

Juho Regina ja Samu Verhola

Karieksen poistotekniikat ja kaviteetin preparointi yhdistelmämuovilla paikkausta varten

Turun yliopisto

Lääketieteellinen tiedekunta

Hammaslääketieteen laitos

Kariologia ja korjaava hammashoito

Kevätlukukausi 2023

Ohjaajat: Prof. Arzu Tezvergil-Mutluay

HLL Teemu Tirri

Asiantuntijatarkastaja: Prof. Pekka Vallittu

Laajuus 20 op

TURUN YLIOPISTO

Hammaslääketieteen laitos

Juho Regina ja Samu Verhola: Karieksen poistotekniikat ja kaviteetin preparointi yhdistelmämuovilla paikkausta varten

Syventävien opintojen kirjallinen työ ja opetusvideot: Kaviteetin preparointi, sektorimatriisin asettaminen, sidostaminen, paikkaus ja paikan viimeistely.

Kariologia ja korjaava hammashoito

Kevätlukukausi 2023

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on perehtyä molaarin preparointiin MOD-yhdistelmämuovipaikkaa varten. MOD-kaviteetti on purupinnalle ja molemmille hammasvälipinnoille ulottuva kaviteetti. Lisäksi tutkielmassa perehdytään erilaisiin karieksen poistotekniikoihin. Huolellisesti ja hyvällä tekniikalla preparoitu kaviteetti mahdollistaa laadukkaan paikan valmistamisen ja antaa sille hyvän ennusteen. Tämä kirjallisuuskatsaus keskittyy erityisesti preparoinnissa karieksen poistoon, kaviteetin muotoiluun ja viimeistelyyn. Tutkimukset käsittelevät pääasiassa luokan II kaviteetin preparointeja molaareissa sekä premolaareissa. Luokan II kaviteetti on alkuperäisestä Blackin II luokan kaviteetista yhdistelmämuovipaikkaa varten sovellettu kaviteetti, joka jatkuu purupinnalta yhdelle hammasvälipinnalle. Vaihtoehtoisten karieksen poistotekniikoiden osalta perehdytään niiden tehokkuuteen sekä niiden potentiaaliin poistaa kariesta minimaalisen invasiivisesti.

Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus, jossa on käytetty aineistona englanninkielisiä tutkimusartikkeleita Pubmed ja Cohrane -tietokannoista, sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta kuten kariologian oppikirjoja ja Käypä hoito -suosituksia. Tiedonhakua

varten käytettiin seuraavia hakusanoja: “cavity design”, “preparation”, “composite”, “molar”, “caries”. Kirjallisuuskatsaukseen valittiin englannin- ja suomenkielisiä tutkimuksia ja kirjallisuutta vuosilta 1998-2022.

Markkinoilla on olemassa useita erilaisia kariksen poistotekniikoita, mutta perinteistä poraamista ja ekskavointia tehokkaampaa tapaa ei ole vielä kehitetty. Vaihtoehtoiset kariksen poistotekniikat ovat mahdollisesti vähemmän invasiivisia kuin perinteiset menetelmät. Kaviteetin muotoilussa tärkeintä vaikuttaisi olevan hammaskudoksen säästäminen, kiilleseinämien suoruus, epätasaisuuksien siistiminen ja oikeanlaisten välineiden käyttäminen.

Kirjallisuuskatsauksen lisäksi olemme tehneet viisi opetusvideota osana syventäviä opintojamme. Videoiden aiheina ovat kaviteetin preparointi, sektorimatriisin asettaminen, sidostaminen, paikkaus ja paikan viimeistely.

Avainsanat: kaviteetin suunnittelu, preparointi, yhdistelmämuovi, molaari, karies

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

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS	7
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
4. KAVITEETIN SUUNNITTELU	8
5. KAVITEETIN PREPAROINTI	10
5.1. Kiilleavaus ja vanhan täytteen purkaminen	10
5.2. Karioituneen kudoksen poistaminen	11
6. KAVITEETIN VIIMEISTELY	14
6.1. Kiilteen viimeistely	15
6.2. Dentiinin viimeistely	17
6.3. Kuspien katkaisu	18
7. INSTRUMENTIT	19
7.1. Kiilteen preparoinnissa käytettävät instrumentit	19
7.2. Dentiinin preparoinnissa käytettävät instrumentit	21
8. VAIHTOEHTOISET KARIOITUNEEN KUDOKSEN POISTOTEKNIIKAT	24
8.1. Kemomekaaninen preparointi	24
8.2. Laser	24
8.3. Ultraäänikärjet ja oskilloivat instrumentit	25
8.4. Ilma-abraasio	26
9. POHDINTA	27
10. YHTEENVETO	30
11. LIITTEET: OPETUSVIDEOT	31
12. LÄHTEET	31

1. Johdanto

Hampaiden paikkaukseen kuuluu 30-50% hammaslääkärin työajasta (Hampaan paikkaushoito: Käypä hoito -suositus, 2018). Hammas saattaa tarvita korjaavaa hoitoa useista eri syistä. Yleisimmät syyt paikkaushoidon aloittamiseen ovat primaarikariesvaurion korjaus, hampaan lohkeaminen ja erilaiset hampaan kulumisvauriot. On myös muita syitä, kuten hampaan synnynnäinen kehityshäiriö tai virheasento, joka vaatii hampaan muodon ja toiminnallisuuden korjaamista. Hampaan aiemman restauraation korjaus- tai uusimistarpeen syynä saattaa olla sekundaarikariesvaurio, materiaalin lohkeaminen, epäadekvaatti okklusaalinen tai approksimaalinen kontakti, avoimet saumat, huono estetiikka tai hampaan oireilu. Nämä ovat yleisiä syitä hampaan korjaavan hoidon tarpeelle.

Karieksen hoidossa tavoitteena on kontrolloida kariesvaurioiden aktiivisuutta, eikä aina paikata hammasta (Schwendicke 2018). Hampaan preparoinnin yleisiin tavoitteisiin kuuluu säilyttää mahdollisimman suuri määrä tervettä hammaskudosta, poistaa kavitaatiot, suojata hampaan pulpaa, preparoida hammas kestämään purennan voimia ja asettaa täyte mahdollisimman esteettisesti etenkin etualueella. Hammasta preparoidessa täytyy huomioida viereiset hampaat ja pyrkiä olemaan vahingoittamatta niiden pintoja. (Boushell ja Walter 2019.)

Nykyään yhdistelmämuovi on ensisijainen vaihtoehto paikattaessa okklusaali- tai approksimaalipintojen kaviteetteja taka-alueella (Peumans ym. 2020). Eniten yhdistelmämuovipaikan kestävyys vaikuttaa potilaan kariesriski ja paikattujen pintojen määrä. Yleisimmät syyt yhdistelmämuovipaikan epäonnistumiseen ovat saumavuoto, sekundaarikaries ja paikan lohkeaminen (Peumans ym. 2020). Keskimäärin viiden vuoden jälkeen 1.8% yhdistelmämuovipaikoista menetetään vuosittain ja kymmenen vuoden jälkeen 2.4% (Opdam ym. 2014). On paljon näyttöä, että taka-alueelle luokan I ja II kaviteetteihin valmistetuista yhdistelmämuovipaikoista yli 90% on ehjiä vielä viiden vuoden jälkeen, ja 80% vielä 10 vuoden jälkeen. Näitä havaintoja tukevia tutkimuksia tulee jatkuvasti lisää (Demarco ym. 2012, Opdam ym. 2014, Ástvaldsdóttir ym. 2015, Beck ym. 2015).

Tämä kirjallisuuskatsaus keskittyy MOD-yhdistelmämuovipaikan (mesiaali-okklusaali-distaali) valmistukseen, jonka indikaatio on usein hampaan karioituminen approximaaliväleistä sekä okklusaalipinnalta tai tällaisen täytteen lohkeaminen.



MOD-kaviteetti, kuvakaappaus opetusvideosta "Kaviteetin preparointi".

Täytteen elinkaaren pituus ei ole riippuvainen ainoastaan materiaalista, vaan huomioon pitää ottaa myös monia muita tekijöitä, jotka liittyvät potilaaseen, muuhun hampaistoon ja hammaslääkäriin. Potilaaseen liittyviä tekijöitä ovat esimerkiksi bruksismi, kariesriski ja sosioekonominen asema. Hampaistosta riippuvia tekijöitä ovat jäljellä olevan terveän hammaskudoksen määrä ja purenta. Täytteen valmistaneen hammaslääkärin taidot vaikuttavat myös täytteen kestävyteen ja sen saavuttamaan elinikään. Hammaslääkärin täytyy valita oikeat materiaalit ja suorittaa

paikkauksen vaiheet oikein. Näitä vaiheita ovat kaviteetin suunnittelu, alueen eristys kofferdamilla tarvittaessa, kaviteetin preparointi, matriisin valinta ja asettelu, sidosaineen applikointi, valokovetus, yhdistelmämuovin kerrostus sekä täytteen viimeistely ja kiillotus. (Peumans ym. 2020.)

Vaihtoehtoisia kariuksen poistotekniikoita on olemassa useita perinteisten tekniikoiden lisäksi. Nämä vaihtoehtoiset menetelmät pidentävät hoitoaikaa, mutta potilaat tarvitsevat harvemmin lisää puudutusta toimenpiteen aikana. Potilaat raportoivat enemmän mieluisia kokemuksia vaihtoehtoisista kariuksen poistotekniikoista ja suosisivat niitä itse myös jatkossa. Niitä voidaan pohtia osana hoitosuunnitelmaa. (Cardoso ym. 2020.)

Vaihtoehtoiset menetelmät sekä perinteinen kariuksen poistaminen ovat tehokkaita poistamaan kariogeenistä mikrobiflooraa kaviteeteista. Paikkojen saumojen tiiviyydessä ei ollut merkittävää eroa kun vertaillaan keskenään paikkoja, joiden kaviteeteista on poistettu karies eri tekniikoilla. (Cardoso ym. 2020.)

2. Tutkimuksen tarkoitus

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on perehtyä MOD-kaviteettien preparointiin molaareissa sekä vertailla keskenään eri kariuksen poistotekniikoita ja niiden tehokkuutta. Oikein preparoitu kaviteetti mahdollistaa täytteelle hyvän ennusteen ja tämän myötä pidemmän eliniän.

3. Aineisto ja menetelmät

Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus, jossa on käytetty aineistona englanninkielisiä tutkimusartikkeleita Pubmed ja Cohcrane -tietokannoista, sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta kuten kariologian oppikirjoja ja Käypä hoito -suosituksia. Tiedonhakua varten käytettiin seuraavia hakusanoja: “cavity design”, “preparation”, “composite”, “molar”, “caries”. Kirjallisuuskatsaukseen valittiin englannin- ja suomenkielisiä tutkimuksia ja kirjallisuutta vuosilta 1998-2022.

4. Kaviteetin suunnittelu

Yhdistelmämuovi on Suomessa yleisin käytössä oleva materiaali korjaavassa hoidossa. Yhdistelmämuovien etuna on minimaalisesti invasiivinen lähestymistapa hampaan restauroimiseen. Minimaalisesti invasiivinen lähestymistapa perustuu siihen, että kun karies on hoidettu, ei pitäisi olla enää syytä suurentaa preparointia. Kaikki tarpeeton kaviteetin preparointi heikentää hammaskudosta ja sen rakennetta (Lynch ym. 2014). Yhdistelmämuovipaikkauksen onnistumisessa on tärkeää ymmärtää materiaalien käyttö ja niiden fysikaaliset ominaisuudet, sekä kariesen hoidon prosessi. Vain kariesvaurio tulee poistaa hampaasta ja kaikki mahdollinen terve hammaskudos pyritään säästämään sidostamista varten. Minimaalinen kaviteetin preparointi on suositeltavaa (Sabbagh ym. 2017).

Puutteellinen kaviteetin suunnittelu ja viimeistely ei yleensä tule ilmi välittömästi paikan valmistamisen jälkeen vaan se huomataan vasta myöhemmin kuukausien tai vuosien päästä paikkauksen epäonnistumisena esimerkiksi sekundaarikarieksen muodossa tai paikan lohkeamisena. Aina ennen korjaavan hoidon aloittamista olisi hyvä suunnitella kaviteetti sekä valmis paikka mahdollisimman pitkälle. Suunnitellessa olisi hyvä arvioida esimerkiksi hampaaseen kohdistuvia voimia purennassa ja sivuliikkeissä, sekä jäljellä olevan hammaskudoksen laatua ja määrää. (Peumans ym. 2020.)

Ennen hampaan preparointia olisi hyvä tarkistaa etukäteen purennasta parentapaperilla okklusaalisten kontaktien sijainti ja niiden voimakkuus. Ideaalitalanteessa nämä kontaktit olisivat kiilteellä. (Lynch ym. 2014, Peumans ym. 2020.) Näin voidaan analysoida tulevan restauraation ja kusprien kestävyyttä, sekä sitä, mihin kontaktit ja tämän myötä parentavoimat kannattaa sijoittaa. Preparoinnissa tulee välttää viemästä preparoinnin reunoja okklusaalisen kontaktin kohdalle, jos mahdollista. Riski paikan lohkeamiselle kasvaa, jos paikan sauma sijaitsee vastapurijan okklusaalisen kontaktin kohdalla (Boushell ja Walter 2019). Pitää myös kiinnittää huomiota vastapurijan kuluneisuuteen sekä sen mahdollisesti muuttuuneeseen asentoon esimerkiksi elongoitumisen seurauksena. Ottamalla nämä

huomioon paikan viimeistelyyn käytettävä aika lyhenee, koska tulevan paikan muoto ja koko on tiedossa. (Peumans ym. 2020.)

Hampaan preparointia suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon myös pulpan sijainti, paikkamateriaali sekä jäljellä olevan hammaskudoksen kestävyys. Preparoinnissa on suositeltavaa säästää mahdollisimman paljon dentiiniä kiilteen tueksi sekä pulpan suojaamiseksi. Hampaasta ei tule paikkauksen jälkeen kestävämpää kuin hammas oli intaktina riippumatta paikkaukseen käytetystä materiaalista. Kiilteen kestävyys on riippuvainen sen alla olevasta dentiinituesta. Tämän tuen ollessa vahva, kiille kestää hyvin toistuvan purentaliikkeen aiheuttamia voimia. Yleensä preparaoidessa poistetaan kiille, joka ei ole dentiinin tukemaa. (Boushell ja Walter 2019.)

Kaviteetin reunojen ulottuessa ienrajan alle tulee vastaan ongelmia. Matriisia ei välttämättä saada tällöin enää asetettua hampaalle tai siitä ei saada tiivistä, jolloin kosteutta on vaikeaa kontrolloida. Tulee miettiä, voidaanko kaviteetin reunat ylettää ienrajan yläpuolelle esimerkiksi kruununpidennysleikkauksen avulla. Sen jälkeen voidaan mahdollisesti käyttää myös kofferdamia alueen eristämiseksi. (Lynch ym. 2014.)

On myös vaihtoehtona asettaa kaviteetin pohjalle subgingivaaliseen osaan lasi-ionomeeripaikka ja korottaa tämän avulla kaviteetin reuna ienrajan yläpuolelle. Tällainen paikkaus on kuitenkin alttiimpi lohkeamaan. (Opdam ym. 2007.) Tätä kutsutaan DME-tekniikaksi (deep margin elevation). Se on lupaava tekniikka ja sitä voidaan hyödyntää sekä suorissa, että epäsuorissa restauraatioissa. Edellytyksenä DME -restauraation valmistamiselle on, että alue saadaan eristettyä esimerkiksi kofferdamilla sekä matriisin ja hampaan välille tulee saada hyvä sulku. Hampaaseen kiinnittynyt ienkudos ei myöskään saa vaurioitua. Aiheesta tarvitaan kuitenkin lisää kliinisiä tutkimuksia in vitro -kokeiden lisäksi. (Samartzi ym. 2022).

Hampaaseen kohdistuvat purentavoimat määrittyvät terveessä purennassa hammaskaarella hampaan sijainnin mukaan. Mitä taaempaan hammas sijaitsee hammaskaarella, sitä suurempi purentavoima siihen kohdistuu ja tämän vuoksi myös

riski hampaan lohkeamiseen on suurempi. Virheellisessä purennassa purentavoimien arviointi ei ole yhtä yksinkertaista. (Peumans ym. 2020.) Molaarialueella maksimaaliset purentavoimat vaihtelevat tutkimuksissa 450-800N välillä tutkimustavasta riippuen terveillä aikuisilla, joilla on täysilukuinen hampaisto (Opdam ym. 2007, Varga ym. 2011). Potilailla, joilla on purentafysiologisia ongelmia, kuten bruksismi tämä voima voi kasvaa moninkertaiseksi (Tortopidis ym. 1998).

5. Kaviteetin preparointi

5.1. Kiilleavaus ja vanhan täytteen purkaminen

Hoitopäätöksen ollessa valmis aloitetaan kiilteen läpäisy tai vanhan yhdistelmämuovitäytteen purkaminen fissuuratimantilla. Amalgaamipaikat puretaan kovametalliporalla. Fissuuratimantilla aloitetaan kiilteen läpäisy eniten karioituneesta kohdasta ja preparointi ulotetaan dentiinin asti. (Therapia Odontologica 2008.)

Kiilleavausta tehtäessä okklusaali- ja approksimaalipinnoille kulmakappale viedään sellaisessa asennossa hampaalle missä poranterä on hampaan pituusakselin suuntainen. Tällöin vältetään poistamasta tervettä koronaalista hammaskudosta ja hammasta ei turhaan heikennetä lisää. (Boushell ja Walter 2019.)

Kun poraus on ulotettu pyörivällä instrumentilla kariksen läpi kiille-dentiinirajaan asti, ulotetaan kaviteetin lateraali seinämät niin pitkälle, että saadaan näkyviin kaikki karioitunut dentiini. Kaikki karioitunut kiille poistetaan myös. Preparoinnin seinämien paikka ja suuntaus suunnitellaan vastustamaan hampaan tai täytemateriaalin lohkeamista purentavoimien alaisuudessa. Nämä purentavoimat ovat yleensä hampaan pystyakselin suuntaisia. (Boushell ja Walter 2019.)

Vanhaa täytettä purkaessa arvioidaan myös kusprien kestävyys ja tarvittaessa madalletaan kuspit. Approksimaaliavauksen kohdalla kaviteettia laajennetaan vielä bukkolinguaalisuunnassa niin, että kontakti saadaan auki. Sekundäärikariuksen tai juurikariuksen tapauksessa approksimaaliavaus joudutaan usein ulottamaan

huomattavasti syvemmälle verrattuna alkuperäiseen kaviteettiin. (Therapia Odontologica, 2008.)

5.2. Karioituneen kudoksen poistaminen

Hampaan tasolla kariesta luonnehditaan paikallisen demineralisaation ja remineralisaation välisenä tasapainohäiriönä. Normaalisissa tilanteissa kariesta aiheuttavat bakteerit käyttävät ruuan hiilihydraatteja ravintonaan, mikä puolestaan johtaa happojen kehittymiseen. Epätasapaino syntyy, kun hampaan pinnalla sekä suussa pH laskee ja ympäristö alkaa suosia asidofiilisiä bakteerikantoja. Tällöin hampaan kovakudosten demineralisaatio kiihtyy eikä remineralisaatio kykene korjaamaan enää demineralisoitunutta kovakudosta. Tästä seuraa hampaan kovakudoksen reikiintymistä. (Ferreira Zandoná ym. 2019.) Streptococcus mutans-bakteeri on yleensä läsnä vaikeissa kariestapauksissa (Schwendicke 2018)

Kariesta ei nähdä niinkään enää infektiosairautena vaan kariksen hoidon tarkoituksena on kontrolloida leesion aktiivisuutta, eikä välttämättä poistaa leesiota kokonaisuudessaan. Myöskään kaikkia kariesta aiheuttavia bakteereja ei tarvitse poistaa suusta, jotta kariesta voidaan hallita. Kavitoituneissa leesioissa paikkauksen tarkoituksena on usein palauttaa hampaan pinnan muoto sellaiseksi, että se on helppo puhdistaa. Korjaavan hoidon yhteydessä ei ole tarvetta poistaa kaikkea karioitunutta kudosta, vaan kariesvaurio voidaan sulkea restauraation alle niin, etteivät bakteerit saa enää ravintoa, joka johtaa niiden inaktivaatioon. (Schwendicke 2018.)

Hampaan karioituessa dentiinin kollageenirakenne säilyy tiettyyn pisteeseen, jos dentiini ei ole pahoin kontaminoitunut kariesta aiheuttavista bakteereista. Vähäisesti demineralisoituneen dentiinin on vielä mahdollista remineralisoida. (Tay ym. 2009, Bertassoni ym. 2011, Schwendicke ym. 2015.) Karioitunut dentiini on kuitenkin pehmeämpää kuin terve dentiini, jolloin adhesiivit eivät sidostu siihen yhtä hyvin kuin terveeseen dentiiniin. Sidoksen vahvuus karioutuneeseen dentiiniin on alle 50% siitä, mitä se on terveeseen. Paikan sidostaminen ainoastaan karioituneeseen kudokseen

vaikuttaa huomattavasti restauraation kestävyYTEEN. (Hevinga ym. 2014, Schwendicke ym. 2014a, Schwendicke ym. 2014b, Isolan ym. 2018.)

Karioitunut kudus poistetaan kaviteetin reunoilta kaikissa kaviteeteissa aina täydellisesti kovaan hammaskudokseen saakka käyttämällä soveltuvia poranteriä. Nykysuositusten mukaan karioitunutta kudosta voidaan jättää kaviteetin pulpaaliseen hammasa paikattaessa. Kun karioutunut kudus poistetaan kokonaan muualta kuin kaviteetin reunoilta, saattaa riskinä olla yli-preparointi ja terveen kovakudoksen tarpeeton menettäminen. Pienet kavitaatiot preparoidaan kuitenkin aina terveelle kudokselle saakka. Terve, kova dentiini tuntuu sondilla kokeiltaessa "karhealta" ja raaputuksesta tuleva ääni on "kirskuva". Nykykäsityksen mukaan keskisyvissä tai syvissä kariesvaurioissa on suositeltavaa tehdä osittainen tai vaiheittainen kariksen poisto. Keskisyvällä kariesvauriolla tarkoitetaan tilannetta, missä röntgenkuvasta arvioituna karies on edennyt noin kaksi kolmasosaa dentiiniin. (Hampaan paikkaushoito: Käypä hoito -suositus, 2018.)

Osittaisella kariksen poistolla tarkoitetaan tilannetta, missä kaviteetin pulpan puoleinen seinämä preparoidaan pehmenneelle dentiinille saakka. Pehmennyt dentiini tuntuu käsi-instrumenteilla ekskavoidessa nahkamaiselta tai tahmealta. Kun kohtuullista voimaa käytettäessä ekskavaattori ei enää irrota lastuja dentiinistä, preparoinnin voi lopettaa. Kaviteetin reuna-alueet puolestaan preparoidaan aina terveelle kovakudokselle asti, jolloin saadaan maksimoitua sidostuspinta-ala ja sidoslujuus. Ajatuksena on, että kariesvaurio suljetaan paikan sisälle, jolloin bakteerit eivät enää saa ravintoa ja leesio eteneminen pysähtyy. (Hampaan paikkaushoito: Käypä hoito -suositus, 2018.)

Osittaisen kariksen poiston tarkoituksena on välttää pulpan paljastumista ja säilyttää dentiinin paksuutta. Osittainen kariksen poisto pehmeälle dentiinille vähentää riskiä pulpan paljastumiseen verrattuna täydelliseen kariksen poistoon kovalle dentiinille sekä osittaiseen kariksen poistoon kiinteälle dentiinille. (Schwendicke ym. 2013, Schwendicke ym. 2015, Ricketts ym. 2019.)

Vaiheittainen kariksen poisto voidaan suorittaa, jos hampaassa on syvä kariesvaurio ja pulpa pyritään säilyttämään vitaalina. Ensimmäisellä käynnillä kaviteetin sivuseinämät ja reuna-alueet puhdistetaan kovaan kiilteeseen ja dentiiniin asti. Karioutunutta kudosta jätetään pulpaseinämälle perforaation välttämiseksi ja pulpan suojaksi voidaan asettaa kalsiumhydroksidia väliaikaisen täytteen alle. (Hampaan juurihoito: Käypä hoito -suositus, 2022.) Toinen käynti ajoitetaan noin 3-6 kuukauden päähän ensimmäisestä käynnistä. Toisella käynnillä karies poistetaan kiinteälle dentiinille saakka. Tässä ajassa pulpaaliseen alueeseen on ehtinyt muodostua reparatiivista dentiiniä pulpan suojaksi ja riski pulpaperforaatiolle on pienempi. Kaviteetti suljetaan tiiviillä pysyvällä täytteellä. (Bjørndal ym. 2000, Maltz ym. 2012.)

Osittainen- sekä vaiheittainen kariesvaurion puhdistus osoittautui pitkäaikaisseurannassa tehokkaammaksi keinoksi säilyttää hampaan vitaliteetti verrattaessa tilanteeseen, missä karies puhdistetaan kokonaan yhdellä hoitokäynnillä. Kolmen vuoden aikana osittaisen kariesvaurion puhdistuksen jälkeen 91-96% hampaista säilyi vitaleina ja oireettomina. Vastaavat luvut vaiheittaisella ekskavoinnilla hoidetuissa hampaissa olivat 69-83%. Jos vaurio puhdistetaan kerralla kovaan dentiiniin asti, pitkäaikaisseurannassa hampaan vitaliteetti säilyi vain n. 50% hampaista. (Bjørndal ym. 2017.)

Kariksen poistoon kaviteetissa suositaan pyöreää poraa, jonka mittasuhteet vastaavat kaviteetin mittasuhteita. (Therapia Odontologica, 2008.) Yleisesti ottaen suositellaan ekskavoinnin aloitusta periferiasta kohti keskustaa, tällöin suojataan pulpaa mahdollisimman pitkään ja infektoriski pidetään pienempänä pulpaperforaation varalta (Hampaan paikkaushoito: Käypä hoito -suositus, 2018).

Kariksen poiston peruseräperiaatteet:

1. Vältä aiheuttamasta potilaalle kipua tai epämiellyttäviä tunteita.
2. Säilytä tervettä kudosta sekä kudosta, jolla on mahdollisuus remineralisoitua.
3. Pyri hyvään saumatiiivyyteen preparoimalla kaviteetin reunat ja seinämät terveelle kovakudokselle asti.

4. Säilytä pulpan terveys.
5. Maksimoi restauration elinikä poistamalla tarpeeksi pehmeää dentiiniä kaviteetin pohjalta.

(Innes ym. 2016, Schwendicke ym. 2016, Ferreira Zandoná ym. 2019.)

6. Kaviteetin viimeistely

Kaviteetin viimeistely on tärkeä osa työtä suoran tekniikan yhdistelmämuovipaikkaa valmistettaessa. Hyvällä viimeistelyllä saavutetaan parempi kostuvuus ja sidostuvuus yhdistelmämuovin sidostuvalle kerrokselle sekä matriisinauha saadaan aseteltua tiiviimmin. Tällöin myös paikan reunoille saadaan parempi sidostuvuus ja sulku. Kaikilla näillä tekijöillä on vaikutusta täytteen elinkaaren pituuteen. Hyvin viimeistely kaviteetti siis mahdollistaa hyvin liittyneen ja tiiviin täytteen, jolloin yhdistelmämuovipaikan elinkaari on todennäköisesti pidempi. (Peumans ym. 2020.)

Yhdistelmämuovipaikat pysyvät kiinni kaviteetissa pääasiassa adhesiivisella ja mikromekaanisella retentiolla (Boushell ja Walter 2019). Ennen amalgaamilla paikattaessa kariuksen poiston yhteydessä pyrittiin luomaan allemenoja kaviteettiin, jotta restauraatiolle saatiin makroretentio. Retentiourien tai allemenojen luominen ei kuitenkaan ole enää tarpeellista nykyisten adhesiivisten täytemateriaalien myötä. (Schwendicke F. 2018.)

On tärkeää säästää mahdollisimman paljon dentiinitukea kuspeille ja reunaharjuille. Tällöin ne kestävät huomattavasti paremmin purennassa. Kaviteetin seinämien välillä olevat kulmat tulisi pyöristää, koska tämä vähentää näihin kulmiin kohdistuvaa voimaa ja ehkäisee täytteen lohkeamista. Kaviteetin ulkoisten kulmien pyöristys taas osaltaan vähentää täytemateriaalin pintoihin kohdistuvaa painetta ja vähentää riskiä täytteen lohkeamiselle. Kun kaviteetin pohja on preparatoitu mahdollisimman kohtisuoraksi hampaan pituusakselia vasten sekä sen taso mahdollisimman horisontaaliseksi, se vastustaa parhaiten vastapurijan kusprien aiheuttamaa purentarasitusta. Tällöin riski täytteen lohkeamiselle pienenee. (Boushell ja Walter

2019.) Täytyy kuitenkin tapauskohtaisesti arvioida, koska vastapurijan aiheuttama parentarasitus on niin suuri, että kannattaa preparoida enemmän tervettä hammaskudosta kuin normaalisti olisi tarpeen.

Kaviteetin viimeistelyssä tärkeää on sisäreunojen pyöristys, dentiinituettoman kiilteen eliminointi ja hyvin viimeistellyt kaviteetin reunat. Kaviteetin viimeistelyssä on suositeltavaa, että kiillereunat muodostavat 90 asteen kulman kaviteetin pinnan kanssa, koska kiilleprismat ovat kohtisuorassa hampaan ulkopinnalle. Kiilteelle tarvittava dentiinituki saavutetaan, kun preparoinnin seinämät ovat 90 asteen kulmassa ulkopinnoille. Tällöin kiillesauvat ovat täysimittaisia ja rakenteesta tulee kestävämpi. (Boushell ja Walter 2019.)

Kervikaalista kiillettä tulisi säästää jos se on mahdollista. Luokan II kaviteetissa yhdistelmämuovitäyteen murtumislujuus on suurempi, kun paikka on sidostettu kaviteetin approksimaaliosassa myös kiilteelle. Sidostettaessa täyte pelkästään dentiinille murtumislujuus on alhaisempi ja tämän vuoksi myös täyteen ennuste on heikompi. (Laegreid ym. 2011.)

6.1. Kiilteen viimeistely

On hyvin tiedossa, että yhdistelmämuovit sidostuvat kiilteeseen huomattavasti vahvemmin kuin dentiiniin. Tämän vuoksi kiillepinta-alasta tulisi saada mahdollisimman suuri. Hammasta pyritään preparoimaan mahdollisimman vähän, jotta sitä ei turhaan heikennetä. Tutkimustulokset kiilteen viistämisestä ovat kuitenkin ristiriitaisia.

Approksimaaliavauksen vertikaaliseen kiillesärmät voidaan viistota suipolla samettitimantilla. Kiillereunojen muotoiluun voidaan käyttää käsi-instrumentteja ennen viimeistelyä samenttitimanteilla. (Therapia Odontologica, 2008).

Käsi-instrumentteja ovat esimerkiksi kiillehaka ja ienrajantasaajat, joita voidaan käyttää kiilleseinien höyläykseen, tuettoman kiilteen lohkaisuun ja viistettyjen kiillereunojen tekemiseen (Boushell ja Walter 2019). Kiilteen viistäminen parantaa

saumojen tiivyyttä ja liittymistä sekä kasvattaa murtumislujuutta (Coelho-De-Souza ym. 2008, Patanjali ym. 2019).

Boushell ja Walter 2019 mukaan kiilteen viistämisellä saadaan vahvin mahdollinen kiillereuna. Kiilten viistäminen on indikoitua etenkin laajojen restauraatioiden kohdalla, joissa retention tarve on kasvanut sekä kun kiilteen määrä on preparoinnin vuoksi vähentynyt. Kiilteen viistäminen lisää kiillepinta-alaa käytettäväksi sidostamista varten ja näin saavutetaan restauraatiolle parempi retentio. Kaviteetin ulkoisten seinien viimeistelyllä saadaan aikaan täytemateriaalin optimaalinen liitos hampaaseen. Näin täytteen saumoista saadaan sileät hampaan ja täytteen välille sekä parannetaan paikan murtumislujuutta. Kiilteen viistämisellä etualueella on myös esteettisiä etuja, koska sillä saadaan häivytettyä paikan sauma hampaaseen.

Soliman ym. 2016 vertailivat luokan II kaviteetteja, joissa on dentiinituetonta kiillettä, täysin hampaan pituusakselin suuntaiset seinämät tai viistettyä kiillettä. Näistä huonoiten kesti kaviteetti, jossa on allemenevää kiillettä. Kaviteeteissa, joissa on hampaan pituusakselin suuntaiset seinämät tai reilusti viistottu kiille ei ollut eroa kestävyudessa.

Kiilteen viistäminen voi aiheuttaa tarpeetonta hammaskudoksen menetystä paikattaessa takahampaiden okklusaalipintoja. Kiillepintojen viistäminen voi parantaa saumatiivyyttä, mutta ienrajan alueelta se johtaa jo valmiiksi ohuen kiilteen menettämiseen sekä paikkaylimäärien kertymiseen ienrajaan, josta paikkaa on hankalaa viimeistellä. On suositeltavaa, että approksimaaliavauksen kiillepinnat pyöristetään ja viimeistellään, mutta ei viistetä. (Lynch ym. 2014.)

Schroeder ym. 2015 aineistoissa ei havaittu kliinisesti merkittävää eroa viistetyn ja viistämättömän kiilteen välillä yhdistelmämuovitäytteen kestävyudessa vuoden seurannassa. Kiilteen viistoamista ei tarvita retention tai saumojen liittyvyyden parantamiseen eikä se vaikuta saumojen värjäytymiseen tai sekundäärikariesvaurioiden esiintymiseen. Etuhammasalueella

yhdistelmämuovitäytteiden sauma saadaan kuitenkin häivytettyä viistoamalla kiillettä jolloin saavutetaan esteettisemmät saumat paikkaukselle.

6.2. Dentiinin viimeistely

Kestävän adhesiivisen sidoksen saavuttaminen kiilteeseen on paremmin ennakoitavissa kuin sen saavuttaminen dentiiniin. Tämä johtuu dentiinin kompleksisesta rakenteesta, joka sisältää mineraaleja, orgaanista kudosta ja nesteitä. Kovametallista valmistetulla poranterällä preparoituun dentiinipintaan voidaan saavuttaa jopa suurempi sidoslujuus, kuin timanttiorilla tai hiontakiekoilla preparoituun dentiiniin. (Dias ym. 2004.)

Dias ym. 2004 havaitsivat tarkastellessaan dentiinin pinnan morfologiaa SEM-kuvista, että preparoimalla 600µm karkeuden omaavalla hiontakiekolla jää dentiinin pintaan paljon naarmuja ja kohtuullisen tasainen pinta. Pinnalle jää myös näkyvä smear layer sekä smear plugien tukkimia dentiinitubuluksia on näkyvissä. Timantilla preparoidessa dentiiniin jää uria ja naarmuja sekä näkyvä smear layer. Dentiinitubulukset eivät tällöin jääneet selvästi näkyviin. Ruusuporalla preparoitaessa dentiiniin saatiin melko tasainen pinta ilman naarmuja. Tällöin saatiin myös dentiinitubuluksia enemmän näkyviin kuin timantilla tai hiontakiekolla preparoitaessa. Kuitenkin etsaamisen jälkeen 37% fosforihapolla dentiinin morfologia oli kaikissa kaviteeteissa lähes samankaltainen.

On hyvin tiedossa, että yhdistelmämuovi saadaan sidostumaan kiilteeseen kestävämmiin kuin dentiiniin. Tutkimukset vahvasti osoittavat, että yhdistelmämuovin sidos on kestävämpi hammaskudokseen, jossa on vielä kiillettä jäljellä kuin sidos kudokseen, jossa on jäljellä vain dentiiniä. (Pashley ym. 2011.) Yhdistelmämuovi sidostuu vahvemmin täysin karieksesta puhtaaseen dentiiniin, kuin dentiiniin, jossa on kariesta (Yoshiyama ym. 2002, Costa ym. 2017, Isolan ym. 2018.) Käytettäessä kovametalliporaa kuten ruusuporaa dentiinin preparointiin, saadaan yhdistelmämuovi sidostumaan siihen paremmin kuin preparoitaessa dentiini timanttiorilla.

Timanttitorat ovat sen sijaan parempia kiilteen läpäisyyn, kiilteen viistämiseen ja kiilteen muotoiluun. (Dias ym. 2004.)

6.3. Kuspien katkaisu

Hampaan kuspit on syytä katkaista, jos niistä on kariksen tai preparoinnin vuoksi tulleet liian ohuet. Liian ohuet seinämät hampaassa eivät kestä purentavoimia ja ne katkeavat helpommin. Toisin sanoen hammas heikentyy huomattavasti kun kaviteetti on syvä ja laaja, sekä jos hammas on juurihoidettu. Tällöin voi tulla kyseeseen kuspien kattaminen.

Kuspit on syytä katkaista silloin, kun kuspeilla ei ole enää tarpeeksi dentiinitukea. Kuspiä katkaistaan sen verran, että sen paksuus on vähintään 1.5mm. Koko kuspin katkaisu tulee kyseeseen, kun kuspista on tullut esimerkiksi lohkeaman tai suuren kariesvaurion vuoksi niin ohut, ettei se enää kestä. Tällöin kuspi preparoidaan kaviteetin pohjan tasalle. Tällainen preparointi vastustaa suoria ja lateraalisia voimia. (Boushell ja Walter 2019.)

Paikattaessa on tärkeää ottaa huomioon hampaaseen kohdistuvat purentavoimat ja pohtia myös tältä kannalta kuspien katkaisua. Tällöin on tärkeää tarkastella kuspille jäljellä olevaa dentiinitukea. Katkaisua on harkittava kun kuspiä on jäljellä puolet keskifossasta kuspian kärkeen. Kuspian katkaisu on vahvasti suositeltua, kun kuspiä on jäljellä vain yksi kolmasosa fissuurasta kuspian kärkeen. Kuspiä ei tarvitse katkaista, jos hammaslääkäri arvioi sen säilyttävän riittävän vahvuuden. Jos kuspian aikoo katkaista, kannattaa se tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällöin hammaslääkäri saa paremman näkyvyyden ja tilan toimenpiteen ajaksi. Jos hampaasta on menetetty keskiosasta huomattava määrä dentiiniä esimerkiksi juurihoidon seurauksena, täytyy kuspit usein katkaista ja suojata täytemateriaalilla. Tämä ennaltaehkäisee kuspien lohkeamista. (Boushell ja Walter 2019.)

Hampaan murtumisherkyys kasvaa sen mukaan mitä leveämpi kaviteetista tulee. Marginaalisten harjanteiden säilyttäminen vähentää kuspien murtumista.

Yhdistelmämuovipaikan valmistuksen jälkeen useat erilliset voimat kohdistuvat adhesiiviseen rajapintaan. Purentavoimien kohdistuessa hampaaseen painetta, hampaan kuspit liikkuvat hieman ulospäin. Riippuen kaviteetin koosta ja muodosta tämä vaihtelee 7-30 mikrometrin välillä. (González-López ym. 2006, González-López ym. 2007, Magne ym. 2007.) Yhdistelmämuovi kutistuu kovettumisen aikana. Tämän kutistumisen määrä vaihtelee 5-40 mikrometrin välillä. Kutistuminen voi huonontaa hampaan ja paikan välisen sauman tiivyyttä. (Tantbirojn ym. 2004, González-López ym. 2007, Elsharkasi ym. 2018, Peumans ym. 2020.)

MOD-kaviteeteissa 3mm tai matalammat syvyydet pystytään restauroida lähes samaan murtumalujuuteen kuin intakti hammas. Kaviteetin ollessa 5mm tai syvempi, sitä ei pystytä molaarin MOD-kaviteetissa restauroimaan lähelle hampaan fysiologisen murtumislajuuden tasoa suoran tekniikan yhdistelmämuovipaikalla. Kuspin paksuus ei merkittävästi lisää hampaan murtumislajuutta kun MOD-kaviteetti on paikattu yhdistelmämuovilla. (Forster ym. 2019.)

7. Instrumentit

7.1. Kiilteen preparoinnissa käytettävät instrumentit

Kiilteen preparoinnissa käytetään mekaanisia poria ja erilaisia teriä. Käsikappaleista tyypillisimmät ovat turbiini sekä mikromoottori. Kiilteen preparointiin käytettävistä teristä yleisin on suora fissuuratimantti, joka on usein halkaisijaltaan 0.9mm. Pallomaisia fissuuratimantteja voidaan käyttää esimerkiksi ahtaissa paikoissa taka-alueilla tai lasten hammashoidossa. Suurempia poria voidaan käyttää esimerkiksi vanhojen täytteiden purkamiseen. Fissuuratimanteissa tyypillisimmin käytetty raekoko on 107-126 μm (ISO standardisoitu). Kiille viimeistellään erilaisilla sametitimanteilla, kuten liekeillä, palloilla ja suorilla sameteilla. Tyypillisesti sametitimanttien raekoko on n. 40 μm . (Therapia Odontologica, 2019.)

Fissuuratimantilla kulma leikkaa parhaiten, kun sitä käytetään heiluriliikkeen omaisesti. Tällöin timanttipora kuluu myös enimmäkseen kulmastaan. Timantin

karheus, sekä rakeiden koko on suoraan verrannollinen preparointitehokkuuteen ja jäljelle jäävän hampaan pinnan karheuteen. Mitä suurempia timanttipartikkelit poran pinnalla ovat, sitä enemmän terä hioo kiillettä ja sitä karheammaksi pinta jää.

(Therapia Odontologica, 2019.)

Fissuuratimanttia käytetään joko turbiiniporassa (kierrokset n. 400 000 rpm) tai mikromoottorissa punaisessa kulmakappaleessa (200 000 rpm). Mikromoottori punaisella kulmapäällä antaa paremman vääntömomentin ja on turbiiniporaa tarkempi, mutta jälkimmäinen on saavuttanut Suomessa suuremman suosion tottumis syistä ja edullisuutensa vuoksi. (Therapia Odontologica, 2019.)

Nishimura ym. 2005 havaitsivat, että viimeisteltäessä kiillereunat turbiinikulmakappaleeseen kiinnitetyllä tavallisella timantilla, jonka karheus on 100 μ m tai 6-lapaisella kovametalliporalla kiilteeseen jää säröjä ja rakoja, jotka huonontavat täyteen sidostuvuutta ja kestävyyttä sekä aiheuttavat saumavuotoa. Hienolla timantilla (60 μ m) viimeisteltäessä näitä säröjä ja rakoja oli vähemmän ja käytettäessä superhienoa timanttia (25 μ m) niitä ei jäänyt ollenkaan.

Kulmakappaleen vääntömomentilla ei ole kliinisesti merkitsevää eroa kiilteen lohkeiluun ja se ei siten vaikuta paikkamateriaalin sidostumiseen. Timanttiporaa käytettäessä lämpötila nousee enemmän kuin kovametallista poraa käytettäessä. Tämä johtuu sen aiheuttamasta hankauslämmöstä. (Watson ym. 2000.)

Kiilteen preparoinnissa voidaan käyttää erilaisia käsi-instrumentteja. Tällaisia ovat esimerkiksi ienrajantasaaja ja kiillehaka, joita voidaan käyttää kiilleseinien höyläykseen, dentiinituettoman kiilteen lohkaisuun ja viistettyjen kiillereunojen tekemiseen (Boushell ja Walter 2019).

Ienrajantasaajia käytetään yleensä approksimaaliavauksen viimeistelyyn ja niillä on osoitettu saatavan paras viimeistelyjälki approksimaalilaatikon ienrajaan. Niitä voidaan käyttää myös jos alueet eivät ole porilla saavutettavissa. Instrumenttia voidaan käyttää myös vertikaaliseen viimeistelyyn talttamaisesti. Tarkoituksena

on eliminoida dentiinituettomat kiilleprismat. Näin saavutetaan parempi sidostuvuus ja saumatiiviys. (Therapia odontologica, 2019)

7.2. Dentiinin preparoinnissa käytettävät instrumentit

Dentiinin preparoinnissa käytetään yleisimmin sinistä kulmakappaletta (40 000 rpm) ja erilaisia kovametalliporia. Kovametalliporat ovat leikkaavia instrumentteja. Tällaisia ovat esimerkiksi ruusut ja suorat kovametalliporat. Kiilleavauksen jälkeen kaviteetin pohja, riippuen kaviteetin syvyydestä, siistitään käyttäen suurinta kaviteettiin mahtuvaa ruusuporaa siten, ettei poranterä osu kiillelle ollessaan kaviteetissa. Ruusuporalla preparoitaessa suositellaan käytettävän lyhyitä, muutaman sekunnin kestäviä jaksoja kerrallaan hyvän vesijäähdytyksen läsnäollessa ja tällöin kierrokset pidetään matalina (esimerkiksi n. 3000 rpm). Ruusupora leikkaa parhaiten ollessaan hieman kallistettuna kaviteetin pintaan nähden. Voimaa ei tarvitse käyttää, vaan terän siivekkeet preparoivat dentiiniä. Liiallisen voiman käyttö saattaa aiheuttaa tarpeetonta kitkaa ja kudoksen lämpenemistä, jolloin riskinä on pulpan vaurioituminen. (Therapia odontologica, 2008.)

Vaihtoehtona ruusuporalle karioituneen kudoksen poistoon voidaan myös käyttää finiiriporaa suurilla kierroksilla (40 000 rpm). Finiiripora on käytännössä hienojakoinen jyrsin, jolloin preparointijälki muistuttaa enemmän hiontajälkeä. Finiiriporaa on suositeltu myös pulpaaliseen preparoinnissa, mutta ekskavointi on tästä huolimatta turvallisempi vaihtoehto. (Therapia odontologica, 2008.)

Dentiinin preparoinnissa käytettävistä käsi-instrumenteista ekskavaattorit ovat yleisimpiä. Ekskavaattoreita käytetään karioituneen dentiinin ”kauhomiseen” kaviteetissa. Kaviteetin reuna-alueiden siistimisen jälkeen ekskavaattorilla käydään kaviteetin pulpaaliseen alue läpi ja ekskavoidaan pehmeä dentiini pois, mikäli kaviteetin syvyys sen sallii ja riski pulpaperforaation on pieni. (Hampaan paikkaushoito, Käypä hoito -suositus, 2018, Boushell ja Walter 2019.)

Keraamisella ruusuporalla preparoidessa tulee kariesta yleensä preparoitua liian vähän. Tällöin kaviteetin seinille ja pohjalle jää usein residuaalikariesta. Toisaalta preparoitaessa perinteisellä kovametallisella ruusuporalla kariesindikaattori apuna, tulee dentiiniä usein ylipreparoitua. Vertailtaessa keraamista ruusuporaa (Komet CeraBur) ja oskilloivaa kärkeä (Kavo Cariex) karioituneen kudoksen poistossa, jälkimmäinen poistaa kariksen tehokkaammin. Keraaminen pora ei kuitenkaan tylsy yhtä nopeasti kuin edeltäjänsä, jotka on valmistettu muovista. (Neves Ade ym. 2011a)

Kovametallinen ruusupora on edelleen paras menetelmä karioituneen kudoksen poistoon sen nopeuden vuoksi sekä se jättää dentiinin pinnan parhaiten soveltuvaksi sidostamista varten. Kuitenkin verrattaessa sitä keraamiseen ruusuporaan, keraaminen ruusupora ei ole yhtä invasiivinen ja täten se voi olla parempi vaihtoehto minimaalisesti invasiiviseen karioituneen kudoksen poistoon. Keraamisella ruusuporalla on myös mahdollista saada kaikki karies poistettua. Verrattaessa näitä oskilloivalla kärjellä tapahtuvaan karioituneen kudoksen poistoon, oskilloivalla kärjellä ei saada kaikkea kariesta poistettua, vaikkakin se on minimaalisesti invasiivinen menetelmä. (Vusurumarthi ym. 2020.)



Kaviteetin preparoinnissa käytettäviä instrumentteja. Vasemmalta oikealle: peili, sondi, ientaskumittari, atulat, ekskavaattori, karveri, distaalinen ienrajantasaaja, mesiaalinen ienrajantasaaja, turbiinikulmakappale ja mikromoottori. Poranterät vasemmalta oikealle: fissuuratimantti, ruusupora 012, ruusupora 014, suora samettilekki ja pullea samettilekki.

8. Vaihtoehtoiset karioituneen kudoksen poistotekniikat

8.1. Kemomekaaninen preparointi

Kemomekaaninen preparointi tapahtuu kemiallisen liuotinaiseen avulla. Liuotinaine pehmentää karieskudosta, eikä preparoi tervettä dentiiniä. Pehmennyt karieskudos kaavitaan pois kaviteetin pohjalta instrumentilla, jonka kärki ei ole leikkaava.

(Cardoso ym. 2020.)

Neves Ade ym. 2011b tutkivat yhdistelmämuovin sidostumista dentiiniin sen jälkeen, kun karies oli poistettu eri menetelmiä käyttäen. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään perinteistä kovametallista ruusuporaa, keraamista ruusuporaa, laseria, oskilloivaa kärkeä sekä kemomekaanista preparointia karioituneen kudoksen poistossa niin, että kaviteetin pohjalle jätettiin residuaalikariesta. Tutkimuksessa havaittiin, että kemomekaanisella karioituneen kudoksen poistolla saavutettiin vahvin yhdistelmämuovin sidostuminen dentiiniin.

Banerjee ym. 2000 havaitsivat, että kemomekaaninen preparointi oli hitain tapa preparoida kariesta verrattaessa sitä karioituneen kudoksen poistoon käsi-instrumenteilla, ruusuporalla, ultraäänikärjellä ja ilma-abraasiolla. Ruusuporalla karioituneen kudoksen poisto oli nopeinta ja tehokkainta. Toisaalta ruusuporalla preparointi on vähiten selektiivinen ja sillä on suurin taipumus ylipreparoida. Kemomekaaninen ja käsi-instrumenteilla tapahtuva kariksen preparointi ovat näistä selektiivisimmät tavat preparoida kariesta.

8.2. Laser

Laserin käyttö karioituneen kudoksen poistossa perustuu laserin aallonpituuksien käyttämiseen karioituneessa hammaskudoksessa oleviin mineraaleihin tai veteen tai molempiin. (Cardoso ym. 2020). Karioituneen kudoksen poistossa kovakudoksen vesimolekyylit absorboivat laserin energian, joka johtaa dentiinissä ja kiilteessä olevan veden äkilliseen lämpenemiseen ja höyrystymiseen (Tuna ym. 2017). Veden

lämpeneminen ja laajeneminen irroittaa karioituneen kudoksen terveestä dentiinistä (Cardoso ym. 2020). Seurauksena on voimakas, mutta hallittu kovakudoksen ja karioituneen kudoksen poisto. Menetelmän etuna on preparoida kariesta turvallisesti samalla säilyttäen pulpan vitaliteetti. (Tuna ym. 2017.) Pitää kuitenkin huomioida, että käytettäessä korkeita energioita laserin kanssa, voi se aiheuttaa palautumattomia kemiallisia ja rakenteellisia muutoksia hampaan kovakudoksille ja jopa vaurioittaa pulpaa (Walsh ym. 2003).

Tuna ym. 2017 tutkivat yhdistelmämuovin sidostumisen vahvuutta kiilteeseen ja dentiiniin, kun karies oli poistettu käyttäen laseria tai perinteisillä pyörivillä instrumenteilla preparoiden. Pyörivillä instrumenteilla preparoidessa kiille- ja dentiinisidoksista tuli vahvemmat. Syyksi tälle pidettiin laserin preparointijäljen karheutta, koska laserilla preparoitujen hampaiden sauma-alueet olivat karheampia kuin porilla preparoitujen hampaiden. Tästä syystä niissä esiintyi enemmän saumavuotoja. Er:YAG laseria pidetään kuitenkin lupaavana tekniikkana.

Neves Ade ym. 2011b tutkivat yhdistelmämuovin sidostumisen vahvuutta dentiiniin, kun karies oli poistettu eri tekniikoilla. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään laseria, keraamista ruusuporaa, oskilloivaa kärkeä, kemomekaanista karioituneen kudoksen poistoa sekä perinteistä kovametallista ruusuporaa. Tutkimuksessa havaittiin, että yhdistelmämuovi sidostui heikoiten dentiiniin, kun karies oli poistettu käyttäen laseria. Karioituneen kudoksen poisto laserilla tai biokemiallisin menetelmin voi johtaa hampaan pinnanmuotojen muuttumiseen (Isolan ym 2018).

8.3. Ultraäänikärjet ja oskilloivat instrumentit

Ultraäänilaitteita käytetään monilla hammaslääketieteen erikoisaloilla. Hammaskiven poistamisen ja juurihoitojen lisäksi niillä voidaan poistaa myös kariesta ja allemenevää hammaskudosta. Ultraääni-instrumentit poistavat kariesta hankaamalla hammaskudosta oskilloivalla timanttikärjellä vesijäähdytyksessä. Ultraäänikärjet lähettävät korkeataajuista lineaarista värähtelyä, joka vaihtelee 6500-40000 Hz välillä. Niiden tehoa on tutkittu pelkopotilailla sekä lapsilla, että aikuisilla, mutta niiden

käytön ei ole todettu vähentävän pelkoa tai poistavan kariesta tehokkaasti. (Cianetti ym. 2018.)

Ultraäänilaitteet muuntavat sähköenergian mekaaniseksi energiaksi värähtelyn kautta. Terät värähtelevät suurella taajuudella ja terien värähtely karioituneen kovakudoksen pinnalla saa aikaan resonaatiota. Karieskudokos alkaa värähdellä samalla taajuudella terän kanssa, jolloin kudoksen mekaaninen rakenne rikkoutuu ja karies saadaan irti terveestä kovakudoksesta. Ultraäänilaitteet vaativat tehokasta jäähdytystä, sillä suurella taajuudella värähtelevät kärjet lämpenevät suuresti ja aiheuttavat hampaan pinnalla kitkaa. (Ntovas ym. 2017.)

Oskilloivat instrumentit saattavat olla minimaalisesti invasiivisempia kuin pyörivät instrumentit. Niiden avulla karieskudoksen poistaminen ja terveen kudoksen säilyttäminen voidaan mahdollisesti tehdä selektiivisemmin ja hallitusti. Syvissä kariesvaurioissa ne eivät poista ulointa pehmennyttä kudosta yhtä tehokkaasti kuin pyörivät instrumentit. Saatavilla oleva tieto oskilloivien instrumenttien kyvystä poistaa smear layer on ristiriitaista. Myös alipreparointi oli todennäköisempää verrattuna pyöriviin instrumentteihin. Niiden käytöstä kliinisestä työssä tarvitaan lisää tutkimusnäyttöä. (Ntovas ym. 2017.)

Oskilloivat kärjet jättävät kaviteetin pohjalle ja etenkin kaviteetin seinämille residuaalikariesta. Verrattaessa oskilloivaa kärkeä, laseria, keraamista ruusuporaa, kemomekaanista karioituneen kudoksen poistoa sekä perinteistä kovametallista ruusuporaa, oskilloiva kärki jättää kuitenkin vähemmän residuaalikariesta kuin laserilla preparoiminen. (Neves Ade ym. 2011a)

8.4. Ilma-abraasio

Ilma-abraasion kyky poistaa kariesta perustuu siihen, että hampaan pintaa vasten suihkutetaan karkeitä hankaavia hiukkasia paineilmaa apuna käyttäen. Yleisin käytetty hankausaine on alumiinioksidi. Ilma-abraasiolla pyritään kuluttamaan hampaan pintarakennetta. (Neuhaus ym. 2010.)

Ilma-abraasiota käytettäessä voidaan käyttää joko alumiinioksidia tai bioaktiivista lasia. Alumiinioksidi ilma-abraasio poistaa nopeammin ulkoisia värjäytyymiä ja huomattavasti enemmän sekä karioitunutta kiillettä kuin tervettäkin. Bioaktiivinen lasi poistaa hitaammin ulkoiset värjäymät ja huomattavan määrän karioitunutta kiillettä, mutta ei juurikaan tervettä kiillettä. (Banerjee ym. 2011.) Ilma-abraasio poistaa tervettä dentiiniä enemmän kuin karioitunutta. Käytettäessä bioaktiivista lasia tervettä dentiiniä poistuu vähemmän kun käytettäessä alumiinioksidia. (Paolinelis ym. 2008.)

Vertailtaessa ilma-abraasion tehoa karioituneen kudoksen poistoon käsi-instrumenteilla, poralla, oskilloivilla kärjillä ja kemomekaanisella preparoinnilla, ilma-abraasio oli näistä toiseksi hitain tapa preparoida kaviteetti. Karioituneen kudoksen poiston tehossa se oli vasta neljänneksi tehokkain tapa poistaa kariesta ennen, mutta kuitenkin tehokkaampi tapa kuin oskilloivat kärjet. (Banerjee ym. 2000.)

9. Pohdinta

Hammasta preparoidessa on syytä suosia minimaalisesti invasiivista lähestymistapaa kuitenkin preparoiden riittävästi hammasta kestävä ja toiminnallisen yhdistelmämuovipaikan valmistamiseksi. Hammaslääkäriin tulee arvioida hampaan preparointia aina tapauskohtaisesti, mutta joitakin yleisiä linjauksia voidaan tehdä.

Kaviteetin suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon vastapurijan muoto, muuttunut asento ja sen kuluneisuus. Purennasta tulee tarkastaa purentapaperilla okklusaalisten kontaktien sijainti ja niiden voimakkuus. Idealisessa tilanteessa kontaktit sijaitsevat kiilteellä. (Lynch ym. 2014, Peumans ym. 2020).

Hampaan preparoinnin yleisiin tavoitteisiin kuuluu säilyttää mahdollisimman suuri määrä tervettä hammaskudosta, poistaa kavitaatiot, suojata hampaan pulpaa, preparoida hammas kestävä purennan voimia ja asettaa täyte mahdollisimman esteettisesti etenkin etualueella. Hammasta preparoidessa täytyy huomioida viereiset

hampaat ja pyrkiä olemaan vahingoittamatta niiden pintoja. (Boushell ja Walter 2019.)

Aloitettaessa hampaan preparointi on hyvä tietää kiilteen ja dentiinin rakenne, pulpan sijainti, kiilteen yhteys dentiinin ja restaurointiin käytettävä materiaali. Kiilteen kestävyys riippuu sen alla olevasta dentiinituesta. Dentiiniä tulee säästää kiilteen tueksi ja pulpan suojaamiseksi. Kuitenkin allemenevä kiille on syytä poistaa. (Boushell ja Walter 2019.) Kun kariesvaurio on hoidettu, ei pitäisi olla enää syytä suurentaa preparointia. Kaikki tarpeeton kaviteetin preparointi heikentää hammaskudosta ja sen rakennetta. (Lynch ym. 2014).

Karieksen hoidossa tavoitteena on kontrolloida kariesvaurioiden aktiivisuutta, eikä aina paikata hammasta (Schwendicke 2018). Karioituneen kudoksen poiston osalta on tärkeää, että ensin putsataan kaikki kiillereunat puhtaaksi karieksesta. Pienet kavitaatiot preparoidaan aina terveelle hammaskudokselle asti. Syvissä kariesvaurioissa on suositeltavaa toteuttaa osittainen karioituneen kudoksen poisto, jos karies ei ole edennyt vielä pulpaan asti ja pulpa on edelleen vitaali. (Hampaan paikkaushoito: Käypä hoito -suositus, 2018).

Kiilteen viimeistelyssä on tärkeää, että kiillepinta-alasta saadaan mahdollisimman suuri preparoimalla sitä mahdollisimman vähän. Kiilteen viistämisestä luokan II kaviteeteissa saatavilla oleva tieto on ristiriitaista. Etuhammasalueella yhdistelmämuovitäytteiden sauma saadaan kuitenkin häivytettyä viistoamalla kiillettä ja saavutetaan esteettisemmät saumat täytteelle (Schroeder ym. 2015). Kiillepinnoilta on suositeltavaa viimeistellä ja pyöristää terävät kiillereunat, mutta viistäminen ei ole tarpeen (Lynch ym. 2014). Boushell ja Walter 2019 taas esittävät, että kiilteen viistämisellä saavutetaan vahvin mahdollinen kiillereuna etenkin laajoissa restauraatioissa. Kiillereunojen viimeistelyyn käytetään suippoa samettitimanttia ja käsi-instrumentteja kuten ienrajantasaajaa.

Laegreid ym. 2011 ym. havaitsivat, että Luokan II kaviteetissa yhdistelmämuovitäyteen murtumislujuus on suurempi, kun approksimaaliavauksessa täyte on sidostettu kiillelle. Sidostettaessa täyte pelkästään dentiinille

murtumislujuus on alhaisempi ja tämän vuoksi myös paikan ennuste on heikompi. Kervikaalista kiillettä tulisi säästää jos se on mahdollista.

Preparoitaessa dentiiniä timantilla siihen jää enemmän uria ja naarmuja sekä smear layer. Dentiinitubulukset eivät jää yhtä selvästi näkyviin, kuin preparoidessa ruusuporalla. Ruusuporalla preparoitaessa dentiiniin saadaan melko tasainen pinta ilman naarmuja. Käytettäessä kovametallista ruusuporaa dentiiniin preparoitien saavutetaan yhdistelmämuoville parempi sidos dentiiniin. Tällöin voidaan saavuttaa pitkäikäisempi restauraatio vähentämällä saumavuodon tai sidoksen epäonnistumisen todennäköisyyttä restauraation reunoilla. Timanttitorat ovat sen sijaan parempia kiilteen läpäisyyn, kiilteen viistämiseen ja kiilteen muotoiluun (Dias ym. 2004). Yhdistelmämuovi sidostuu vahvemmin täysin karieksesta puhtaaseen dentiiniin, kuin dentiiniin, jossa on vielä kariesta. (Yoshiyama ym. 2002, Costa ym. 2017, Isolan ym. 2018.)

Kuspien katkaiseminen tulee kyseeseen, kun kuspilla ei ole enää tarpeeksi dentiini tukea. Kuspiä katkaistaan sen verran, että sen paksuus on vähintään 1.5mm. Koko kuspia katkaisu tulee kyseeseen, kun kuspista on tullut esimerkiksi lohkeaman tai suuren kariesvaurion vuoksi niin ohut, ettei sen arvioida enää kestävän. (Boushell ja Walter 2019.)

Karieksen poistotekniikoista perehdyttiin karieksen poistamiseen kovametallisella ja keraamisella ruusuporalla, kemomekaaniseen preparointiin, laseriin, oskilloiviin kärkiin ja ilma-abraasioon. Perinteinen karieksen poistaminen ruusuporalla on edelleen tehokkain tapa karieksen preparointiin (Neves Ade ym. 2011a). Keraaminen ruusupora voi olla hyvä vaihtoehto minimaalisesti invasiiviseen preparointiin (Vusurumarthi ym. 2020). Laserilla preparaotaessa saavutettiin heikoin sidostuminen dentiiniin vertailtaessa edellä mainittuja tekniikoita. Jätettäessä kaviteetin pohjalle residuaalikariesta, kemomekaanisen preparoinnin avulla saavutettiin vahvempi sidos dentiiniin kuin muilla karieksen poistotekniikoilla. (Neves Ade ym. 2011b).

Kemomekaaninen preparointi vaikuttaa olevan paras vaihtoehto minimaalisesti invasiivista tekniikoista. Niiden käyttö on helppoa ja tehokasta ja sillä saavutetaan hyviä hoitokokemuksia potilaille. Lisää tutkimusnäyttöä kaivataan. (Cardoso ym. 2020.) Kemomekaaninen preparointi on kuitenkin vertailluista menetelmistä hitain tapa poistaa karioitunutta kudosta (Banerjee ym. 2000).

10. Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että kaviteetin suunnittelu on tärkeä osa hampaan paikkausta. Kaviteettia preparoidessa MOD-paikkaa varten kiillereunat tulee olla putsattu karieksesta ja kaviteetin pohjalle voi tilanteesta riippuen jättää pehmennyttä dentiiniä. Omaa hammaskudosta tulee säästää mahdollisimman paljon, mutta dentiinitueton kiille tulee poistaa. Korjaavaa hoitoa vaativissa pienissä kariesvaurioissa karies poistetaan kokonaan ja laajemmissa vaurioissa on suositeltavaa tehdä osittainen karieksen poisto, jos karies ei ole edennyt vielä pulpaan asti ja pulpa on edelleen vitaali. Kiilteen viimeistelyssä ei tule jättää allemenevää kiillettä ja kiilteen viistämistä voidaan harkita esimerkiksi etualueen paikkauksissa esteettisemmän lopputuloksen saavuttamiseksi. Kiillereunojen viimeistelyyn käytetään suippoa samenttitimanttia ja ienrajantasaajia. Dentiini on suositeltavaa viimeistellä ruusuporalla. Vaihtoehtoisista karieksen poistomenetelmistä kaivataan edelleen lisää tutkimusta, mutta niitä voidaan harkita osana potilaan hoitosuunnitelmaa.

11. Liitteet: Opetusvideot

Syventävä opinnäytetyö sisälsi myös opetusvideoiden tekemisen. Opetusvideoita tehtiin viisi kappaletta seuraavista aiheista:

- Kaviteetin preparointi
- Sektorimatriisin asettaminen
- Sidostaminen
- Paikkaus
- Paikan viimeistely

12. Lähteet

Ástvaldsdóttir, Á., Dagerhamn, J., van Dijken, J. W., Naimi-Akbar, A., Sandborgh-Englund, G., Tranæus, S., & Nilsson, M. 2015: Longevity of posterior resin composite restorations in adults – A systematic review. *Journal of dentistry* (43) 8: 934–954.

Autti, Meurman, J. H., Murtomaa, H., & Le Bell, Y. (2008). *Therapia odontologica : hammaslääketieteen käsikirja* (2. uud. laitos, 2. p.). Academica.

Banerjee, A., Kidd, E. A., & Watson, T. F. 2000: In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. *Caries research* (34) 2: 144–150.

Banerjee, A., Thompson, I. D., & Watson, T. F. 2011: Minimally invasive caries removal using bio-active glass air-abrasion. *Journal of dentistry*, (39) 1: 2–7.

Beck, F., Lettner, S., Graf, A., Bitriol, B., Dumitrescu, N., Bauer, P., Moritz, A., & Schedle, A. 2015: Survival of direct resin restorations in posterior teeth within a 19-year period (1996-2015): A meta-analysis of prospective studies. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* (31) 8: 958–985.

Bertassoni, L. E., Habelitz, S., Marshall, S. J., & Marshall, G. W. 2011: Mechanical recovery of dentin following remineralization in vitro--an indentation study. *Journal of biomechanics* (44) 1: 176–181.

Bjørndal, L., & Larsen, T. 2000: Changes in the cultivable flora in deep carious lesions following a stepwise excavation procedure. *Caries research*, (34) 6: 502–508.

- Bjørndal, L., Fransson, H., Bruun, G., Markvart, M., Kjældgaard, M., Näsman, P., Hedenbjörk-Lager, A., Dige, I., & Thordrup, M. 2017: Randomized Clinical Trials on Deep Carious Lesions: 5-Year Follow-up. *Journal of dental research*, (96) 7: 747–753.
- Cardoso, M., Coelho, A., Lima, R., Amaro, I., Paula, A., Marto, C. M., Sousa, J., Spagnuolo, G., Marques Ferreira, M., & Carrilho, E. 2020: Efficacy and Patient's Acceptance of Alternative Methods for Caries Removal-a Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, (9) 11: 3407.
- Cianetti, S., Abraha, I., Pagano, S., Lupatelli, E., & Lombardo, G. 2018: Sonic and ultrasonic oscillating devices for the management of pain and dental fear in children or adolescents that require caries removal: a systematic review. *BMJ open* (8) 4: e020840.
- Coelho-De-Souza, F. H., Camacho, G. B., Demarco, F. F., & Powers, J. M. 2008: Fracture resistance and gap formation of MOD restorations: influence of restorative technique, bevel preparation and water storage. *Operative dentistry* (33) 1: 37–43.
- Costa, A. R., Garcia-Godoy, F., Correr-Sobrinho, L., Naves, L. Z., Raposo, L. H., Carvalho, F. G., Sinhoreti, M. A., & Puppim-Rontani, R. M. 2017: Influence of Different Dentin Substrate (Caries-Affected, Caries-Infected, Sound) on Long-Term μ TBS. *Brazilian dental journal* (28) 1: 16–23.
- Demarco, F. F., Corrêa, M. B., Cenci, M. S., Moraes, R. R., & Opdam, N. J. 2012: Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* (28) 1: 87–101.
- Dias, W. R., Pereira, P. N., & Swift, E. J., Jr 2004: Effect of bur type on microtensile bond strengths of self-etching systems to human dentin. *The journal of adhesive dentistry* (6) 3: 195–203.
- Elsharkasi, M. M., Platt, J. A., Cook, N. B., Yassen, G. H., & Matis, B. A. 2018: Cuspal Deflection in Premolar Teeth Restored with Bulk-Fill Resin-Based Composite Materials. *Operative dentistry* (43) 1: E1–E9.
- Forster, A., Braunitzer, G., Tóth, M., Szabó, B. P., & Fráter, M. 2019: In Vitro Fracture Resistance of Adhesively Restored Molar Teeth with Different MOD Cavity Dimensions. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* (28) 1: e325–e331.
- González-López, S., De Haro-Gasquet, F., Vílchez-Díaz, M. A., Ceballos, L., & Bravo, M. 2006: Effect of restorative procedures and occlusal loading on cuspal deflection. *Operative dentistry* (31) 1: 33–38.

González-López, S., Vilchez Díaz, M. A., de Haro-Gasquet, F., Ceballos, L., & de Haro-Muñoz, C. 2007: Cuspal flexure of teeth with composite restorations subjected to occlusal loading. *The journal of adhesive dentistry* (9) 1: 11–15.

Hampaan juurihoito. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2022.

Hampaan paikkaushoito. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia ry:n asettaman työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2018.

Hevinga, M. A., Opdam, N. J., Frencken, J. E., Truin, G. J., & Huysmans, M. C. 2010: Does incomplete caries removal reduce strength of restored teeth?. *Journal of dental research*, (89) 11: 1270–1275.

Innes, N. P., Frencken, J. E., Bjørndal, L., Maltz, M., Manton, D. J., Ricketts, D., Van Landuyt, K., Banerjee, A., Campus, G., Doméjean, S., Fontana, M., Leal, S., Lo, E., Machiulskiene, V., Schulte, A., Splieth, C., Zandona, A., & Schwendicke, F. 2016: Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology. *Advances in dental research*, (28) 2: 49–57.

Isolan, C. P., Sarkis-Onofre, R., Lima, G. S., & Moraes, R. R. 2018: Bonding to Sound and Caries-Affected Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The journal of adhesive dentistry* (20) 1: 7–18.

Laegreid, T., Gjerdet, N. R., Vult von Steyern, P., & Johansson, A. K. 2011: Class II composite restorations: importance of cervical enamel in vitro. *Operative dentistry* (36) 2: 187–195.

Lynch, C. D., Opdam, N. J., Hickel, R., Brunton, P. A., Gurgan, S., Kakaboura, A., Shearer, A. C., Vanherle, G., Wilson, N. H., & Academy of Operative Dentistry European Section 2014: Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *Journal of dentistry* (42) 4: 377–383.

Magne P. 2007: Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* (23) 5: 539–548.

Maltz, M., Garcia, R., Jardim, J. J., de Paula, L. M., Yamaguti, P. M., Moura, M. S., Garcia, F., Nascimento, C., Oliveira, A., & Mestrinho, H. D. 2012: Randomized trial of partial vs. stepwise caries removal: 3-year follow-up. *Journal of dental research*, (91) 11: 1026–1031.

Neuhaus, K. W., Ciucchi, P., Donnet, M., & Lussi, A. 2010: Removal of enamel caries with an air abrasion powder. *Operative dentistry*, (35) 5: 538–546.

Neves, A.de A., Coutinho, E., De Munck, J., & Van Meerbeek, B. 2011a: Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *Journal of dentistry* (39) 2: 154–162.

Neves, A.de A., Coutinho, E., Cardoso, M. V., de Munck, J., & Van Meerbeek, B. 2011b: Micro-tensile bond strength and interfacial characterization of an adhesive bonded to dentin prepared by contemporary caries-excitation techniques. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* (27) 6: 552–562.

Nishimura, K., Ikeda, M., Yoshikawa, T., Otsuki, M., & Tagami, J. 2005: Effect of various grit burs on marginal integrity of resin composite restorations. *Journal of medical and dental sciences* (52) 1: 9–15

Ntovas, P., Doukoudakis, S., Tzoutzas, J., & Lagouvardos, P. 2017: Evidence provided for the use of oscillating instruments in restorative dentistry: A systematic review. *European journal of dentistry* (11) 2: 268–273.

Opdam, N. J., Bronkhorst, E. M., Roeters, J. M., & Loomans, B. A. 2007: Longevity and reasons for failure of sandwich and total-etch posterior composite resin restorations. *The journal of adhesive dentistry* (9) 5: 469–475.

Opdam, N. J., van de Sande, F. H., Bronkhorst, E., Cenci, M. S., Bottenberg, P., Pallesen, U., Gaengler, P., Lindberg, A., Huysmans, M. C., & van Dijken, J. W. 2014: Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research* (93) 10: 943–949.

Paolinelis, G., Banerjee, A., & Watson, T. F. 2008: An in vitro investigation of the effect and retention of bioactive glass air-abrasive on sound and carious dentine. *Journal of dentistry*, (36) 3: 214–218.

Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. 2011: State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* (27) 1: 1–16.

Patanjali, S., Arora, A., Arya, A., & Grewal, M. S. 2019: An In Vitro Study of Effect of Beveling of Enamel on Microleakage and Shear Bond Strength of Adhesive Systems in Primary and Permanent Teeth. *International journal of clinical pediatric dentistry* (12) 3: 205–210.

Peumans, M., Politano, G., & Van Meerbeek, B. 2020: Effective Protocol for Daily High-quality Direct Posterior Composite Restorations. *Cavity Preparation and Design. The journal of adhesive dentistry* (22) 6: 581–596.

- Ricketts, D., Lamont, T., Innes, N. P., Kidd, E., & Clarkson, J. E. 2019: Operative caries management in adults and children. The Cochrane database of systematic reviews, (7) 7: CD003808.
- Ritter, A. V., Boushell, L. W., Walter, R., & Sturdevant, C. M. 2019: Sturdevant's art and science of operative dentistry (Seventh edition.). Elsevier.
- Sabbagh, J., McConnell, R. J., & McConnell, M. C. 2017: Posterior composites: Update on cavities and filling techniques. *Journal of dentistry* 57: 86–90.
- Samartzi, T. K., Papalexopoulos, D., Ntovas, P., Rahiotis, C., & Blatz, M. B. 2022: Deep Margin Elevation: A Literature Review. *Dentistry journal* (10) 3: 48.
- Schroeder, M., Reis, A., Luque-Martinez, I., Loguercio, A. D., Masterson, D., & Maia, L. C. 2015: Effect of enamel bevel on retention of cervical composite resin restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry* (43) 7: 777–788.
- Schwendicke F. 2018: Removing Carious Tissue: Why and How?. *Monographs in oral science* 27: 56–67.
- Schwendicke, F., Al-Abdi, A., Meyer-Lückel, H., & Paris, S. 2015: Pulpal Remineralisation of Artificial Residual Caries Lesions in vitro. *Caries research*, (49) 6: 591–594.
- Schwendicke, F., Dörfer, C. E., & Paris, S. 2013: Incomplete caries removal: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research*, (92) 4: 306–314.
- Schwendicke, F., Frencken, J. E., Bjørndal, L., Maltz, M., Manton, D. J., Ricketts, D., Van Landuyt, K., Banerjee, A., Campus, G., Doméjean, S., Fontana, M., Leal, S., Lo, E., Machiulskiene, V., Schulte, A., Splieth, C., Zandona, A. F., & Innes, N. P. 2016: Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Advances in dental research*, (28) 2: 58–67.
- Schwendicke, F., Kern, M., Blunck, U., Dörfer, C., Drenck, J., & Paris, S. 2014a: Marginal integrity and secondary caries of selectively excavated teeth in vitro. *Journal of dentistry*, (42) 10: 1261–1268.
- Schwendicke, F., Kern, M., Meyer-Lueckel, H., Boels, A., Doerfer, C., & Paris, S. 2014b: Fracture resistance and cuspal deflection of incompletely excavated teeth. *Journal of dentistry*, (42) 2: 107–113.
- Schwendicke, F., Paris, S., & Tu, Y. K. 2015: Effects of using different criteria for caries removal: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of dentistry*, (43) 1: 1–15.

- Soliman, S., Preidl, R., Karl, S., Hofmann, N., Krastl, G., & Klaiber, B. 2016: Influence of Cavity Margin Design and Restorative Material on Marginal Quality and Seal of Extended Class II Resin Composite Restorations In Vitro. *The journal of adhesive dentistry* (18) 1: 7–16.
- Tantbirojn, D., Versluis, A., Pintado, M. R., DeLong, R., & Douglas, W. H. 2004: Tooth deformation patterns in molars after composite restoration. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* (20) 6: 535–542.
- Tay, F. R., & Pashley, D. H. 2009: Biomimetic remineralization of resin-bonded acid-etched dentin. *Journal of dental research*, (88) 8: 719–724.
- Tortopidis, D., Lyons, M. F., Baxendale, R. H., & Gilmour, W. H. 1998: The variability of bite force measurement between sessions, in different positions within the dental arch. *Journal of oral rehabilitation* (25) 9: 681–686.
- Tuna, E. B., Ozel, E., Kasimoglu, Y., & Firatli, E. 2017: Investigation of the Er: YAG laser and diamond bur cavity preparation on the marginal microleakage of Class V cavities restored with different flowable composites. *Microscopy research and technique* (80) 5: 530–536.
- Varga, S., Spalj, S., Lapter Varga, M., Anic Milosevic, S., Mestrovic, S., & Slaj, M. 2011: Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. *European journal of orthodontics* (33) 4: 427–433.
- Walsh L. J. 2003: The current status of laser applications in dentistry. *Australian dental journal*, (48) 3: 146–198.
- Watson, T. F., Flanagan, D., & Stone, D. G. 2000: High and low torque handpieces: cutting dynamics, enamel cracking and tooth temperature. *British dental journal* (188) 12: 680–686.
- Vusurumarthi, V., Ballullaya, S. V., Pushpa, S., Veluvarti, V. R. K., Loka, P. R., & Galla, P. K. 2020: Evaluation and Comparison of Caries Excavation Efficacy of Three Different Burs: A Micro-computed Tomographic-assisted Study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry* (10) 2: 213–219.
- Yoshiyama, M., Tay, F. R., Doi, J., Nishitani, Y., Yamada, T., Itou, K., Carvalho, R. M., Nakajima, M., & Pashley, D. H. 2002: Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *Journal of dental research* (81) 8: 556–560.