan muotojen istuvuus potilaan purentaan.

Kun täyte on suunniteltu, voidaan se jyrsiä suoraan vastaanotolla, jos käytettävissä on jyrsintälaitte. Tarvittaessa täyte voidaan vielä karakterisoida tai kiiltopolttaa. Jyrsintä on keskeinen osa CAD/CAM teknologiaa. Preparoinnin ja täytteen yhteensopivuus onkin todettu olevan hyvä. Ongelmana on vain ollut täyteen ja hampaan sauman vuodot (marginal gap). Nämä aiheuttavat plakkiretentiota, värjäytymistä, sekundaarikariesta, sementin liukenemistä. Suuret välit hampaan ja täytteen välillä hankaloittavat myös sementtiylimäärien poistoa. Suuret saumavuodot johtuvat jyrsinnän epätäydellisyydestä. (Bosch et al 2014.)

3.4.1 Chairside epäsuorat muovitäytteet

Epäsuoria muovitäytteitä pystytään tekemään myös suoraan vastaanotolla ilman teknikkaa. Tässä tekniikassa otetaan jäljennös preparoidusta hampaasta alginaatilla. Alginaatijäljennös täytetään silikonilla, jolloin saadaan preparoinnista silikonimalli. Silikonimallille rakennetaan muovipaikka perinteisellä yhdistelmämuovilla. Tämän jälkeen täyte irrotetaan silikonista ja sementoidaan preparoidulle hampaalle. (Grandio So inlay system)

4 Materiaalit

4.1 Suoran paikkaustekniikan yhdistelmämuovit

Yhdistelmämuovit koostuvat kahdesta pääfaasista: lujittavista lasikeraamipartikkeleista eli fillereistä ja kovettuvasta polymeerimatriksista (monomeereista). Polymeerimatriksina käytetään yleisimmin BisGMA-, TEGDMA- tai UDMA- monomeereja. Lasikeraamipartikkeleita ovat esimerkiksi kvartsi, zirkoniumoksidi ja Ba-Al-silikaatit. Yhdistelmämuovit sisältävät myös väripigmenttejä, titaandioksidia ja röntgenvarjoainetta lisääviä aineita. Monomeerit aktivoidaan polymeroitumisreaktioon valolla tai kemiallisten aktivaattoreiden avulla.

Polymeerimatriksin metakrylaattimonomeerit polymeroituvat valokovetuksen aikana ja muodostavat kolmiulotteisen ristsidoksisen polymeeriverkoston.

Hammaslääketieteessä käytettävät yhdistelmämuovit voidaan jakaa fillereiden koon mukaan, filleripitoisuuden mukaan tai kovettumisreaktion mukaan. Filleripitoisuuden mukaan jaoteltuna voidaan yhdistelmämuovit jakaa kahteen ryhmään; täpättäviin yhdistelmämuoveihin eli yleismuoveihin ja flow-muoveihin. Täpättävät yhdistelmämuovit sisältävät suuren määrän (65% tilavuudesta) täytepartikkeleita. Flow-muovit taas sisältävät pienemmän määrän fillereitä (35% tilavuudesta) ja niiden mekaaniset ominaisuudet ovat heikommat. Ne myös kutistuvat kovettuessaan noin kaksi kertaa enemmän kuin täpättävät yhdistelmämuovit.

Fillerikoon mukaan jaoteltuna yhdistelmämuovit voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Nanoyhdistelmämuovit sisältävät nanokokoisia yksittäisiä partikkeleita ja nanofillereiden agglomeraatteja (nanoklustereita). Nanofillereiden määrän lisääminen parantaa mekaanisia ominaisuuksia ja täytteen pinnasta saadaan hyvin kiillottuva. Mikrofillerimuovit sisältävät piioksidi partikkeleita, joiden läpimitta on noin 40nm. Hybridimuovit taas sisältävät monen kokoisia filleripartikkeleita. Esimerkiksi nanohybridimuovit sisältävät lasifillerin ja lisäksi pieniä määriä nanofillereitä ja/tai nanofilleriklustereita. (Kopperud et al. 2011.)

Lujitepartikkeleiden lisäksi yhdistelmämuoveja voidaan lujittaa myös lyhyillä lasikuiduilla (Garoushi et al. 2013). Kuitulujitteiset yhdistelmämuovit sisältävät lujittavia kuituja ja resiinimatriisin, joka muodostaa polymeerimatriisin kovettumisen jälkeen. Kuitulujitteisen muovin mekaanisiin ominaisuuksiin vaikuttavat kuitujen määrä ja suunta, kuitujen impregnoituminen muovilla, kuitujen tarttuminen polymeerimatriisiin, kuitujen ja polymeerimatriisin murtovenymä sekä kuiturakenteen mitoitus ja sijoitus lujittavassa rakenteessa. Kuitulujitteisella muovilla on huomattavasti suurempi murtumakestävyys kuin pienpartikkelilujitteisella yhdistelmämuovilla. Myös kovettumiskutistuma on pienempi. Tämä johtuu siitä, että

yhdistelmämuovi voi kutistua kuitujen välissä, mutta ei kuitujen suuntaisesti (Garoushi B et al. 2013).

4.2 Epäsuoran tekniikan yhdistelmämuovit:

Epäsuorat muovit polymeroidaan suun ulkopuolella, jolloin kovettumiskutistuman kliininen seurausvaikutus on toinen. Epäsuorien muovien kanssa käytettävien sementtien kovettumiskutistumaa ei voida vaikuttaa, mutta kovettuvan muovin määrä on vähäinen. Ensimmäisen sukupolven epäsuorien muovien ongelma oli huono sidostuvuus hampaaseen, joka johti murtumiin, hampaan ja täyteen rajapinnan aukkoihin ja mikrovuotoon. Toisen sukupolven epäsuorat muovit sisältävät mikrohybridifillereitä joiden läpimitta on 0.04–1 µm. Fillereiden määrä on myös kaksinkertainen. Tämän ansiosta kulumiskestävyys on parempi. Orgaanisen resiniinimatriisin pieneminen johtaa vähentyneeseen kovettumiskutistumaan. Epäsuorien muovien hyödyt ovat esteettisyys, hyvät anatomiset muodot, hyvät kontaktit, vähemmän kovettumiskutistumaa ja hyvät täyteen saumat. On esitetty, että keraameihin verrattuna epäsuorat muovit absorboivat enemmän purennan aiheuttamaa räsitusta, joten on spekuloitu, että potilailla joilla on heikentyneet hampaiden tukikudokset, saattavat epäsuorat muovit sopia paremmin. On myös esitetty väite, että epäsuorilla muoveilla voidaan aikaansaada paremmat saumat kuin keraamilla johtuen sauman ja täyteen samankaltaisuudesta (Suresh 2010).

4.3 Lujitetut lasikeraamit

Epäsuorissa keraamisissa täytteissä käytetään pääsääntöisesti silika- eli piioksidi-pohjaisia keraameja. Käytettäviä silikapohjaisia keraamioita ovat maasälpäposliini, leusiitti- ja litiumdisilikaatti lujitetut lasikeraamit. Maasälpä posliinia käytetään yleisimmin vain laminaatteina tai metallirunkoisen täyteen päällä. Yleisimmin epäsuorissa täytteissä käytetäänkin leusiitilla vahvistettua lasikeraamia tai litiumdisilikaattia. Leusiitilla vahvistetulla lasikeraamilla saadaan hallittua paremmin

lämpölaajenemista erityisesti tapauksissa, joissa keraami on yhdistettynä metalliin. Leusiitilla saadaan myös parannettua sitkeyttä, kulumista ja yleistä kestävyyttä (Journal of the Australasian Ceramic Society 1998). Litiumdisilikaatti on taas kiteisempää kuin leusiitilla vahvistettu lasikeraami. Kiteiden ristisilloitumisen ansioista sillä on parempi jousto- ja murtumiskestävyys kuin leusiitilla vahvistetulla lasikeraamilla (Ritzberger et al. 2010).

Materiaalien ominaisuuksien vertailua:

Materiaali	Taivutuslujuus (MPa)	Sidostettavuus
Maasälpäposliini	100	hyvä
Leusiitilla vahvistettu lasikeraami	280	hyvä
Litiumdisilikaatti – lujitteinen lasikeraami	400	hyvä/kohtalainen
Suoran tekniikan yhdistelmämuovi (3M Z-250)	150	hyvä pian polymeroinnin jälkeen
CAD/CAM tekniikalla työstettävä yhdistelmämuovi (Lava Ultimate)	240	kohtalainen

(ISO 6872 Dentistry - Ceramic Materials 2011, 3M ESPE 2012, 3M 1998)

5. Ominaisuuksien vertailu

5.1 Mekaaniset ominaisuudet ja kuluminen

Paikka-aineen valinnassa kulumisella on olennainen rooli. Ideaalilla materiaalilla olisi korkea kulumiskestävyys ja minimaalinen kuluttavuus. Paikka-aine, jolla korvataan

kiillettä, pitäisi olla mahdollisimman paljon kiilteen kaltainen. Vastapurijan suuri kuluminen voi aiheuttaa useita ongelmia kuten hypersensitiivisyyttä, okklusaalisen kontaktin häviämistä, purennan tehokkuuden alenemista, puremalihasten väsymistä ja muutoksia purentasuhteissa. Nämä voivat aiheuttaa merkittäviä funktionaalisia ja/tai ulkonäöllisiä ongelmia. (D’Arcangelo et al. 2014.)

5.1.1 In vitro- testien tuloksia

MOD-täytteissä muovi kestää suuremman voiman ennen murtumistaan kuin keraami (Liu et al. 2014). Tämä saattaa johtua muovin alhaisemmasta kimmomodulista ja suuremmasta murtositkeydestä. Toinen syy voi olla muovin parempi sidostuvuus hampaaseen.

Keraamiset paikkamateriaalit kestävät paremmin puristusvoimia, mutta ovat alttiimpia vetovoimien aiheuttamille murtumille kuin yhdistelmämuovit. Keraamit ovat kovempia kuin muovit, mutta voivat aiheuttaa enemmän kulumista vastapurijassa. Sementin ja keraamin rajapinnassa sementti voi kulua nopeammin, kun käytetään muovisementtiä keraamin sementoinnissa. Muovipaikkojen saumat voivat siis olla kestävämpiä. (Fron et al. 2013.)

Testatessa saumojen tiivyyttä todettiin, että epäsuorilla täytteillä on tiiviimmät saumat kuin suorilla muovitäytteillä. Tämä johtuu muovitäytteiden suuremmasta kovettumiskutistumasta, joka aiheuttaa aukkoja resiinin ja dentiin välille. Epäsuorien täytteiden saumojen epätäydellisyydet johtuvat sementistä. Toistuvien purentavoimien todettiin myös vaikuttavan epäsuorien keraamitäytteiden ja suorien muovitäytteiden sidokseen. Purentavoimat voivat aiheuttaa hampaan ja täyteen välille saumavuotoa. Tutkiessa purennan aiheuttamien voimien vaikutusta täytteisiin todettiin, että epäsuorat täyteet kuitenkin kestävät paremmin purennan aiheuttamaa rasitusta kuin suorat täyteet (Aggarwal et al. 2008). Joissakin tapauksissa havaintoa voi selittää epäsuorien muovitäytteiden yhdistelmämuovin korkeampi kovettumisaste verrattuna suoran tekniikan täytteiden yhdistelmämuoviin.

Silvana Batalha-Silva työryhmineen vertasi ylämolaareihin tehdyissä MOD-kaviteeteissa suoran ja epäsuoran CAD/CAM muovitäytteen särön muodostustaipumusta sekä murtumiskestävyyttä. Tutkimuksessa simuloitiin purenna aiheuttamaa syklistä rasiusta hampaalle eri voimakkuuksina portaittain 100 N:stä – 1400 N:iin. Suorat muovitäytteet kestivät keskimäärin 1213 N voimat, kunnes ne murtuivat. Epäsuorat täytteet taas kestivät kaikki 1400 N:iin saakka. Epäsuorilla täytteillä oli siis suurempi murtumiskestävyys ja pienempi särön muodostustaipumus kuin suorilla muovitäytteillä. (Batalha-Silva et al. 2012.)

Juurihoidetuissa hampaissa vaaditaan usein laajempia, monen pinnan täytteitä. Laajoissa täytteissä suoralla tekniikalla ollaan alttiimpia virheille kuin epäsuorilla täytteillä. F. K. Cobankara työryhmineen tutki ei tekniikoilla täytettyjen juurihoidettujen molaarien murtumiskestävyyttä. Tutkimuksessa verrattiin amalgaamitäytteiden, suoralla tekniikalla tehtyjen muovitäytteiden ja epäsuoran muovin (Estenia) toimintaa MOD-preparoiduissa juurihoidetuissa molaareissa. Tutkimuksessa todettiin epäsuoralla muovitäyteellä olevan paras murtumiskestävyys. Epäsuoran täytteen todettiin myös murtuvan suotuisammin ilman hampaan frakturoitumista. (Cobankara et al. 2008.)

5.1.2 Mitä tiedetään muovien ja keraamien kulumisesta purennassa

Yhdistelmämuovien fillereiden lisääntynyt määrä aiheuttaa vähemmän kulumista. Suuri filleripitoisuus vähentää myös alttiutta murtumille. Kulumiskestävyys nousee vähentämällä fillereiden kokoa.

Lähes kaikkien keraamien, epäsuorien muovien ja suorantekniikan muovien rakenteen kuormankantokyky lisääntyy paksuuden lisääntyessä (Hamburger et al. 2013).

Keraamia käytettäessä on muistettava, että se vaatii tietyn paksuuden, jotta saavutetaan riittävä kestävyys. Keraamitäytteissä inlaypreparoinnit vaativat yli 1,5 mm syvyisen kaviteetin, kun taas onlay-täytteet vaativat kusprien kohdalta 2 mm syvyisen preparoinnin. Muovitäytteet kestävät ohuemmillä kerroksilla. Toisaalta keraamin kulumiskestävyys, oikeana paksuutena, on lähellä luonnollisen kiilteen

kulumiskestävyyttä. Muovipaikkojen etu on taas se, että ne eivät kuluta niin paljon vastapurijaa (D'Arcangelo et al. 2014).

6. Kliinisten seurantalutkimusten tuloksia

Epäsuoran paikkaustekniikan edut korostuvat laajoissa taka-alueen täytteissä ja koronaalisen kudospuutoksen ollessa merkittävä. Suoralla tekniikalla yhdistelmämuovilla restauroitu hammas saattaa kuitenkin tietyissä olosuhteissa olla vahvempi kuin epäsuoralla lasikeraamitäytteellä restauroitu hammas. Myös lasikeraamin heikosta murtolujuudesta johtuen yhdistelmämuovitäytteellä voi olla parempi ennuste. Vahvemmillä epäsuorilla täytteillä kuten litiumdisilikaattilla on taas oletettavasti parempi ennuste kuin muovilla. (Belli et al. 2014.)

Viiden vuoden seurannassa verrattaessa suoria muovitäytteitä ja epäsuoria muovitäytteitä, nanoyhdistelmämuovista, takahammasalueella, huomattiin eroa ulkonäössä, mutta kliinisesti ei löytynyt suuria eroja. Esteettisyyden ero saattoi johtua epäsuorien muovien paremmasta kulumiskestävyydestä. Tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että pidempiaikaisessa tutkimuksessa oletettavasti epäsuorien muovitäytteiden ennusteet olisivat parempia. (Cetin et al. 2012.)

Kolmen vuoden seurannassa verrattaessa muovi- ja keraami-inlaypaikkojen kestävyttä keraamipaikat olivat kestävämpiä. Seurannassa keraamipaikat, jotka joudututtiin vaihtamaan, johtuivat murtumista. Muovipaikkojen vaihdot sen sijaan johtuivat karieksesta ja dentiinin hypersensitiivisyydestä. (Chabouisa et al. 2013.)

Testattaessa eri täyteaineiden pitkäikäisyyttä takahammasalueilla, vuosittainen täytteiden uusintaprosentti oli seuraava: suoria muovipaikkoja piti uusina 3,6 %, epäsuoria muovipaikkoja 1,9 %, epäsuoria keraamitäytteitä 1,7 % ja CAD/CAM-tekniikalla tehtyjä keraamitäytteitä uusittiin 1,4 %. On selvää, että paikkojen pitkäikäisyyteen vaikuttaa moni asia kuten käytettävät materiaalit, potilas, hammaslääkärin taidot sekä työn valmistamiseen käytetty kokonaisaika. (Goldstein 2010.)

Tobias Otto ja David Schneider (2008) tutkivat CAD/CAM menetelmällä tehtyjen inlay- ja onlay-täytteiden suorituskykyä 17-vuoden seurannassa. Tutkimuksessa oli mukana 123 keraamisella täytteellä restauroitua molaaria. Täytteet oli tehty Cerec Mk I-blokeista CEREC 1-laitteella. Näistä kuusi oli 15 vuoden päästä murtunut tai hävinnyt. Syyt täytteiden epäonnistumiselle olivat suurimmaksi osaksi hampaiden murtuminen tai täytteen murtuminen. Tutkijat totesivatkin, että bruksismista kärsivillä potilailla on suurempi riski keraamisten täytteiden murtumiselle. Todettiin myös, että tutkimuksessa mukana olleet täytteet tehtiin varhaisilla CEREC-laitteistolla ja, että modernien laitteiden kanssa on mahdollista saada vielä paremmat tulokset.

Uudemmat litiumdisilikaattilujitteiset lasikeraamit ovat perinteisiä leusiittilujitteisia vahvempia ja niillä voidaan olettaa saatavan myös parempia tuloksia. Näistä materiaaleista on saatavilla toistaiseksi vain muutamien vuosien kliinisiä seurantoja. Guess työryhmineen vertasi prospektiivisessä kliinisessä seurantatutkimuksessaan prässästekniikalla valmistettuja litiumdisilikaattilujitteisia (IPS e.max Press) ja CAD/CAM tekniikalla valmistettuja leusiittilujitteisia (ProCAD, Ivoclar Vivadent, Cerec 3 InLab, Sirona) laajoja keraamisia täytteitä takahammasalueella. Seitsemän vuoden seuranta-aikana yhtään prässästekniikalla valmistettua täytettä ei menetetty ja CAD/CAM-täytteidenkin toimintaennuste oli 97 %.

Uusia CAD/CAM-tekniikalla työstettäviä muovipohjaisia materiaaleja on tullut markkinoille viimeaikoina paljon. Näiden materiaalien kliinisestä toimintaennusteesta ei luonnollisestikaan ole toistaiseksi saatavilla riittävää kliinistä näyttöä.

Muovisementtien sidosljuudet CAD/CAM tekniikalla työstettäviin epäsuoriin muovitäytteisiin on eräs aihe joka vaatii lisätutkimuksia.

7. Pohdinta

Päätös suoran ja epäsuoran täytteen välillä on aina tilannekohtainen.

Tutkimustulosten mukaan epäsuorien täytteiden vahvuudet ovat mekaaninen kestävyys, ulkonäkö ja pitkäikäisyys. Heikkouksia ovat taas korkea hinta ja aikaa vievä toteutus. Suorien yhdistelmämuovitäytteiden etuja ovat taas täytteen valmistamiseen vaadittava aika, pienien täytteiden hyvä ennuste sekä vastapurijan vähäinen kulutus. Toisaalta epäsuorien muovitäytteiden tiedetään myös olevan suotuisia vastapurijalle. Suorien täytteiden heikkouksia taas olivat kovettumiskutistumisen aiheuttamat ongelmat, täytteen muotoilun ja luonnollisen näköisen lopputuloksen saamisen haasteellisuus sekä värjäytyvyys ajan kanssa. Toisaalta suoran tekniikan täytteiden ulkonäköä voidaan parantaa esimerkiksi karakterisoimalla täytettä valokovetteisilla maaliväreillä.

Lopullinen valinta täytemateriaalin ja tekniikan välillä pitääkin tehdä yhdessä potilaan kanssa huomioiden korjattavan hampaan tilanne ja ennuste. Ratkaisevat tekijät valintaan vaikuttaen ovat potilaan mielipide, vaadittavan täytteen laajuus eli toisaalta jäljellä olevan koronaalisen kudoksen määrä sekä suun olosuhteet. Esimerkiksi suoran täytteen nopea toteutus on monelle potilaalle ja hammaslääkärille ratkaiseva tekijä. Suorien ja epäsuorien täytteiden pitkäikäisyys ja ennuste määrittyykin pitkälti hammaslääkärin taidoista, potilaan yhteistyökyvystä ja suun olosuhteista (tulehdukset, kieli ja suun avaus yms). Molemmilla menetelmillä on mahdollista aikaan saada pitkäikäisiä hoitotuloksia ja ne ovat käyttökelpoisia tilanteen mukaan.

Tulevaisuudessa on nähtävissä epäsuorien täytteiden valmistusten lisääntyminen. Lisääntymisen aiheuttanee CAD/CAM tekniikan yleistyminen, jonka ansiosta epäsuorien täytteiden valmistus saadaan helpommaksi ja nopeammaksi. Toisaalta suorien täytteiden tekeminen tuskin tulee merkittävästi vähentymään, vaan pysyy vielä useammilla vastaanotoilla ensisijaisena vaihtoehtona hampaiden restauroitiossa.

Lähteet

3M ESPE, Protemp Crow Technical Product profile, 2009

3M ESPE, Lava Ultimate restorative Tech Brief, 2012

3M, Filtek Z250, Technical Product Profile, 1998

Aggarwal V, Logani A. , Jain V., ja Shah N. : Effect of Cyclic Loading on Marginal Adaptation and Bond Strength in Direct vs Indirect Class II MO Composite Restorations Operative Dentistry. 2008 Sep-Oct;33(5):587-92 2008

Baig Mirza Mubashir, Mustafa Mohammed , Jaaidi Zaid A. Al, Al-Muhaiza Mohammed: Microleakage evaluation in restorations using different resin composite insertion techniques and liners in preparations with high c-factor – An in vitro study, King Saud University Journal of Dental Sciences 07/2013; 4(2):57–64 2013

Belli Renan, Geinzer Eva, Muschweck Anna, Petschelt Anselm, Lohbauer Ulrich: Mechanical fatigue degradation of ceramics versus resin composites for dental restorations. Dental Materials April 2014 30(4): 424–432, 2014

Bosch Gabriel, , Ender Andreas, Mehl Albert: A 3-dimensional accuracy analysis of chairside CAD/CAM milling processes. Journal of Prosthetic Dentistry, 112(6):1425-1431, 2014

Cetin AR, Unlu N, Cobanoglu N: A Five-Year Clinical Evaluation of Direct Nanofilled and Indirect Composite Resin Restorations in Posterior Teeth, Operative Dentistry. 2013 Mar-Apr;38(2):E1-1, 2012

Chabouisa Hélène Fron, Faugerona Violaine Smail, Attala Jean-Pierre: Clinical efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays: A systematic review, Dental Materials. 2013 Dec;29(12):1209-18 , 2013

Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 28: 53-58, 1998

Choi KK, Ryu GJ, Choi SM, Lee MJ, Park SJ, Ferracane JL. Effects of cavity configuration on composite restoration. *Oper Dent*. Jul-Aug;29(4): 462-9, 2004

Cobankara F. K., Unlu N. , Cetin A. R. , and Ozkan H. B. The Effect of Different Restoration Techniques on the Fracture Resistance of Endodontically-treated Molars. *Operative Dentistry: Syyskuu* 2008,33(5): 526-533, 2008

D'Arcangelo C, Vanini L, Rondoni GD, Pirani M, Gattone M. Wear Properties of a Novel Resin Composite Compared to Human Enamel and Other Restorative Materials. *Operative Dentistry*. 2014 Nov-Dec;39(6):612-8 2014

De Munck J, Van Landuyt K, Coutinho E, Poitevin A, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class I cavity bottom dentin after thermocycling. *Dent Mater*. Nov;21(11):999-1007, 2005

Deliperi Simone, Bardwell David .An alternative method to reduce polymerizationshrinkage in directposterior compositerestorations. *The Journal of the American Dental Association* October 2002 133(10): 1387–1398, 2002

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Rs*. 1987;66:1636-1639

Garoushi A , Mangoush , Vallittu, Lassila : Short fiber reinforced composite: a new alternative for direct onlay restorations. *Open Dentistry Journal*. 2013; 7: 181–185 2013

Garoushi B Sufyan, Säilynoja Eija, Vallittu K. Pekka, Lassila Lippo: Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dental Materials* 29 (2013) sivut: 835–841, 2013

Goldstein Gary R. DDS The Longevity of Direct and Indirect Posterior Restorations is Uncertain and may be Affected by a Number of Dentist-, Patient-, and Material-

Related Factors. Journal of Evidence-Based Dental Practice: Vuosikerta 10, numero 1, Maaliskuu 2010, Sivut 30-31. 2010

Grandio SO inlay system - http://www.voco.com/nl/products/_products/GrandioSO-Inlay-System/Folder-GrandioSO-Inlay-System_GB_0612.pdf

Guess P, Selz CF, Steinhart Y-N, Stampf S, Strub G. Prospective Clinical Split-Mouth Study of Pressed and CAD/CAM All-Ceramic Partial-Coverage Restorations: 7-year result. Int J Prosthodont 2013; 26: 21-25.

Hamburger, Opdam, Bronkhorst, Huysmans: Indirect restorations for severe tooth wear: Fracture risk and layer thickness J Dent. 2014 Apr;42(4):413-8, 2013

Idriss S, Habib C, Abduljabbar T, et al. Marginal adaptation of class II resin composite restorations using incremental and bulk placement techniques: an ESEM study. J Oral Rehabil. 2003;30(10):1000-1007

ISO 6872 "Dentistry - Ceramic Materials", 2011

Journal of the Australasian Ceramic Society: 34 (2): 78-91 (1998)

Kopperud M. Hillde, Finger J. Werner, Horsten-Bindslev Preben Nykyaikaiset Yhdistelmämuovit, Hammaslääkälehti s36-42, 4/2011

Kotiranta Anja: Korjaavan karieshoidonmateriaaleista: Biomateriaalit II sidosaineet, li, kompomeerit, amalgaami 5.10.2012

Liu Xiaozhou, Fok Alex, Li Haiyan: Influence of restorative material and proximal cavity design on the fracture resistance of MOD inlay restoration. Dental Materials. 2014 Mar;30(3):327-33, 2014

Marangos Dennis, The Direct Posterior Composite Restoration--Solving Everyday Clinical Problems,2006-06-01, 2006

Matinlinna J.P. ja Vallittu P.K. Bondin of resin composites to etchable ceramic surfaces – an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *Journal of Oral Rehabilitation* 34; 622-630 2007

Neves Flávio D., Prado Célio J, Prudente Marcel S., Carneiro Thiago A.P.N, Zancopé Karla, Davi Letícia R., Mendonça Gustavo,. Cooper Lyndon F Soares , Carlos José: Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014;112(5):1134-1140 , 2014

Nikolaenko SA, Lohbauer U, Roggendorf M, Petschelt A, Dasch W, Frankenberger R. Influence of c-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dental Materials*. 2004 Jul;20(6):579-85

Nandini Suresh: Indirect resin composites *Journal of conservative dentistry*, 2010, 13(4): 184-194 2010

Osiewiczza, Werner, Pytko-Polonczyk, Roeters, Kleverlaan, Contact- and contact-free wear between various resin composites. *Dental Materials*. 2015 Feb;31(2):134-40 2014

Otto Tobias ja Schneider David: Long-Term Clinical Results of Chairside Cerec CAD/CAM. *Int J Prosthodont* 2008;21:53–59. 2008

Park Junkyu, Chang Juhea, Ferracane Jack, Lee In Bog: How should composite be layered to reduce shrinkage stress: Incremental or bulk filling? *Dent Mater*. 2008 Nov;24(11):1501-5, 2008

Priti D Desai, Utpal Kumar Das Comparison of fracture resistance of teeth restored with ceramic inlay and resin composite: An in vitro study. *Indian J Dent Res* 2011 Nov-Dec;22(6):877, 2011

Ritzberger Christian, Apel Elke, Höland Wolfram, Peschke Arnd and Rheinberger Volker M.: Properties and Clinical Application of Three Types of Dental Glass-

Ceramics and Ceramics for CAD-CAM Technologies, Materials 2010, 3(6), 3700-3713
2010

Quellet D. Considerations and techniques for multiple bulk-fill direct posterior composites. Compend Contin Educ Dent. 1995;16(12):1212-1226 1995

Silvana Batalha-Silvaa, Mauro Amaral Caldeira de Andradaa, Hamilton Pires Maiaa, Pascal Magneb: Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: Direct versus CAD/CAM inlays. Dental Materials, Maaliskuu 2013 29(3): 324–331. 2012

Terry, Douglas, A. Restoring Posterior Teeth Using a New Low-Shrinkage Composite. Restorative Quarterly, 5(1):3-14 Huhtikuu 2002