

Resistencia a la fractura de coronas dentales fabricadas análogamente vs tecnología cad-cam. Estudio *In vitro*

Fracture resistance of analogally made dental crowns vs cad-cam technology. *In vitro* study

Salvador Insignares Ordoñez¹, Antonio Díaz Caballero², Yureinys Beleño Quintero³, Salin Insignares Buelvas⁴

Resumen

Antecedentes. La resistencia a la fractura de las coronas puede tener influencia en su ocurrencia, de acuerdo con el método de fabricación usado, ya sea análogamente o por medio de tecnología Cad-Cam. **Objetivo.** Comparar la resistencia a la fractura de las coronas individuales realizadas por dos métodos de fabricación, bajo diseño asistido por ordenador y fabricación computarizada (CAD-CAM) e inyectadas. **Método.** Estudio *in vitro*. Tamaño de la muestra 20 coronas en dos grupos: 10 coronas bajo tecnología CAD-CAM y 10 coronas inyectadas. Fueron sometidas a cargas compresivas en una máquina de ensayos universal, con una velocidad de 1mm/min y una carga de celda de 5kN hasta obtener la fractura máxima de estas. Los datos se analizaron estadísticamente utilizando las pruebas Shapiro Wilk, Mann Whitney $p=0,05$. **Resultados.** Las coronas fabricadas por Cad-Cam obtuvieron un mínimo de 602,5 Newton y un máximo de 1093 Newton, mientras que las coronas fabricadas análogamente obtuvieron un mínimo de 525,2 Newton y un máximo de 1773 Newton en el experimento con la máquina de ensayo universal para lograr su fractura. Se obtuvo una diferencia significativa en la prueba de resistencia a la fractura entre ambos métodos de fabricación ($p < 0,001$). **Conclusión.** Las coronas de Disilicato de litio Prensadas obtuvieron una mayor resistencia a la fractura que las coronas fabricadas via CAD-CAM.

1. Odontólogo Universidad de Cartagena. Especialista en Rehabilitación oral Universidad CIEO. Docente Universidad de Cartagena.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6567-3511>
Google académico: https://scholar.google.es/citations?view_op=list_works&hl=es&user=dCM90ooAAAAJ

2. Odontólogo Universidad de Cartagena. Doctor en Ciencias Biomédicas Universidad de Cartagena. Especialista en Periodoncia Universidad Javeriana. Magister en Educación Universidad del Norte. Docente Universidad de Cartagena. Director Grupo GITOUIC.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9693-2969>
Google académico: <https://scholar.google.com/citations?user=TfBMjpEAAAAJ&hl=es>

3. Odontóloga Universidad de Cartagena.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2862-4793>
Google académico: <https://scholar.google.es/citations?user=rkvogGsAAAAJ&hl=es>

4. Odontólogo Universidad de Cartagena. Especialista en Rehabilitación sobre Implantes Universidad CIEO.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8957-7831>
Google académico: <https://scholar.google.es/citations?user=udxHSFEAAAAJ&hl=es>

Correo electrónico de correspondencia: adiacz1@unicartagena.edu.co
Sitio de realización del trabajo: Universidad de Cartagena.
Declaración de conflictos de interés: ningún conflicto declarado.

Palabras claves: (decs bireme): coronas; resistencia flexional; odontología; prostodoncia; laboratorio.

Abstract

Background. The fracture resistance of the crowns may have an influence on their appearance, according to the method of making them, either analogously or by means of Cad-Cam technology. **Objective.** To compare the resistance to the fracture of the individual crowns made by two manufacturing methods, under computer-aided design and computerized manufacturing (CAD-CAM) and injected. **Methods.** In vitro study. Sample size 20 crowns in two groups: 10 crowns using CAD-CAM technology and 10 crowns injected. Crowns were subjected to compressive loads in a universal testing machine, with a speed of 1mm / min and a cell load of 5kN until obtaining the maximum bill for these. Data were statistically analyzed using the Shapiro Wilk tests, Mann Whitney $p = 0.05$. **Results.** Crowns manufactured by Cad-Cam obtained a minimum of 602.5 Newton and a maximum of 1093 Newton, while the crowns manufactured analogously obtained a minimum of 525.2 Newton and a maximum of 1773 Newton in the experiment with the machine Universal test to achieve their fracture. A significant difference was obtained in the invoice resistance test between both manufacturing methods ($p < 0.001$). **Conclusion.** Pressed Lithium Disilicate crowns obtained higher fracture resistance than crowns under design and manufacturing by computer (CAD-CAM).

Keywords: (mesh database): dental crown; flexural strength; dentistry; tooth preparation, prosthodontic; laboratories, dental.

Introducción

Las coronas dentales se vienen utilizando desde mucho tiempo atrás en la historia de la odontología (1), para la confección de estas se utilizan diversos materiales incluyendo los cerámicos, los cuales pueden presentar diversos patrones de comportamiento a las fuerzas de masticación o incluso se puede observar diferentes rangos de resistencia a la fractura de esas coronas. De ahí la importancia de considerar la resistencia

de los materiales utilizados en la confección de una restauración (2). La resistencia es definida como la máxima tensión requerida para fracturar una estructura según la fuerza aplicada (3).

Las cerámicas de uso odontológico se clasifican en: feldespáticas, disilicato de litio, alúmina y zirconia, dependiendo de su composición química y dureza (4). El disilicato de litio posee diversos componentes que potencializan su resistencia, entre

estos resaltan; el feldespató, responsable de la translucidez, cuarzo que compone la fase cristalina, caolín que proporciona plasticidad (5). Dicha resistencia supera el valor límite de 100 MPa, establecido por Goujat *et al* (6), registrado entre 100-300 MPa y una resistencia a la flexión de 350 MPa, estos están considerados dentro de los niveles bajos, por ello su uso está indicado en coronas individuales (7).

Con respecto al diseño y fabricación de las coronas individuales se han venido desarrollando de manera análoga a lo largo de la historia; en la actualidad, con el advenimiento de los avances tecnológicos se han implementado equipos computarizados, estos prometen mayor confiabilidad y exactitud de las coronas, entre estos se tiene CAD-CAM definido como sistema tecnológico para el diseño y elaboración de restauraciones dentales por ordenador (8).

El sistema maquinado el IPS E.max CAD, utiliza Metasilicato de Litio fresado, el cual, ha registrado que mantiene una resistencia flexural de 234N (6), este se somete a tratamiento térmico llamado cristalización, generando la transformación de la microestructura para convertirse así en disilicato de Litio, material a utilizar en la presente investigación (9).

El objetivo de esta investigación fue establecer la resistencia a la fractura de las coronas de disilicato de Litio fabricadas por dos técnicas diferentes.

Metodología

Estudio *In vitro* de tipo experimental.

Selección de muestra: se fabricaron un total de 20 coronas dentales, las cuales se dividieron en dos grupos según el método de fabricación implementado. Grupo A de 10 coronas inyectadas. Grupo B de 10 coronas bajo tecnología CAD-CAM.

Preparación del muñón: se implementó el uso de un primer molar permanente inferior previamente extraído, el cual fue tallado con las medidas establecidas para la adaptación de una corona totalmente cerámica: cara oclusal 2mm, caras libres y proximales de 1.5mm y zona cervical de 0.8mm, con una terminación en chaflán. Con esto se evita que el resultado final se viera afectado por algún punto de la metodología aplicada. con base a la información existente en varios estudios relacionados.

Se procedió a empotrar el molar tallado en un bloque de acrílico de 3cm x 3cm como base.

Diseño y elaboración de las coronas: se dividió en etapas.

Primera etapa: impresión digital del primer molar inferior previo al tallado, con un escáner óptico (Omnicam- Sirona-Besheim-Alemania) para obtener la anatomía ideal de las coronas individuales.

Segunda etapa: escaneo del muñón del primer molar inferior para el diseño de las coronas individuales.

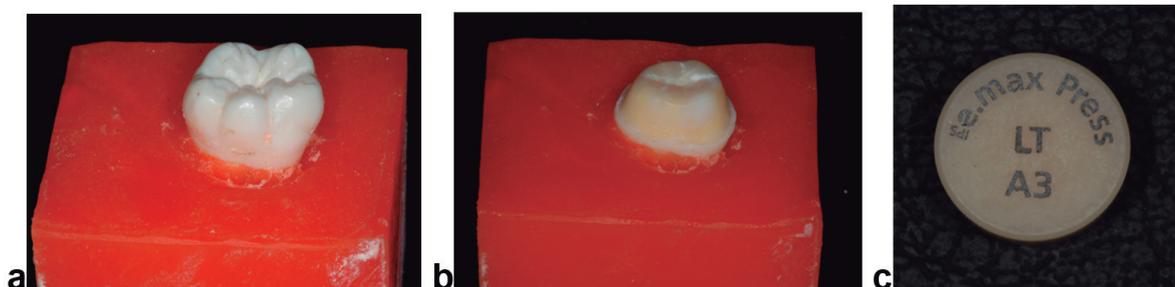
Tercera etapa: diseño de las 20 coronas estandarizadas con el software InLab (Sirona, Besheim, Alemania); una vez que el software superpuso la corona sobre el muñón, se verificó que toda la superficie de esta tuviera el grosor mínimo de 2mm, posterior a esto se ordenó el fresado de 20 coronas. El grupo A de 10 coronas E-max CAD LT (Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein), las cuales posteriormente pasaron a un proceso de cocción de cristalización junto al glaseado, este fue hecho con pasta IPS E-max CAD Crystall/Glaze (Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein) en el horno de inyección y cristalización EP 5000 (Ivoclar vivadent). Las 10 coronas del grupo B fueron fresadas en Telio CAD PMMA (Sirona).

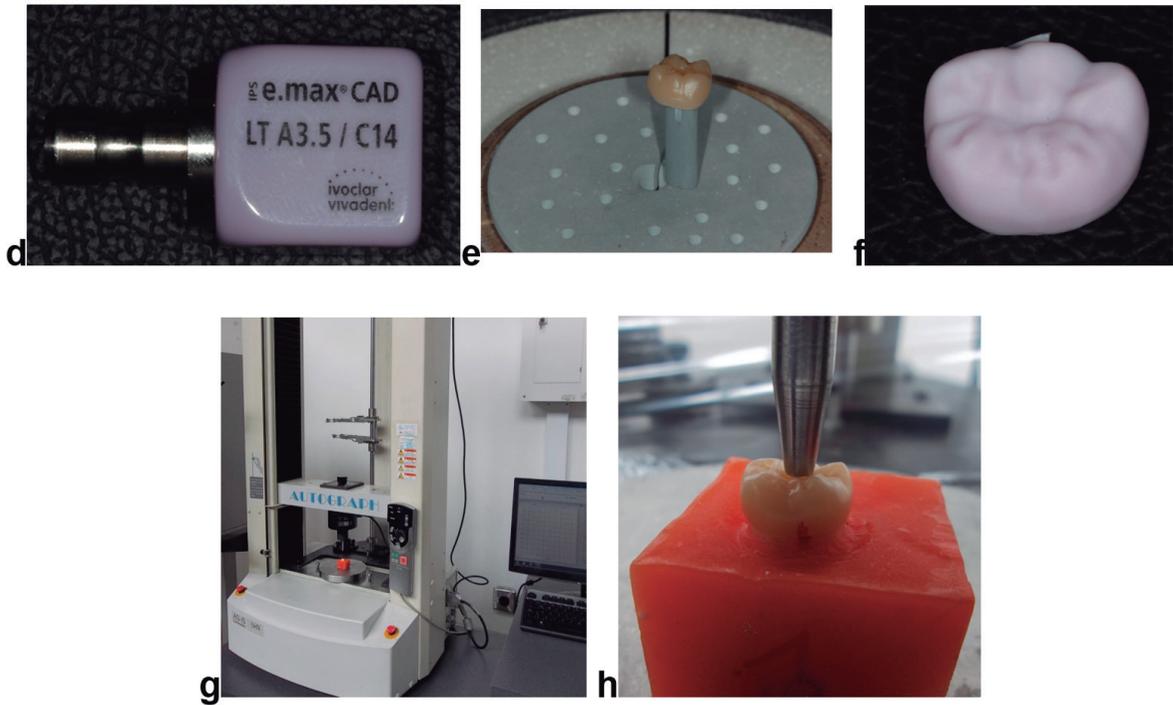
Test de compresión: las coronas y el análogo de pilar son llevadas al laboratorio de ensayos mecánicos de la Universidad Nacional

de Colombia. Las muestras se sometieron a una fuerza compresiva y progresiva para analizar el límite de fractura de estos elementos. Para la aplicación de esta fuerza se realizó en la máquina universal de ensayo marca Shimadzu®; utilizando una punta cilíndrica de extremo redondeado con un diámetro de 3mm, colocado en la fosa funcional a manera de trípode; con una velocidad de 1mm/min hasta conseguir la fractura completa de las coronas, colocando como límite de fuerza 5 KN, equivalente a 509 Kilogramos-fuerza o 0.005 megapascuales.

Análisis y recolección de datos: la recolección de datos se realizó mediante el software TRAPEZIUM X (Shimadzu), estos datos fueron organizados en dos tablas correspondientes a cada subgrupo en el programa Excel. Como pruebas estadísticas se aplicó Shapiro Wilk, para observar la característica de distribución de los datos, prueba no paramétrica Mann Whitney correspondiente a muestras independientes para comparar la resistencia compresiva entre ambos grupos.

Figura 1. Protocolo de preparación del muñón y coronas de disilicato de litio tanto Inyectadas y fresada. (a) Primer molar inferior para diseño de muñón. (b) Molar tallado, siguiendo todos los parámetros señalados en la metodología. (c) Pastilla de Emax Press LT A3. (d) bloque para fresado de Emax CAD LT A3.5. (e) Corona de Emax Press saliendo del horno EP5000 del proceso de Inyectado. (f) Corona de Metasilicato de litio saliendo de el proceso de fresado antes de pasar por el proceso de cristalización. (g-h) Muestra sometida a cargas compresivas en máquina de ensayos universal.





Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Se evaluó la resistencia a la fractura de 20 coronas dentales, utilizando disilicato de litio bajo dos métodos de fabricación; las muestras se dividieron en dos grupos de 10 coronas denominados con el nombre de: coronas CAD-CAM (grupo A) y coronas inyectadas (grupo B).

Posteriormente, se procedió a la carga de todas las muestras en la máquina de ensayo universal hasta lograr la fractura máxima para la evaluación de la resistencia de ambos grupos, la cual se midió en megapascals (MPa). Para la aplicación de la carga

compresiva se implementó una máquina de ensayos universal marca Shimadzu, con carga de celda de 5kN a una velocidad de 1mm/min hasta obtener la fractura de las coronas de la muestra; como resultado, el grupo de coronas diseñadas bajo el método análogo obtuvo una media de 1182 newton y en las coronas manejadas con tecnología CAD-CAM una media de 854.6 newton, determinando así, una diferencia significativa ($P= 0,01$) entre ambos métodos; ambos grupos estuvieron por encima de los valores mínimos requeridos para un material restaurador en el sector posterior.

Se obtuvo que los valores de cada grupo seguían una distribución normal mediante el

test de Shapiro Wilk. El grupo de coronas fresadas arroja unos valores de comportamiento homogéneo y el grupo de coronas inyectadas arroja unos valores heterogéneos, lo que indica que el límite a fractura es mayor en el grupo de inyectadas, como se observa en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Resultados de análisis descriptivo de coronas fresadas.

CORONAS CAD-CAM	
Media (x)	854,6
Mediana	854,8
Desviación estándar	141,1
Mínimo	602,5
Máximo	1093
percentil 25%	761,7
Percentil 75%	956,6
Std. error	44,63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Resultados de análisis descriptivo de coronas inyectadas.

CORONAS INYECTADAS	
Media (x)	1182
Mediana	1200
Desviación estándar	358,9
Mínimo	525,2
Máximo	1773
percentil 25%	898
Percentil 75%	1408
Std. error	113,5

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un análisis de datos de manera comparativa con la prueba no paramétrica de Mann Whitney; los valores obtenidos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de comparación de ambos grupos de coronas individuales.

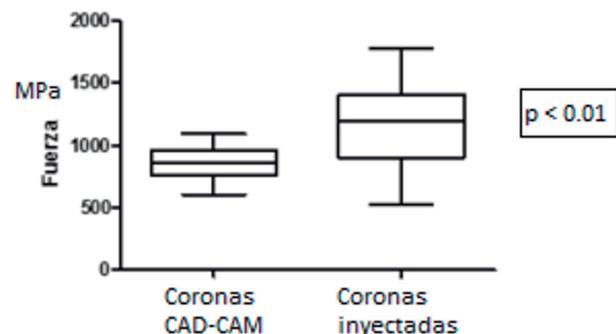
TABLA COMPARATIVA	CORONAS CAD-CAM	CORONAS INYECTADAS
MEDIA (X)	854,6	1182
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	141,1	358,9
VALOR DE P	0,01	

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la resistencia a la fractura entre los dos materiales sometidos a la prueba se encontró diferencias estadísticamente significativas en las medianas entre los dos grupos; el grupo A correspondiente a coronas CAD-CAM y grupo B a coronas inyectadas con un valor de $p < 0.01$.

Las coronas que mostraron mayor resistencia a la fractura fueron las del grupo B (inyectadas) como muestra la figura 2.

Figura 2. Gráfico de cajas y bigotes con la comparación entre las fuerzas de resistencia a la fractura soportadas por los dos tipos de coronas.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El presente estudio comparó la resistencia a la fractura de coronas de disilicato de litio elaboradas bajo dos métodos de fabricación; el primer grupo de coronas se manejó de manera análoga, el segundo con diseño y fabricación por ordenador (CAD-CAM).

Martínez y cols (10), compararon la resistencia a la fractura de coronas de disilicato de litio fabricadas bajo tecnología CAD-CAM y de manera análoga, usó pilares personalizados para el sector anterior y coronas para un central superior, la resistencia del disilicato de Litio fue de 558.5 ± 35 kg, la cual es superior a las fuerzas ejercidas en el sector anterior. Se tomó un primer molar inferior para ser utilizado como pilar para adaptar las coronas dispuestas como muestras, debido a que en la zona de primeros molares se registra la mayor carga a las fuerzas masticatorias.

Magne y Cheung en 2017 (11) mencionan que la fuerza máxima promedio de mordida voluntaria en la región de molares con coronas cerámicas es de 866 Kg, fuerza que equivale a 85N fuerza. Lo que muestra una semejanza con los resultados obtenidos en la presente investigación con las coronas fresadas, existe una comparación en los rangos de las fuerzas obtenidas.

Nishigawa y cols en el 2001 (12) determinaron que en procesos de bruxismo la fuerza máxima promedio nocturna es de 42,3N

equivalente a 438 kg fuerza y la fuerza máxima registrada fue de 81N equivalente a 794.34 kg, con una duración de 7 segundos. Esos datos muestran comparativamente que las coronas fabricadas en el presente estudio para testear la fuerza de resistencia a la fractura, en ambos estilos de confección, superan ampliamente las fuerzas que pueden detectarse durante el bruxismo. Eso tiene la implicación que pueden resistir más, pero a la vez pueden inducir eventualmente a mayores fuerzas de bruxismo. Tanto las inyectadas como las maquinadas superaron ese valor.

El estudio de Zahran, El-Mowafy, Tam, Watson, Finer en el 2008, utilizó un primer molar inferior en ivorina como muestra de preparación del tallado y tomando la impresión de donde se replicaron (13), conservando las dimensiones establecidas para el tallado de un molar. Este estudio a diferencia del actual donde se utilizó un molar natural previamente extraído, en el cual, se tomaron los escaneos que obtuvieron las diferentes coronas evaluadas, permitió la replicación o contrastación del método.

La preparación del molar de donde se obtuvieron las coronas se realizó de acuerdo con lo planteado por Yi-hong Liu et al en el año 2014 (14), donde se tuvo en cuenta la influencia de la altura del muñón y un ángulo de convergencia total de 6 grados, un chaflán profundo de 1,0 mm, altura de preparación de 5mm y reducción oclusal de 1,5-2,0 mm.

Martínez y cols (10) realizaron la comparación de coronas en distintos materiales cerámicos, dentro de este, el disilicato de litio fabricado manualmente y fabricadas con tecnología CAD-CAM; con diferencia significativa ($P=0,05$) frente a la resistencia a la fractura. Lo anterior es similar a lo encontrado en el presente estudio.

Bacigalupe y Villablanca en el 2014 (15), muestran que al aplicar la fuerza compresiva sobre coronas cerámicas con propiedades similares a la implementada en la actual investigación y bajo fabricación con CAD-CAM se obtuvo una media de 1.579 newton, siendo su valor máximo de resistencia a los 1.713,0N y valor mínimo de 1.457,4N, arrojando diferencias con los resultados de esta investigación, en el cual, la media para coronas fresadas fue 854.6 newton, siendo su valor máximo de resistencia a los 1093N y valor mínimo de 602,5N; la no cementación de las coronas en el ensayo generó diferencia significativa con el estudio referenciado; “El uso del sistema Cad-Cam permitió determinar el grosor homogéneo del elemento cementante (40μ) y la línea de cementación (20μ) dimensiones mínimas para este objetivo que al entender actual aporta significativamente a la resistencia de las coronas utilizadas” (15).

Majed Al-Akhalia et al en el 2017 (16) demostraron que las coronas cerámicas monolíticas de Emax CAD superaron fuerzas compresivas mayores de 900 N, y además, refieren que se diferencia a las pruebas realizadas en el material con métodos biaxiales

flexurales en los cuales se dan resistencias mucho menores de 530N. Magne y Cheung (11) realizaron pruebas comprensivas similares; probaron 10 coronas de Emax CAD, mostrando que el 100% de las coronas resisten a fuerzas menores a 800N, el 80% resistió a fuerzas de 1000N, el 50% a fuerzas de 1200N y el 30% a fuerzas de 1400N.

Los resultados del presente estudio muestran que la media en Newton en la resistencia compresiva de ambos tipos de coronas monolíticas de disilicato de Litio se encuentra por encima de 800 N, siendo el de las coronas inyectadas 1182 N y el de las coronas fresadas de 854.8 N. Varga et al en 2011 (17), registraron la media de fuerza oclusal ejercida de manera voluntaria en personas con oclusión normal es de 777.7 ± 78 N. Teniendo en cuenta esto una persona con una oclusión sana o patológica y completa no es capaz de fracturar una corona de Emax Press de forma voluntaria.

La aplicabilidad clínica de este estudio radica en conocer la resistencia de la fractura de las coronas totalmente cerámicas, que son confiables en relación con el manejo del material generando con una resistencia a fuerzas masticatorias superiores a las registradas. El uso de la tecnología CAD-CAM brinda un tiempo menor de diseño y fabricación de coronas y reduce también el margen de error que pueda presentarse durante el diseño. Sailer y cols en el 2017 (18), hacen referencia al tiempo de trabajo del laboratorio utilizando el sistema CAD-CAM.

Indican que es significativamente más corto que el convencional, también, exponen que la calidad de las coronas no difiere después de la fabricación bajo CAD-CAM y análogamente. Aunque no se evaluó el tiempo de fabricación en la presente investigación, si se obtienen unas coronas de alta calidad tanto de laboratorio como clínicas.

Conclusiones

La resistencia compresiva de ambos métodos de fabricación superó los estándares establecidos en las fuerzas masticatorias, haciéndose aceptables para su uso. Las coronas de Disilicato de litio Prensadas obtuvieron una mayor resistencia a la fractura que las coronas fabricadas vía CAD-CAM.

Aportes de cada uno de los investigadores.

Salvador Insignares: concepción de la idea de investigación. Seguimiento y mejoramiento de las técnicas de laboratorio. Correcciones de borradores. Aprobación de documento final.

Salin Insignares: trabajo de laboratorio. Escaneo de molar. Preparación de inyección y fresados. Preparación y correcciones de borradores. Aprobación de documento final.

Yureinys Beleño: trabajo de laboratorio. Escaneo de molar. Preparación de inyección y

fresados. Preparación y correcciones de borradores. Aprobación de documento final.

Antonio Díaz Caballero: seguimiento del proyecto. Ajustes metodológicos. Preparación y corrección de borradores. Aprobación de documento final.

Referencias

1. Olley RC, Andiappan M, Frost PM. An up to 50-year follow-up of crown and veneer survival in a dental practice. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2018 Jun [cited 2020 Jul 10];119(6):935–41. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391317304328>
2. Rinke S. Clinical Evaluation of Chairside-Fabricated Partial Crowns Made of Zirconia Reinforced Lithium Silicate Ceramic - 2-Year-Results. *Eur J Prosthodont Restor Dent* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2020 Jul 10];28(1):36–42. Available from: http://doi.org/10.1922/EJPRD_2001Rinke07
3. Turon-Vinas M, Anglada M. Strength and fracture toughness of zirconia dental ceramics. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* [Internet]. 2018;34(3):365–75. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Strength+and+fracture+toughness+of+zirconia+dental+ceramics&filter=datesearch.y_1
4. Zhang Y, Kelly JR. Dental Ceramics for Restoration and Metal Veneering. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2017;61(4):797–819. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28886769/>
5. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater Off Publ Acad Dent Mater* [Internet]. 2016;32(7):908–14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27087687/>

6. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2018 Mar;119(3):384–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28552287/>
7. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2015 Oct;114(4):587–93. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27087687/>
8. Furtado de Mendonca A, Shahmoradi M, Gouvêa CVD de, De Souza GM, Ellakwa A. Microstructural and Mechanical Characterization of CAD/CAM Materials for Monolithic Dental Restorations. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont* [Internet]. 2019 Feb;28(2):e587–94. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30121945/>
9. Kang S-H, Chang J, Son H-H. Flexural strength and microstructure of two lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. *Restor Dent Endod* [Internet]. 2013 Aug;38(3):134–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24010079/>
10. Martínez-Rus F, Ferreira A, Özcan M, Bartolomé JF, Pradies G. Fracture resistance of crowns cemented on titanium and zirconia implant abutments: a comparison of monolithic versus manually veneered all-ceramic systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* [Internet]. 2012 Dec;27(6):1448–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23189296/>
11. Magne P, Cheung R. Numeric simulation of occlusal interferences in molars restored with ultrathin occlusal veneers. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2017 Jan [cited 2020 Jul 12];117(1):132–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27511879/>
12. Nishigawa K, Bando E, Nakano M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. *J Oral Rehabil* [Internet]. 2001 May [cited 2020 Jul 12];28(5):485–91. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2842.2001.00692.x>
13. Zahran M, El-Mowafy O, Tam L, Watson PA, Finer Y. Fracture strength and fatigue resistance of all-ceramic molar crowns manufactured with CAD/CAM technology. *J Prosthodont Off J Am Coll Prosthodont* [Internet]. 2008 Jul;17(5):370–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18355164/>
14. Liu Y, Wang Y, Zhang Q, Gao Y, Feng H. [Fracture reliability of zirconia all-ceramic crown according to zirconia coping design]. *Beijing Da Xue Xue Bao* [Internet]. 2014 Feb 18;46(1):71–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24535352/>
15. Daniel Bacigalupe R, Ernesto Villablanca R. Uso de coronas sistema cad-cam en implantes osteointegrados. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. 2014 Jan [cited 2020 Jul 12];25(1):158–65. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0716864014700227>
16. Al-Akhali M, Chaar MS, Elsayed A, Samran A, Kern M. Fracture resistance of ceramic and polymer-based occlusal veneer restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2017;74:245–50. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28633093/>
17. Varga S, Spalj S, Lapter Varga M, Anic Milosevic S, Mestrovic S, Slaj M. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. *Eur J Orthod* [Internet]. 2011 Aug;33(4):427–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21062965/>
18. Sailer I, Benic GI, Fehmer V, Hämmerle CHF, Mühlemann S. Randomized controlled within-subject evaluation of digital and conventional workflows for the fabrication of lithium disilicate single crowns. Part II: CAD-CAM versus conventional laboratory procedures. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2017 Jul;118(1):43–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28024819/>