Artículo de Investigación

USO IN VITRO DE CORONAS PROVISIONALES CONFECCIONADAS MEDIANTE TÉCNICA DE IMPRESIÓN 3D CON ÁCIDO POLILÁCTICO

In vitro use of provisional crowns fabricated using 3D printing technique with polylactic acid

Brenda Nathaly Alfaro Ortizo[1]

Recibido: 22/11/23
Aceptado: 06/03/24

RESUMEN

Objetivo del estudio: analizar el uso in vitro de coronas provisionales confeccionadas con impresión 3D con ácido poliláctico. Materiales y métodos: se utilizó un enfoque cuantitativo y descriptivo. Se realizaron 30 preparaciones en piezas dentarias de acrílico, las cuales se escanearon con el escáner extraoral EG Solution DScan, utilizando el software DentalCAD de exocad; se diseñaron las coronas para ser impresas por la técnica modelado por deposición fundida en la impresora 3D Qidi Tech X-one2. Posteriormente, se verificó la concordancia de los interexaminadores para determinar el adapte marginal de los provisionales. Se realizaron las pruebas de compresión mediante el equipo MCS Metrology, modelo WAW 1000D. Se determinó por medio de la guía Vita Toothguide 3D-MASTER, la simetría de color y el tiempo operatorio que toma la fabricación de un provisional en 3D. Resultados: los profesionales concordaron un adapte marginal moderado con un valor kappa de Cohen de 0.41, representando una concordancia moderada. La resistencia a la compresión generó una media de 18 megapascales. El tiempo de trabajo de las coronas provisionales impresas es en promedio de 20 minutos. Conclusión: se concluye que el uso in vitro de una corona provisional confeccionada con tecnología 3D en ácido poliláctico (PLA) es factible, dadas la practicidad, reproducción de la anatomía dental y adapte de la misma. Recomendaciones: asimismo, se sugiere realizar más investigaciones in vitro para registrar científicamente el comportamiento del PLA en odontología, indagando más en pruebas físicas, térmicas y ópticas, para posteriormente desarrollar una segunda fase de experimentación en pacientes.

Palabras clave: impresión en 3D, ácido poliláctico, corona provisional, flujo digital, escáner extraoral, El Salvador

1 Docente investigadora, Coordinadora de Investigación en salud Facultad de Odontología, Universidad Evangélica de El Salvador, brenda.alfaro@uees.edu.sv, https://orcid.org/0000-0003-4095-7053

ABSTRACT

Objective: To analyze the in vitro use of provisional crowns fabricated by 3D printing with polylactic acid. Materials and methods: A quantitative and descriptive approach was used. Thirty preparations in acrylic dental pieces were fabricated and scanned with the EG Solution DScan extraoral scanner using exocad's DentalCAD software. The crowns were designed to be printed using the fused deposition modeling technique on the Qidi Tech X-one2 3D printer. Subsequently, inter-examiner agreement was verified to determine the marginal adaptation of the provisionals. Compression tests were performed using an MCS Metrology apparatus, model WAW 1000D. The color symmetry and the operating time required to manufacture a 3D provisional were determined using the Vita Toothguide 3D-MASTER. Results: The professionals agreed on a moderate marginal adaptation with a Cohen's kappa value of 0.41, representing moderate agreement. The compressive strength generated a mean of eighteen megapascals. The working time for the printed provisional crowns averaged twenty minutes. Conclusion: It is concluded that the in vitro use of a provisional crown fabricated using 3D printing technology with polylactic acid (PLA) is feasible, given its practicality, reproduction of the dental anatomy and its adaptation. Recommendations: Further in vitro research is suggested to scientifically document the behavior of PLA in dentistry, investigating further physical, thermal, and optical tests to subsequently develop a second phase of experimentation in patients.

Keywords: 3D printing, polylactic acid, provisional crown, digital flow, extraoral scanner, El Salvador

INTRODUCCIÓN

Las coronas provisionales constituyen un paso importante en una variedad de procedimientos para la confección de restauraciones como una prótesis parcial fija, coronas individuales, inclusive incrustaciones que forman parte de la odontología restauradora; actualmente, esa restauración provisional tiene un papel sumamente importante en la determinación del éxito o fracaso en el tratamiento.(1) Los provisionales cumplen una serie de funciones como protección a los tejidos pulpares, previenen la contaminación bacteriana, así como preservar los tejidos periodontales. Desde el punto de vista oclusal, evitan la rotación en términos de supra e infraoclusión; a esto se le suma el mantenimiento de la estética y las diferentes funciones del sistema estomatognático.(2)

Existen diversos métodos para la elaboración de un provisional dental, se pueden fabricar haciendo uso de una técnica directa, indirecta o híbrida.(3) La elección de una técnica en particular está ligada a la comodidad del odontólogo, el tipo de material, tiempo de trabajo y fraguado del material y el costo. La cantidad de materiales que ofrece la industria, de nuevos productos y el



perfeccionamiento de los existentes hace que se tenga una diversidad de materiales dentales para la confección de restauraciones provisionales. Los provisionales de mayor uso en el mercado se pueden clasificar en dos grupos principales con relación a su estructura química y a su vez estos varían por las propiedades de fraguado y por el tipo de manipulación. Los dos grandes grupos son a base de polimetacrilato/metilmetacrilato (PMMA) y el sistema pasta-pasta basados en resinas bisacrílicas.(4)El conocimiento de todas las desventajas que representa realizar un provisional con PMMA por la técnica directa o indirecta es el origen de esta investigación, la cual tuvo como objetivo determinar el uso in vitro de coronas provisionales confeccionadas mediante la técnica de impresión 3D con el biopolímero ácido poliláctico (PLA). Se investigó el comportamiento de un provisional con PLA, a partir de una impresora 3D, para conocer el funcionamiento que este pudiera presentar en el aparato estomatognático, a partir de una serie de pruebas objetivas, como la evaluación del adapte marginal y la resistencia a la compresión.

Por otra parte, la integración de la impresión 3D y sus diferentes materiales para la reproducción en varias facetas de la odontología contemporánea han facilitado la producción de prótesis complejas, aditamentos ortodónticos y dispositivos quirúrgicos que exigen flexibilidad y resistencia a la abrasión de los materiales de moldeo,(5) comenzando con diseño asistido por computadora (Computer-Aided Design, CAD), que define una trayectoria de la herramienta, las extrusiones de impresoras 3D y depósitos termoplásticos fundidos en capas para crear la parte de abajo hacia arriba. El modelado FDM (fused deposition modeling, modelado por deposición fundida) construye piezas tridimensionales mediante la fusión e inserción de un hilo fino de plástico a través de un cabezal de extrusión controlada por computadora, para producir piezas que estén listas para usar.(6)

El ácido poliláctico (PLA) es un poliéster termoplástico que forma parte de los alfahidroxiácidos; su precursor es el ácido láctico, molécula quiral.(7) Este puede ser comparable en dureza al acrílico o blando como el polietileno, con rigidez similar al poliestireno o con la flexibilidad de un elastómero; se le atribuyen también propiedades de interés como la suavidad, resistencia al rayado y al desgaste.(8)

El PLA se utiliza en técnicas FDM y es fácil de imprimir, además de permitir más margen de error o tolerancia —es el material más usado en impresiones 3D en general—, no soporta grandes temperaturas, por lo que se imprime a bajas temperaturas (170 °C), no tiende a deformarse (no sufre contracción ni deformación de esquinas en objetos grandes por las elevadas temperaturas), su contracción es muy baja, además de poseer muy buen acabado y poderse manipular postimpresión, requiere temperatura de impresión más baja que la mayoría de los materiales, no emana gases nocivos ni tiene mal olor, no resiste altas temperaturas (se descompone a 50-60 °C).(9)En el campo de la cirugía, el PLA tiene grandes aplicaciones en la forma de material de sutura reabsorbible (cirugía oftalmológica, con-

juntival, toracoabdominal, anastomosis neurológicas), material de cirugía ortopédica (implantes reabsorbibles), tornillos, broches, placas, grapas, cirugía reconstructiva craneofacial maxilofacial (tejidos óseos y tejidos blandos).(7)

Las coronas provisionales son un tipo de prótesis diseñadas para utilizarse por periodos cortos; su función es proporcionar una superficie masticatoria, proteger los tejidos dentales y periodontales como la dentina y nervio dental, así como el conjunto de tejidos que rodean al órgano dental (encía, hueso y ligamento periodontal). Ayudan a obtener información diagnóstica, por ejemplo, ver el paralelismo que existe entre los muñones o si hay espacio suficiente para colocar la prótesis definitiva. También ayudan a conservar el espacio creado para la pieza definitiva y que los órganos dentarios adyacentes no se inclinen hacia la preparación dentaria. Es importante que tengan un alto grado de estética que armonice con el tamaño, forma y color de los órganos dentarios contiguos.(1)Una prótesis provisional debe proteger de la irritación física, química y térmica que pueden generar los alimentos, líquidos, aire y placa dentobacteriana que se forman debido a la higiene deficiente o a la fabricación inadecuada del provisional, debido a que esos factores pueden ocasionar que el nervio dental sufra una necrosis pulpar. Los provisionales dentales deben conservar las mismas dimensiones que ocupaban los órganos dentarios antes de ser tallados; el objetivo es conservar los puntos de contacto entre los órganos dentales e impedir retener restos de alimentos en los tejidos adyacentes a la preparación; los perfiles de emergencia de los provisionales deben estar colocados de manera apropiada para desviar las porciones de alimentos de los tejidos gingivales, prevenir el daño a los tejidos blandos durante la masticación, evitar el desplazamiento y la erupción dental tanto del órgano dentario preparado como del órgano dental opuesto, además de proteger las mejillas, lengua y labios de alguna lesión inadvertida durante la masticación.(1)

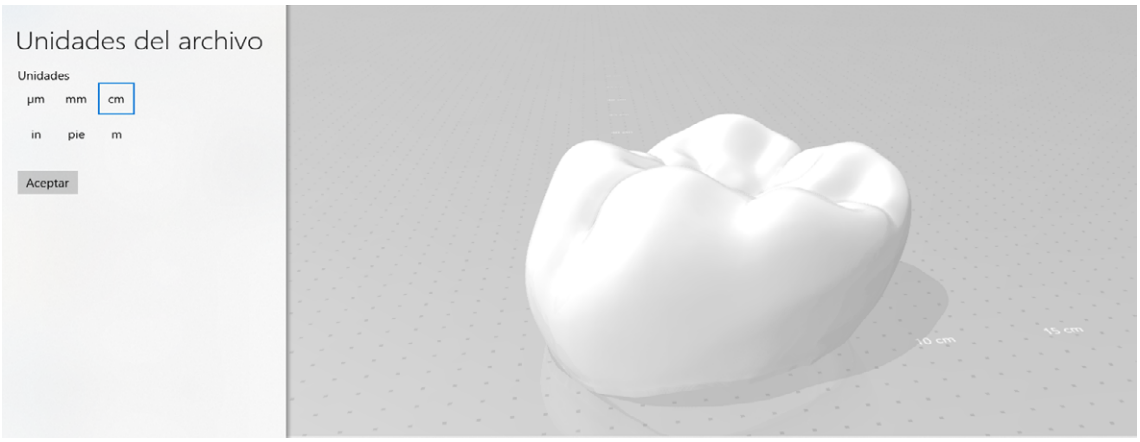
METODOLOGÍA

El diseño del estudio fue un enfoque cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. La técnica empleada fue la observación y el instrumento utilizado fue un instrumento de registro de elaboración propia.

Se realizó la preparación en 30 dientes de acrílico posterior marca Nissi, 15 de la pieza 3-6 y 15 piezas de la 3-7, utilizando la línea de terminado chamfer simple. Una vez realizadas las preparaciones dentales, estas fueron llevadas al escáner extraoral EG Solution DScan 4, compatible con el software Dental Cad Suite de EXOCADMR, utilizando tecnología de luz estructurada con una resolución de 1.3 y exactitud de 0.015 mm, esta información fue enviada por archivo STL a la impresora 3D para así obtener los provisionales con las características anatómicas que cada pieza natural debe tener según la anatomía de la pieza correspondiente, registrando el tiempo de impresión. Para cada preparación se realizó un diseño de su corona, por lo que se obtuvieron 30 diseños digitales de coronas, las cuales fueron enviadas por flujo digital a la impresora 3D. Para

la impresión de las coronas, se utilizó un ángulo de 135°, esto con base en un estudio en el que se concluyó que es el ángulo óptimo para la fabricación de las coronas.(10)

Figura 1. Diseño de coronas provisionales en Exocad.



Posteriormente a la impresión, cada una de las coronas provisionales fueron adaptadas utilizando una vulcanita de tallo largo en forma de llama, en la pieza de baja velocidad, para eliminar excesos de PLA y efectuarles adapte interno mínimo si era necesario. Las coronas provisionales fueron llevadas al microscopio compuesto de 2 lentes —disponible en la Facultad de Medicina de la Universidad Evangélica de El Salvador— para observar el desadapte marginal y por medio de la concordancia interexaminador se estableció una escala cualitativa a la percepción de dos profesionales con especialidad en rehabilitación, quienes determinaron según su experticia si las coronas provisionales poseen moderadamente adapte, desadapte o adapte completo de la corona.

Figura 2. Vista proximal de la corona impresa

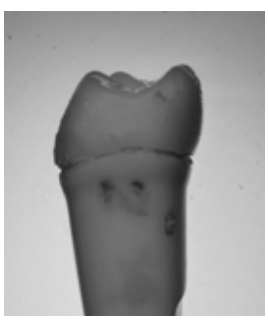
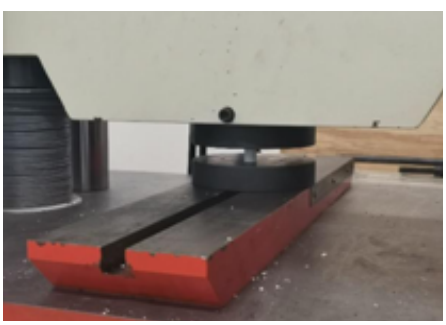


Figura 3. Prueba de compresión en probetas de PLA



El registro de la resistencia a la compresión del material se realizó en los laboratorios de pruebas de ensayos de la Universidad Don Bosco, en donde se confeccionaron 30 probetas de PLA con resolución de 0.15 mm, ancho de 15.26 mm y un espesor de 2.00 mm, las cuales fueron colocadas en la máquina universal para ensayos, equipo MCS Metrology, modelo WAW 1000D, con base en la norma ASTM A370-20, con una temperatura de 24.40 °C y a 1.50 MPa/s, las cuales determinaron la resistencia de compresión de cada probeta en la parte superior, que es donde se presentaría la mayor fuerza funcional de una pieza dental; estas medidas fueron llevadas al instrumento de recolección de datos.

Como último dato, se comparó el color de las coronas provisionales de PLA tomando como contraste el colorímetro de la guía Vita Toothguide 3D-Master. La guía dental es de máxima precisión en la determinación del color de los dientes mediante la incorporación sistemática de la cromatología moderna. El método que se siguió es sujetar la guía de colores aproximadamente a 25-30 cm de distancia de visualización junto a la corona provisional. Se recomienda, siempre que se pueda, determinar el color con luz diurna o con una lámpara que simule la luz diurna. La selección se realizó con rapidez y respetando siempre la primera decisión, ya que los ojos se fatigan a los 5-7 segundos, según lo recomienda el fabricante de la guía. Cabe mencionar que las variables tiempo y color solo se medirán en una corona, puesto que todas las coronas se tardarán el mismo tiempo en la impresión y se utilizará el mismo tono de filamento de PLA, lo cual permite que todas las coronas impresas compartan estas dos características en particular; también es pertinente destacar que una desventaja del PLA es que no cuenta con una variabilidad de colores disponibles. Una vez completada la matriz de recolección de datos, se dispuso a realizar su análisis, para lo cual se utilizó Microsoft Excel 2016 para obtener la estadística descriptiva, haciendo uso de las medidas de tendencia central y dispersión.

Limitaciones de la investigación

Durante la realización de este estudio se presentaron ciertas limitaciones, una de ellas es la falta de un escáner intraoral en el momento de la ejecución del trabajo de campo; asimismo, los recursos que posee el establecimiento son limitados para poder tener acceso a una microscopía electrónica.

Análisis de los resultados

Cada una de las coronas impresas fue adaptada y posteriormente se verificó la concordancia interexaminador entre dos especialistas del área de restaurativa con varios años de experticia para categorizar cada corona en adaptada, moderadamente adaptada y desadaptada. A continuación, se muestran los resultados de la prueba Kappa de Cohen.



Tabla 1. Resultados de concordancia.

Medidas simétricas				
	Valor	**Error estandarizado asintótico[a]**	**T aproximada[b]**	**Significación aproximada**
Medida Kappa de 30 casos válidos	0.417	0.146	2.781	0.005

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Los profesionales en el área de restaurativa obtuvieron una moderada concordancia con un valor de 0.41, según la prueba estadística Kappa de Cohen en R.

De las 30 coronas provisionales con PLA, algunas presentan un moderado desadapte, que con un pequeño ajuste interno al provisional o un rectificado de la preparación logran ser adaptadas completamente. Otras tuvieron un adapte total y otro porcentaje presentó un desadapte en más de dos superficies dentales. Es pertinente recordar que en la literatura se establece que las discrepancias marginales entre 50 y 120 µm son consideradas clínicamente aceptables con relación a la longevidad de las restauraciones.(11,12).

Al evaluar la resistencia a la compresión de las 30 probetas elaboradas con PLA —las cuales recibieron la fuerza compresiva en la parte superior, simulando la carga que se presenta en una pieza dentaria posterior y registrando el punto de deformación del material por la fuerza máxima que puede soportar—, se obtienen los siguientes datos:

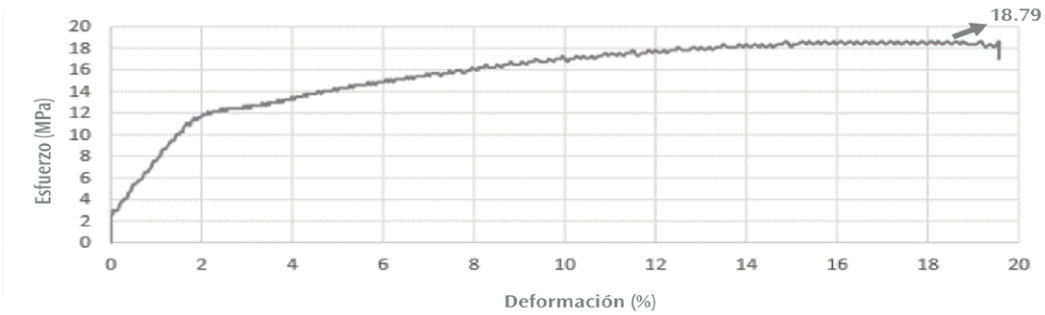
Tabla 2. Promedios de prueba de compresión del PLA.

Esfuerzo máximo (Mpa)	
Media	18
Mediana	18
Desviación estándar	1
Varianza de la muestra	1
Curtosis	2
Coeficiente de asimetría	1
Mínimo	16
Máximo	21

De las 30 probetas, la media de la fuerza máxima en Mpa fue de 18 (183.55 kgf/cm²), registrándose que la carga mínima fue de 16 Mpa (163.15 kgf/cm²) y una máxima de 21 Mpa (214.14 kgf/cm²).

A continuación, se muestra una gráfica de una de las 30 probetas, donde se representa el comportamiento que presentó la probeta de PLA obteniendo la fuerza máxima de deformación del material.

Figura 4. Gráfica de esfuerzo vs. deformación de una probeta de PLA.



En cuanto al tiempo de trabajo de las coronas provisionales confeccionadas con el biopolímero ácido poliláctico, todas tomaron un tiempo de 20 minutos en la impresora, a lo que también deben sumarse 3 minutos de escaneo y 15 minutos de diseño, dado que el programa Exocad ofrece coronas preestablecidas que solo se adaptan al diseño de la preparación.

Los aspectos estéticos dentales de las coronas provisionales impresas con PLA fueron que todas presentan un solo tono de blanco, no varían, debido a que el filamento solo dispone de un tono de blanco. Al compararlo con la guía de colores VITA SYSTEM 3D-MASTER, se obtiene que el grupo 1M es el más semejante en claridad y el 1M1 es el más cercano con la intensidad cromática, sin embargo, este sigue siendo más amarillo que el tono del filamento de PLA.

Discusión de los resultados

La evidencia científica de impresión 3D empleando ácido poliláctico en odontología es poca actualmente, pues es un material nuevo que se encuentra en estudio. La evaluación del ajuste marginal que presentan los provisionales impresos con tecnología en ácido poliláctico durante este estudio se realizó por concordancia interexaminador de dos expertos en el área de restaurativa de la Facultad de Odontología; como resultado, se obtuvo que la mayoría de las coronas provisionales fueron categorizadas como moderadamente adaptadas y muy pocas fueron las que se encontraban desadaptadas. En la literatura relacionada a esta especialidad se menciona que las discrepancias marginales entre 50 y 120 µm son clínicamente aceptables con relación a la longevidad de las restauraciones.(11,12)Actualmente no existen estudios documentados que midan la adaptación marginal de coronas provisionales fabricadas con PLA; el único estudio que se encuentra publicado es el de Canals Conde en el 2017, donde reporta un ajuste mínimo en las coronas provisionales con PLA, al observarlas en el estereoscopio, de 160.679 µm. No existen otros estudios para comparar el comportamiento del PLA en cuanto a la adaptación marginal en un provisional. Por lo tanto, se comparan los resultados con estudios de otros materiales utilizados

en la fabricación de un provisional para prótesis parcial fija.(10)

Lee et al. evaluaron el ajuste marginal de coronas provisionales fabricadas con la tecnología de fresado CAD/CAM y tecnología de impresión 3D. Los resultados mostraron que la media de discrepancia fue 171.6 µm para el grupo de fresado CAD/CAM y 91.1 µm para el grupo de impresión 3D. Concluyeron que el ajuste marginal de las coronas provisionales es más destacado mediante impresión 3D que por fresado CAD/CAM.(13)

En otro estudio de adapte marginal, Yao et al. obtuvieron como resultados que las discrepancias en los márgenes fueron superiores para las coronas provisionales de bisacrílico que para las coronas CAD/CAM. Concluyeron que los materiales provisionales CAD/CAM resultaron con mayor precisión marginal.(14)

Pineda Duarte compara en su investigación el adapte marginal de tres materiales para elaboración de provisionales en prótesis parcial fija; los resultados obtenidos mostraron que el material que tuvo un mayor desajuste marginal fue el acrílico Alike, seguido por el Cooltemp y luego el Protemp.(15)En cuanto a la resistencia a la compresión, se obtuvo en este estudio que el esfuerzo máximo en las probetas de 2 mm fue de 18 Mpa (3230 N). Adicionalmente, en un estudio sobre la caracterización de probetas de termoplástico impresas en 3D se concluyó que la orientación del objeto dentro de la cámara de impresión tiene efectos en sus propiedades mecánicas, dependiendo de las solicitaciones que se presenten.(16) En la investigación de Pino, la resina bisacrílica Protemp 4 fue la marca que exhibió mayor capacidad de deformación causada por una fuerza compresiva; este módulo elástico fue de 1582 N/mm2, por lo que, si tomamos este estudio como base, el ácido poliláctico tiene una mayor resistencia a la fuerza compresiva al tener 3230 N/mm2 en las probetas confeccionadas de 2mm. (17)Este dato es similar al generado en el estudio de Lugo Velásquez, donde fue evaluada la resistencia a compresión de las probetas ensayadas, utilizando el patrón de relleno giroide con cada uno de los porcentajes de relleno, mismo relleno que se aplicó en esta investigación, obteniendo 25.53 Mpa de resistencia a la compresión, valor cercano al obtenido en este estudio donde se registró un esfuerzo máximo de 18.76 Mpa.(18)

Scherrer et al. estudiaron la resistencia de siete materiales dentales —tres de ellos definitivos y cuatro provisionales— utilizados en prótesis parciales fijas, obteniendo valores entre 19.6 y 62.1 Mpa.(19)

La fuerza de mordida (FM) es un elemento de la función masticatoria definido como la fuerza máxima generada entre los dientes maxilares y mandibulares. La generación de la FM depende de la acción, volumen y coordinación de músculos masticatorios y de los mecanismos de la articulación temporomandibular. El rango de valores para la FM difiere entre investigaciones, algunos ejemplos son: en hombres adultos jóvenes sanos, se ha reportado un valor promedio de 727 N (74.15 kgf); en niños con dentición permanente y oclusión normal, un valor de 425 N (43.35 kgf); en mujeres jóvenes con enfermedad periodontal, un valor de 370 N (37.74 kgf); en

adultos mayores con dentaduras parciales removibles o dentaduras totales, un valor de 181 N (18.46 kgf).(20-22)

La diferencia de los valores se debe a factores relacionados con características individuales de cada sujeto. Durante este estudio se encontró que el PLA resistió a fuerzas compresivas de 329.37 kgf (3230 N), lo que supera la fuerza de mordida de un ser humano, convirtiéndolo en un material resistente a las fuerzas oclusales. En cuanto al registro del tiempo y color, no existen estudios que evalúen estas variables. Cabe destacar que, durante este estudio, el tiempo que tomó la impresión 3D de la corona provisional fue de 20 minutos en todas las coronas y el color del filamento no tuvo variaciones, lo cual se considera como una desventaja en la poca gama de tonos disponibles de los filamentos de PLA.

CONCLUSIONES

Se concluye que el uso in vitro de una corona provisional confeccionada con tecnología 3D en ácido poliláctico (PLA) es factible y dado a la practicidad para la reproducción de la anatomía dental y adapte de la misma.

También se concluye que el adapte marginal in vitro de las coronas confeccionadas mediante la impresión 3D con el biopolímero PLA es moderado, según la concordancia interexaminador de expertos, en los límites considerados clínicamente aceptables, donde realizando un adapte interno al provisional o un rectificado de la preparación dental se consigue un mayor adapte marginal. Los profesionales del área restaurativa concordaron con un valor de 0.41, que es una concordancia moderada según la prueba estadística Kappa de Cohen en R.

En cuanto a la resistencia a la compresión de las probetas de 2 mm de PLA, se obtuvo una media de 18 Mpa.

El tiempo de trabajo de las coronas provisionales impresas en ácido poliláctico es de alrededor de 20 minutos desde la disposición de la primera capa con el método de modelado por deposición fundida.

Se concluye que el color de las coronas provisionales impresas con PLA son similares al tono 1M1 de la guía VITA SYSTEM 3D-MASTER y es más cercano al tono OM1 de la extensión de la guía VITA BLEACHED SHADE GUIDE. Asimismo, se concluye que el uso de un escáner extraoral o intraoral es primordial para el inicio del flujo digital en odontología y desde esa tecnología poder diseñar una restauración con las características propias de la preparación, reproduciendo una impresión tridimensional con características anatómicas estéticas y funcionales en odontología.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que, para futuras investigaciones similares a esta, se considere el uso de un escáner intraoral como parte del inicio en el flujo digital.

Asimismo, se sugiere realizar más investigaciones in vitro para registrar científicamente el comportamiento del PLA en odontología, inda-

gando más en pruebas físicas, térmicas y ópticas, para continuar posteriormente con una segunda fase de experimentación en pacientes.

En cuanto a determinar el adapte marginal de forma más exacta en futuras investigaciones, se sugiere medirlo mediante estereoscopía u otro aparato que permita cuantificar el adapte marginal.

Se recomienda a la Universidad Evangélica de El Salvador, a través de la Facultad de Odontología, invertir en el flujo digital para optimizar el trabajo clínico de los estudiantes, pues de esta forma se les permite adquirir competencias nuevas a nivel internacional.

Se sugiere que un 80 % de los docentes de la Facultad de Odontología sean capacitados en el flujo digital desde el escáner, diseño e impresión digital.

Finalmente, se recomienda realizar más investigaciones con el uso del PLA en odontología, porque al ser un polímero biodegradable es un material amigable con el medio ambiente, al contrario de otros materiales utilizados en odontología.

Conflictos de intereses

La investigación actual se descarga de cualquier responsabilidad y es libre de conflictos de intereses; el estudio no fue financiado por ninguna entidad comercial, más que por la casa de estudios universitarios.

Referencias bibliográficas

1. De la Garza Camargo O, Gutiérrez Cantú F, Romo Ramírez GF. ¿Qué son los provisionales dentales y cómo utilizarlos? Universitarios Potosinos [Internet]. 2018 [citado 2021 Jul 13];14(220):28-31. Disponible en: https://issuu.com/universitarios-potosinos-uaslp/docs/universitarios_potosinos_220

2. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. J Appl Oral Sci [Internet]. 2016 May-Jun [citado 2021 May 3];24(3):258-63. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5022219/

3. Jorquera, G; Schlesinger, N; Araya T. Guía de procedimientos preclínicos - Secuencia Clínica de técnicas de provisorio [Internet]. 3.ª ed. Santiago (CL): Facultad de Odontología, Universidad de los Andes; 2017 Ago. 32 p. Disponible en: https://www.uandes.cl/images/biblioteca/2017/Odo/Tecnicas%20para%20provisorio%20.pdf

4. Christiani JJ, Devecchi JR. Materiales para Prótesis Provisionales. Actas Odontológicas [Internet]. 2017 Jul [citado 2021 May 04]; XIV(1):28-32. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/pdf/ao/v14n1/2393-6304-ao-14-01-00028.pdf

5. Khorsandi D, Fahimipour A, Abasian P, Saber SS, Seyedi M, Ghanavati S, et al. 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. Acta Biomater [Internet]. 2021 Mar 1 [citado 2021 May 7];122:26-49. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.12.044

6. Levy GN, Schindel R, Kruth JP. Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives. CIRP Annals [Internet]. 2003 [citado 2021 Jul 4];52(2):589-609. Disponible en: https://www.cirp.net/images/cirp-fichiers/annals/2003/2003-52-2-0589-E.pdf

7. Serna Cock L, Rodríguez de Stouvenel A, Albán Achinte F. Ácido poliláctico (PLA): propiedades y aplicaciones. Ingeniería y Competitividad [Internet]. 2003 Ene 4 [citado 2021 Jul 4];5(1):16-26. Disponible en: https://doi.org/10.25100/iyc.v5i1.2301

8. Hernández Silva ML, Guzmán Martínez B. Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. Publicaciones e Investigación [Internet]. 2009 Ago 14 [citado 2021 Jul 4];3(1):103-29. Disponible en: https://doi.org/10.22490/25394088.572

9. Ulloa Matus P, Poblete Gómez D. Análisis de impresoras 3D. Guía para realizar una correcta elección para el uso clínico odontológico [tesis para optar al postítulo de Especialidad en Rehabilitación Oral]. Concepción (CL): Universidad del Desarrollo; 2018. 53 p. Disponible en: http://hdl.handle.net/11447/2778

10. Canals Conde S. Estudio "in vitro" de coronas provisionales de ácido poliláctico (PLA) confeccionadas mediante impresoras 3D [trabajo final para optar al título de Máster en Ciencias Odontológicas]. Madrid (ES): Universidad Complutense de Madrid; 2017. 74 p. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14352/19857

11. Molin MK, Karlsson SL, Kristiansen MS. Influence of film thickness on joint bend strength of a ceramic/resin composite joint. Dent Mater [Internet]. 1996 Jul [citado 2022 Oct 22];12(4):245-9. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0109-5641(96)80030-3

12. Romeo Rubio M. Estudio comparativo de ajustes en prótesis fija cerámica entre sistemas CAD-CAM e inyectado [memoria para optar al grado de doctor]. Madrid (ES): Universidad Complutense de Madrid; 2010. 402 p. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14352/47288

13. Lee W-S, Lee D-H, Lee K-B. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D printing system. J Adv Prosthodont [Internet]. 2017 Ago [citado el 23 de octubre de 2022];9(4):265-70. Disponible en: https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.4.265

14. Yao J, Li J, Wang Y, Huang H. Comparison of the flexural strength and marginal accuracy of traditional and CAD/CAM interim materials before and after thermal cycling. J Prosthet Dent [Internet]. 2014 Sep [citado 2021 Jul 15];112(3):649-57. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.01.012

15. Pineda Duarte SJ. Comparación de la adaptación marginal de tres materiales para elaboración de provisionales en prótesis parcial fija [tesis para optar al título de cirujano dentista]. Guatemala (GT): Universidad de San Carlos de Guatemala; 2019. 45 p. Disponible en: http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/12219

16. Vukasović Herrero TV. Caracterización de probetas de termoplástico fabricadas mediante impresión 3d [tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería]. Santiago de Chile (CL): Pontificia Universidad Católica de Chile; 2018. 125 p. Disponible en: https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/22395

17. Pino Arévalo FA. Estudio comparativo in vitro de resinas acrílicas de uso en prótesis fija provisional [tesis para obtener el título de Especialista en Rehabilitación Oral]. Bucaramanga (CO): Universidad Santo Tomás; 2015. 53 p. Disponible en: https://hdl.handle.net/11634/1772

18. Lugo Velázquez G. Resistencia a compresión de probetas fabricadas en PLA con distinto relleno [tesis de grado en Ingeniería Mecánica]. San Cristóbal de La Laguna (ES): Universidad de La Laguna; 2022. 145 p. Disponible en: https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/26853

19. Scherrer SS, Wiskott AH, Coto-Hunziker V, Belser UC. Monotonic flexure and fatigue strength of composites for provisional and definitive restorations. J Prosthet Dent [Internet]. 2003 Jun [citado 2022 Oct 25];89(6):579-88. Disponible en: https://doi.org/10.1016/s0022-3913(03)00174-4

20. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. Association between masticatory performance and maximal oclusal force in young men. J Oral Rehabil [Internet]. 2003 Mar [citado 2022 Oct 25];30(3):278-82. Disponible en: https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01009.x

21. Takeuchi N, Ekuni D, Yamamoto T, Morita M. Relationship between the prognosis of periodontitis and oclusal force during maintenance phase--a cohort study. J Periodontal Res [Internet]. 2010 Oct [citado 2022 Oct 25];45(5):612-7. Disponible en: https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.2010.01273.x

22. Alfaro Moctezuma PE, Ángeles Medina F, Osorno Escareño MC, Núñez Martínez JM, Romero Esquiliano G. Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte I. Rev ADM (1979) [Internet]. 2012 Mar-Abr [citado 2022 Oct 25];LXIX(2):53-7. Disponible en: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/contenido.cgi?IDPUBLICACION=3746