

## Bölüm 12

### CAD/CAM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KOMPOZİT REZİN BAZLI MATERYALLER VE TAMİR YÖNTEMLERİ

Zümrüt Ceren ÖZDUMAN<sup>1</sup>  
Burcu OĞLAKÇI<sup>2</sup>

#### GİRİŞ

Rezin bazlı kompozitler, polimer rezin matriks içinde dağılmış bir inorganik dolurucu içeren, diş renginde, restoratif materyallerdir. İçeriğinde fotobaşlatıcılar, pigmentler ve stabilizatörler de bulunmaktadır. Bu materyaller, direkt (intraoral olarak polimerize edilen) ve indirekt (ekstraoral polimerize edilen) materyaller olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Indirekt kompozit rezinler, ayrıca bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemlerinde kullanılan kompozit rezin bazlı materyaller olarak da bilinmektedir ve endüstriyel koşullar altında polimerize edilmiş bloklar veya diskler olarak üretilirler. (Koenig&ark.,2021). CAD sonrasında restorasyon, herhangi bir nihai polimerizasyon veya sinterleme işlemi olmaksızın bloklardan veya disklerden (CAM) frezelenilmektedir (Mainjot&ark., 2016). Bu özellikleri sayesinde, direkt kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi ve artık monomer salınımı gibi dezavantajlarının üstesinden gelinmiş olmaktadır. Ayrıca, gelişmiş mekanik ve fiziksel özelliklere de sahip restoratif materyallerdir. Kompozit rezin bazlı CAD/CAM bloklar, geçici ve daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilirler. (Kunzelman&ark., 2001) Kompozit rezin bazlı CAD/CAM restorasyonların kavite içerisine marjinal uyumları iyidir ve ağız içerisinde kolayca polisajlanabilirler. Ayrıca, bu restorasyonların ağız içerisinde tamir edilebilme özellikleri de mevcuttur. İnley, onley, laminat veneer ve kron restorasyonların yapımında kullanılırlar (Ruse&ark. 2014). Üstün fiziksel, biyolojik ve estetik özellikleri sayesinde, akrilik rezin esaslı bloklara alternatif olarak uzun süreli geçici restorasyonlar olarak da kullanılabilirler.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD., İstanbul, Türkiye, zumrutcerenozduman@gmail.com

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD., İstanbul, Türkiye, burcu923@hotmail.com

ler (Höland&ark., 2000). Kompozit rezin bazlı CAD/CAM materyalleri arasında Paradigm MZ100 (3M ESPE, ABD), VITA CAD-Temp (VITA Zahnfabrik, Almanya), BRILLIANT Crios (Coltene, Altstätten, İsviçre), Katana Avencia (Kuraray, Japonya) ve Shofu Block HC (Shofu Inc., Japonya) bulunmaktadır (Sulaiman, 2019)

## **1. KOMPOZİT REZİN BAZLI CAD/CAM MATERYALLERİN ÖZELLİKLERİ**

Kompozit rezinlerin özellikleri materyalin içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Stawarczyk ve arkadaşları tarafından yürütülen kapsamlı bir çalışmada, ticari kompozit rezin materyallerin mekanik ve optik özellikleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, eğme dayanımları ile ilgili olarak, kompozit rezin bazlı CAD/CAM materyalleri genellikle lösit seramik materyallere göre daha yüksek ancak lityum disilikat seramik materyallere göre daha düşük eğme dayanımı göstermiştir (Stawarczyk&ark., 2016). Öte yandan, kompozit rezin CAD/CAM kronların kırılma dayanımının (3.3-3.9 kN), lityum disilikat seramikten imal edilenlerle neredeyse benzer olduğu da bildirilmektedir (IPS e .max CAD, 3,3 kN). Bu değerler, molar dişlerde (700-900 N) ölçülen ortalama çiğneme kuvvetini aşmaktadır (Okada&ark., 2018). Bu durum, kompozit rezin kronların seramiklere kıyasla yüzeydeki küçük hasarlara karşı daha düşük duyarlılığa sahip olması, yüksek kırılma enerjileri ve daha yüksek Weibull modülü değerleri ile açıklanabilmektedir (kompozitler için 10–17 ve IPS e.max CAD için 8). Ayrıca Stawarczyk ve arkadaşlarının çalışmasında, cam seramik materyallerin, kompozit rezin CAD/CAM materyallere kıyasla daha az renk değişikliği gösterdiği belirtilmiştir (Stawarczyk&ark., 2016). Öte yandan, VITA CAD-Temp (kompozit rezin, 80 MPa) [VITA Zahnfabrik, Almanya] veya VITA ENAMIC (hibrit seramik, 150–160 MPa) [VITA Zahnfabrik, Almanya] gibi çok düşük eğme dayanımı sergileyen materyallerin olduğu da bildirilmiştir (Skorulska&ark.2021).

Çeşitli çalışmalarda, kompozit rezin bazlı CAD/CAM materyallerin kırılma dayanımının, sertliğinin ve elastisite modülünün seramiklere kıyasla daha düşük olduğu ve mine ve dentinin özelliklerine daha yakın olduğu bildirilmiştir (Alamouh&ark., 2018; Hampe&ark.,2018). Bu CAD/CAM sistemlerde üretilen restoratif materyalin, manuel olarak polimerize edilen kompozit rezinlere kıyasla daha düşük aşınma değerleri gösterdiği ancak her iki kompozit rezin materyalinin de (direkt ve indirekt kompozit rezin) lityum disilikat seramiklerden (cam seramik) daha yüksek aşınma değerlerine sahip olduğu bildirilmektedir (Lauvahunon&ark., 2015). Bu laboratuvar sonuçları bir klinik çalışma ile de doğrulanmıştır. (Güth&ark., 2020). Cam seramikler, kompozit rezinlere kıyasla iki yıl

sonra daha kararlı aşınma davranışı göstermiştir. Aynı zamanda, direkt ve indirekt kompozitler, cam seramiklere kıyasla daha az antagonistik diş aşınmasına neden olduğu bildirilmiştir (Stawarczyk&ark., 2013). Kompozit rezin materyallerin aşınma davranışı, doldurucuların yüksek yüzey sertliği ve cam seramik ile karşılaştırıldığında elastisite modülü ile açıklanabilmektedir. Özellikle bruksizm hastalarında, hem karşı dişte daha az aşınmaya sebep olmakta, hem de çiğneme kuvvetlerini absorbe etmektedirler (Höland&ark., 2000).

Yeni çıkan restoratif materyallerin, fiziksel ve mekanik özellikleri haricinde ağız ortamındaki dokularla biyolojik açıdan uyumlu olması da önemlidir. Biyouyumluluk; biyolojik, fiziksel ve kimyasal etkileşimlerin hepsini kapsamaktadır ve hücresel yanıt açısından sitotoksisite ile doğrudan bağlantılıdır. Kompozit rezin bazlı CAD/CAM blokları polimerizasyon derecesine ve bozunmaya bağlı olarak monomer salınımı gösterebilmektedir (Skorulska & ark. 2021). Ancak, günümüzde piyasada bulunan kompozit rezin CAD/CAM bloklar daha iyi biyouyumluluk özellikleri ile karakterizedir. Daha yüksek derecede dönüşüm sergilerler, bileşimlerinde daha az toksik monomer içerirler ve fotobaşlatıcılar içermemektedirler (Mainjot&ark. 2016). Kompozit rezin CAD/CAM materyali (Paradigm MZ100, 3M ESPE, ABD) ve geleneksel kompozit rezinleri karşılaştırmak için yapılmış bir çalışmada, kompozit CAD/CAM blokta monomer elüsyonunun olmadığı gösterilmiştir. Ancak, araştırmacılar, kompozit rezin CAD/CAM blokların sitotoksisitesinin kaygı verici olduğu ve bu konu ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerektiğini vurgulamıştır. (Hussain&ark., 2017) Başka bir çalışmada, VITA CAD-Temp (kompozit rezin), Celtra Duo, IPS e.max CAD ve VITA YZ gibi materyalleri, insan dişeti fibroblastları üzerindeki sitotoksik etkileri ve kolajen tip I salgılarını belirlemek için test edilmiştir. Sonuçlar, 72 saat sonra tüm grupların biyolojik olarak kabul edilebilir sitotoksik potansiyel seviyelerine ulaştığını göstermektedir. Ayrıca, seramik materyallerin (lityum disilikat) polimerlere göre daha iyi hücre cevabı sunduğu sonucuna varılmıştır (Rizo-Gorrita&ark., 2019)

CAD/CAM restorasyonlarının, bitim işlemlerinde polisaj ve glaze, restorasyonun yüzeyini pürüzsüzleştirmek ve materyalin optik özelliklerini korumak için çok önemlidir. Seramik ve kompozit rezin blokların elmas frezlerin uygulanması sonrası yüzeyi pürüzlü hale gelmektedir. Yüzeyin pürüzlülüğü sadece diş eti dokularını olumsuz yönde etkileyebilecek biyofilm birikimi seviyesini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda materyalin renklenmesini de kolaylaştırmaktadır (Haralur&ark., 2012; Kanat-Ertürk, 2020). Ayrıca, yüzey pürüzlülüğünün mekanik direncin azalması veya karşıt dişlerin aşınmasına neden olmak gibi bir takım mekanik sonuçları da mevcuttur (De Jager&ark., 2000). Ayrıca, frezelemeden sonra restorasyon yüzeyini daha pürüzsüz hale getirmek için polisajlanması gerekmektedir.

tedir. Bu polisaj işlemi, materyale veya uygulayıcının tercihine bağlı olarak farklı diskler, polisaj kitleri ve pastalar kullanılarak yapılabilmektedir (Finopol Diamond parlatici lastik tekerlekler, Çek Cumhuriyeti veya Hatho Habbras diskleri, Almanya). Üreticinin talimatlarına göre glaze uygulaması, seramik CAD/CAM restorasyonları için önerilen bir prosedürdür. Daha sonra bu materyaller seramik fırınında pişirilirlir (Mota&ark., 2017).

## **2. KOMPOZİT REZİN BAZLI CAD/CAM MATERYALLERİN TAMİR YÖNTEMLERİ**

Tamir, minimal invaziv bir yaklaşımdır ve bir restorasyonun kusurlu parçasına ve/veya komşu diş dokularına hazırlık yapılarak veya yapılmadan, yeni bir restoratif materyalin yerleştirilmesidir. Sağlam diş dokularını korunması ve daha ucuz bir yöntem olması sebebi ile tercih edilebilen bir prosedürdür (Hickel&ark., 2010). Kompozit rezin bazlı CAD/CAM materyalleirn bağlanma potansiyelleri yüksek dönüşüm dereceleri nedeniyle azalmıştır. Bu nedenle, tamir işlemi sırasında yüzey pürüzlendirme prosedürlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, hem mikro ve makromekanik retansiyon oluşturmak ve hem de bağlanma için mevcut yüzey alanını genişletmek amacıyla çeşitli yüzey pürüzlendirme yöntemleri uygulanmaktadır. Yüzey pürüzlendirme işlemleri ile eski rezin tabakası uzaklaştırılmakta, bağlanma gücünü artıracabilecek pürüzlü ve taze bir yüzey ortaya çıkarılmaktadır. (Jafarzadeh&ark., 2011). Bu yöntemler; kimyasal pürüzlendirme (hidrofluorik asit), tribokimyasal silika kaplama, air abrazyon, elmas frezlerle pürüzlendirme veya bu tekniklerin kombinasyonları şeklindedir (Güngör&ark., 2016). Son yıllarda, indirekt restorasyonların yüzey pürüzlendirme işlemlerinde Er:YAG, Nd:YAG ve femtosecond gibi lazerlerin kullanılması da ön plana çıkmıştır (Demirtağ&ark., 2019).

Kompozit rezin restorasyonların tamir işleminde, sadece restorasyonun kusurlu kısmının çıkarılması değil, aynı zamanda komşu mine ve dentinin de kaldırılmasını içermektedir. Fosforik asit mine ve dentin üzerinde etkilidir ancak kompozitlerin, seramiklerin ve metallerin yüzey özellikleri üzerinde doğrudan etkisi yoktur. Sadece yüzeysel bir temizleyici görevi görmektedir. Asitle pürüzlendirme işleminin asıl amacı, materyal yüzeyini artıklardan/smear tabakasından temizlemek, aşınmanın bıraktığı yüzey düzensizliklerini ortaya çıkarmak, daha iyi ıslanma için yüzey enerjisini artırmak, tükürük veya diğer ajanlarla yüzey kontaminasyonunu gidermek ve rezinle arasındaki teması artırmaya yardımcı olmaktır (Bonstein&ark., 2005).

Hidrofluorik asit, CAD/CAM rezin blokların yapısında yer alan cam içerikle etkileşime girerek bağlanmayı geliştirmektedir. Bu asit, seramik içerisindeki sili-

ka fazını çözer. Yüzeyin degradesiyonuna neden olmaktadır ancak rezin matrisin yapısını etkilenmeden bırakmaktadır. Bu nedenle, hidroflorik asidin etkisinin büyük ölçüde materyal içerisindeki doldurucu partiküllerin bileşimine bağlı olduğunu anlamak önemlidir. Özellikle, silika bazlı seramik restorasyonların yüzey pürüzlendirmesinde en sık tercih edilen yöntemlerden biridir. Zirkonyum kümeleri veya kuvars doldurucular içeren kompozit rezinler, baryum-cam dolduruculardan oluşan kompozit rezinlere kıyasla, hidrofluorik asit uygulamasında daha az reaksiyona girdiği bildirilmektedir (Duzyol&ark., 2016). Ayrıca, hidrofluorik asit uygulaması, yüzeyin ıslanabilirliğini artırır ve monomerle kimyasal bağlanma sağlayan hidroksil gruplarını açığa çıkarmaktadır. Şişmanoğlu ve arkadaşlarının kompozit rezin bazlı CAD/CAM bloklarla yaptıkları tamir çalışmasında, hidrofluorik asit ile pürüzlendirme sonrası Shofu Block HC ile elde edilen tamir bağlanma dayanım değerlerinin yüzey pürüzlendirmesi yapılmayan gruba göre benzer tamir bağlanma dayanım değerleri gösterdiğini ortaya koymuşlardır (Şişmanoğlu&ark., 2020).

Air abrazyon ile yüzey pürüzlendirmesi bir ağız içi tamir işlemidir ve hasta başındaki air abrazyon cihazları kullanılarak alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) partiküllerinin 2-3 bar arasında bir basınç altında yüzeye uygulanması şeklinde gerçekleştirilmektedir (Lung&ark., 2012). Temiz bir tamir yüzeyi elde edilmekte ve mikromekanik retansiyon sağlamaktadır.  $Al_2O_3$  partiküllerinin boyutu 30-250  $\mu m$  arasındadır. Bu aşındırıcı partiküller, bir silikon dioksit tabakası ile kaplanmış 30-50  $\mu m$   $Al_2O_3$  partiküllerinden oluştuğunda ise buna "silika kaplama" veya "tribokimyasal yüzey pürüzlendirmesi" (CoJet) olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde, alumina veya silika partikülleri yüzeyi kaplar, bu daha sonra siloksan tabakası boyunca silan-birleştirici madde ile kovalent bağlar yaparlar. Bu sistemlerin dezavantajı, bu sistemlerin aşındırıcı partiküllere sahip olduğu göz önüne alındığında, bu partiküllerin aspirasyonunu önlemek ve yumuşak dokuların zarar görmesini engellemek için iyi bir aspirasyon cihazı ve rubber dam kullanımı gerektirir. Tribokimyasal yüzey pürüzlendirmesinde kullanılan partiküller, yüzeye nüfuz eder, gömülür ve yüzeyi kısmen silika ile kaplanmış halde bırakmaktadır (Edelhoff&ark., 2001). Önceki çalışmalarda, kompozit rezin CAD/CAM materyallerinin tamirinde air abrazyon ve tribokimyasal yüzey pürüzlendirmesi arasında tamir bağlanma dayanımları açısından fark olmadığı tespit edilmiştir (Şişmanoğlu&ark., 2020; Arpa&ark., 2019).

Elmas frezler ile pürüzlendirme, tamir işleminde en sık kullanılan ve en basit yöntemdir. Tamir yüzeyinde makroretantif alanlar oluşturmakta ve bu alanları adeziv sistemler doldurmaktadır. Piyasada, farklı boyutlarda elmas aşındırıcı partiküllere sahip elmas frezler bulunmaktadır (Neis&ark., 2015). CAD/CAM

materyalin rezin fazı ve inorganik partiküller sertlik açısından farklılık gösterdiğinden, aşınma oranları tek tip değildir. Elmas frezin aşındırma potansiyeli, aşındırıcı partikül boyutuna bağlı olarak da farklılık göstermektedir (Valente&ark., 2015). Stasser ve arkadaşları, kaba elmas frezler ile yüksek yüzey pürüzlülüğü elde edildiğini bildirmişlerdir (Stasser&ark., 2018). Ataol ve Ergun, hidrofluorik asit ve frez uygulaması sonrası çeşitli CAD/CAM materyallerinin tamirinde yüksek bağlanma dayanımları elde ettiklerini bildirmişlerdir (Ataol&Ergun, 2018)

Lazerin diğer mekanik tedavi alternatiflerine göre daha konservatif olduğu kabul edilmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan farklı lazerler arasında çürük uzaklaştırma ve kavite hazırlama için erbium lazerler en iyi seçenek olarak kabul edilmektedir. Bu lazer ailesi, Er:YAG lazer (erbiyum katkı: itriyum-alüminyum-garnet) (2940 nm) ve erbiyum, krom katkı itriyum skandiyum galyum granat (Er,Cr:YSGG) lazer (2780 nm) dahil olmak üzere iki dalga boyuna sahiptir. Lazer teknolojisindeki gelişmeler, tamir işleminde bir yüzey pürüzlendirme yöntemi olarak Er:YAG lazer kullanımını mümkün kılmıştır. Enerji verilmiş su molekülleri, stres konsantrasyon bölgeleri olarak hareket edebilecek yüzey altı mikro çatlakların oluşumunu önleyerek, yüzey sıcaklığını artırmadan yüzeyin ablyasyonunu sağlamakta ve tamir yapılacak yüzeyi pürüzlendirmektedir. Böylece, enerji verilmiş su molekülleri ile yapılan ablyasyon işlemi, herhangi bir restoratif materyal kalıntısı olmadan temiz bir yüzey sağlamaktadır (Kimyai&ark., 2015).

Literatürde, yukarıda bahsedilen tüm yüzey pürüzlendirme yöntemlerinden sonra, universal bir adeziv sistem uygulanmasının önerildiği belirtilmiştir. Universal adeziv içerisinde yer alan silan, CAD/CAM blokların inorganik kısmı ile etkileşime girmekte ve organik ve inorganik yapıyı birbirine bağlamaktadır. Bu durum yüzeyin ıslanabilirliğini arttırmakta ve bağlanmayı geliştirmektedir. Kapsamlı bir literatür derlemesinde, ayrı bir silan uygulamasının, universal adeziv sistemler içerisinde bulunan silana kıyasla bağlanmada daha etkili olduğunu belirtmişlerdir (Mine&ark., 2019). Ayrıca, önceki çalışmalarda, 10-MDP monomeri içeren universal adeziv sistemlerin, kompozit rezin CAD/CAM materyallerine daha iyi bağlanma gösterdiği bildirilmiştir (Demirel&ark., 2019; Wu&ark.,2019)

## **KAYNAKLAR**

1. Alamoush, R.A.; Silikas, N.; Salim, N.A.; Al-Nasrawi, S.; Satterthwaite, J.D. (2018) Effect of the Composition of CAD/CAM Composite Blocks on Mechanical Properties. *BioMed Res. Int.* 4893143.
2. Arpa, C., Ceballos, L., Fuentes, MV., Perdigão, J. (2019) Repair bond strength and nanoleakage of artificially aged CAD-CAM composite resin. *J Prosthet Dent.* 121,523-30.
3. Ataol, AS., Ergun, G. (2018) Effects of surface treatments on repair bond strength of a new CAD/CAM ZLS glass ceramic and two different types of CAD/CAM ceramics. *J Oral Sci.* 60(2),201-211.

4. Bonstein, T., Garlapo, D., Donarummo, J., Bush, P.J. (2005) Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent.* 7(1), 41–9.
5. DeJager, N.; Feilzer, A.J.; Davidson, C.L. (2000) The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dent. Mater.* 16, 381–388.
6. Demirel, G., Baltacıoğlu, İ.H. (2019) Influence of different universal adhesives on the repair performance of hybrid CAD-CAM materials. *Restor Dent Endod.* 44:e23.
7. Demirtaş, Z., Culhaoglu, A.K. (2019) Surface Roughness of Ceramic-Resin Composites After Femtosecond Laser Irradiation, Sandblasting or Acid Etching and Their Bond Strength With and Without Silanization to a Resin Cement. *Oper Dent.* 44(2), 156–167.
8. Duzyol, M., Sagsoz, O., Polat Sagsoz, N., Akgul, N., Yildiz, M. (2016) The Effect of Surface Treatments on the Bond Strength Between CAD/CAM Blocks and Composite Resin. *J Prosthodont.* 25(6), 466–71
9. Edelhoff, D., Marx, R., Spiekermann, H., Yildirim, M. (2001) Clinical use of an intraoral silicoating technique. *J Esthet Restor Dent.* 13(6), 350–6.
10. Güth, J.F., Erdelt, K., Keul, C., Burian, G., Schweiger, J., Edelhoff, D. (2020) In vivo wear of CAD-CAM composite versus lithium disilicate full coverage first-molar restorations: A pilot study over 2 years. *Clin. Oral Investig.* 24, 4301–4311.
11. Hampe, R., Lümke, N., Sener, B., Stawarczyk, B. (2018) The effect of artificial aging on Martens hardness and indentation modulus of different dental CAD/CAM restorative materials. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 86, 191–198.
12. Haralur, S.B. (2012) Evaluation of efficiency of manual polishing over autoglazed and overglazed porcelain and its effect on plaque accumulation. *J. Adv. Prosthodont.* 4, 179–186
13. Hickel, R., Peschke, A., Tyas, M., Mjor, I., Bayne, S., Peters, M. (2010) FDI world dental federation—clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations. Update and clinical examples. *J Adhes Dent.* 12(4), 259–72.
14. Höland, W., Schweiger, M., Frank, M. (2000) A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res.* 53(4), 297–303.
15. Hussain, B., Le Thieu, M.K., Johnsen, G.F., Reseland, J.E., Haugen, H.J. (2017) Can CAD/CAM resin blocks be considered as substitute for conventional resins? *Dent. Mater.* 33(12), 1362–1370.
16. Jafarzadeh Kashi, T.S., Erfan, M., Rakhshan, V., Aghabaigi, N., Tabatabaei, F.S. (2011) An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Oper Dent.* 36(6), 608–17
17. Koenig, A., Schmidtke, J., Schmohl, L., Schneider-Feyrer, S. (2021) Characterisation of the Filler Fraction in CAD/CAM Resin-Based Composites. *Materials (Basel)* 14(8), 1986.
18. Kanat-Ertürk, B. (2020) Color Stability of CAD/CAM Ceramics Prepared with Different Surface Finishing Procedures. *J. Prosthodont.* 29, 166–172.
19. Kimyai, S., Oskoe, S.S., Mohammadi, N., Rikhtegaran, S., Bahari, M., Oskoe, P.A., Vahedpour, H. (2015) Effect of different mechanical and chemical surface treatments on the repaired bond strength of an indirect composite resin. *Lasers Med Sci.* 30(2), 653–9.
20. Kunzelmann, K.H., Jelen, B., Mehl, A., Hickel, R. (2001) Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *Int J Comput Dent.* 4(3), 171–84.
21. Lauvahutanon, S., Takahashi, H., Oki, M., Arksornnukit, M., Kanehira, M., Finger, W.J. (2015) In vitro evaluation of the wear resistance of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent. Mater. J.* 34, 495–502.
22. Lung, C.Y., Matinlinna, J.P. (2012) Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater.* 28(5), 467–77.
23. Mainjot, A.K.; Dupont, N.M.; Oudkerk, J.C.; Dewael, T.Y.; Sadoun, M.J. (2016) From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *J. Dent. Res.* 95, 487–495.
24. Mine, A., Kabetani, T., Kawaguchi-Uemura, A., Higashi, M., Tajiri, Y. (2019) Effectiveness of current adhesive systems when bonding to CAD/CAM indirect resin materials: A review of 32 publications. *Jpn Dent Sci Rev.* 55(1), 41–50.

25. Mota,E.G.;Smidt,L.N.;Fracasso,L.M.;Burnett,L.H.;Spohr,A.M. (2017) The effect of milling and postmilling procedures on the surface roughness of CAD/CAM materials. *J. Esthet. Restor. Dent.* 29, 450–458.
26. Rizo-Gorrita, M.; Herráez-Galindo, C.; Torres-Lagares, D.; Serrera-Figallo, M.Á.; Gutiérrez-Pérez, J.L. (2019) Biocompatibility of Polymer and Ceramic CAD/CAM Materials with Human Gingival Fibroblasts (HGFs). *Polymers.* 11, 1446
27. Ruse, N.D.; Sadoun, M.J. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. (2014) *J. Dent. Res.* 93(12), 1232-4.
28. Skorulska, A., Piszko, P., Rybak, Z., Szymonowicz, M., Dobrzyński, M. (2021) Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry—Application, Mechanical Characteristics and Comparison. *Materials (Basel).* 14(7), 1592.
29. Sismanoglu, S., Yildirim-Bilmez, Z., Erten-Taysi, A., Ercal, P. (2020) Influence of different surface treatments and universal adhesives on the repair of CAD-CAM composite resins: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 124(2), 238.e1-238.e9
30. Strasser, T., Preis, V., Behr, M., Rosentritt, M. (2018) Roughness, surface energy, and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. *Clin Oral Investig.* 22(8), 2787-2797.
31. Stawarczyk, B.; Liebermann, A.; Eichberger, M.; Güth, J.F. (2016) Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 55, 1–11.
32. Stawarczyk, B.; Özcan, M.; Trottmann, A.; Schmutz, F.; Roos, M.; Hämmerle, C. (2013) Two-body wear rate of CAD/CAM resin blocks and their enamel antagonists. *J. Prosthet. Dent.* 109, 325–332.
33. Sulaiman, TA. (2020) Materials in digital dentistry-a review. *J Esthet Restor Dent.* 32(2), 171-181.
34. Valente, LL., Silva, MF, Fonseca, AS., Munchow, EA., Isolani, CP, Moraes, RR. (2015) Effect of diamond bur grit size on composite repair. *J Adhes Dent.* 17(3), 257–63.
35. Wu, X., Xie, H., Meng, H., Yang, L., Chen, B., Chen, Y. (2019) Effect of tribochemical silica coating or multipurpose products on bonding performance of a CAD/ CAM resin-based material. *J Mech Behav Biomed Mater.* 90:417-25.