Research Report

The effect of glycerin on the surface hardness and roughness of nanofill composite

Diana Zakiyah[1], Ruslan Effendy[2], Edhie Arif P.[2]
[1]Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga
[2]Staf Pengajar Departemen Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga
Surabaya - Indonesia

ABSTRACT

Background: *Present research studied the surface hardness and roughness dependence on polymerization. Polymerization of composites occurs through chain reaction that is induced by free radicals. Oxygen in the air decreases the excitability of the photo initiator, causing polymerization interference. Oxygen inhibition layer (OIL) is formed on the surface. OIL can be reduced by curing the composite through by application of glycerin to the surface.* ***Purpose:*** *To determine the effect of glycerin on the surface hardness and roughness of nanofill composite.* ***Material and Methods****: 64 specimens of composite (Z350 XT, 3M) were prepared using a disc-shaped acrylic. The groups were divided into group A surface hardness (N=32) and group B surface roughness (N=32). Group A1, the specimen was coated with glycerin and light cured for 20 s and group A2, the specimen was exposed to air and light cured for 20 s. Group B1 was coated with glycerin and light cured for 20 s and Group B2 was exposed to air and light cured for 20 s. The specimens were stored in distilled water for 24 h at 37^0. Measuring with Vickers and surface roughness tester and. Data were statistically analyzed using Mean-whitney U Test.* ***Results:*** *There were statiscally significant difference between the surface hardness and roughness of nanofill composite coated with glycerin and without glycerin ($p<0,05$)* ***Conclusion:*** *The surface hardness of nanofill composite resin coated with glycerin is higher than composite without glycerin and the surface roughness of nanofill composite resin coated with glycerin is lower than composite without glycerin*

Keywords*: Glycerin, surface roughness, surface hardness, nanofill composite, oxygen inhibiting layer*

Korespondensi (*Correspondence):* Diana Zakiyah, Bagian Ilmu Konservasi Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Airlangga. Jl. Prof. Dr. Moestopo No.47. Surabaya 60132. Indonesia. E-mail: dianazakiyah@gmail.com.

PENDAHULUAN

Resin komposit nanofill merupakan salah satu jenis resin komposit yang memiliki banyak keunggulan. Resin komposit tipe nanofill terdiri dari partikel bahan pengisi *nanomer* dan *nanocluster*. Resin komposit nanofill memiliki bahan pengisi 5-20 nm.[1,2]

Kandungan inorganic *silica* dan *zircona* dan partikelnya yang berukuran nano memberikan sifat *mechanical properties* dan estetik yang sangat baik untuk gigi anterior maupun posterior. Sehingga komposit nanofill sangat baik terutama pada gigi yang anterior yang membutuhkan estetik.[2]

Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa tingkat kegagalan restorasi komposit masih tinggi. Tingkat ketahanan restorasi komposit rata-rata hanya berkisar 5 tahun dengan tingkat kesuksesan hanya 56,6 %. Penyebab kegagalan utama pada restorasi komposit yaitu akibat adanya karies sekunder dan *microleakage, occlusal wear,* dan fraktur restorasi.[2]

Kekerasan dan kekasaran permukaan merupakan dua faktor utama yang harus diperhatikan untuk mencegah kegagalan restorasi komposit.[3] Kekerasan permukaan resin komposit yang rendah menyebabkan menurunnya *wear resistance* sehingga meningkatkan risiko pecahnya restorasi dan menyebabkan kegagalan restorasi komposit.

Penurunan dari tingkat kekerasan dapat mengindikasikan adanya degradasi *superficial* yang dapat meningkatkan risiko akumulasi plak dan terjadi karies sekunder.[3,4,5]

Permukaan restorasi komposit yang kasar akan menyebabkan risiko terbentuknya plak, karies sekunder, diskolorisasi, kerusakan permukaan tumpatan dan dapat menyebabkan iritasi pada jaringan lunak sekitar.[3]

Faktor yang mempengaruhi kekerasan dan kekasaran permukaan resin komposit yaitu pada saat proses polimerisasi. Polimerisasi komposit terjadinya melalui proses *chain reaction* yang diinduksi oleh radikal bebas. Pada saat permukaan komposit kontak dengan oksigen yang ada di udara menyebabkan terbentuknya *oxygen inhibited layer*.[3]

Oxygen inhibited layer (OIL) merupakan lapisan yang terbentuk pada permukaan resin setelah penyinaran akibat adanya keterlibatan oksigen.[1] Polimerisasi komposit terjadi saat melewati reaksi *chain* yang disebabkan karena radikal bebas. Jika komposit terekspos udara saat proses ini, oksigen di udara akan akan berikatan dengan radikal bebas membentuk *peroxide radical* yang dapat menurunkan reaksi terhadap monomer dan menurunkan rangsangan *photoinitiator*, menyebabkan gangguan polimerasi atau tertundanya polimerisasi.[1,3]

Oxygen inhibited layer pada permukaan komposit dapat menyebabkan tidak optimalnya kekerasan resin komposit sehingga komposit lebih mudah terjadi *mikroleakage*, terbentuknya plak, karies sekunder dan diskolorasi.[3]

Permukaan resin komposit yang terbentuk *oxygen inhibited layer* terdiri lapisan *uncured monomer* / *residual monomer* yang memiliki permukaan yang irregular atau tidak rata sehingga lebih kasar.[6] Pada permukaan *oxygen inhibiting layer,* terdapat peningkatan pelepasan *poorly cured material* pada jaringan di dekatnya, sehingga permukaan resin lebih rapuh dan lebih rentan terhadap abrasi dan diskolorisasi. Ketebalan OIL berkisar antara 10 and 200 μm.[1]

Salah satu metode untuk mencegah *oxygen inhibited layer* yaitu menggunakan *barriers* untuk memblokir kontak dengan oksigen. Salah satu bahan yang dapat digunakan yaitu glycerin.[7]

Glycerin ($C_3H_8O_3$) adalah senyawa *alkohol polihidrat (polyol)* dengan 3 buah gugus *hidroksil* dalam satu molekul atau disebut *alkohol trivalent*. Glycerin merupakan larutan yang jernih, tidak berwarna, kental, tidak berbau dan memiliki rasa yang manis. Glycerin murni stabil terhadap oksigen di udara.[8,9]

Penggunaan gel glycerin dapat memblok kontak oksigen dengan radikal bebas pada permukaan resin komposit untuk mencegah gangguan polimerisasi yang dapat membentuk *oxygen inhibited layer.*[1,7]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti efek pemberian glycerin pada permukaan resin komposit nanofill terhadap kekerasan dan kekasaran.

MATERIAL DAN METODE

Material

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimental laboratoris. Sampel yang digunakan adalah 64 resin komposit nanofill (Filtek Z350XT, 3M ESPE, USA) berbentuk cetakan *disc* dengan diameter 10 mm dengan ketebalan 2 mm. Sebanyak 64 sampel dibagi menjadi dua grup yang terdiri dari 32 sampel untuk grup A (Uji Kekerasan Permukaan) dan 32 sampel untuk grup B (Uji Kekasaran Permukaan).

Metode

Pembuatan Sampel

Pengukuran intensitas *light cure unit (Dental Curing Light LED B, Woodpecker)* menggunakan *light meter (LM-1DB, Woodpecker)*

Membagi cetakan sampel resin komposit nanofill masing-masing grup dalam 2 kelompok. Masing-masing kelompok terdiri dari 16 sampel, yaitu:

Grup A (Uji Kekerasan Permukaan)
Kelompok 1: glycerin – sinar 20 detik
Kelompok 2: sinar 20 detik (Kontrol)
Grup B (Uji Kekasaran Permukaan)
Kelompok 1: glycerin – sinar 20 detik
Kelompok 2: sinar 20 detik (Kontrol)

Resin Komposit dipadatkan pada cetakan dan letakkan *plastic* serta kaca dan anak timbangan 1 kg selama 1 menit. Resin komposit disinar dengan *light cure* secara tegak lurus dengan jarak 1 mm dengan ketentuan tata cara kerja pada setiap perlakuan.

Kelompok 1. (Glycerin - sinar 20 detik)
Permukaan resin komposit diulasi dengan bahan glycerin (Deox, Ultradent) sebanyak 1 lapis menggunakan applicator tip kemudian disinari selama 20 detik (Gambar 1).

Kelompok 2 kontrol (sinar 20 detik)
Permukaan resin komposit disinar selama 20 detik

Proses Penyimpanan Sampel

Sampel dibersihkan dengan air mengalir selama 10 detik dan dikeringkan. Masing-masing resin komposit diberikan kode sesuai pengelompokan dan direndam dalam botol wadah berisi aqua bidestilata yang disimpan dalam inkubator bersuhu 37^0 celcius selama 24 jam.

Uji Kekerasan Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat *Vickers Hardness Test (FLC-50VX).* Uji Vickers ini dilakukan dengan cara penekanan suatu gaya tekan pada sebuah indentor berupa pyramid diamond terbalik yang memiliki sudut puncak 136^0 ke permukaan yang diuji kekerasannya (Figure 1). Gaya tersebut akan menghasilkan lekukan berbentuk simetris yang dapat diukur di bawah mikroskop. Permukaan yang diuji ini harus rata dan bersih. Diberikan beban 2 kgf selama 15 detik diatas permukaan Prosedur ini dilakukan pada 3 titik tempat, membuat 3 nilai, yang hasilnya dalam bentuk penghitungan rata-rata akhir setiap sampel. Nilai kekerasan yang diperoleh disebut kekerasan Vickers yang biasa disingkat denga HV atau HVN (*Vicker Hardness Number).*

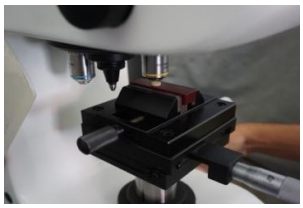

Figure 1. *Vickers Hardness Test*

Uji Kekasaran permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan alat *surface roughness tester* (Mitutoyo, SJ 201). Sampelditempatkan pada meja alat profilometer dengan posisi searah dengan sumbu simetri. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan cara meletakkan jarum peraba *(stylus)* pada permukaan yang akan diteliti (Figure 2). Perubahan gerakan *stylus* sepanjang muka ukur dapat dibaca pada layar. Gerakan *stylus* dapat secara otomatis dilakukan oleh motor penggeraknya. Setelah alat ukur dijalankan, data hasil pengukuran kekasaran dapat dilihat pada layar monitor. Nilai rata-rata yang direkam dari rata-rata ketiga titik permukaan sebagai nilai kekasaran permukaan (Ra $\propto$m)

Figure 2. *Surface Roughness Tester*

Analisa Data

Analisa data menggunakan Uji Shapiro-Wilk Test sebagai uji normalitas, uji Levene's Test untuk uji homogenitas dan uji Mean-Whitney U Test untuk mengetahui perbedaan antar kelompok

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai efek pemberian glycerin pada permukaan resin komposit nanofill terhadap kekerasan dan kekasaran

Tabel 4. Uji Beda Mean-Whitney terhadap Uji Kekerasan Permukaan Resin Komposit Nanofill

Mean-Whitney U test		
Grup B Uji Kekasaran Permukaan	***p-value***	0,000*
	α	0,05

Berdasarkan uji Mean-Whitney U Test pada tabel 3, diketahui bahwa pada grup A menunjukkan hasil p = 0,000 (p<0,05)/ Data analisa statistik tersebut menunjukkan terdapat perbedaan bermakna atau signifikan diantara kelompok perlakuan tersebut.

Pada tabel 4 diketahui bahwa hasil uji Mean-Whitney U Test grup B juga menunjukkan nilai p = 0,000 (p<0,05). Data analisa statistik tersebut juga menunjukkan terdapat perbedaan bermakna atau signifikan diantara kelompok perlakuan tersebut.

permukaan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Rerata dan Standar Deviasi pada Grup A Uji Kekerasan Permukaan Resin Komposit Nanofill.

Grup A	**Kelompok**	**N**	**x̄ (HVN)**	**SD**
Uji Kekerasan Permukaan	1	16	80,455	0,9365
	2	16	70,0954	0,86582

Tabel 2. Nilai Rerata dan Standar Deviasi pada Grup B Uji Kekasaran Permukaan Resin Komposit Nanofill.

Grup B	**Kelompok**	**N**	**x̄ (Ra µm)**	**SD**
Uji Kekasaran Permukaan	1	16	0,1789	0,0183
	2	16	0,6799	0,02864

Keterangan:
N = jumlah sampel **x̄** = nilai rata-rata SD = standar deviasi

Berdasarkan tabel 1, diketahui bahwa hasil rerata nilai uji kekerasan permukaan resin komposit pada kelompok 1 lebih besar dibandingkan pada kelompok 2. Sedangkan pada tabel 2, diketahui bahwa hasil uji kekasaran permukaan resin komposit pada kelompok 1 memiliki nilai rerata yang lebih rendah dibandingkan kelompok 2.

Untuk mengetahui perbedaan tiap kelompok percobaan maka dilakukan uji analisis dengan uji Mean-Whitney U Test.

Tabel 3. Uji Beda Mean-Whitney terhadap Uji Kekerasan Permukaan Resin Komposit Nanofill

Mean-Whitney U test		
Grup A Uji Kekerasan Permukaan	***p-value***	0,000*
	α	0,05

Tabel 4. Uji Beda Mean-Whitney terhadap Uji Kekerasan Permukaan Resin Komposit Nanofill

Mean-Whitney U test		
Grup B Uji Kekasaran Permukaan	***p-value***	0,000*
	α	0,05

Berdasarkan uji Mean-Whitney U Test pada tabel 3, diketahui bahwa pada grup A menunjukkan hasil p = 0,000 (p<0,05)/ Data analisa statistik tersebut menunjukkan terdapat perbedaan bermakna atau signifikan diantara kelompok perlakuan tersebut.

Pada tabel 4 diketahui bahwa hasil uji Mean-Whitney U Test grup B juga menunjukkan nilai p = 0,000 (p<0,05). Data analisa statistik tersebut juga menunjukkan terdapat perbedaan bermakna atau signifikan diantara kelompok perlakuan tersebut.

permukaan resin komposit yang terbentuk akibat aksi dengan *atmospheric oxygen.*[1]

Resin komposit merupakan salah satu bahan tumpatan yang terdiri dari beberapa kandungan. Salah satu bahan kandungan komposit yaitu bahan inisiator (*photoinisiator*). Bahan *photoinisiator* umumnya yang digunakan adalah *champhorokuinon*. Bahan *photoinisiator* ini akan mengaktifkan proses polimerisasi resin komposit.[14] Proses polimerasi *(polymerization chain reaction)* dimulai oleh aktivator sinar *(light cure*) yang menyebabkan molekul inisiator membentuk radikal bebas. *Photoinisiator* yang terkandung dalam bahan akan menyerap energi dari sumber sinar sehingga monomer dalam struktur molekul keluar menjadi fase aktif selanjutnya berubah menjadi polimer. Perubahan dari monomer menjadi polimer disebut derajat konversi.[13] Radikal bebas memecah salah satu karbon ikatan ganda membentuk ikatan tunggal dan radikal bebas lainnya. Radikal bebas tersebut dapat

PEMBAHASAN

Kekerasan dan kekasaran permukaan komposit merupakan dua faktor utama penting dalam aplikasi restorasi komposit. Kekasaran permukaan memiliki berbagai faktor yang berpengaruh antara lain jenis matriks organik, komposisi filler, proses polimerisasi, dan prosedur *finishing* dan *polishing*. Sedangkan pada kekerasan permukaan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu densitas, waktu dan jarak penyinaran, ketebalan resin komposit, jenis monomer, tipe filler, volume, polimerisasi dan derajat konversi.[11]

Jenis matriks, filler, dan proses polimerisasi resin komposit memiliki peranan penting terhadap kekasaran maupun kekerasan permukaan resin komposit. Proses polimerisasi yang melibatkan oksigen akan membentuk *oxygen inhibited layer* pada permukaan resin komposit.[12] *Oxygen inhibited layer* adalah lapisan *non-polymerized* resin yang tipis pada menyebabkan reaksi yang sama dengan monomer lainnya untuk menambah rantai polimer.[13]

Radikal bebas merupakan elektron yang tidak berpasangan. Pada bagian permukaan komposit ketika radikal bebas berkontak dengan oksigen O2 yang terdapat di udara akan terjadi peningkatan reaksi difusi *free radical* terhadap oksigen yang menyebabkan terjadi ikatan antara *free radical* dengan O2 yaitu R-O=O *(Stable Radical).*[17] Ikatan ini akan membentuk *peroxide radical*, dimana ikatan ini akan menyebabkan penurunan reaksi pada monomer.[17,18] Penurunan reaksi pada monomer ini dapat dibagi menjadi dua hal yaitu *retarded polymerization* dan *terminated polymerization. Retarded polymerization* adalah proses polimerisasi resin komposit yang lambat dan terganggu. Sedangkan *terminated polymerization* adalah terhentinya proses polimerisasi.[18]

Sehingga ikatan yang terjadi antara *free radical* dan O2 menyebabkan gangguan polimerisasi sehingga akan terbentuk lapisan *oxygen inhibited layer* pada permukaan resin komposit.[15]

Oxygen inhibited layer merupakan lapisan *inhibited, poorly,* dan monomer yang tidak terpolimerisasi akibat penurunan tingkat konversi, sehingga dapat dikatakan bahwa adanya lapisan tersebut dapat menurunkan sifat mekanis, fisik, menurunkan kekerasan komposit dan cenderung meningkatkan kekasaran komposit akibat permukaan lapisan ini yang ireguler [15]

Data penelitian pertama menunjukkan bahwa permukaan resin komposit kelompok 2 (tanpa glycerin) memiliki nilai kekerasan permukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok 1 (glycerin). Penurunan kekerasan permukaan resin komposit pada kelompok 2 dapat disebabkan karena adanya keterlibatan oksigen saat proses polimerasi sehingga membentuk *oxygen inhibited layer*. Hasil penelitian Park *and* Lee (2011) menunjukkan bahwa *Oxygen inhibited layer* ini berkaitan erat dengan tingkat kekerasan komposit. Semakin dalamnya lapisan *oxygen inhibited layer*, semakin berkurang kekerasan dari resin komposit akibat lapisan tersebut memberikan sifat mekanis yang tidak baik dan mudah terjadi kebocoran tepi dan kegagalan restorasi.[1]

Data penelitian kedua menunjukkan bahwa permukaan resin komposit kelompok 2 (tanpa glycerin) memiliki nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok 1 (glycerin). Peningkatan kekerasan permukaan resin komposit pada kelompok B dapat dikaitkan dengan adanya keterlibatan oksigen yang dapat membentuk *oxygen inhibited layer* pada permukaan komposit. Menurut Goncalves *et al* (2012), pada permukaan resin komposit akan terbentuk *oxygen inhibited layer* dimana lapisan tersebut merupakan lapisan *uncured monomer* / *residual monomer* yang memiliki permukaan yang irregular atau tidak rata sehingga memiliki tingkat kekasaran yang lebih tinggi.[6]

Penggunaan glycerin pada kelompok 1 dikaitkan dengan teori mencegah terbentuknya *oxygen inhibited layer*. Beberapa metode untuk menurunkan risiko terbentuknya *oxygen inhibited layer* yaitu menggunakan *barriers*, dimana fungsinya untuk memblokir kontak dengan oksigen sehingga mencegah terjadinya reaksi tersebut yaitu menggunakan bahan pelindung seperti glycerin.[7]

Berdasarkan penelitian Dursun *et al. (*2016), untuk mencegah monomer sisa pada permukaan resin komposit harus diberikan glycerin sebelum dilakukan penyinaran komposit.[16] Sedangkan Menurut Park *and* Lee (2011) dan Starnd *et al.* (2015) penggunaan glycerin merupakan metode yang efektif dalam mencegah terjadinya *oxygen inhibited layer* pada komposit.[1,7]

Glycerin merupakan senyawa yang mempunyai kandungan *three hydroxyl group* dalam satu molekul, dengan struktur kimia $C_3H_8O_3$. Glycerin ini merupakan larutan yang jernih, tidak berwana, kental dan tidak berbau. Sifat kimia dari glycerin yaitu glycerin memiliki kestabilan terhadap *atmoshpheric oxygen*, sehingga glycerin ini dapat stabil dan tidak menimbulkan reaksi terhadap oksigen yang terdapat pada udara.[8,9] Oleh karena itu glycerin dapat dijadikan bahan *protective gel* pada komposit sebelum dilakukan penyinaran *light cure*

Glycerin dapat memblok kontak oksigen dengan radikal bebas monomer pada resin komposit. Sehingga tidak terjadi gangguan polimerisasi oleh oksigen yang ada udara. Oleh karena itu, adanya glycerin dapat mencegah terbentuknya *oxygen inhibited layer* pada resin komposit. Jika tidak terbentuk lapisan *oxygen inhibited*

layer, tidak terbentuk lapisan *uncured monomer* sehingga sifat mekanis dan sifat fisik resin komposit lebih baik dan tingkat kekerasan permukaan resin komposit meningkat Selain itu, tidak terbentuknya lapisan irregular *oxygen inhibited layer* yang dapat menyebabkan menurunnya kekasaran permukaan komposit sehingga risiko terbentuknya retensi plak, karies dan diskolorasi semakin menurun. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan glycerin terbukti dapat meningkatkan kekerasan dan menurunkan kekasaran permukaan resin komposit nanofill.

KESIMPULAN

Pemberian glycerin pada permukaan resin komposit nanofill dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan menurunkan kekasaran permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Park, H.H. and Lee, I.B. Effect of glycerin on the surface hardness of composites after curing. Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry 2011; 36(6): 483-489.
2. Velo, M.M.D.A.C., Coelho, L.L.B.V., Basting, R.T., Amaral, F.L.B.D. and Franca, F.M.G. Longevity of restorations in direct composite resin: literature review. RGO, Rev Gaúch Odontol, Porto Alegre 2016; 64(3): 320-326.
3. Oliveira, A.L.B.M.D., Garcia, P.P.N.S., Santos, P.A.D. and Campos, J.Á.D.B. Surface roughness and hardness of a composite resin: influence of finishing and polishing and immersion methods. Materials Research 2010; 13(3): 409-415.
4. Ruschel, V.C., Basso, G.R., de Andrada, M.A. and Maia, H.P. Effects of different polishing systems on the surface roughness and microhardness of a silorane-based composite. Applied Adhesion Science 2014; 2(7):1-10.
5. Patel, B., Chhabra, N. and Jain, D. Effect of different polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid composites. Journal of conservative dentistry: JCD 2016; 19(1):37-40.
6. Gonçalves, M.A., Teixeira, V.C., Rodrigues, S.S., de Oliveira, R.S. and Salvio, L.A. Evaluation of the roughness of composite resins submitted to different surface treatments. Acta Odontológica Latinoamericana 2012; 25(1): 89-95.
7. Starnd, G., Kvacs, M., Andras, E. and Resescu, L. Effect of curing, finishing and polishing techniques on microhardness of composite restorative materials. Procedia Technology 2015; 19: 233-238.
8. Becker, L.C. Safety Assessment Of Glycerin As Used In Cosmetic. Washington DC: Cosmetic Ingredient Review. 2014. p.7-29.
9. Charan, R. Applications, characteristics and information of glycerin. product development information. Ram Charan 2013; 3(3):1-3.
10. Rocha, A.C.C. and Lima, C.S.A. Evaluation of surface roughness of a nanofill resin composite after simulated brushing and immertion in moutrinses, alcohol dan water. Materials Research 2010; 13(1):77-80.
11. Ozcan, S., Yikilgan, I., Uctasli, M. B., Bala, O. and Kurklu, Z. G. B. Comparison of time-dependent changes in the surface hardness of different composite resins. European Journal of Dentistry 2013; 7(1): S20–S25.
12. Munchow, E. A., Correa, M. B., Ogliari, F. A., Piva, E. and Zanchi, C. H. Correlation between surface roughness and microhardness of experimental composites with varying filler concentration. J Contemp Dent Pract 2012; 13(3): 299-304.
13. Chan K.H., Mai Y., Kim H., Tong K.C., Ng, D., and Hsiao, J. Resin composite filling. Materials 2010; 3(2):1228-1243.
14. Sakaguchi, RL and Powers, J.M. Craig's restorative dental materials. 13th Ed. Philadelphia: Elsevier. 2012. p.161-192.

15. Donova, B.J., Garoushi, S., Lassila, L.V. and Vallittu, P.K. Oxygen inhibition layer of composite resins: effects of layer thickness and surface layer treatment on the interlayer bond strength. European journal of oral sciences 2015; 123(1):53-60.
16. Dursun, R.E., Chabouis, H.F., Attal, J.P. and Raskin, A. Bisphenol a release: survey of the composition of dental composite resins. The Open Dentistry Journal 2016; 10:446-453.
17. Ghivari, S., Chandak, M. and Manvar, N. Role of oxygen inhibited layer on shear bond strength of composites. Journal of conservative dentistry: JCD 2010; 13(1):39-41.
18. Yamaji, A., Tsujimoto, A., Asaoka, T., Matsuyoshi, S., Tsuchiya, K., Takamizawa, T. and Miyazaki, M. Effect of oxygen inhibition in two-step self-etch systems on surface free energy and dentin bond strength withachemicallycuredresin composite. Journal of oral science 2014; 56(3):201-20