

Derleme

# Zirkonya ile Güçlendirilmiş Cam Seramikler

## *Zirconia Reinforced Glass Ceramics*

Özgül Gülenç<sup>1</sup> , Ömer Suat Yalıt<sup>2</sup> 

### ÖZET

Özellikle son 20 yıldır artan teknolojik ilerleme ve yükselen estetik beklentiye bağlı olarak tam seramik sistemlerin sabit protetik restorasyon yapımında kullanımı artmıştır. Kırılgan yapıya sahip seramik materyallerin estetik beklentileri karşılarken aynı zamanda yüksek dayanıklılığa sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle estetik özelliği yüksek ancak kırılgan olan cam seramiklere güçlendirici ajanlar eklenerek dayanıklılığın artırılması hedeflenmiştir. Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramikler (ZLS), yakın zamanda geliştirilmiş seramik malzemelerdir. Üretim tekniklerine göre optik ve mekanik özellikleri değişkenlik gösteren zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramikler CAD/CAM ile veya ısı ile presleme tekniği ile üretilmektedir. Bu derlemede zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik materyallerinin üretimi, klinik kullanımı, fiziksel ve optik özelliklerinden bahsedilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Dayanım; Estetik; Tam seramik

### ABSTRACT

Especially in past 2 decades, use of all-ceramic systems in fixed prosthetic restorations has increased due to increasing technological progress and rising aesthetic expectations. Ceramic materials which are fragile, must have high durability and provide aesthetic expectations. For this reason, it is aimed to increase the durability by adding reinforcing agents to glass ceramics that have high aesthetic properties. Zirconia reinforced lithium silicate glass ceramics are ceramic materials which are recently developed. Zirconia reinforced lithium silicate (ZLS) ceramics' optical and mechanical properties vary according to production techniques. CAD/CAM or heat pressing technique are using for producing ZLS ceramic materials. In this review, the production, clinical use, physical and optical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass ceramic materials will be discussed.

**Keywords:** Aesthetic; Full Ceramic; Resistance

Makale gönderiliş tarihi: 16.02.2022; Yayına kabul tarihi: 08.04.2022

İletişim: Dt. Özgül Gülenç

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: [ozgulencs@gmail.com](mailto:ozgulencs@gmail.com)

<sup>1</sup> Dt., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Prof. Dr. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

## GİRİŞ

Tam seramik sistemlerdeki gelişmeler, metal destekli sistemlere göre yarı saydamlık ve şeffaflık gibi optik özelliklerle doğal diş rengine benzer mükemmel estetik görünüm, biyouyumluluk, inertlik, düşük ısıl iletkenlik, yüksek aşınma direnci ve düşük aşındırma özelliği gibi mekanik özellikler sağlamıştır.<sup>1,2</sup> Ancak materyallerin kırılma yapısı chipping, çatlak ve kırılmalara ve posterior bölgede ve çok üyeli restorasyonların yapımında kısıtlamalara neden olmaktadır.<sup>3,4</sup> Hem silikat seramikler hem de oksit seramikler dünya çapında tam seramik restorasyon üretiminde, özellikle de tek kronlarda kullanılmaktadır.<sup>5</sup> Lityum disilikat cam seramikler (LS), üstün estetik özellikleri nedeniyle, protetik tedavilerde tercih edilmektedir. Ancak kırılma özellikleri nedeniyle endikasyon alanlarının genişletilmesi amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Zirkonya ise üstün mekanik özelliklerine karşın opak olmasından ötürü estetik olarak zayıf kabul edilir.<sup>6</sup> Yakın zamanda zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat (ZLS) materyalinin geliştirilmesi ile her iki materyalin üstün özellikleri bir araya getirilerek; içeriğindeki zirkonya sayesinde matriks içinde çatlak ilerlemesi durdurularak dayanıklılığı artmış ve küçük lityum silikat partikülleri sayesinde iyi estetik özellik sunan bir seramik materyali elde edilmesi hedeflenmiştir.<sup>7-10</sup>

ZLS seramikler; Degudent, VITA ve Fraunhofer Silikat Araştırma Enstitüsü arasında yakın iş birliği içinde geliştirilmiş, camsı matriks içinde dağılmış yüksek oranda zirkonya ile zenginleştirilmiş cam seramik malzemedir.<sup>11,12</sup> Kimyasal kompozisyonu %56-64 silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ), %15-21 lityum dioksit ( $\text{LiO}_2$ ), %8-12 zirkonyum dioksit ( $\text{ZrO}_2$ ), 1-4 potasyum oksit ( $\text{K}_2\text{O}$ ), %3-8 difosfor pentoksit ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), %1-4 alüminyum oksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), %0-4 seryum oksit ( $\text{CeO}_2$ ) ve %0-6 oranında pigmentlerden oluşur.

ZLS, iyi mekanik özellikler ve yüksek estetik talebi olan protetik rehabilitasyonlar için lityum disilikat materyallere geçerli bir alternatiftir. Bunun yanında ZLS seramiklerin, LS versiyonuna göre özel bir avantajı, mikro yapıdaki daha küçük kristal boyutları nedeniyle üstün parlatılabilirlik özelliğidir.<sup>13</sup> Elsaka ve Elnaghy<sup>8</sup>, zirkonya eklenmesinin ardından lityum disilikat cam seramiğe kıyasla çatlakların yayılmasına karşı mekanik olarak çok daha dirençli olduğunu göster-

miştir. Ayrıca, Awad ve arkadaşları<sup>7</sup>, silikat kristallerinin küçük boyutunun yüksek cam içeriğine yol açtığını ve bunun da lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramiklere kıyasla daha iyi ışık geçirgenliği sağlayabileceğini bildirmiştir.

ZLS seramikler temel olarak iki farklı teknik ile üretilmektedir. Bunlar, Bilgisayar destekli tasarım/ bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) ve ısı ile presleme tekniğidir.

### 1- Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim (CAD/CAM)

CAD/CAM, Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing kelimelerinin kısaltılmış halidir.<sup>14</sup> Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim anlamına gelmektedir.

Dental CAD/CAM teknolojisi, zaman kazancı, malzeme tasarrufu, üretim sürecinin standardizasyonu ve restorasyonların öngörülebilirliği açısından faydaları nedeniyle popülerlik kazanmaktadır. Bir restorasyonun üretimi için gereken adım sayısı geleneksel yöntemlere göre daha azdır.<sup>15</sup> Bu teknoloji, dijital iş akışını kolaylaştırarak gerektiğinde restorasyonların tek seansta yapılmasına olanak sağlar.<sup>16</sup> CAD/CAM sistemlerinin iş akışı üç basamaktan oluşur;

- Yüzeylerin taranarak verilerin aktarılması ve kaydı,
- Restorasyonların üç boyutlu olarak bilgisayar ortamında tasarlanması (CAD)
- Restorasyonun üretimi (CAM)<sup>17</sup>

CAD/CAM sistemlerinin hasta başında üretilen (chair-side), laboratuvarında üretilen ve bir merkezde üretilen olmak üzere üç farklı üretim şekli mevcuttur.<sup>18</sup>

Üreticiler, CAD/CAM ile üretilen bu seramikleri tam veya yarı kristalize olarak piyasaya sunmuşlardır. Tam kristalize bloklar kazıma ve parlatma işlemleri sonrası hastaya uygulanabildiği gibi, üretici önerisiyle ilave bir fırınlama yapılarak dayanıklılığı artmış olarak da kullanılabilirler. Yarı kristalize ZLS materyali üretildikten sonra kristalize edilerek son halini alır.

### 2- Isı ile Presleme Tekniği

Bu teknik yapım kolaylığı, hassas kenar uyumu, yarı saydamlık, daha düşük gözeneklilik ve geleneksel olarak üretilmiş yüksek cam içerikli seramiğe göre

daha az kırılma dayanımı nedeniyle en yaygın seramik üretim tekniklerinden biridir.<sup>19</sup> Isı ile presleme üretim tekniği 1980'lerin sonlarında tanıtılmıştır. Diş teknisyenlerinin restorasyonu mum model olarak oluşturmalarının ardından, kayıp mum tekniği kullanılarak, ısı ile eritilmiş bir seramik ingotu revetman kalıbında preslenir. Bu işlem için başlangıçta yüksek miktarda lösit camı veya optimal preslenebilir seramikler kullanılmıştır.<sup>20</sup>

Günümüzde piyasada iki farklı firma tarafından üretilen ZLS seramikler, tam kristalize bloklar, yarı kristalize bloklar ve ısı ile preslenen ingotlar olarak bulunmaktadır.

#### a. Yarı Kristalize ZLS Bloklar

İlk üretilen ZLS seramik (Vita Suprinity PC, Vita Zahnfabrick, Almanya) 2014 yılında tanıtılmıştır ve üretiltikten sonra kristalizasyon fırınlanmasına tabi tutulmasını gerektiren yarı kristalize formda piyasaya sürülmüştür.<sup>21</sup> Ardından tam kristalize formu (Celtra CAD, Dentsply Sirona, ABD) piyasaya çıkmıştır.

#### b. Tam Kristalize ZLS Bloklar

Tam kristalize ZLS bloklar Suprinity (FC) (Vita) ve Celtra Duo (Dentsply Sirona)'dur.

Yarı kristalize Suprinity kazıma ünitesinde elde edilip polisajı tamamlandıktan sonra 840 °C sıcaklıkta 8 dk kristalize edilerek restorasyon tamamlanır. Tam kristalize olan Celtra Duo kazıma ve polisaj işlemi sonrasında kullanıma hazırdır. Ancak üretici talimatıyla 820 °C sıcaklıkta 8 dk süre ile fırınlanarak dayanıklılığı artırılabilir. Bu ilave fırınlama sonrası materyalin bükülme dayanımının 210 MPa'dan 370 MPa'ya çıktığı bildirilmiştir.<sup>22</sup>

Her ne kadar iki ticari marka tarafından her iki blok üretilmiş olsa da, yarı kristalize blok olarak Suprinity, tam kristalize blok olarak ise Celtra Duo yaygın olarak kullanılmaktadır.

Camsı fazdaki lityum metasilikat kristalleri, Suprinity'de yaklaşık 0,5 µm Celtra Duo'da yaklaşık 1 µm gibi farklı boyutlar gösterir. İki farklı marka formülasyonu arasındaki bu boyut farkının, pişirme sıcaklığı ve süresi gibi işleme parametrelerindeki farklılıklardan ve Suprinity'nin Celtra Duo'ya göre daha kısa süreli ve ilave fırınlanmasından kaynaklı olabileceği öne sürülmüştür.<sup>23</sup>

Suprinity'nin kırılma dayanımı  $2.31 \pm 0.17$  MPa, bükülme dayanımı  $443.63 \pm 38.90$  MPa, elastik modülü  $70.44 \pm 1.97$  GPa ve sertliği  $6.53 \pm 0.49$  GPa'dır.<sup>8</sup> Üreticisine göre; Celtra Duo'nun kırılma dayanımı 2 MPa, bükülme dayanımı 210-370 MPa, elastik modülü 70 GPa ve sertliği 7 GPa'dır.<sup>22</sup>

#### c. Isı ile Preslenen ZLS Seramikler

Isı ile presleme tekniği, net şekil işleme, azaltılmış gözeneklilik, artan Weibull modülü, artan bükülme dayanımı ve mükemmel marjinal uyum nedeniyle sabit protetik diş restorasyonunda geniş bir uygulama alanı bulmuştur.<sup>24, 25</sup> Bu nedenle CAD-CAM sistemlerine alternatif olarak ısı ile preslenen ZLS seramikler geliştirilmiştir (Celtra Press, Dentsply Sirona, ABD). Bu materyal 2017 yılında piyasaya sürülmüş olup, 2020 yılında yeni bir ZLS (Vita Ambria, VITA Zahnfabrik, Almanya) piyasaya sürülmüştür. Üretici tarafından 2020 yılında geliştirilen bu yeni materyalin bükülme dayanımının 396 MPa olduğu ve ilave fırınlama işlemi (temperleme) uygulandığında bu dayanımın 540 MPa'ya çıktığı iddia edilmektedir.<sup>26</sup> Benzer şekilde üreticisi tarafından, Celtra Press materyaline ilave fırınlama uygulanmasıyla bükülme dayanımının 500MPa'nın üzerine çıktığı bildirilmiştir.<sup>27</sup>

Ambria'nın kırılma dayanımı 2.3 MPa, bükülme dayanımı 420-550 MPa, elastik modülü 100 GPa ve Vickers sertliği 580 HV'dir.<sup>26</sup> Celtra Press'in bükülme dayanımı 500 MPa'nın üstünde ve Vickers sertliği 5000 N/mm<sup>2</sup>'dir.<sup>22</sup>

Apel ve arkadaşları<sup>28</sup> Celtra Press ile yaptıkları bir çalışmada camsı matrikse ilave edilen ZrO<sub>2</sub>'nin (zirkonya) bükülme dayanımını artırmadığını bildirmişlerdir. Bu durumun, cam seramikteki yüksek ZrO<sub>2</sub> içeriği nedeniyle viskozitedeki artış ve buna bağlı olarak LS ve LS<sub>2</sub>'de kristal büyümesinde azalma meydana gelmesi ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Isı ile preslenen ZLS seramikler, nispeten daha yeni olduklarından ve CAD/CAM ile üretilen ZLS seramikler hasta başında kısa sürede tamamlanabildiğinden kullanımları daha azdır ve konuyla ilgili daha az literatür çalışması bulunmaktadır.

ZLS'nin kendine has bileşiminin, materyalin optik özellikleri üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Sonuç olarak restorasyonda doğal diş gibi estetik görünüm,

doğal opaklık, floresans ve belirgin bukalemun etkisi elde edilir.<sup>11</sup> ZLS seramiklerden Suprinity, Celtra Duo ve Ambria translüsent ve yüksek translüsent olmak üzere iki farklı ışık geçirgenliği özellikte üretilmişlerdir.<sup>22, 26, 29</sup> Celtra Press ise yüksek, orta ve düşük translüsensi özelliğinde olmak üzere üç farklı ışık geçirgenliğine sahip olarak üretilmiştir.<sup>27</sup> Materyallerin translüsensi özellikleri kullanım alanlarını etkilemektedir. Üretildikten sonra renk ayarlaması mümkün olmadığından geniş renk skalasında çeşitleri olup, gerektiğinde ilave fırınlama sayesinde boyama tekniği veya 'cut back' tekniği ile renklendirme yapılması mümkündür.<sup>22, 26, 27, 29</sup> ZLS seramikler, renklenme konusunda asitli içeceklerden kahve gibi renklendirici içeceklere göre daha fazla etkilenmektedir. 0.5 mm kalınlıktaki restorasyonda yaşlandırma sonrası meydana gelen renk değişimi klinik olarak kabul edilemez bulunmuştur.<sup>30</sup>

Restorasyonlar kazıma işlemi tamamlandıktan sonra, ince (kırmızı veya sarı kuşaklı) elmas uçlu frezlerle 10-12 bin devirde mikromotor ile tesviyesi yapıp, uygun polisaj kitleri ile cilalanmalıdır. Buna ilaveten glaze işlemi de tercihen yapılabilir. CAD/CAM ile üretilen ZLS bloklar kazınıp kristalizasyon veya fırınlama işlemi yapıldıktan sonra oklüzal düzenlemeler yapılması tavsiye edilmemektedir. Çünkü bu işlemin, restorasyonun kırılma yükünü azaltabileceği gösterilmiştir.<sup>31</sup> İyi parlatılmış ZLS yüzeylerinde diğer cam seramiklere göre daha az plak tutulumu olduğu bildirilmiştir.<sup>32</sup> Aynı zamanda belirgin ölçüde biyoyumlu olması, HGF (Hepatosit Büyüme Faktörü) salınımına ve proliferasyona izin vermesi sayesinde implant çevresi yumuşak dokularla temas halinde olan bölgelerde kullanımı açısından teşvik edici bulunmaktadır.<sup>31</sup>

ZLS restorasyonlar için minimum 1mm monolitik kron kalınlığının uygun olduğu bildirilmiştir.<sup>23</sup> ZLS seramikler veneer, inley/onley, ön ve arka tek kuronlar için endikedir.<sup>8</sup> ZLS seramiklerin posterior kron preperasyonunda oklüzale doğru artmış 12-20 derecelik açının restorasyonun kırılma yükünde artışa neden olduğu ve kenar uyumu veya iç uyuma olumsuz etkisi bulunmadığı gösterilmiştir.<sup>33</sup>

Tüm tam seramik sistemlerde olduğu gibi ZLS seramiklerin simantasyonları da restorasyonun başarısı için büyük önem taşımaktadır. Hibrit yapısından ötürü ZLS'ye hem kimyasal bağlanma hem de

mikromekanik kilitleme sağlayacak yüzey işlemleri uygulanmalıdır. Hidroflorik asitle (HF) muamele ve silan primer uygulaması birlikte ZLS seramik restorasyonların simantasyonu için altın standartı oluşturmaktadır.<sup>34,35</sup> ZLS seramiklere HF uygulanması ile içeriğindeki camsı matris çözülerek mikromekanik tutuculuk sağlayacaktır.<sup>36</sup> Silika kaplamanın etkili olmadığı<sup>35</sup>, kumlama ve CoJet uygulamanın az etkili olduğu<sup>36</sup> bildirilmiştir. Tribokimyasal silan uygulama protokolü tavsiye edilmemektedir.<sup>37</sup> 30 sn boyunca %5'lik HF asit uygulaması ZLS simantasyonu için en etkili yöntemdir.<sup>30,37</sup> ZLS seramiklerin simantasyonunda rezin simanlar kullanıldığı gibi restorasyonun tipi ve bölgesine göre cam iyonomer siman da kullanılabilir.<sup>30</sup>

ZLS seramikler ile ilgili yapılmış uzun dönem klinik çalışmalar materyalin yeni olması dolayısı ile kısıtlıdır. Zimmermann ve arkadaşları<sup>38</sup>, ZLS seramikler ile yaptıkları klinik çalışmada 12 ayın sonunda, restorasyonların sağ kalım oranını %96.7 olarak bildirmiştir. Başka bir çalışmada parsiyel kron restorasyonları 3 yıl takip edilmiş ve bu sürenin sonunda sağ kalım oranı %99 olarak belirtilmiştir.<sup>39</sup>

Yapılan bir çalışmada, lityum silikat içerikli seramik restorasyonlara *in vitro* 1 gün, 1 yıl, 5 yıl, 10 yıl ve 50 yıllık döngüsel yorma yüklemesi (fatigue cyclic load) uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre LS seramiklerin ömrü ZLS seramiklere göre uzun bulunmuştur. ZLS seramiklerden ise Celtra Duo materyalinin kullanım ömrü Vita Suprinity materyaline göre daha uzun bulunmuştur. LS ve ZLS seramiklerin birbirine benzer mikroyapılarından kaynaklı olarak, çatlak oluşumu başladıktan sonra benzer döngüsel yorgunluk davranışı gösterdikleri bildirilmiştir.<sup>40</sup>

Bu yeni ZLS seramikler, mükemmel bir estetik ile ilişkili iyi mekanik özelliklere sahip olması nedeniyle yüksek estetik beklentisi olan hastalar için lityum disilikat materyallere geçerli bir alternatiftir.<sup>13</sup>

## SONUÇ

Gelişen teknoloji ve artan estetik beklentilerle birlikte protetik restorasyonlarda kullanılan materyallerin hem estetik hem de yüksek dayanıklılığa sahip olması ihtiyacı araştırmacıları tüm özellikleri kapsayan materyal üretimine yönlendirmiştir. Bu çalışmalar sonucu üretilen ve hem LS hem de zirkonya sistemlerinin olumlu özelliklerini bir arada barındırması ama-

ci ile üretilen ZLS seramikler kısa süredir piyasada olsa da klinik olarak uygun endikasyon alanlarında uygulanmaktadır. Bu yeni seramikler ile ilgili yapılan laboratuvar ve klinik çalışmaların sonucunda, klinik olarak kabul edilebilir değerler elde edilmiştir. İleride daha yaygın kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir. Ancak yapılan çalışmaların kısıtlı olması ve bazı çalışmaların sonuçlarının birbiri ile çelişmesi bu materyallerle ilgili daha fazla klinik ve laboratuvar çalışması yapılmasını gerektirmektedir.

## KAYNAKÇA

- Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dent Mater* 2011;27:83-96.
- Zhang F, Reveron H, Spies BC, Van Meerbeek B, Chevalier J. Trade-off between fracture resistance and translucency of zirconia and lithium-disilicate glass ceramics for monolithic restorations. *Acta Biomater* 2019;91:24-34.
- Nasr E, Makhlof A-C, Zebouni E, Makzoum J. All-ceramic Computer-aided Design and Computer-aided Manufacturing restorations: Evolution of structures and criteria for clinical application. *J Contemp Dent Pract* 2019;20:516-23.
- Kurt M, Turhan Bal B. Farklı yüzey işlemleri ve hızlandırılmış yapay yaşlandırmanın monolitik seramik sistemlerin yüzey pürüzlülüğü ve topografisi üzerine etkileri. *Selcuk Dent J* 2017;4:68-76.
- Land MF, Hopp CD. Survival rates of all-ceramic systems differ by clinical indication and fabrication method. *J Evid Based Dent Pract* 2010;10:37-8.
- Aljanobi G, Al-Sowayh ZH. The effect of thermocycling on the translucency and color stability of modified glass ceramic and multilayer zirconia materials. *Cureus* 2020;12:e6968.
- Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Ilie N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent* 2015;113:534-40.
- Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater* 2016;32:908-14.
- Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont* 2015;28:227-35.
- Traini T, Sinjari B, Pascetta R, Serafini N, Perfetti G, Trisi P, et al. The zirconia-reinforced lithium silicate ceramic: lights and shadows of a new material. *Dent Mater J* 2016;35:748-55.
- Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkowska V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajraktarova-Misevska C, Grozdanov A. Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open Access Maced J Med Sci* 2018;6:1742-55.
- Belli R, Wendler M, de Ligny D, Cicconi MR, Petschelt A, Peterlik H, et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 1: measurement of elastic constants and microstructural characterization. *Dent Mater* 2017;33:84-98.
- Silva LHD, Lima E, Miranda RBP, Favero SS, Lohbauer U, Cesar PF. Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Braz Oral Res* 2017;31:e58.
- McLaren EA, Terry DA. CAD/CAM systems, materials, and clinical guidelines for all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Comp Cont Educ Dent* 2002;23:637-41, 44, 46 passim; quiz 54.
- Brenes C, Duqum I, Mendonza G. Materials and systems for all ceramic CAD/CAM restorations. *Dent Trib Int Mag Digi Dent* 2016;3:10-5.
- Tiu J, Belli R, Lohbauer U. Contemporary CAD/CAM materials in dentistry. *Curr Oral Health Rep* 2019;6:250-6.
- Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc* 2006;137:1289-96.
- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 2008;204:505-11.
- Salem S, Asaad R. Influence of fabrication techniques on vertical marginal gap distance and internal adaptation of zirconia-reinforced lithium silicate all-ceramic crowns. *Tanta Dent J* 2020;17:45-52.
- Helvey GA. Classifying dental ceramics: numerous materials and formulations available for indirect restorations. *Comp Cont Educ Dent* 2014;35:38-43.
- Springall GAC, Yin L. Nano-scale mechanical behavior of pre-crystallized CAD/CAM zirconia-reinforced lithium silicate glass ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018;82:35-44.
- Dentsply Sirona Celtra Duo Fact File. Online available from; <https://www.dentsplysirona.com/en-us/categories/restorative/celtra-duo.html>.
- Zarone F, Ruggiero G, Leone R, Breschi L, Leuci S, Sorrentino R. Zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS) mechanical and biological properties: A literature review. *J Dent* 2021;109:103661.
- Stawarczyk B, Dinse L, Eichberger M, Jungbauer R, Liebermann A. Flexural strength, fracture toughness, three-body wear, and Martens parameters of pressable lithium-X-silicate ceramics. *Dent Mater* 2020;36:420-30.
- Hallmann L, Ulmer P, Gerngross MD, Jetter J, Mintrone M, Lehmann F, et al. Properties of hot-pressed lithium silicate glass-ceramics. *Dent Mater* 2019;35:713-29.
- Vita Ambria Brochure. online available from; <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-AMBRIA-Lithium-disilicate-press-ceramic-92379.html>. 2020.
- Dentsply Sirona Celtra Press Fact File. Online available from; <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/pim/>

manufacturer/Prosthetics/Fixed/High\_strength\_glass\_ceramic/Celtra\_Press/PR\_Celtra\_Press\_FactFile\_engl\_2017\_05.pdf

**28.** Apel E, van't Hoen C, Rheinberger V, Höland W. Influence of ZrO<sub>2</sub> on the crystallization and properties of lithium disilicate glass-ceramics derived from a multi-component system. *Journal of the European Ceramic Society.* 2007;27:1571-7.

**29.** Vita Suprinity Brochure. Online available from; <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-SUPRINITY-PC-44049.html>.

**30.** Sorrentino R, Ruggiero G, Di Mauro MI, Breschi L, Leuci S, Zarone F. Optical behaviors, surface treatment, adhesion, and clinical indications of zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS): A narrative review. *J Dent* 2021;112:103722.

**31.** Zarone F, Ruggiero G, Leone R, Breschi L, Leuci S, Sorrentino R. Zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS) mechanical and biological properties: A literature review. *J Dent* 2021;109:103661.

**32.** Abdalla MM, Ali IA, Khan K, Mattheos N, Murbay S, Matinlinna JP, et al. The influence of surface roughening and polishing on microbial biofilm development on different ceramic materials. *J Prosthodont* 2021;30:447-53.

**33.** Alammari MR, Abdelnabi MH, Swelem AA. Effect of total occlusal convergence on fit and fracture resistance of zirconia-reinforced lithium silicate crowns. *Clin Inves Dent* 2019;11:1.

**34.** Aboushelib MN, Sleem D. Microtensile bond strength of lithium disilicate ceramics to resin adhesives. *J Adhes Dent* 2014;16:547-52.

**35.** Sato TP, LC Anami, Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Effects of surface treatments on the bond strength between resin cement and a new zirconia-reinforced lithium silicate ceramic. *Oper. Dent.*, 2016;41:284-292.

**36.** Altan B, Cinar S, Tuncelli B. Evaluation of shear bond strength of zirconia-based monolithic CAD-CAM materials to resin cement after different surface treatments. *Niger J Clin Pract.*, 2019;22:1475-82.

**37.** Bomicke W, Rammelsberg P, Krisam, J, Rues S. The effects of surface conditioning and aging on the bond strength between composite cement and zirconia-reinforced lithium-silicate glass-ceramics. *J. Adhes. Dent.* 2019;21:567-76.

**38.** Zimmermann M, , Indirect zirconia-reinforced lithium silicate ceramic CAD/CAM restorations: Preliminary clinical results after 12 months. *Quint. Int.* 2017;48:19-25.

**39.** Rinke S, Pfitzenreuter T, Leha A, Ziebolz D. Clinical evaluation of chairside-fabricated partial crowns composed of zirconia-reinforced lithium silicate ceramics: 3-year results of a prospective practice-based study. *J Esthet Restor Dent*, 2020. 32: p. 226-35.

**40.** Wendler, M, Belli R, Valladares D, Petschelt A, Lohbauer U. Chairside CAD/CAM materials. Part 3: Cyclic fatigue parameters and lifetime predictions. *Dent Mater.* 2018;34:910-21.