

# Comportamiento mecánico in-vitro en coronas monolíticas realizadas en silicato de litio reforzado con zirconio vs disilicato de litio

Carmen Beatriz Alvarado González<sup>1</sup>  
 Diana Carolina Campo Alguero<sup>1</sup>  
 Johann Enrique Pabuenta Posada<sup>1</sup>  
 Oscar Mauricio Jiménez Peña<sup>2</sup>

## Resumen

La aplicación de los sistemas de cerámica en odontología nace en el Siglo XVIII con la necesidad de imitar las características perdidas de los dientes. Existe una gran variedad de biomateriales en odontología restauradora los cuales en función del tiempo han evolucionado, brindando una gama de opciones para que el clínico pueda escoger un material acorde a sus necesidades y requerimientos. El objetivo de la presente revisión fue comparar por medio de una revisión de literatura la resistencia ante fuerzas axiales de coronas monolíticas en silicato de litio reforzado con zirconio y disilicato de litio reportado en la evidencia científica. Se realizó una revisión bibliográfica de búsqueda electrónica de artículos en las bases de datos EBSCO, PubMed, Cochrane, Dynamed, los términos DeCS buscados fueron: cargas, resistencia, comportamiento, cerámicas, coronas, fuerza compresiva, disilicato de litio, silicato de litio. El conocimiento biológico y mecánico de los materiales a base de silicato de litio con (ZrO<sub>2</sub>) (VITA Suprinity®- Celtra® DUO) permite iniciar estudios para conocer su resistencia real comparada al disilicato de litio convencional (e.max®) y establecer si el refuerzo de (ZrO<sub>2</sub>) mejora las propiedades mecánicas del silicato de litio. La evidencia científica muestra las propiedades de las vitrocerámicas, con una orientación hacia obtener restauraciones de alta estética, pero con limitada resistencia. Los materiales a base de disilicato de litio / silicato de litio con (ZrO<sub>2</sub>) requieren de una técnica de cementación adhesiva que está estandarizada y altamente sensible, lo cual afecta de forma directa el comportamiento de los materiales mencionados.

**Palabras clave:** Fuerza compresiva, Disilicato de litio, Silicato de litio.

## In-vitro mechanical behavior in monolithic crowns made of zirconium reinforced lithium silicate vs lithium disilicate

## Abstract

The application of ceramic systems in dentistry was born in the XVIII century with the need to imitate the lost characteristics of the teeth. There is a wide variety of biomaterials in restorative dentistry which have evolved over time, providing a range of options for the clinician to choose a material according to their needs and requirements. The objective of this study was to compare the resistance against axial forces of monolithic crowns in lithium silicate reinforced with zirconium and lithium disilicate reported in the scientific evidence. A literature review of electronic search of articles in the EBSCO, PubMed and Cochrane databases was carried out, in which the terms MeSH were used: weight-bearing, compressive strength, ceramics, crowns, and dental porcelain; and the natural terms axial load, monolithic crowns, lithium disilicate, lithium silicate and CAD-CAM. The biological and mechanical knowledge of the materials based on lithium silicate with (ZrO<sub>2</sub>) (VITA Suprinity®-Celtra® DUO) allows to initiate studies to know their real resistance compared to conventional lithium disilicate (e.max®) and establish whether the reinforcement of (ZrO<sub>2</sub>) improves the mechanical properties of lithium silicate. The scientific evidence shows the properties of vitroceramics, with an orientation towards obtaining high aesthetic restorations, but with limited resistance. Materials based on lithium disilicate / lithium silicate with (ZrO<sub>2</sub>) require an adhesive cementation technique that is standardized and highly sensitive, which directly affects the behavior of the materials mentioned..

**Keywords:** Compressive Strength, Lithium Disilicate, Lithium Silicate.

Recibido: Mayo 2019, Aceptado: Junio 2019, Publicado: Junio 2019

### Citación:

Alvarado CB, Campo DC, Pabuenta JE, Jimenez OM. Comportamiento mecánico in-vitro en coronas monolíticas realizadas en silicato de litio reforzado con zirconio vs disilicato de litio. Journal Odont Col. 2019;12(23):58-66

1. Odontólogos. Residentes Postgrado Prosthodontia, UNICOC-Bogotá
  2. Odontólogo, MHA, PhD. Docente-Investigador, Centro de Investigación Colegio Odontológico
- Autor responsable de correspondencia: Oscar Mauricio Jiménez Peña  
 Correo electrónico: [omjimenez@unicoc.edu.co](mailto:omjimenez@unicoc.edu.co)

## Introducción

La aplicación de los sistemas de cerámica en odontología nace con la necesidad de imitar las características perdidas de los dientes, tiene origen en el siglo XVIII donde se pretendía buscar un material más acorde a la necesidad protética (1). El primero en realizar una Rehabilitación en Cerámica fue Alexis Duchateau en París-Francia realizando un juego completo de prótesis totales que fue innovador pero no exitoso, aún se desconocían los principios que debía cumplir una rehabilitación en boca; sin embargo, es considerado el inventor de las cerámicas para odontología (2), posteriormente en 1903, Charles Land introduce la primera corona en cerámica que cumplía con una gran mejora en aspectos estéticos, pero aún tenía deficiencias en adaptación marginal y resistencia a la fractura, buscando mejorar éstas falencias. En 1986 se introducen sistemas digitales por los doctores: Werner H. Mörmann y Marco Brandestini con el sistema CAD-CAM (Computer Assisted Design- Computer Assisted Manufacturing) CEREC, que tendría como objetivo optimizar el diseño y fabricación de restauraciones con mayor velocidad y exactitud, lo cual podría mejorar la predictibilidad de los materiales utilizados en rehabilitación oral; con base en los avances obtenidos se establecen modificaciones e indicaciones para la aplicabilidad de los sistemas de cerámica buscando obtener un alto grado de estética, resistencia y biocompatibilidad (3).

Existe una gran variedad de biomateriales en odontología restauradora los cuales en función del tiempo han evolucionado, brindando una gama de opciones para que el clínico pueda escoger un material que sea ideal según el requerimiento y necesidad de tratamiento. En este sentido los sistemas cerámicos han sido clasificados en vitrocerámicas y cerámicas policristalinas (4).

Las cerámicas también pueden subclasificarse de acuerdo a su manufactura y procesamiento en los siguientes niveles: polvo-líquido, cerámicas de vidrio (disilicato de litio e.max® Ivoclar-Vivadent) que pueden ser procesadas en sistemas CAD-CAM o en técnica prensada en el laboratorio; cerámicas de alta resistencia (silicato de litio reforzado con zirconio Vita-Suprinity® VITA) y cerámicas metálicas (zirconio altamente compacto, zirconio medianamente compacto y zirconio translúcido) que son procesadas en sistemas CAD-CAM (4).

Las compañías fabricantes o casas comerciales ofrecen éstos productos al mercado mostrando valores de resistencia que son atractivos para el entorno odontológico, pues permite inferir en que el material tiene una resistencia significativa y aplicabilidad clínica variada, en éste caso el disilicato de litio e.max® de la compañía Ivoclar-Vivadent y el caso de la compañía VITA Zanhfabrik con el producto VITA Suprinity® PC el cual para el año 2016 lanzó al mercado un nuevo producto como nueva generación de cerámicas vítreas, agregando al disilicato de litio en su composición 15-21% de óxido de litio 56-64% de óxido

de Silicio y un refuerzo 8-12% de óxido de zirconio al disilicato de litio, teniendo así un material altamente estético y altamente resistente con una resistencia significativa; resistencia media superior a la de una cerámica de disilicato de litio, con indicaciones por parte del fabricante para realización de carillas, incrustaciones, coronas en todo tipo de diente, coronas sobre implantes dentales y en pacientes con hábitos parafuncionales (6). Ante estas características e indicaciones surge la necesidad de confirmar si realmente los materiales cumplen con todas estas ventajas y si pueden ser utilizados como sugiere el fabricante, por tal motivo se realizan estudios donde se pone a prueba el material obteniendo valores que pueden ser comparados con los ofrecidos por el fabricante (6).

Un estudio para el disilicato de litio (e-max® Ivoclar-Vivadent) muestra cierta resistencia a la fractura el cual cumple con exigencias de alta estética, pero por su poca resistencia a la fractura no está indicado su uso en casos de alta resistencia a la fractura, lo cual muestra un valor menor al sugerido por el fabricante (8). Con base en esta situación se busca comparar si realmente se mejoran las propiedades mecánicas, con el disilicato de litio reforzado con 8-12% de óxido de zirconio zirconio (VITA Suprinity® VITA Zahnfabrik) (8).

Con los datos e información reunidos se establece que no hay un panorama claro de los valores reales de resistencia a la fractura (fuerzas axiales) del disilicato de litio e.max® y el silicato de litio reforzado con zirconio, lo cual genera dudas al clínico para el uso, aplicabilidad, y predictibilidad de las restauraciones que se colocarían posteriormente en un paciente, si efectivamente el valor de resistencia puede representar longevidad de las restauraciones y si puede abarcar dientes posteriores en casos como la parafunción donde la fuerza masticatoria está aumentada y es necesario pensar en materiales más resistentes que estéticos (9).

Este artículo tendrá como objetivo comparar por medio de una revisión de literatura la resistencia ante fuerzas axiales de coronas monolíticas en silicato de litio reforzado con zirconio y disilicato de litio reportado en la evidencia científica.

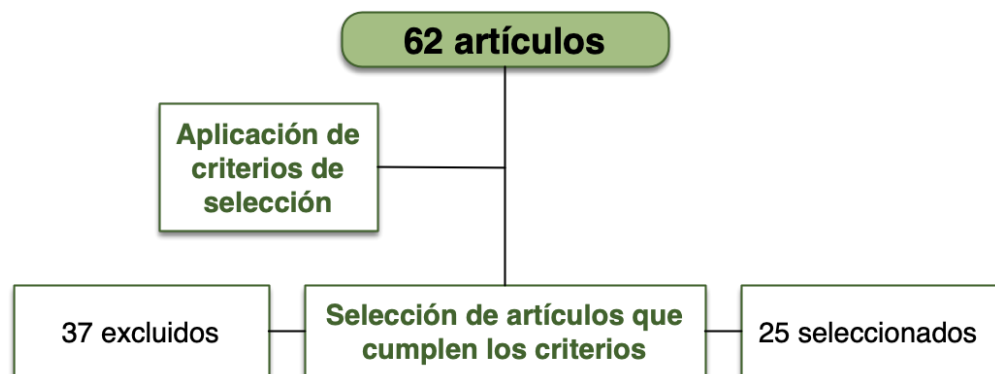
## Materiales y métodos.

### Selección de artículos:

Se realizó una revisión bibliográfica de búsqueda electrónica de artículos en las bases de datos EBSCO, PubMed, Cochrane, Dynamed, los términos DeCS buscados fueron: cargas, resistencia, comportamiento, cerámicas, coronas, fuerza compresiva, Disilicato de litio, silicato de litio; posterior a esto se realizó búsqueda de descriptores MeSH Terms con los siguientes descriptores: Compressive Forces “MeSH Term”, CAD-CAM “MeSH Term”, Glass Ceramic “MeSH Term”, Monolithic Crowns “MeSH Term”, Dental Crowns “MeSH Term”, Lithium Disilicate “MeSH Term”, Lithium Silicate “MeSH Term”, Review “MeSH Term”.

La Fórmula de búsqueda fue: (#Monolithic Crowns or # CAD-CAM or # Review) and #Lithium Disilicate and (#Lithium Silicate or #crowns).

Los criterios de inclusión utilizados para la selección de los artículos fueron: artículos de meta-análisis, revisiones sistemáticas, revisión de literatura, ensayos clínicos controlados aleatorizados. Artículos relacionados con el comportamiento mecánico de coronas monolíticas en materiales como: silicato de litio reforzado con zirconio y disilicato de litio con proceso de cementación adhesiva; comparación de resistencia entre materiales de cerámica vítrea, supervivencia de restauraciones a base de disilicato de litio y silicato de litio, sistema de procesado CAD-CAM. Los criterios de exclusión fueron: artículos relacionados con restauraciones tipo: inlay, onlay, overlay, veneers, coronas en otro tipo de material como zirconio, metal cerámica, total metálica, artículos de opinión de expertos y reporte de casos. La búsqueda limitó 62 artículos, de los cuales 37 se excluyeron por no cumplir con los criterios de selección acordados en la búsqueda, 25 artículos fueron seleccionados por cumplir los criterios de inclusión.



Cuadro 1. Diagrama de flujo de selección de los artículos

### Unidades de análisis

En la actualidad se busca que las restauraciones odontológicas tengan un material que sea estable, funcional, estético y biocompatible (17). Ya que existe interés en sustituir la prótesis dental fija con estructura metálica por otros biomateriales que logren mayor satisfacción estética para el paciente. Las coronas de metal-cerámica son consideradas en la actualidad el «Gold Standard» por sus excelentes propiedades funcionales a largo plazo y adecuada estética (19). Sin embargo, la exposición de metal a nivel marginal hace que sea difícil de imitar la apariencia de los dientes naturales, especialmente, en los biotipos periodontales delgados generando un aspecto gris-azulado en los tejidos blandos circundales (11).

La reducción insuficiente de la estructura dental puede causar sobrecontorno, compromiso la estética, alteración del color (opacidad) e inflamación gingival (18). Si ocurre un desgaste excesivo del diente puede originar daños pulpares, debilitamiento de la estructura dental, disminución de la retención y resistencia. En el caso de una preparación con

terminación cervical profunda que invada el espacio biológico periodontal puede ocurrir una de las cuatro alteraciones patológicas siguientes, como son: formación de bolsa periodontal, recesión gingival, pérdida ósea localizada e hiperplasia gingival localizada o combinación de las alteraciones antes descritas (19). Recientemente se han reformado diferentes materiales de gran importancia para las restauraciones que cumplan tanto estética como resistencia; como es el caso de disilicato de litio (21).

## Propiedades - Microestructura

**Tabla 1. Composición de las coronas monolíticas de silicato de litio reforzado con zirconio**

Composición estándar	(in wt%)
SiO <sub>2</sub>	57,0-80,0
LiO <sub>2</sub>	11,0-19,0
K <sub>2</sub> O	0,0-13,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0-11,0
ZrO <sub>2</sub>	0,0-8,0
ZnO	0,0-8,0
Other and colouring oxides	0,0-12,0

### IPS parcialmente cristalizado e.max® CAD

La microestructura tiene una conformación molecular y química en 40% de cristales de metasilicato de litio (Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), que están incrustados en una fase vítrea. El tamaño de grano de los cristales en forma de plaquetas se encuentran en el rango de 0,2 a 1,0mm (24).

La microestructura consiste en aproximadamente un 70% de cristales de disilicato de litio grano fino (Li<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), que están incrustados en una matriz vítrea. Por acción química con vapor de ácido fluorhídrico, la fase vítrea se disuelve y los cristales de disilicato de litio se hacen visibles (14).

Empress® 2 fue clasificado como una cerámica de vidrio, que contiene aproximadamente un 70% de disilicato de litio cristalino. El uso de un procedimiento de prensado dio lugar a un material que poseía menos defectos y una distribución más uniforme de los cristales de silicato; motivo por el cual mejora propiedades mecánicas del material (13).

### Procesamiento

- Cristales en forma piramidal
- Compresión de la matriz circundante
- Compresión durante el enfriamiento
- Reducción de tensiones para evitar grietas
- Resistencia flexural 360MPa (maquinado) – 400MPa (inyectado) .

**Tabla 2. Propiedades de las coronas monolíticas**

Propiedades físicas	Valor
Flexural strength (biaxial)	360±60 Mpa
Chemical solubility	40±10µg/cm <sup>2</sup>
Coefficient of thermal expansion (100-400°C)	10,15±0,4 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Coefficient of thermal expansion (100-500°C)	10,45±0,25 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>

Los resultados de microscopía electrónica de barrido sugieren que la pre-cristalización mantiene una mayor integridad de los cristales de silicato en el momento de realizar el maquinado y el tratamiento de superficie (10). El estudio anterior mostró que a bajas temperaturas (por debajo de 590°C) sin precipitación de disilicato de litio mientras que a temperaturas entre 590°C y 780°C se formaron precipitaciones esféricas de ortofosfato de litio y disilicato de litio; otro estudio determinó que mediante el aumento de la presión fue posible para lograr la transformación de cristal sin meta silicato de litio residual en 800°C cuando se utiliza sinterización (9).

Se introdujo el método para superar las deficiencias percibidas en la evolución de cristal y el intento de mejorar las propiedades de la fase cristalina. Los estudios iniciales han demostrado el impacto de tiempo de cristalización y la metodología pueden tener en ambas implicaciones en las propiedades del material tanto microestructurales como macroestructurales (25).

Una vez que la restauración ha sido tratado con calor es objeto de transformación de fase cristalina y ahora es un disilicato de litio predominantemente. IPS e.max® CAD produce una microestructura de 70% de cristales de disilicato de litio, incorporado en una matriz vítrea similar (15).

De la revisión de claramente se ha identificado además que la comparación IPS e.max® CAD a otras cerámicas CAD-CAM disponibles que las propiedades mecánicas dependen de la composición estructural de material y no su formulación química; además de eso los estudios a seis años muestran una tasa de supervivencia del 97,8% de coronas monolíticas individuales (11). Los estudios iniciales sugieren buena capacidad de supervivencia a corto y mediano plazo para coronas individuales fabricadas en IPS e.max® CAD (23).

La revisión de literatura mantiene ciertamente los parámetros de evolución, características y procesamiento de los materiales cerámicos a base de disilicato de litio y silicato de litio reforzado con zirconio, no obstante, se mantiene la duda para el clínico en cuanto a los valores reales de la resistencia de dichos materiales puesto que las casas comerciales que son los principales evaluadores de sus productos entregan una serie de valores relacionados a las propiedades mecánicas, ópticas, químicas y reológicas (16). El uso clínico de los materiales cerámicos requiere de soporte científico que entregue información confiable y real

de las propiedades, indicaciones, contraindicaciones, tratamientos de superficie, cementación y de la supervivencia de éstos sistemas de cerámicas, la revisión que se realizó entrega una gran variedad de valores de resistencia mecánica que permitirán comparar entre los mismos los resultados y mostrar un panorama de incertidumbre entre seleccionar o no el material para ser utilizado en un paciente de forma predecible en función, estética y tiempo (22).

A continuación se relacionan los valores de resistencia axial de los materiales respectivamente:

**Tabla 3. Valores de resistencia Axial según autores**

Autor	Material	Desgaste	Valores (MPa)
Monteiro JB et al. (1)	Vita Suprinity®	1,0mm	673,59
	Celtra® Duo	1,0mm	677,97
	Vita Suprinity®	1,5mm	593,86
	Celtra® Duo	1,5mm	602,05
	Vita Suprinity®	2,0mm	477,63
	Celtra® Duo	2,0mm	482,99
	Vita Suprinity®	2,5mm	392,25
	Celtra® Duo	2,5mm	400,1
Romanyk DL et al. (2)	IPS e.max® CAD		643±86
	Vita Suprinity®		405±121
	Celtra® Duo		409±81
Furtado de Mendonca et al. (3)	IPS e.max® CAD		410MPa
	Vita Suprinity®		365,9MPa
Hallmann et al. (9)	IPS e.max® CAD		360±450
	Vita Suprinity®		650±800
	Celtra® Duo		500±750
Nishioka G. et al. (10)	IPS e.max® CAD		295.2*
	Vita Suprinity®		240.0 *
Zen N. & Olcer Y (13)	IPS e.max®		415±26
	Vita Suprinity®		510±43
Choi et al. (7)	IPS e.max®		2250**
	Vita Suprinity®		2200**
	Celtra® Duo		1800**

\* Valores (MPa) 100.000 ciclos

\*\* Valores (N)

## Conclusiones

1. El conocimiento biológico y mecánico de los materiales a base de Silicato de Litio con (ZrO<sub>2</sub>) (VITA Suprinity®- Celtra DUO) permite iniciar estudios para conocer su resistencia real comparada al disilicato de litio convencional (e.max®) y establecer si el refuerzo de (ZrO<sub>2</sub>) mejora las propiedades mecánicas del silicato de litio.
2. La evidencia científica muestra las propiedades de las vitrocerámicas, con una orientación hacia obtener restauraciones de alta estética, pero con limitada resistencia

3. Los materiales a base de disilicato de litio / silicato de litio con ( $ZrO_2$ ) requieren de una técnica de cementación adhesiva que está estandarizada y altamente sensible, lo cual afecta de forma directa el comportamiento de los materiales mencionados.

## Referencias

1. Monteiro JB, Riquieri H, Prochnow C, Guilardi LF, Pereira GKR, Borges ALS, et al. Fatigue failure load of two resin-bonded zirconia-reinforced lithium silicate glass-ceramics: Effect of ceramic thickness. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials*. 2018;34(6):891–900.
2. Dan L, Romanyk A, Ysidora Torrealba Martinez a,1, Sydney Veldhuis a, Nyssa Rae a, Yilan Guo, Slobodan Sirovicaa, Garry J.P. Flemingb, Owen Addisona. Strength-limiting damage in lithium silicate glass-ceramics associated with CAD–CAM. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials* 2018.
3. Furtado de Mendonca A, Shahmoradi M, Gouvêa CVD, De Souza GM, Ellakwa A. Microstructural and Mechanical Characterization of CAD/CAM Materials for Monolithic Dental Restorations. *Journal Of Prosthodontics: Official Journal Of The American College Of Prosthodontists*. 2018.
4. Nawafleh NA, Hatamleh MM, Öchsner A, Mack F. Fracture load and survival of anatomically representative monolithic lithium disilicate crowns with reduced tooth preparation and ceramic thickness. *The Journal Of Advanced Prosthodontics*. 2017
5. Badawy R, El-Mowafy O, Tam LE. Fracture toughness of chairside CAD/CAM materials - Alternative loading approach for compact tension test. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials*. 2016.
6. McLaren EA, Figueira J. Updating Classifications of Ceramic Dental Materials: A Guide to Material Selection. *Compendium Of Continuing Education In Dentistry* 2015.
7. Choi S, Yoon H-I, Park E-J. Load-bearing capacity of various CAD/CAM monolithic molar crowns under recommended occlusal thickness and reduced occlusal thickness conditions. *The Journal Of Advanced Prosthodontics* 2017.
8. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials*. 2016.
9. Hallmann L, Ulmer P, Wille S, Kern M. Effect of differences in coefficient of thermal expansion of veneer and Y-TZP ceramics on interface phase transformation. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014.
10. Nishioka G, Prochnow C, Firmino A, Amaral M, Bottino MA, Valandro LF, et al. Fatigue strength of several dental ceramics indicated for CAD-CAM monolithic restorations. *Brazilian Oral Research*. 2018.
11. Preis V, Behr M, Hahnel S, Rosentritt M. Influence of cementation on in vitro performance, marginal adaptation and fracture resistance of CAD/CAM-fabricated ZLS molar crowns. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials* 2015.
12. Riquieri H, Monteiro JB, Viegas DC, Campos TMB, De Melo RM, de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra G. Impact of crystallization firing process on the microstructure and flexural strength of zirconia-reinforced lithium silicate glass-ceramics. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials*
13. Sen N, Us YO. Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *The Journal Of Prosthetic Dentistry* 2018.
14. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International Journal Of Prosthodontics*. 2015.
15. Vichi A, Fonzar RF, Goracci C, Carrabba M, Ferrari M. Effect of Finishing and Polishing on Roughness and Gloss of Lithium Disilicate and Lithium Silicate Zirconia Reinforced Glass Ceramic for CAD/CAM Systems. *Operative Dentistry*. 2018.
16. Willard A, Gabriel Chu T-M. The science and application of IPS e.Max dental ceramic. *The Kaohsiung Journal Of Medical Sciences*. 2018.
17. Jagger DC, Harrison A. An in vitro investigation into the wear effects of selected restorative materials on dentine. *J Oral Rehabil* 1995;22:349–54.
18. Scherrer SS, Denry IL, Wiskott HW. Comparison of three fracture toughness testing techniques using a dental glass and a dental ceramic. *Dent Mater* 1998;14:246–55.
19. Boccaccini AR. Machinability and brittleness of glass-ceramics. *J Mater Process Technol* 1997;65:302–4.
20. Heydecke G, Butz F, Binder JR, Strub JR. Material characteristics of a novel shrinkage-free  $ZrSiO(4)$  ceramic for the fabrication of posterior crowns. *Dent Mater* 2007;23:785–91.
21. Brunot C, Duval JL, Azogui EE, Jannetta R, Pezron I, Laurent-Maquin D, Gangloff SC, Egles C. Soft tissue adhe-



- sion of polished versus glazed lithium disilicate ceramic for dental applications. *Dent Mater* 2013;29:e205-e212.
22. Meliegy EE, Noort R. *Glasses and Glass Ceramics for Medical Applications*. Springer-Verlag.2012:209-218
  23. Lohbauer U, Krämer N, Petschelt A, Frankenberger R. Correlation of in vitro fatigue data and in vivo clinical performance of a glassceramic material. *Dent Mater*. 2008 Jan;24(1):39-44.
  24. Zhao K, Wei YR, Pan Y, Zhang XP, Swain MV, Guess PC. Influence of veneer and cyclic loading on failure behavior of lithium disilicate glass-ceramic molar crowns. *Dent Mater*. 2014.
  25. Pieger S, Salman A, Bidra AS. Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses:a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2014 Jul;112(1):22-30.