

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de

Carrera de Odontología

**Resistencia a la flexión de las restauraciones dentales posteriores impresas
en 3D: una revisión narrativa de la literatura**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Odontólogo


Autores:

José Enrique Orellana Vélez

Sebastián Anthony Gavilanes Sarmiento

Director:

Daniela Andrea Astudillo Rubio

ORCID:  0000-0002-8154-0492

Cuenca, Ecuador

2023-10-12

Resumen

El objetivo de esta revisión narrativa fue comparar y analizar artículos publicados sobre las propiedades mecánicas de las restauraciones dentales fijas impresas en 3D en comparación con las restauraciones fabricadas con CAD/CAM y/o resinas compuestas y/o acrílicas fresadas convencionales y responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Las restauraciones posteriores impresas en 3D tienen una mayor resistencia a la flexión en comparación con las restauraciones hechas de resina compuesta y/o resina acrílica? Se buscaron artículos utilizando las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, GOOGLE SCHOLAR. Esta revisión de la literatura se estructuró con base en las pautas dadas por los elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA). La pregunta centrada en PICO/PECO (Participante, Intervención/Exposición, Comparación, Resultado) fue: "¿Las restauraciones impresas en impresoras 3D (I) para el sector posterior (P) tienen mayor resistencia a la flexión (O) en comparación con las restauraciones hechas de resina compuesta? y/o resina acrílica (C)?". De los doscientos treinta y cinco títulos reconocidos después de una búsqueda primaria, se incluyeron en el análisis catorce artículos. La evidencia disponible después de realizar esta revisión narrativa indica que las restauraciones fijas posteriores impresas en 3D tienen un comportamiento mecánico comparable a las restauraciones fijas posteriores diseñadas con CAD/CAM en términos de resistencia a la flexión.

Palabras clave: resinas dentales temporales, Impresión 3D, resistencia a la fractura



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The objective of this narrative review was to compare and analyze published articles on the mechanical properties of 3D printed fixed dental restorations compared to restorations fabricated with CAD/CAM and/or conventional milled composite and/or acrylic resins and to answer the following research question: Do 3D printed posterior restorations have increased flexural strength compared to restorations made of composite resin and/or acrylic resin? Articles were searched using the following electronic databases: PubMed, GOOGLE SCHOLAR. This literature review was structured based on the guidelines given by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). The PICO/PECO (Participant, Intervention/Exposure, Comparison, Outcome) focused question was: "Do restorations printed on 3D printers (I) for the posterior sector (P) have higher flexural strength (O) compared to restorations made of composite resin and/or acrylic resin (C)?". Of the two hundred and thirty-five titles, which were recognized after a primary search, fourteen articles were included in the analysis. The evidence available after performing this narrative review indicates that 3D-printed posterior fixed restorations have comparable mechanical behavior to CAD/CAM- engineered posterior fixed restorations in terms of flexural strength.

Keywords: temporary dental resins, 3D printing, fracture resistance



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1 Introducción: | 7 |
| 2 Materiales y metodos: | 8 |
| 2.1 Estrategia de búsqueda..... | 8 |
| 2.2 Criterios de elegibilidad | 9 |
| 2.3 Cribado y selección | 9 |
| 2.4 Extracción de datos | 9 |
| 3 Resultados: | 9 |
| 4 Discusión | 13 |
| 5 Conclusión | 16 |
| 6 Referencias | 17 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura. 1 The PRISMA flow diagram..... | 10 |
|---|----|

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla. 1 Bases de datos electrónicas y estrategias de búsqueda | 8 |
| Tabla. 2 Los criterios de inclusion y exclusion | 9 |
| Tabla. 3 Características de los articulos incluidos..... | 11 |

1 Introducción:

En el campo de la odontología, son las restauraciones dentales procedimientos que buscan restaurar la función, forma y estética de un diente dañado o perdido, estas pueden ser realizadas con diversos materiales [1]. De este modo, varias resinas diferentes se utilizan en odontología, mismas que van de acuerdo con su composición y método de procesamiento según su objetivo, todos los tipos de resinas dentales tienen un efecto estético y funcional satisfactorio, además de la facilidad y estabilidad funcional en el manejo de su proceso, sin embargo, poseen aspectos negativos esto debido a los cambios volumétricos y ópticos que se originan en la cavidad oral [2].

En la actualidad, el campo de la odontología ha experimentado un cambio significativo en los últimos años, especialmente en la forma en que se fabrican las restauraciones dentales, en comparación con los métodos tradicionales de restauración dental, los nuevos métodos como son la impresión tridimensional [3D] que ofrece la capacidad de crear diseños altamente detallados y una mayor variedad de opciones de materiales, por lo que es considerada como restauración dental del futuro [3]. De esta manera la tecnología de impresión 3D ha abierto recientemente nuevos horizontes en el método de moldeo y materiales compuestos, desde este enfoque, se han generados objetos a partir de un programa digital preestablecido mediante la adición de materiales capa por capa en la tecnología de fabricación aditiva, esto ha beneficiado a un sin número de áreas, especialmente la odontológica, de este modo se han adaptado modelos y restauraciones dentales, lo que ha originado la formación precisa de estructuras complejas y producción personalizada [4]. Acorde a ello, en la actualidad esta tecnología brinda un amplio abanico de tratamientos dentales que van desde una simple ortodoncia, implantes dentales, reconstrucciones mandibulares, rehabilitación protésica, endodoncia quirúrgica y no quirúrgica, todas ellas se han acogido a la tecnología de impresión 3D [5]. Las restauraciones impresas hoy en día están indicadas como restauraciones provisionales, pero poco a poco se están indicando para restauraciones definitivas.

En este sentido, se ha evidenciado que la impresión 3D, es una de las herramientas de mayor apogeo en el campo de la odontología, esto debido a los grandes beneficios que genera para el profesional, ya que admite la elaboración de prótesis dentales precisas, así como coronas, puentes e implantes, favoreciendo conjuntamente, a los pacientes que poseen anatomía bucal complejas o únicas, mismos que necesitan soluciones personalizadas debido a lesiones u otras condiciones [6].

Estimando aquello, se denota que la tecnología de impresión 3D se ha convertido en una herramienta útil y eficiente en la producción de restauraciones dentales personalizadas, permitiendo a los profesionales de la odontología crear piezas precisas y de alta calidad con mayor rapidez y menor costo. En comparación con los métodos tradicionales de restauración dental, la impresión 3D también ofrece la capacidad de crear diseños altamente detallados y una mayor variedad de opciones de materiales. Bajo este enfoque, se considera como objetivo de esta revisión narrativa, comparar y analizar los artículos publicados sobre las propiedades mecánicas de restauraciones dentales fijas impresas en 3D comparadas con restauraciones confeccionadas con resinas compuesta y/o acrílicas fresadas CAD/CAM y/o convencionales y que respondan la siguiente pregunta de investigación: Las restauraciones

impresas en impresoras 3D para el sector posterior ¿Tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con las restauraciones confeccionadas en resina compuesta y/o resina acrílica?.

2 Materiales y metodos:

Esta revisión de la literatura se estructuró en base al formato de pregunta PICO. La pregunta enfocada de PICO/PECO (Participante, Intervención/exposición, Comparación, Resultado) fue: "¿Las restauraciones impresas en impresoras 3D (I) para el sector posterior (P) ¿tienen mayor resistencia a la flexión (O) en comparación con las restauraciones confeccionadas en resina compuesta y/o resina acrílica?

P: Restauraciones dentales para el sector posterior;

I: Técnica impresa en 3D

C: CAD/CAM o técnica convencional (resina compuesta y/o resina acrílica)

O: Resistencia a la Flexión.

2.1 Estrategia de búsqueda

Dos autores independientes (J.O y S.G) buscaron sistemáticamente la literatura inglesa indexada utilizando las siguientes bases de datos electrónicas: MEDLINE-PubMed, Google Scholar. La búsqueda de los artículos se realizó en Diciembre de 2022. Para realizar la búsqueda se utilizaron combinaciones de términos de título de sujeto médico (MeSH) y términos no-MeSH junto con operadores booleanos. Los detalles de las cadenas de búsqueda utilizadas para la búsqueda sistemática se mencionan en la Tabla 2. Las listas de referencia de los artículos relevantes se examinaron manualmente en busca de artículos pertinentes suplementarios que no se detectaron durante la búsqueda electrónica. La estrategia de búsqueda se modificó de acuerdo con los requisitos de la base de datos buscada.

| PUBMED |
|--|
| <p>P #1: Dental Restoration OR Temporary Restoration OR Inlay OR Crown OR Tooth Crown OR Posterior dental Restoration OR Onlay OR Dental Bridge OR Fixed dental Prosthesis</p> <p>I #2: Printing OR Three Dimensional OR 3D Printings OR 3-Dimensional Printing OR additive manufacturing OR printed resin</p> <p>C #3: (computer aided design) OR (Computer Aided Manufacturing) OR (Designs, Computer- Assisted) OR (Composite Resin) OR (-CAD - CAM) OR (composite blocks) OR (Composite CAD- CAM) OR (Compomers) OR (temporary block) OR (PMMA) OR interim blocks</p> <p>O #4: (((((((flexural strength) OR (Rupture Modulus)) OR (Flexural Resistance)) OR (Fracture Strengths)) OR (Strength, Fracture)) OR (Modulus of Rupture)) OR (Bend Strength)) OR (fracture resistance.)) OR (Strength, Flexural)) OR (Bend Strength)) OR (Modulus of Rupture)</p> <p>#1 AND #2 AND #3 AND #4 : ((Dental Restoration OR Temporary Restoration OR Inlay OR Crown OR Tooth Crown OR Posterior dental Restoration OR Onlay OR Dental Bridge OR Fixed dental Prosthesis) AND (Printing OR Three Dimensional OR 3D Printings OR 3-Dimensional Printing OR additive manufacturing OR printed resin)) AND (Printing OR Three Dimensional OR 3D Printings OR 3-Dimensional Printing OR additive manufacturing OR printed resin)) AND (((((((flexural strength) OR (Rupture Modulus)) OR (Flexural Resistance)) OR (Fracture Strengths)) OR (Strength, Fracture)) OR (Modulus of Rupture)) OR (Bend Strength)) OR (fracture resistance.)) OR (Strength, Flexural)) OR (Bend Strength)) OR (Modulus of Rupture))</p> |
| GOOGLE SCHOLAR |
| <p>Dental Restoration or Temporary or Inlay or Permanent or Prosthodontics or Crown or Dental AND Printing or Three Dimensional or 3D Printings AND blocks AND Flexural Compute design OR Composite OR Resin OR Porcelains OR composite OR strength OR Flexural</p> |

Tabla 1 Bases de datos electrónicas y estrategias de búsqueda

2.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión y exclusión se enumeran en la Tabla 2.

| Inclusion criteria | Exclusion criteria |
|--|---|
| English literature | Literature in another language than English |
| Studies comparing the flexural strength of 3D printed fixed restorations with other materials and methods used for posterior dental restorations | Studies that compare properties other than physical and mechanical properties. |
| Literature since 2018 | Literature prior to 2018 |
| Clinical Trial, Meta-Analysis Randomized Controlled Trial Review Systematic Review, in vitro | Studies other than those indicated. |
| Articles that have an abstract available | Studies that discuss the properties of only 3D printed materials, but do not compare them to other conventional materials. |
| Full articles that can be opened freely or through sci-Hub | Incomplete articles that can NOT be opened freely or through sci -Hub |
| | Studies discussing the effects of 3D printing variables (print orientation, resin color setting, layer thickness, post-curing , degree of conversion, etc.) on the mechanical properties and precision of crown provisional restorative material and the 3D printed bridge. |
| | Studies comparing the accuracy, marginal and internal fit of 3D printed materials with other types of materials. |

Tabla 2 Los criterios de inclusión y exclusión

2.3 Cribado y selección

Los estudios localizados en las búsquedas fueron examinados por duplicado, de forma independiente, por dos investigadores (JO y SG) para identificar aquellos con títulos y resúmenes que cumplieran con los criterios de inclusión. Se seleccionaron los artículos en los que coincidían ambos autores.

Se leyó el texto completo de los artículos seleccionados sobre sus títulos y resúmenes y se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión. Las referencias enumeradas en todos los artículos seleccionados después de leer el texto completo se revisaron manualmente y se compararon con los criterios de inclusión. Los desacuerdos con respecto a su inclusión se resolvieron mediante discusión con el tercer autor (DAR).

2.4 Extracción de datos

Dos de los autores (JO y SG) definieron y evaluaron un protocolo de extracción de datos. Los datos se extrajeron de forma independiente de los artículos de texto completo seleccionados para su inclusión, utilizando un formulario estandarizado en formato electrónico (software Office Excel 2011, Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE. UU.). Los autores clasificaron la información sobre: autores, año, diseño del estudio, Tipo de prueba mecánica, Valor de resistencia a la flexión en MPa o Nw, Grupo experimental (marca de resina 3d), Grupo control (bloque cad/cam), Conclusiones.

3 Resultados:

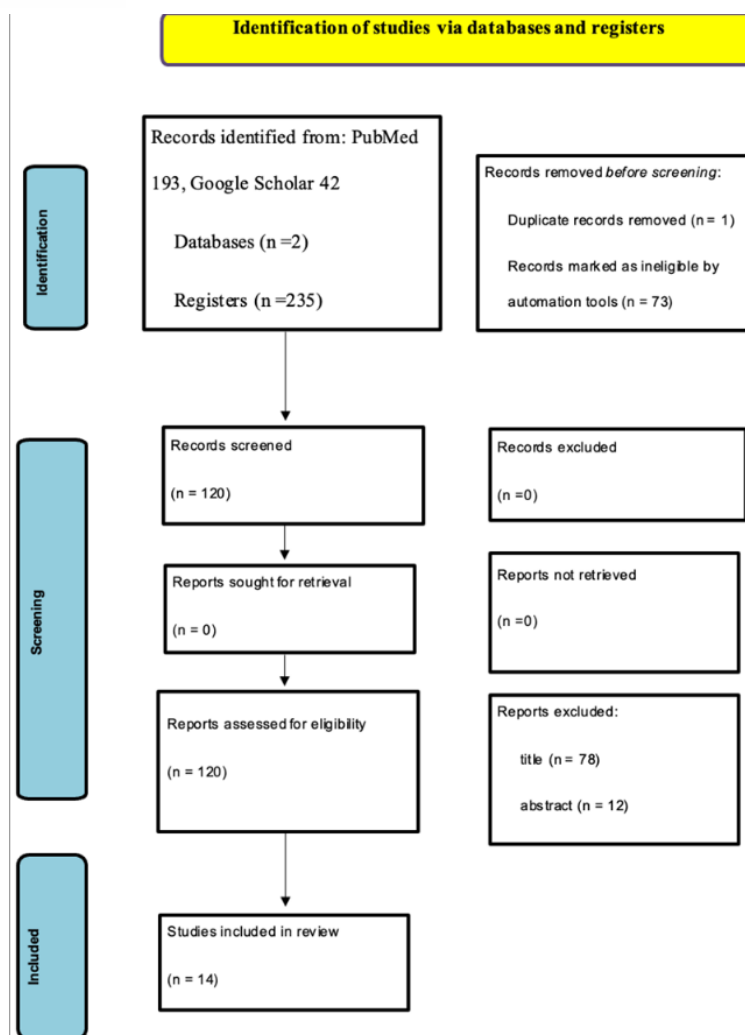


Figura 1 The PRISMA flow diagram

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo de la declaración PRISMA que resume el proceso de selección. La búsqueda arrojó 235 estudios. 193 en Pubmed 42 en Google Scholar, de ellos, se excluyó 1 duplicado. Otros 114 estudios se excluyeron porque no cumplían los criterios de elegibilidad. Los 120 estudios restantes se seleccionaron para el examen del texto completo, lo que dio lugar a la exclusión de 99 artículos que no cumplían los criterios de inclusión, 78 artículos se descartaron por título, 12 por abstract, 16 por criterios de inclusión y exclusión. finalmente quedaron 14 para la revisión narrativa de la literatura

Los títulos y resúmenes de los artículos identificados se seleccionaron en función de los criterios de inclusión y exclusión preestablecidos (por J.O y S.G). Más tarde, los dos autores (J.O y S.G). después de revisar los textos completos, utilizaron tablas auto diseñadas para tabular los datos relevantes. La información extraída se dividió en varias categorías; Tabla 3 fue una tabla común para todos los artículos seleccionados que daban información sobre: el nombre del autor, el año de publicación, el tipo de estudio, tipo de prueba mecánica, el valor de resistencia a la flexión, grupo experimental, grupo control, y las conclusiones. Los detalles de estas tablas estaban relacionados con el tipo de prueba, los resultados de la propiedad probada para cada tipo de grupo (experimental y control) y las conclusiones y sugerencias de los autores.

Tabla 3 Características de los artículos incluidos

| Qualification | Author/s | Year | item type | test type mechanics | Conventional group bending resistance value | Flexural strength value for CAD/CAM milling unit | Flexural strength value 3D printed group | Conclusions |
|---|----------------------|------|-----------|---------------------------|--|--|---|--|
| Flexural Strength of 3D-Printing Resin Materials for Provisional Fixed Dental Prostheses | Sang-Mo Park et al. | 2020 | IN VITRO | universal testing machine | Self curing PMMA powder / liquid (Jet tooth shade, Lang Dental Co). 543N | Milled PMMA (VIPI Co): 1232N | SLA: PMMA (Formlabs Co.): 1323 N DLP: PMMA (NextDent Co.) 1189 N FDM: Poly(lactic acid). (ColorFabb Co.): N/A | The restorations for fixed prostheses of 3 units made with SLA, presented the highest resistance to fracture with a statistically significant difference in all the experimental groups. There was no statistically significant difference between the restorations made between SLA and milled PMMA. The FDM group showed considerably better flexibility than the other groups, it did not fracture. |
| Fracture Resistance of Three-unit Fixed Dental Prostheses Fabricated with Milled and 3D Printed Composite-based Materials | Karim Corbani et al. | 2021 | IN VITRO | Universal testing machine | N/A | Hybrid Ceramic /CAD/CAM (Amber, Creamed): 1312.27 N FRC: CAD/CAM glass fiber reinforced resin technopolymer (Trilor Bioloren): 839.07 N | 3DP: SLA Hybrid Composite: (Irix Max) .1360.20N MC: PORCELAIN CHROME COBALT SLM (Starbond CoS powder 30) : 2390.87 N | Fixed dental prostheses of three units with materials such as SLM COBALT CHROMIUM PORCELAIN showed the highest fracture resistance, SLA Hybrid Composite and Hybrid Ceramic/CAD/CAM, showed better fracture resistance compared to technopolymer , epoxy resin reinforced by CAD/CAM glass fibers. where detachment of the veneering resin |

| | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|------|------------|---------------------------|---|--|--|---|
| Printable and Machinable Dental Restorative Composites for CAD/CAM Application-Comparison of Mechanical Properties, Fractographic, Texture and Fractal Dimension Analysis | Wojciech Grzebieluch et al. | 2021 | analytical | universal testing machine | N/A | CAD/CAM nano-hybrid ceramic composite (Grandio Blocs): 186.02Mpa CAD/CAM reinforced hybrid composite (Brilliant Crios) :170.29 Mpa CAD/CAM hybrid ceramic (Enamic): 118.96 MPa | LCD light-curing fluid resin (VarseoSmile Crown plus): A(PRINTED vertically): 119.85 Mpa B(PRINTED rotated at 45 degrees): 143.39 Mpa | composite was the most common type of failure. The highest resistance to bending was demonstrated by (Grandio Blocs) and (Brilliant Crios) and the minor by (Enamic) and (VarseoSmile Crown plus) (PRINTED vertically) group A -The resistance to bending of (VarseoSmile Crown plus) depends on the orientation of the layers. -Due to the low filler content, the flexural modulus of the printed material is the lowest among the materials tested and lower than that of dentin. |
| Surface Properties of Polymer Resins Fabricated with Subtractive and Additive Manufacturing Techniques | Amal S. Al-Qahtani , et al | 2021 | analytical | universal testing machine | (PMMA) powder/liquid self-curing material (Jet Tooth Shade™): 93.68 MPa | PMMA CAD/CAM (Ceramill Temp): 116.09MPa | Photopolymerizable resin , biocompatible for 3D printing (Freeprint Temp) SLA: 113.16MPa | comparable flexural strength and microtoughness to CAD-CAM-fabricated samples. 3D technology for the fabrication of temporary resin restorations is potentially applicable for clinical use. |

| | | | | | | | | |
|--|--------------------------|------|------------|---------------------------|---|---|--|--|
| Comparison of fracture strength after thermo-mechanical aging between provisional crowns made with CAD/CAM and conventional method | tanapon Reeponmaha et al | 2020 | analytical | universal testing machine | PMMA powder/liquid self-curing material (UNIFAST TRAD): 769.81 N biacrylic resin dispensed with a gun (PROTEMP 4): 1338.51 N | PMMA CAD/CAM (BRYLIC SOLID): 1084.46 N | Photopolymerizable resin , biocompatible for 3D printing (Freeprint Temp) SLA: 1149.05 N | Self-curing PMMA powder/liquid (Unifast Trad) represented the lowest fracture strength of all groups. biacrylic resin (Protemp 4), and PMMA CAD/CAM (Brylic Solid) and 3D-printed light-curing resin (Freeprint Temp). The results indicated that the CAD/CAM fabricated provisional restoration could be used as a promising long-term provisionalization . |
| Mechanical Properties of Additively Manufactured and Milled Interim 3-Unit Fixed Dental Prostheses | Juan Legaz et al. | 2022 | analytical | universal testing machine | biacrylic resin dispensed with a gun (PROTEMP 4): 147.6N | PMMA CAD/CAM (Telio CAD LT): 656.2N | Methacrylate, filler: SLA (P Pro C &B, Straumann): 266.9N Methacrylate SLA (SHERAprint C&B): 895.8N Methacrylate, DLP filling (P Pro C &B, Straumann): 245.2N methacrylate (SHERAprint C&B): 805.3N | In the present study, AM manufacturing procedures showed statistically significantly lower survival and higher complication rates compared with the other groups. The proven manufacturing methods, the type of resin selected, and the impression mode used have all influenced the mechanical stability and fracture resistance of provisional fixed dental prostheses. The evaluated AM technology did not show an impact on the mechanical properties of the AM fixed dental prostheses made with different resins tested. |

| | | | | | | | | |
|--|------------------------|------|-----------------------------------|---------------------------|---|---|---|--|
| Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis | Jain S et al | 2022 | Systematic review - Meta-analysis | universal testing machine | N/A | PMMA-based 3D printed resins | Milled CAD/CAM resins based on PMMA | Taşın et al. reported higher values of resistance to flexing of composite-based 3D printed resins compared to conventional PMMA and conventional bis-acrylic-based resins. |
| Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process | Passing Ellakany et al | 2022 | In vitro studies | universal testing machine | Control group: CAD-CAM: 174.42 ± 3.39 MPa CONVENTIONAL: 98.02 ± 6.11 MPa experimental group: DLP: 103.79 ± 8.93 MPa SLA: 167.25 ± 6.92 MPa | 3D-printed composite resins : Methacrylate, printed in 3d SLA (NextDent) 3D-printed composite resins : Methacrylate , , 3d printed DLP (ASIGA) | CAD-CAM: PMMA milled technique (Telio CAD). self-curing PMMA resin conventional technique (unifast trad) | flexural strength and hardness were higher in milled IFDPs compared to conventional SLA ND, DLP AS, and IFDPs. |
| Compressive and Flexural Strength of 3D-Printed and Conventional Resins Designated for Interim Fixed Dental Prostheses: An In Vitro Comparison | Pantea M et al | 2022 | In vitro studies | universal testing machine | Control group: CAP: 88 ± 10Mpa CHP: 76 ± 7Mpa Experimental group: 3DCS 143 ± 15 MPa 3DOS 141 ± 17 MPa | 3DCS NextDent : DLP 3D printed PMMA (NextDent) 3DOS HARZ: LCD 3D printed PMMA (HARZ) | CAP Duracyl : self-curing PMMA liquid/powder acrylic resin (SpofaDental) CHP Superpoint : self-curing PMMA liquid/powder acrylic resin (SpofaDental) | The tested 3D printed provisional resins performed better than conventional resins in both compression and flexural tests. |

| | | | | | | | | |
|---|-------------------|------|------------------|---------------------------|--|---|---|--|
| Effect of material thickness on the fracture resistance and failure pattern of 3D-printed composite crowns | Corbani K et al. | 2020 | In vitro studies | universal testing machine | Control group in thickness 519N (0.5mm) 932.1 (1.0mm) 1284 (1.5mm) Summary of fracture resistance of the experimental group in thickness: 1345N (0.5mm) 1945N (1.0mm) 2383N (1.5mm) | 3D: SLA 3d printed nanocomposite (Irix Max) | CAD-CAD: resin blocks, milled (Dentsply sirona) | Crowns fabricated in 3D showed significantly higher fracture resistance compared to those fabricated using CAD/CAM technology. |
| Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods | Simoneti DM et al | 2022 | In vitro studies | universal testing machine | experimental group: SLA resin : 48.9 ±1.2MPa SLS resin : 77.3 ±3.1MPa Control group: Bisacryl resin : 75.0 ±8.2Mpa Acrylic resin: 69.2 ±8.8 MPa | SLA: 3d printed PMMA; (Formlabs Inc) SLS: 3d printed nylon; (Stratasys) | Bisacryl resin : Dimethacrylate conventional technique.(Yprov) Acrylic resin : PMMA conventional technique. (Dencor) | The SLS resin presented higher values of maximum flexural strength and maximum stress in the fracture load test than the conventional materials, while the SLA resin obtained worse results compared to all the materials evaluated. |

4 Discusión

Esta revisión narrativa tuvo como objetivo comparar y analizar los artículos publicados sobre las propiedades mecánicas de restauraciones dentales fijas para el sector posterior impresas en 3D comparadas con restauraciones confeccionadas con métodos CAD/CAM fresados y/o convencionales. Los catorce estudios incluidos fueron estudios in vitro, metaanálisis, y artículos analíticos, estos estudios comparan restauraciones confeccionadas con PMMA y/o resina compuesta CAD/CAM empleando la técnica sustractiva y/o de mezcla manual comparándolas con restauraciones confeccionadas con técnica aditiva.

Cinco estudios [5,7–10] señalaron que los materiales para restauraciones posteriores CAD/CAM, han demostrado tener una resistencia a la flexión superior a las restauraciones fabricadas mediante impresión 3D. Wojciech et al. [7], en su estudio destaca que este resultado se debe al menor contenido de relleno del material para impresión 3D. El contenido relativamente bajo de relleno viene forzado por la necesidad de mantener la consistencia líquida necesaria en el proceso de impresión 3D. Otra razón es la influencia de la angulación de las capas durante la impresión 3D en la resistencia a la flexión final del material. La orientación vertical de las capas en relación con el eje longitudinal de la muestra impresa disminuye significativamente la resistencia a la flexión.

Juan Legaz et al.[8] y Giugovaz A. et al [10] atribuyen la mejor resistencia a la flexión del grupo CAD/CAM, al método de fabricación, ya que en su estudio todos los fallos catastróficos se encontraron exclusivamente en los grupos con técnica aditiva, independientemente del tipo de tecnología (DLP procesamiento digital de luz vs SLA estereolitografía), además Giugovaz A. et al [10] atribuye una menor resistencia a la flexión asociada con la rugosidad superficial de las muestras luego del termociclado, encontrando que las muestras fresadas mediante técnica sustractiva presentaron valores de rugosidad superficial más bajos después del termociclado mientras que las muestras fabricadas de forma aditiva presentaron los valores más altos de rugosidad superficial después del termociclado, influyendo esto en su limitada capacidad de resistir a la fractura, esto podría explicarse por la mayor absorción de agua del material aditivo en comparación con el material fresado, así mismo, Passent Ellakany et al. [9] en su estudio relaciona los mejores resultados del método sustractivo

CAD/CAM con la menor susceptibilidad a la degradación hidrolítica de los bloques fresados, esto debido al método de fabricación de los bloques, los cuales son polimerizados industrialmente con alta presión y temperatura, con una estructura altamente reticulada, lo que los convierte en materiales menos porosos, libres de vacío y monómero residual recubiertas.

Otro material ampliamente utilizado en odontología es el zirconio, en la actualidad las restauraciones monolíticas de zirconio se caracterizan por su mayor translucidez y se procesan mediante un método de fabricación sustractivo, sin embargo, dos estudios [12-14], (Kim YK et al [12] y Rabel K. et al [14]) documentaron la confección de restauraciones de circonio con técnica aditiva a través de una técnica llamada "deposición precisa de gel 3D aditivo". Estos materiales mostraron mejor comportamiento mecánico que los confeccionados con técnica sustractiva. Esto se puede explicar por qué en las restauraciones de circonio monolítico de 3era generación fresadas, presentan mayor contenido de itrio, lo cual disminuye sus propiedades mecánicas, adicionalmente se observó que la presencia de glaze superficial es un potencial punto débil de inicio y propagación de fisuras que se crearon durante el proceso de fresado, lo que disminuye la resistencia a la fractura, por el contrario, las restauraciones de circonio confeccionadas con técnica aditiva, fueron restauraciones monolíticas 3Y-TZP conformadas por un proceso de deposición de gel (coloidal) que da lugar a restauraciones con pocos defectos microscópicos estructurales y de tamaño de grano reducido, además sin glaseado superficial, designadas como zirconio "autoglaseado", que resulto en uno de los factores que condujo a la resistencia a la fractura dos veces mayor en comparación con las contrapartes fresadas convencionalmente, por lo tanto se podría especular que la diferencia en la resistencia a la fractura de la zirconia impresa y la zirconia fresada convencionalmente habría sido menos pronunciada si las zirconias fresadas no hubieran sido glaseados, sin embargo estos nuevos materiales deben ser investigados, bajo condiciones de envejecimiento que simulen situaciones más cercanas a la realidad de la cavidad oral.

Desde una perspectiva contraria, varios autores [2,5,6,11–15] han llegado al consenso de que la impresión 3D supera las propiedades mecánicas de las técnicas sustractivas mediadas por tecnología CAD CAM, ya que la tecnología 3D aditiva, ha mostrado tener baja fragilidad, mayor flexibilidad y la capacidad de absorber el estrés inducido por la carga aplicada, además la polimerización capa por capa crea fuertes enlaces químicos en sus restauraciones y finalmente se someten a un proceso de postcurado, lo que aumenta el grado de conversión y libera menor cantidad de monómeros residuales, mientras que la técnica sustractiva CAD CAM durante el proceso de fresado darán a un bloque una geometría específica, generando grietas y rugosidades detectadas a lo largo del espesor de la superficie de la restauración fabricada, estos defectos dependen del ángulo de contacto entre la fresa y bloque (hacia abajo o hacia arriba), la profundidad y la velocidad de corte, además se ha observado la generación excesiva de calor y ruido, liberación de monómero de PMMA en el caso de las restauraciones provisionales después del proceso de envejecimiento y porcentajes más altos de carbono y oxígeno, lo que da lugar a propiedades mecánicas menores por el debilitamiento del material y un aumento en el riesgo de fractura [8-9] y a esto se suma el gran desperdicio de material durante la confección.

Al considerar las diferentes técnicas de impresión 3D, Sang-Mo Park et al [5], en este estudio, encontró que la resistencia a la flexión de la restauración provisional de 3 unidades fue mayor

en el grupo SLA (estereolitografía) comparada con el grupo DLP (procesamiento digital de luz). La razón de la alta resistencia a la flexión se explica por la morfología superficial del objeto impreso. En el principio DLP, cada segmento proyectado en la pantalla única desde los microespejos (Chips DMD), se polimeriza formando líneas, creando una superficie más rugosa, por lo que la rugosidad superficial del objeto impreso dependerá de la resolución (voxels) del conjunto de chips. Por otro lado, la tecnología de SLA (estereolitografía) confecciona cada capa como si dibujara con un rayo láser, haciendo que la superficie del objeto impreso sea relativamente lisa. Por lo tanto, se explica que la fractura puede ocurrir más rápidamente si la superficie es áspera, ya que el área específica de unión entre capas es débil. Otra razón por la que las restauraciones SLA (estereolitografía), presentaron mejor comportamiento fue por la presencia del metacrilato de uretano, el mismo le aporta al material gran tenacidad a la fractura.

Pantea M. [2] et al señaló que las restauraciones provisionales confeccionadas con PMMA impreso, presentaron mejor maleabilidad, resiliencia y tenacidad, absorbiendo una mayor cantidad de energía hasta llegar al punto de rotura, detalle que es importante especialmente cuando las fuerzas masticatorias se aplican bruscamente sobre las restauraciones protésicas en comparación con el comportamiento mecánico en compresión observado para las resinas convencionales la cual se caracterizó por ser frágil, no homogéneo y fallar sin absorber energía. Sin embargo, las características mecánicas de PMMA a base de impresión 3D puede verse afectado por parámetros de impresión, como la velocidad de impresión/grosor de la capa y el número de capas impresas; tasa de contracción del material; posición y ángulo de la restauración en la plataforma de impresión/orientación de construcción; cantidad de material de apoyo y procedimientos de procesamiento posterior, así como el tipo de software de diseño.

Jain S et al [15] revela que la orientación de construcción durante la impresión afecta las propiedades mecánicas. La orientación vertical hace que las capas se depositen perpendicularmente a la dirección de aplicación de la carga, por lo tanto, estos materiales muestran propiedades mecánicas superiores en comparación con los impresos en orientación horizontal, ya que en este caso la deposición de la capa es paralela a la dirección de la carga, también se indica que el grosor de la capa durante el proceso de impresión afecta las propiedades mecánicas de estos materiales. Cuanto menor sea el grosor de la capa de impresión, más interfaces de capa a capa estarán disponibles; así, cada capa se polimerizará de mejor manera, lo que incrementará las propiedades mecánicas de estos materiales. Estos factores de riesgo inherentes a la tecnología de fabricación que no están presentes con la tecnología aditiva, podrían explicar la mayor resistencia a la fractura encontrada. Es importante resaltar que los artículos revisados difieren en la metodología experimental (coronas unitarias y/o prótesis fijas plurales), así como en los materiales empleados, (bloques CAD/CAM de PMMA y resina compuesta) lo que influye en los resultados finales de resistencia a la flexión.

La evidencia científica publicada no ha llegado a un consenso definitivo, estudios (Amal S. Al-Qahtani, et al [16] Tanapon Reepomaha et al [17], Passent Ellakany et al [9] Simoneti et al [13] señalan que las prótesis dentales fijas elaboradas por el sistema de fresado en bloque a través de CAD/CAM ha demostrado propiedades mecánicas (resistencia a la flexión y/o fractura) similares a las prótesis dentales fijas elaboradas por tecnología de impresión 3D, pero destacaron que las restauraciones confeccionadas mediante el método convencional

(PMMA polvo/líquido y/o bisacryl) presentaron la menor resistencia a la flexión de todos los grupos analizados, ya que se mezclan manualmente o mediante el uso de unidades de automezclado, y hay muchas posibilidades de que se incorporen burbujas de aire y porosidades, lo que puede ser la razón de sus malas propiedades mecánicas. Los mejores resultados observados en las resinas impresas se atribuyen a la composición del material, el tipo y la cantidad de partículas de relleno, luz de polimerización, temperatura de procesamiento, parámetros de impresión 3D y los procedimientos de postpolimerización influyen en las propiedades mecánicas del producto.

5 Conclusión

La evidencia disponible después de realizar esta revisión narrativa indica que las restauraciones fijas para el sector posterior impresas en 3D tienen un comportamiento mecánico comparable con las restauraciones fijas para el sector posterior confeccionadas con tecnología CAD/CAM, en términos de resistencia a la flexión, y presentaron un comportamiento mecánico superior que las restauraciones confeccionadas mediante técnicas convencionales polvo/líquido o bisacryl.

Referencias

1. sn. 3D printing: everything you need to know. technical training center for industry [Internet]. 2021, Available from: <https://www.classroom21.com/what-is-3d-impression/>
2. Pantea M, Ciocoiu RC, Greabu M, Totan AR, Imre M, Țâncu AMC, et al. Compressive and Flexural Strength of 3D- Printed and Conventional Resins Designated for Interim Fixed Dental Prostheses: An In Vitro Comparison. *Materials*. 2022 May 1, 15(9).
3. ivoclar. A valuable piece of information: what is flexural strength important for? 2018 Jan 25, 1–4.
4. Valenti C, Isabella Federici M, Masciotti F, Marinucci L, Xhimitiku I, Cianetti S, et al. Mechanical properties of 3D- printed prosthetic materials compared with milled and conventional processing: A systematic review and meta- analysis of in vitro studies. *J Prosthet Dent*. 2022 Aug,
5. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. *Materials*. 2020 Sep 1, 13(18).
6. Corbani K, Hardan L, Skienhe H, Özcan M, Alharbi N, Salameh Z. 225 SCIENCE Effect of material thickness on the fracture resistance and failure pattern of 3D-printed composite crowns. Vol. 23, *International Journal of Computerized Dentistry*. 2020.
7. Grzebieluch W, Kowalewski P, Grygier D, Rutkowska-Gorczyca M, Kozakiewicz M, Jurczynszyn K. Printable and machinable dental restorative composites for cad/cam application—comparison of mechanical properties, fractographic, texture and fractal dimension analysis. *Materials*. 2021 Sep 1, 14(17).
8. Legaz, J, Sailer, I, Mojon, P, et al: Mechanical properties of additively manufactured and milled interim 3-unit fixed dental prostheses. *J Prosthodont* 2023; 32: 234– 243. <https://doi.org/10.1111/jopr.13524>
9. Ellakany P, Fouda SM, Mahrous AA, AlGhamdi MA, Aly NM. Influence of CAD/ CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo- Mechanical Aging Process. *Polymers (Basel)*. 2022 Oct 1, 14(19).
10. Giugovaz A, Pérez-Giugovaz MG, Al-Haj Husain N, Barmak AB, Özcan M, Revilla-León M. Flexural strength of aged and nonaged interim materials fabricated by using milling, additive manufacturing, and a combination of subtractive and additive methods. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2022 Sep 1;128(3):513.e1-513.e11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.05.004>
11. Corbani K, Hardan L, Eid R, Skienhe H, Alharbi N, Ozcan M, et al. Fracture Resistance of Three-unit Fixed Dental Prostheses Fabricated with Milled and 3D Printed Composite-based Materials. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021, 22(9):985–90.

12. Kim YK, Han JS, Yoon HI. Evaluation of intaglio surface trueness, wear, and fracture resistance of zirconia crown under simulated mastication: A comparative analysis between subtractive and additive manufacturing. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2022, 14(3):122–32.
13. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022 Jan 1, 127(1):168–72.
14. Rabel K, Nold J, Pehlke D, Shen J, Abram A, Kocjan A, et al. Zirconia fixed dental prostheses fabricated by 3D gel deposition show higher fracture strength than conventionally milled counterparts. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022 Nov 1, 135.
15. Jain S, Sayed ME, Shetty M, Alqahtani SM, Al Wadei MHD, Gupta SG, et al. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 14, *Polymers*. MDPI, 2022.
16. Al-Qahtani AS, Tulbah HI, Binhasan M, Abbasi MS, Ahmed N, Shabib S, et al. Surface properties of polymer resins fabricated with subtractive and additive manufacturing techniques. *Polymers (Basel)*. 2021 Dec 1, 13(23).
17. Reepomaha T, Angwaravong O, Angwarawong T. Comparison of fracture strength after thermomechanical aging between provisional crowns made with CAD/CAM and conventional method. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2020 Aug 1, 12(4):218–24.