



**Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Odontología**

**Centro de Investigación y Estudios Avanzados en
Odontología “Dr. Keisaburo Miyata”**

PROYECTO TERMINAL

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESCEMENTADO
UTILIZANDO TRES SISTEMAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN EN
APARATOLOGÍA ESTÉTICA FIJA EN ORTODONCIA. ESTUDIO
IN VITRO**

**Para obtener el Diploma de
Especialista en Ortodoncia**

Presenta:

C.D. Marlon Alexis García Mendieta

Director:

M. en A.P. Ana Miriam Santillán Reyes

Tutor (es):

Dr. en O. Rogelio José Scougall Vilchis

M. en .C.O. Miguel Felipe García Blanquel



2022-2026

Toluca, Estado de México Mayo 2024

ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
1. ANTECEDENTES	5
1.2 RESINAS COMPUESTAS	5
1.3 ADHESIÓN	6
1.3.1 Adhesivos convencionales	8
1.3.2 Adhesivos autograbantes	9
1.4 BRACKETS	9
1.4.1 Brackets metálicos	10
1.4.2 Brackets estéticos	10
1.4.3 Influencia en el diseño de la base del bracket	10
1.5 ESMALTE	11
1.5.1 Composición del Esmalte	11
1.5.2 Tratamiento del esmalte posterior al Debonding	11
1.6 FOTOPOLIMERIZACIÓN	12
1.6.1 Tipos de sistemas de fotopolimerización:	13
1.7 ADHESIVE REMNANT INDEX (ARI)	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. HIPÓTESIS	20
HIPÓTESIS DE TRABAJO	20
HIPÓTESIS NULA	20
5. OBJETIVOS	21
OBJETIVO GENERAL:	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	21
6. MATERIAL Y MÉTODOS	22
6.1 DISEÑO DEL ESTUDIO.	22
6.2 UNIVERSO DE ESTUDIO.	22
6.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO	22
6.4 MUESTRA.	23
6.5 VARIABLES DEL ESTUDIO.	23
6.6 PROCEDIMIENTO.	25
6.7 MATERIAL.	30
6.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
6.9 CONSIDERACIONES BIOÉTICAS.	35
7. RESULTADOS	37
8. DISCUSIÓN	39
9. CONCLUSIONES	40
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
11. ANEXOS	45

Resumen

Introducción: Gracias a la implementación de un protocolo adhesivo en ortodoncia es que se realizan tratamientos con brackets fijos a la superficie del esmalte dental, sustituyendo algunas técnicas un poco más invasivas. En la década de 1970, se comenzó el desarrollo de las resinas compuestas para ortodoncia y las lámparas de fotopolimerización. La fotopolimerización es un proceso físico en el que un material se endurece por consecuencia de la activación de sus componentes (fotoiniciadores) por una fuente de luz. Este proceso influye en las propiedades finales de las resinas compuestas adhesivas así como la lámpara utilizada.

Objetivo: Evaluar la efectividad en la polimerización y resistencia al descementado de tres sistemas distintos de fotopolimerización en ortodoncia.

Metodología: En este estudio, se realizó la adhesión directa de 60 brackets estéticos cerámicos a premolares extraídos por motivos ortodóncicos, utilizando resina compuesta Transbond XT 3M y tres lámparas de fotopolimerización distintas con el mismo protocolo de adhesión. Se midió la resistencia al descementado de cada uno de los brackets divididos en tres grupos de acuerdo con las lámparas, con una máquina electromecánica de pruebas universales Shimadzu (Kioto Japón, Shimadzu Autograph AGS-X). **Resultados:** Se obtuvo como resultado que el grupo 3 Ortholux 3M (Sheefeld Alemania, 3M ESPE) obtuvo los valores promedio más altos de resistencia al desprendimiento (33.56 MPa), seguido del grupo 1 Valo Grand (Utah EE.UU. Ultradent Products Inc.) (28.92 MPa) y los valores más bajos los obtuvo el grupo 2 Woodpecker (Guilin China, Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.) (25.03 MPa). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia al descementado con estos tres sistemas de fotopolimerización.

Conclusiones: En este estudio, se encontró una excelente resistencia al descementado de los tres sistemas de fotopolimerización utilizados, con valores similares de resistencia medidos en megapascales. El grupo 2 Woodpecker muestra una menor resistencia al desprendimiento, y por lo tanto es el sistema que más se sugiere utilizar con este tipo de brackets para evitar daños o cambios al esmalte.

INTRODUCCIÓN

La adhesión de biomateriales a la estructura dental es uno de los hallazgos con mayor impacto en odontología y ortodoncia, ya que gracias a este descubrimiento se han logrado grandes avances en protocolos adhesivos de las diferentes áreas odontológicas y específicamente en el cementado de aparatología fija en ortodoncia. El protocolo de adhesión resulta de suma importancia en el éxito del tratamiento ortodóncico, pues es responsable de la transmisión de fuerzas al diente y a las estructuras periodontales circundantes. ¹

En el año 1955, el Dr. Michael G. Buonocore comenzó el desarrollo e implementación de la técnica de grabado con ácido ortofosfórico sobre el esmalte dental, comenzando así la era de la odontología adhesiva. ²

Gracias a la implementación de un protocolo adhesivo en ortodoncia es que se realizan tratamientos con brackets fijos a la superficie del esmalte dental, sustituyendo de esta forma a los tratamientos ortodóncicos invasivos previamente realizados, por ejemplo, con la técnica multibandas.

1. ANTECEDENTES

1.2 RESINAS COMPUESTAS

Las resinas compuestas, son materiales biocompatibles que se usan en odontología con distintos fines clínicos como aplicación de restauraciones directas, cementación de restauraciones indirectas, así como la cementación de brackets y aditamentos en ortodoncia.³

Estos materiales presentan distintas características físicas como resistencia a la flexión y el modulo elástico; y químicas como citotoxicidad o biocompatibilidad. Esta última, le da la capacidad de relacionarse en armonía con el ambiente microbiológico de la cavidad bucal y se puede medir mediante pruebas de citotoxicidad.³

Las resinas compuestas requieren de un proceso de endurecimiento, para lograr estabilidad después de su manipulación y /o colocación, esto se logra a través de un proceso llamado polimerización, en el cual, la resina pasa de un estado monomérico a uno polimérico a través de diferentes fases. Este proceso, se realiza mediante la activación por luz, siendo necesarias las unidades o lámparas de fotopolimerización con intensidad y longitud de onda específicas para dicho propósito. Este efecto es necesario para materiales que utilicen como foto iniciador la Canforoquinona.³

Las resinas compuestas se pueden clasificar de acuerdo con su orden de aparición, hasta hoy existen seis generaciones:

- *Primera generación:* fase orgánica de Bis-GMA y refuerzo de partículas en esferas o prismas de vidrio, con un tamaño de 8-10 μm .
- *Segunda generación:* resinas de micropartícula de 0.05 a 0.1 μm y son de diversas formas.
- *Tercera generación:* híbridas, con diferentes tamaños de partículas, mejorando la textura superficial y el pulido.

- *Cuarta generación:* resinas compuestas, refuerzo inorgánico con base de vidrios cerámicos y metálicos.
- *Quinta generación:* resinas compuestas para restauraciones posteriores que pueden ser utilizadas en forma indirecta.
- *Sexta generación:* sistemas contemporáneos, resinas compuestas microhíbridas. ²

La resina compuesta ideal para adhesión en ortodoncia es aquella que al remover el bracket terminado el tratamiento, remueva también de manera total el adhesivo remanente, causando nulos o mínimos cambios en la superficie del esmalte. ⁴

1.3 ADHESIÓN

Los inicios de la adhesión a esmalte dental datan del año 1955, cuando el Dr. Michel G. Buonocore introduce el grabado con ácido ortofosfórico al 85%, encontrando que este grabado aumentaba la capacidad de retención micromecánica de las resinas compuestas al tejido dental. Comenzando en ese momento, la era de la odontología adhesiva. ^{1,5}

El objetivo del grabado con ácido ortofosfórico es crear micro perforaciones o micro retenciones en esmalte y dentina, para realizar una retención micromecánica. Este principio, se basa en la creación de espacios en forma de prolongaciones para la entrada de Tags de adhesivo, logrando así la retención a nivel microscópico. ⁶

El efecto principal que tiene el grabado con ácido ortofosfórico en el esmalte, es transformar la superficie con una baja energía superficial a una superficie o área con elevada energía superficial.

Una vez realizado este cambio en la superficie del esmalte, posteriormente, se realiza la humectación de la misma con un monómero resinoso o adhesivo, generalmente hidrófilo, comunmente llamado primer, que queda retenido en las micro perforaciones, lo cual posibilita la retención micromecánica de la resina en el esmalte. ^{5,6}

La adhesión de las resinas compuestas y adhesivos al esmalte dental se puede considerar actualmente una forma de ingeniería de tejidos, que consiste en modificar la forma estructural de dicha superficie para incorporar las resinas compuestas y adhesivos, creando un área mixta diente-resina llamada capa híbrida.⁷



Figura 1. Gota de un líquido sobre una superficie húmeda y una superficie seca. Tomado de: Macchi, Ricardo, Materiales dentales 3ª edición, 2007, editorial Medica panamericana, Buenos Aires. p: 38 – 42.

Las fuerzas de adhesión se refieren a aquellas fuerzas que unen moléculas de sustancias diferentes. Las interacciones moleculares resultantes en esta unión pueden ser de distintos tipos y se basan en el intercambio de los electrones de las últimas capas de los átomos. Estas uniones son de tipo mecánico.²

En 1962 el Dr. Ray L. Bowen, implementó el desarrollo de las nuevas resinas compuestas, añadiendo la matriz de metacrilato de glicidilo de bisfenol-A (Bis-GMA) y aglutinante o silano entre la matriz de resina y las partículas de relleno.^{8,9}

La adhesión directa en ortodoncia fue introducida por el Dr. Newman en 1965, utilizando resina epóxica para adherir brackets de plástico.^{6,8}

Los resultados favorables del tratamiento correctivo de ortodoncia dependen en gran medida del grado de efectividad con que el bracket es adherido al esmalte dental.¹⁰

La adhesión directa efectiva de brackets a esmalte dental depende de algunas características como son: el sistema de fotopolimerización, condiciones de la superficie del esmalte, tiempo de grabado, tipo de adhesivo, forma de la base, diseño y material del bracket. ⁸

Esta nueva etapa de la odontología adhesiva trajo consigo muchos beneficios, como estética, funcionalidad y mimética. Posteriormente a la técnica de grabado del Dr. Buonocore, existieron aportaciones como la de Fusayama en 1979, grabando la dentina de forma similar que el esmalte, eliminando el lodo dentinario y formando una capa híbrida, siendo dominada técnica de gradado total. ¹¹

El realizar un protocolo adhesivo para la colocación de aparatos fijos de ortodoncia de forma directa sobre el esmalte, aporta ventajas como: mayor comodidad, simplicidad, mejor control de movimientos, tratamiento más estético y agradable, mayor limpieza, entre otros. ⁴

1.3.1 Adhesivos convencionales

Son aquellos sistemas que emplean la técnica de grabado ácido para acondicionar la superficie del esmalte previo a la colocación de brackets o aditamentos. ⁸

El protocolo adhesivo para la colocación de brackets con sistemas adhesivos convencionales comprende los siguientes pasos:

1. Lavado y secado de la superficie dental.
2. Aplicación de ácido ortofosfórico al 37% por 15 segundos.
3. Lavado y secado.
4. Aplicación de primer hidrofílico como intermediario con el adhesivo.
5. Colocación del bracket con resina compuesta. ¹²

1.3.2 Adhesivos autograbantes

Los sistemas adhesivos autograbantes (Self-Etch Primers, SEP's) son aquellos que no requieren la previa aplicación de ácido grabador, sino que en una misma aplicación se incluyen ambos componentes, ácido y primer adhesivo, resultando en un menor tiempo individual por cada bracket y en consecuencia menor tiempo total del protocolo adhesivo. ¹²

Kerayechian et al. mencionan que el uso de SEP's resulta ser 24-26 segundos más rápido por cada bracket que los sistemas adhesivos convencionales. ¹²

Sin embargo, los sistemas SEP's requieren en todos los casos, previo uso de piedra pómez como profilaxis, en contraste, los sistemas convencionales no requieren necesariamente este paso, pues no hay una diferencia significativa en realizar o no la limpieza con piedra pómez. ^{2,12}

El uso de los sistemas autograbantes comprende los siguientes pasos:

1. Profilaxis con piedra pómez
2. Aplicación del sistema adhesivo autograbante frotando directamente por 3-5 segundos
3. Adelgazar la película del material con aire libre de contaminantes.
4. Colocación del bracket con resina compuesta. ²

1.4 BRACKETS

Los brackets son dispositivos que pueden ser fabricados en distintos materiales y son adheridos directamente a la superficie dental. Estos dispositivos se encargan de transmitir las fuerzas ejercidas por el arco hacia los dientes y tejidos periodontales, corrigiendo así las maloclusiones y malposiciones dentales. ¹³

Los dispositivos ortodóncicos proveen una unión directa entre el arco de alambre y los órganos dentarios, optimizando de manera selectiva la fuerza específica, precisa y controlada, provocando el movimiento en los tres sentidos del espacio a través de los tejidos periodontales. ¹⁴

1.4.1 Brackets metálicos

Este tipo de brackets han sido usados durante muchos años hasta la actualidad con buenos resultados clínicos y son fabricados en distintas aleaciones, la más común de ellas acero inoxidable, estos son ampliamente aceptados por los pacientes. ²

1.4.2 Brackets estéticos

Existe una pequeña variedad de brackets de materiales llamados estéticos. En estos encontramos principalmente los brackets cerámicos, que fueron introducidos por la demanda de tratamientos más discretos. ¹⁵

La estructura molecular de las cerámicas está formada por metales y no metales como óxidos, nitruros y silicatos, formando una amalgama muy estable y resistente con fuerzas de unión interatómica primaria de tipo iónica y covalente. ¹⁶

Presentan en su estructura atómica principal, el óxido de aluminio. Este material otorga resistencia a la tracción, resistencia a la fractura, dureza y como desventaja, mayor fricción. ¹⁷

1.4.3 Influencia en el diseño de la base del bracket

Para lograr una mejor adhesión de la resina con el diente, se probaron múltiples componentes y características de los adhesivos; así como materiales de fabricación y formas de la base del bracket. ¹⁸

Las bases de los brackets fueron modificadas con el paso del tiempo, incorporando anatomía para su mejor adaptación a la cara vestibular correspondiente de cada diente, además, se modificó la estructura de su base, incorporando perforaciones, mallas, surcos, esferas y diferentes partículas de distintos materiales para mejorar la retención con el material adhesivo. ¹⁸

Distintos estudios y autores mencionan que las características microscópicas de la base del bracket juegan un papel importante en la retención mecánica del adhesivo en el bracket, sobre todo en los de tipo malla, y por lo tanto en la unión diente-resina-bracket. ¹⁸

Las características importantes que influyen en el resultado final y elección de la base comprenden: la composición de la malla, el tipo de alambre liso o rugoso para la conformación de esta, el tamaño de la malla, integridad de la superficie del esmalte, procedimiento y sistema adhesivo utilizado. ¹⁸

1.5 ESMALTE

1.5.1 Composición del Esmalte

El esmalte dental, es un tejido derivado del ectodermo que cubre a la dentina en su porción coronaria, protegiendo el complejo dentino pulpar. Estructuralmente, está conformado por prismas mineralizados que van de la unión amelo dentinaria a la superficie externa que se encuentra en contacto con la saliva y el medio bucal. ²

Una de las características importantes de este tejido y que influye directamente sobre los fines adhesivos es la escasa permeabilidad de su superficie, de ahí que se requiera un protocolo de formación de micro retenciones a través del grabado ácido. Generalmente de color blanco amarillento o grisáceo debido a la dentina que lo soporta. ²

Su composición consta de una matriz orgánica (1-2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5%). ²

1.5.2 Tratamiento del esmalte posterior al Debonding

Posteriormente al realizar el debonding o descementado de los brackets, la superficie del esmalte puede ser pulida para eliminar restos de adhesivo y resina. Algunos estudios recientes sugieren que aditamentos como DU10CA-Ortho (Dhpro) y Sof-lex Pop- On (3M ESPE) proveen el mejor pulido de esta superficie. ⁴

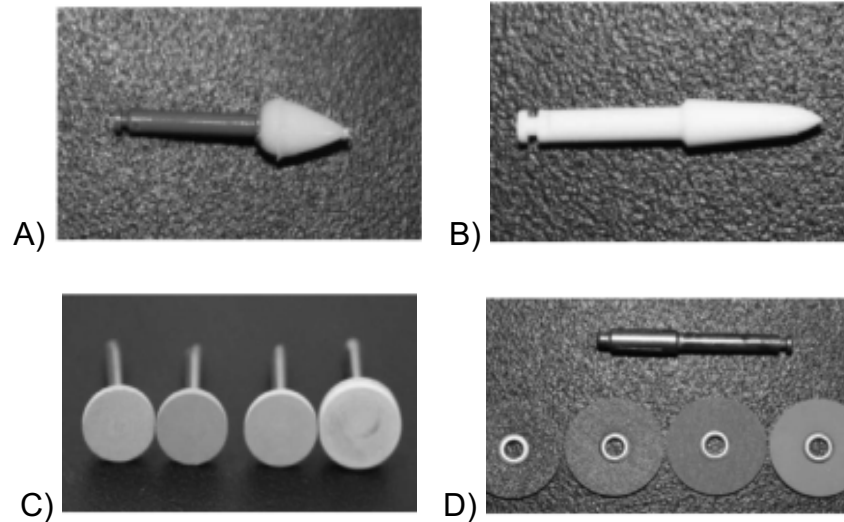


Figura 2. Materiales usados para remover adhesivo remanente de la superficie de esmalte. A) Enchance Densply. B) Fiberglass TDV. C) DU10CA- Ortho Dhpro. D) Sof-Lex Pop-On 3M ESPE. ⁴

Todos los métodos para remover la resina residual producen, en cierto grado, cambios indeseables en la superficie dental como ranuras, grietas, depresiones, y pérdida de esmalte. ⁴

1.6 FOTOPOLIMERIZACIÓN

En la década de 1970, se comenzó el desarrollo de las resinas compuestas y las lámparas de fotopolimerización. ⁹

La fotopolimerización es un proceso físico químico en el que un material se endurece por consecuencia de la activación de sus componentes (foto iniciadores) por una fuente de luz. Es la conversión de monómeros a polímeros por activación de foto iniciadores por la exposición de luz con longitudes de onda compatibles. ^{9,10}

El proceso de fotopolimerización de las resinas compuestas para la adhesión directa o indirecta de brackets y aditamentos en ortodoncia requiere de una fuente o unidad de luz, que puede ser halógena, de arco de plasma, láser de Argón o LED cuya longitud de onda, debe ser entre 360 y 520 nanómetros (nm). ^{3,9}

Los dos factores más importantes a considerar de un sistema de fotopolimerización son su Longitud de onda (λ), es decir, la distancia entre las crestas de cada onda emitida por la fuente de luz; que normalmente es medida en nanómetros (nm) y su Intensidad o emitancia radiante medida en mili Watts de potencia por centímetro cuadrado (mW/cm^2) y esta se refiere al flujo de energía emitido por una superficie.

19

1.6.1 Tipos de sistemas de fotopolimerización:

- Halógena convencional
- Arco de plasma
- Láser de Argón
- LED (diodos emisores de luz) ²

La relación existente entre la longitud de onda y la unidad de luz o sistema fotoiniciador juega un papel fundamental en el proceso de adhesión bracket-esmalte. ³

En 1995, Mill reportó por primera vez el uso de la luz led como sistema de fotopolimerización en odontología. ^{9,10}

Cuando se comenzaron a utilizar, se trataba sólo de lámparas que emitían luz ultravioleta no visible y rápidamente se sustituyeron por sistemas de luz azul como los conocemos actualmente. El objetivo de su uso en ortodoncia es lograr una reacción de endurecimiento por reacción de polimerización de las resinas compuestas. ²⁰

Las lámparas de luz led han evolucionado desde los años 90's teniendo diferentes diseños, ergonomía, longevidad y estándares de calidad. La fotopolimerización o endurecimiento de las resinas compuestas, inicia rápidamente después de la irradiación de luz y continua aun después de su emisión. Es así que el proceso de fotopolimerización abarca dos fases: ¹⁰

- Fase Lumínica
- Fase Oscura

Davidson y Feilzer, mencionan tres etapas de la fase lumínica: pregel, punto gel y etapa posgel. La fase inicial (pregel) inicia la fotopolimerización con la activación de la fuente de luz, en la segunda fase (punto gel) se forman las macromoléculas que dan origen a un estado sólido y en la tercera fase (posgel) la resina se encuentra en un estado elástico rígido y se lleva a cabo su contracción final. ^{9,10}

Después de llevar a cabo la fase lumínica de la fotopolimerización, se lleva a cabo la fase oscura, en la que la resina completa su endurecimiento. La fase oscura comienza tan pronto la luz se apaga, se retira y continua 24 horas después. ¹⁰

Algunos factores que pueden afectar la profundidad o calidad de la fotopolimerización son:

- La fuente de luz (intensidad y frecuencia)
- La interposición de la resina
- Tiempo de exposición de la luz ¹⁰

En la práctica ortodóncica, se ha demostrado que los valores ideales para soportar fuerzas biomecánicas van de los 6 a los 8 MPa. Una fuerza mayor de 14 MPa podría causar daños, fracturas o cambios en el esmalte. ²

1.6.1.1 Lámparas Halógenas de Cuarzo de Tungsteno (QTH)

Consta de un sistema incandescente con un filamento de tungsteno en un gas inerte con una cantidad pequeña de halógeno. El filamento de Tungsteno es calentado a 2.727 °C creando una luz infrarroja y visible que será absorbida por la resina compuesta. ²¹

Estos sistemas cuentan con un ventilador de refrigeración. La luz se filtra aproximadamente de 390-500 nm, con una intensidad de 400 a 800 mw/cm ² energía suficiente para polimerizar todos los materiales a base de resina compuesta disponibles en ese momento, sin embargo, la gran desventaja de estos sistemas es que la bombilla tiene una vida útil corta y necesita reemplazarse. ¹⁰

Otra de sus desventajas es que el filtro puede acumular polvo alterando las longitudes de onda emitidas y por consecuencia, provee rayos UV dañinos, además este sistema posee puntas estrechas con haz de luz angosto. ²¹

1.6.1.2 Lámparas de Arco de Plasma

Estas lámparas funcionan con una bombilla de óxido de aluminio de alta presión, con un gas xenón presurizado debajo de los 150 psi. Contiene dos electrodos y un arco de 1 mm de longitud aproximadamente creando un haz de luz muy concentrado, que se refleja en la lámpara. Las bombillas son costosas y no pueden polimerizar todos los fotoiniciadores. ²¹

Tienen una longitud e onda de 460 a 480 nm y una intensidad de 2400 mw/cm ². ¹⁰

1.6.1.3 Lámparas de Laser de Argón

Este tipo de sistemas funcionan generando luz y aplicando la energía a un átomo, elevando un electrón a un nivel de energía más alto e inestable. El electrón retorna al nivel estable generando luz en un medio de gas argón. Sus puntas guía son pequeñas, por lo que en ocasiones se activa varias veces. Si se pretende realizar una polimerización rápida puede generar una alta temperatura y por consecuencia una contracción considerable de las resinas. No polimerizan todos los materiales y son costosas. ²¹

Cuentan con una longitud de onda de 476.5 a 480 nm y una intensidad de 800 mW/cm ². ¹⁰

1.6.1.4 Lámparas de Polimerización LED (Diodo Emisor de Luz)

Este tipo de sistemas, han tenido una gran evolución y actualmente son las más usadas. La primera generación tenía una emisión estrecha activando canforoquinonas pero no otros fotoiniciadores.¹⁰

Las de la primera generación, incorporadas en el año 1999, no tenían suficiente emitancia radiante ($100\text{-}280\text{ mW/cm}^2$) y requerían elevado tiempo de polimerización (60 segundos).^{10,19, 21}

Las de segunda generación, incorporadas en el año 2002, tienen un mayor poder de emisión, de hasta 1000 mW/cm^2 con un diodo con espectro de emisión estrecho con la desventaja de aumento en la temperatura durante su uso.^{19,21}

Las lámparas actuales, de tercera generación disponibles desde el año 2004, también llamadas Polywave, son de amplio espectro de energía en el espectro de absorción de la Canforoquinona, Lucerina TPO y Fenilpropanodiona, fotocurando todos los materiales a base de resina, siendo estas lo último en tecnología en la práctica clínica.^{10,21}

Actualmente, pueden llegar a utilizar una intensidad de 3200 mW/cm^2 y su longitud de onda es mayor gracias a la ubicación estratégica de los chips y luz led que emiten estos, de hasta 515 nm .¹⁰

El proceso de fotopolimerización es fundamental en el protocolo adhesivo, pues influye en las propiedades finales de las resinas compuestas adhesivas.⁹

1.7 Adhesive Remnant Index (ARI)

Artun J. y Bergland S. proponen en 1984 el Adhesive Remnant Index ó Índice de Adhesivo Remanente (ARI) para evaluar la cantidad de adhesivo remanente en la superficie del esmalte posterior al debonding.^{2, 22}

El índice ARI resulta importante para el ortodoncista, ya que debe conocer cual de los adhesivos o resinas compuestas disponibles presenta menor alteración en el esmalte posterior al retiro de brackets y aditamentos de ortodoncia.

Posterior al descementado de brackets, se puede medir el índice de adhesivo remanente con la siguiente escala:

- 0: Indica ausencia de remanente de adhesivo en la superficie del esmalte.
- 1: Indica menos del 50% de adhesivo remanente en la superficie del esmalte.
- 2: Indica más del 50% de adhesivo remanente en la superficie del esmalte.
- 3: Indica el adhesivo remanente completo en la superficie del esmalte con una impresión de la base del bracket en la resina remanente.²³

Actualmente el ARI es un factor importante para considerar la elección de un sistema adhesivo en ortodoncia.²²

Podemos considerar el uso de adhesivos liberadores de flúor, sin embargo, algunos estudios, Sinha et al, 1997 demostraron que dos de estos sistemas adhesivos mostraron índices ARI significativamente más bajos que otros sistemas adhesivos convencionales.¹

Es importante mencionar que el Índice ARI, según algunos estudios, también considera el tipo de material de la base del bracket. Sherma et al. mencionan en su estudio que el bracket con menor índice ARI es el bracket cerámico adherido con primer, seguido de brackets metálicos adheridos con primer, después los brackets cerámicos sin primer y por ultimo los brackets metálicos sin primer o adhesivo.⁶

Existe controversia por ortodoncistas e investigadores, puesto que algunos de ellos prefieren índices ARI entre 2 y 3, ya que se aseguran de retirar efectivamente los restos de adhesivo posterior al debonding y algunos más prefieren el índice 0 como indicativo que no han quedado restos de adhesivo y por tanto no se ha modificado la superficie del esmalte, sin embargo, se ha comprobado que si existe una modificación a nivel microscópico.²

Algunos estudios realizados in vitro, sugieren que a mayor valor de resistencia al descementado, mayor cantidad de adhesivo residual en la superficie con valores de ARI de hasta 3.²

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fotopolimerización es un proceso físico que se utiliza en el área clínica en odontología y ortodoncia para lograr el endurecimiento de materiales a base de resina compuesta. Este proceso se utiliza para que el clínico realice procedimientos con múltiples propósitos; preventivos, restaurativos y en el área de ortodoncia la adhesión directa e indirecta de dispositivos o aparatología específica para realizar movimientos dentarios a través de la aplicación de distintos tipos de fuerza.

La necesidad de realizar procedimientos seguros y efectivos en el área clínica resulta imprescindible. De la misma manera, el ortodoncista requiere un protocolo de adhesión que le proporcione un alto grado de efectividad para asegurar los objetivos de tratamiento.

Para lograr una adhesión ideal, influyen múltiples factores, como son: el material y diseño del bracket, la forma de su base o malla, la resina compuesta, el tipo de adhesivo, el tiempo de grabado, la superficie libre de humedad, la longitud de onda e intensidad del sistema de fotopolimerización, entre otros. Este último es un factor determinante, pues el ortodoncista debe utilizar como herramienta una lámpara o sistema con la suficiente longitud de onda e intensidad para endurecer la resina, de acuerdo con el objetivo de lograr una adhesión firme y confiable para la transmisión de fuerzas ortodóncicas evitando el desprendimiento del bracket.

En el mercado, se encuentran variedad de diseños, tipos, material de fabricación, y costos de las que el clínico puede hacer elección.

Sin embargo, no siempre se le da la atención necesaria a las características del sistema de fotopolimerización, lo cual influye en el éxito o fracaso del protocolo adhesivo, por lo que se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe una diferencia significativa en la elección del sistema de fotopolimerización y su efectividad respecto al descementado de aparatología ortodóncica estética fija?

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, gracias al desarrollo y avance tecnológico, existen en el mercado varios tipos de lámparas o sistemas de fotopolimerización, entre los que el ortodoncista puede elegir para lograr una polimerización efectiva del material de adhesión de ortodoncia.

Dentro de estas opciones, se debe considerar el costo, las características de ergonomía y diseño, potencia, longitud de onda y durabilidad, por mencionar algunas. Al probar distintas opciones que están disponibles para el ortodoncista, se puede evaluar su efectividad en cuanto a la resistencia al descementado que estos sistemas pueden ofrecer.

Medir la capacidad de polimerización que tienen algunas de estas lámparas, puede ayudar al especialista en ortodoncia a elegir un sistema que logre cumplir con los mayores estándares de efectividad, para asegurarse del mayor porcentaje de éxito en su protocolo de adhesión de aparatología ortodóncica fija.

El conocer la información encontrada en esta investigación, será útil para que el ortodoncista pueda elegir una lámpara de fotopolimerización adecuada y se asegure de que el sistema de fotopolimerización que usa en sus tratamientos de adhesión de brackets y aditamentos es la más eficaz en cuanto a sus opciones.

4. HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo (Hi):

Existe una diferencia significativa en la efectividad de polimerización de las resinas compuestas para adhesión de aparatología fija en ortodoncia de acuerdo con el sistema de fotopolimerización utilizado en el protocolo adhesivo.

Hipótesis nula (Ho):

No existe una diferencia significativa en la efectividad de polimerización de las resinas compuestas para adhesión de aparatología fija en ortodoncia de acuerdo con el sistema de fotopolimerización utilizado en el protocolo adhesivo.

5. OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar la efectividad en la polimerización y resistencia al descementado de tres sistemas distintos de fotopolimerización en ortodoncia.

Objetivos específicos:

- Probar la resistencia al descementado de brackets adheridos con distintos sistemas de fotopolimerización.
- Comparar la efectividad de la fotopolimerización en el protocolo adhesivo de aparatología ortodóncica fija con distintos sistemas de fotopolimerización.
- Determinar el grupo de dientes con mayor resistencia al descementado y sistema de fotopolimerización más efectivo.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Diseño del estudio.

Experimental, transversal, prospectivo, cuantitativo y comparativo.

Las pruebas in vitro se realizaron en el laboratorio de ciencias básicas del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología “Dr. Keisaburo Miyata” de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México.

6.2 Universo de estudio.

Sistemas o lámparas de fotopolimerización.

6.3 Selección de la muestra de estudio.

Para lámparas:

Criterios de Inclusión:

- Lámparas de fotopolimerización de luz LED
- Lámparas con una longitud de onda de 385-515 nm.
- Lámparas inalámbricas de uso en consultorio dental

Criterios de Exclusión:

- Lámparas que no sean de luz LED.

Para los dientes:

Criterios de inclusión:

- Dientes premolares sanos, sin restauraciones extensas o caries
- Dientes con superficies vestibulares intactas

Criterios de exclusión:

- Dientes con caries o alteración en el esmalte
- Dientes con restauraciones extensas
- Dientes con ausencia de corona clínica o fracturados

Criterios de eliminación:

- Dientes que durante el proceso de evaluación de la resistencia se hayan fracturado.

6.4 Muestra.

60 dientes premolares extraídos con fines ortodóncicos y 3 sistemas de fotopolimerización distintos.



Figura 3. Muestra, dientes premolares extraídos.

6.5 Variables del estudio.

Variable dependiente:

Lámparas de fotopolimerización

Variable independiente:

Resistencia al descementado

Tabla 1. Variables de estudio

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Lámpara de fotopolimerización	Instrumento clínico cuya función es endurecer el material de adhesión	Lámpara de fotopolimerización Valo Grand (Utah EE.UU. Ultradent) Lámpara de fotopolimerización Ortholux (Sheefeld Alemania, 3M ESPE, Inc.) Lámpara de fotopolimerización Woodpecker Led B (Guilin, China Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.)	Dependiente	Categórica Nominal
Resistencia al descementado	Propiedad física que adquiere un bracket unido a esmalte para soportar fuerzas ortodóncicas.	Propiedad que se mide para saber qué sistema de fotopolimerización es más efectivo a través de una máquina de ensayos universales.	Independiente	Cuantitativa. De intervalo. Valores de magnitud en megapascales. MPa.

6.6 Procedimiento.

Se utilizaron 60 dientes premolares extraídos divididos en 3 grupos. A cada uno de ellos se le adhirió un bracket estético cerámico de la marca TP Orthodontics (Indiana USA, InVu Mini Ceramic, TP Orthodontics, Inc.), utilizando tres sistemas distintos de fotopolimerización, divididos de la siguiente manera:

Grupo 1: 20 premolares con bracket cerámico adherido utilizando lámpara de Fotocurado LED Valo Grand (Utah EE.UU, Ultradent Products Inc.), intensidad de 1600 mW/cm^2

- Longitud de onda 385-515 nm
- Intensidad $1000\text{-}3200 \text{ mW/cm}^2$ (En el modelo Valo Grand se eligió la intensidad de 1600 mW/cm^2 ya que este sistema cuenta con 3 distintas opciones de intensidad).

Grupo 2: 20 premolares con bracket cerámico adherido utilizando lámpara de Fotocurado LED 3M Ortholux (Sheefeld Alemania, 3M ESPE, Inc.)

- Longitud de onda 430-480 nm
- Intensidad 1600 mW/cm^2

Grupo 3: 20 premolares con bracket cerámico adherido utilizando lámpara de fotocurado LED Woodpecker Led B (Guilin China, Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.)

- Longitud de onda 385-515 nm
- Intensidad $1000\text{-}3200 \text{ mW/cm}^2$

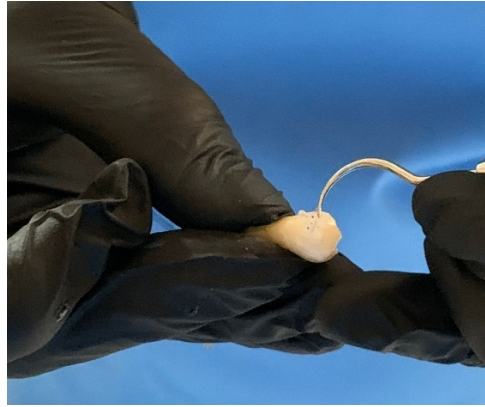


Figura 4. Colocación de bracket estético.

Fase de cementado:

Se realizó la adhesión directa de brackets cerámicos en cada uno de los dientes premolares extraídos, divididos en 3 grupos para cada sistema de fotocurado y poder realizar las pruebas de resistencia al desprendimiento.

1. Se limpió cada órgano dentario en su superficie vestibular con pasta profiláctica de grano fino libre de flúor (Yongkyo Japón, Pressage, Shofu Inc) y copa de hule y se lavaron excedentes de pasta con agua común durante 15 segundos.
2. Se dejaron secar los dientes durante 30 minutos después del lavado.
3. Se realizó el grabado con ácido orthofosfórico al 37% Eco Etch Ivoclar Vivadent (Bendererstrasse, Schaan Liechtenstein) durante 15 segundos, posteriormente se lavó durante 15 segundos con agua común y secó la superficie vestibular de cada diente con aire comprimido.



Figura 5. Limpieza de la superficie.



Figura 6. Grabado ácido.

4. Se colocó el primer adhesivo Transbond XT (Monrovia, CA USA, 3M Unitek) frotando con un micro brush durante 3 segundos.
5. Se colocó la resina compuesta Transbond XT (Monrovia, CA USA, 3M Unitek) en cada bracket, se realizó la colocación en el centro de la corona clínica y se retiraron excedentes de resina con un explorador.
6. Se polimerizó por 3 segundos en mesial y 3 segundos en distal con cada sistema de fotopolimerización, terminando así el protocolo y la fase de adhesión. Se realizó este proceso en los tres grupos en el siguiente orden: 1. Lámpara Valo Grand Ultradent, 2. Lámpara Woodpecker y 3. Lámpara Ortholux 3M.



Figura 7. Colocación de primer adhesivo.

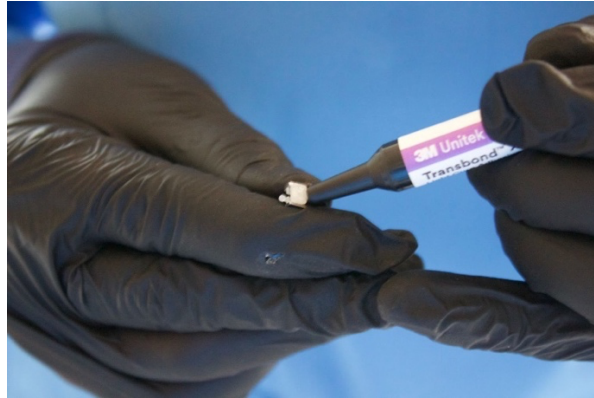


Figura 8. Colocación de resina compuesta.

7. Después de cementar todos los grupos de dientes, se almacenaron por separado en un frasco con timol al 2% por 24 horas para simular el ambiente húmedo de la cavidad bucal.

Fase de resistencia al descementado:

1. Se colocó un segmento de alambre de acero 0.017x0.025 de aproximadamente 4 centímetros en cada bracket, con un módulo elastomérico de la marca TP Orthodontics para sostener el bracket una vez desprendido.
2. Se procedió a colocar los 60 dientes en resina acrílica autocurable en una hielera de plástico por bloques de 2 a 3 dientes para realizar las pruebas de resistencia al desprendimiento.

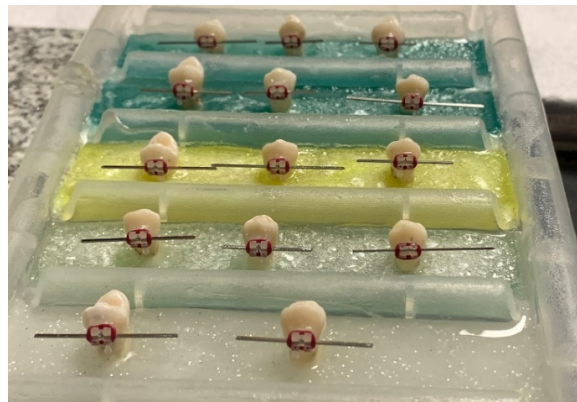


Figura 9. Inmersión de los dientes en resina acrílica.

3. Se colocó cada bloque de acrílico en una Máquina electromecánica de Pruebas Universales (Kioto Japón, Shimadzu Autograph AGS-X) para medir la resistencia al descementado de cada bracket.
4. Se colocó una punta de manera perpendicular a la unión bracket esmalte y se aplicó la fuerza en el sentido del eje longitudinal del diente hasta lograr el desprendimiento del bracket.
5. Se registraron los datos obtenidos de desprendimiento de cada bracket en el Software para análisis de materiales Trapezium X (Kioto Japón, Shimadzu Autograph AGS-X) en Newtons y Megapascuales.

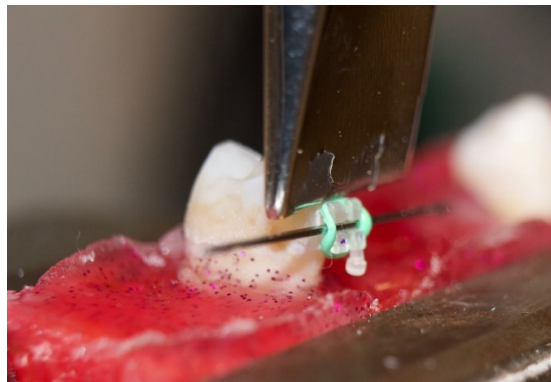


Figura 10. Aplicación de la fuerza sobre la base, paralela al diente.



Figura 11. Máquina electromecánica de pruebas universales Shimadzu.

6.7 Material.

Lámparas:

- Lámpara de fotocurado LED Valo Grand (Utah EE.UU. Ultradent Products Inc.).
- Lámpara de fotocurado LED 3M Ortholux (Sheefeld Alemania, 3M ESPE).
- Lámpara de fotocurado LED Woodpecker Led B (Guilin China, Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.).

Brackets:

60 brackets cerámicos para premolares InVu Mini Ceramic MBT Slot 0.018 (Indiana USA, TP Orthodontics, Inc.).

Pasta profiláctica:

Shofu (Yongkyo Japón, Pressage, Shofu Inc).

Resina compuesta:

Light Cure Adhesive Paste 3M Unitek Transbond XT (Monrovia, CA USA, 3M Unitek).

Adhesivo:

Light Cure Adhesive Primer 3M Unitek Transbond XT (Monrovia, CA USA, 3M Unitek).

Ácido grabador:

Ácido othofosfórico 37 % Eco Etch Ivoclar Vivadent (Bendererstrasse, Schaan Liechtenstein).

Otros materiales:

- Puntas de hule
- Aire comprimido

- Microbrush
- Resina acrílica autocurable
- Alambre de acero 0.017x0.022
- Módulos elastoméricos
- Lentes de protección de luz ultravioleta
- Filtros luz ultravioleta
- Gasas
- Algodón
- Guantes
- Campos de trabajo
- Cubre bocas
- Pinza porta brackets
- Explorador

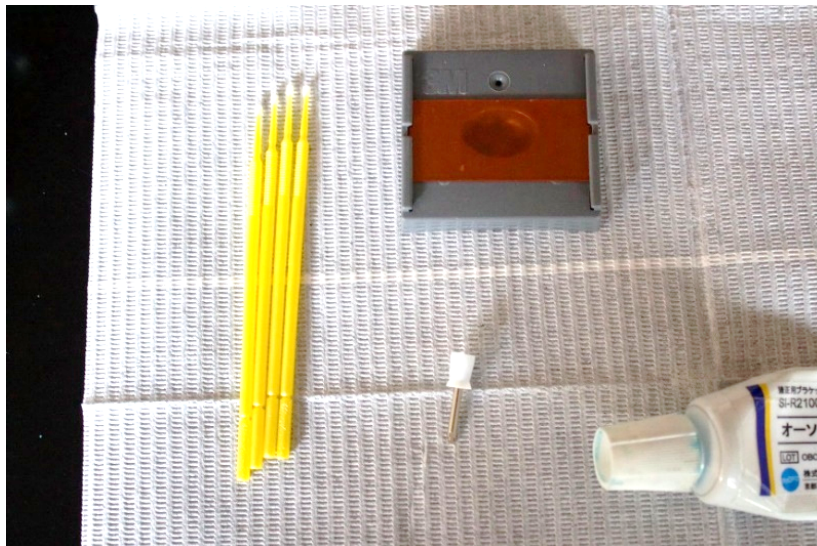


Figura 12. Material utilizado en la fase de cementado.

6.8 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos de la ejecución de las pruebas se recolectaron en el programa Microsoft Office Excel para su análisis y clasificación, obteniendo así la base de datos. Posteriormente se transcribieron al programa SPSS vs 27 (IBM. Chicago, USA) para realizar el análisis estadístico y obtener la interpretación de los resultados.

Estadística descriptiva.

Para el análisis estadístico, los datos de resistencia al descementado obtenidos en megapascuales de acuerdo con la lámpara utilizada, se capturaron en el programa SPSS vs 27 (IBM. Chicago, USA).

Se obtuvo la estadística descriptiva en forma de medianas, medias, desviaciones estándar e intervalos de confianza al 95%. Los datos de la estadística descriptiva se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Estadística descriptiva de la resistencia al descementado

Lámpara	Mediana	Media \pm Desviación estándar	IC95%
Valo Grand	27.39	28.92 \pm 10.47	24.02-33.82
Woodpecker	23.91	25.03 \pm 14.84	22.08-35.97
Ortholux 3M	33.29	33.56 \pm 13.34	27.31-39.80

Estadística Inferencial.

Para la estadística inferencial para probar si existían diferencias entre los grupos se hizo una prueba ANOVA unifactorial considerando los valores de $p \leq 0.05$.

Los datos pasaron la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ($p \geq 0.174$) y la prueba de homocedasticidad de Levene ($p = 0.220$); por lo que para determinar si había diferencias estadísticas significativas entre los grupos se aplicó una prueba de ANOVA unifactorial, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F = 0.827$; $gl = 2$; $p = 0.442$).

Tabla 3. Pruebas de normalidad

	Lámpara	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MPa	Valo Grand Ultradent	.103	20	.200*	.971	20	.772
	Woodpecker	.172	20	.122	.933	20	.174
	Ortholux 3M	.132	20	.200*	.965	20	.653

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Cronograma.

Actividad	Mes y Año		
	Segundo semestre Febrero-Junio 2023	Tercer semestre Agosto -Diciembre 2023	Cuarto semestre Febrero-Junio 2024
Protocolo del proyecto terminal concluido	X		
Presentación de avances		X	
Proyecto terminal concluido en formato oficial			X

6.9 Consideraciones bioéticas.

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo mediante el reglamento que indica la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, CIOMS y códigos de bioética de Helsinki. Fue sometido a la aprobación del Comité de Ética del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (CIEAO) de la Universidad Autónoma del Estado de México, el cual recibió la siguiente clave de registro: **CEICIEAO-2024-015**.

La presente investigación contempla los principios éticos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (64a Asamblea General de octubre de 2013). En el Artículo 7 de este documento se establece que “la investigación medica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos, proteger su salud y sus derechos individuales”.^{24,25}

La donación y decisión de extraer un órgano dentario fue siempre por prescripción fundamentada por indicación terapéutica del Ortodoncista y en ningún caso se vio influenciada por terceras personas.

Además, con apego al Artículo 9, se protegerá a las personas que participaron en la investigación, velando por su integridad, salud, intimidad y dignidad, resguardando su información personal en calidad de confidencial. Ver anexo IV.

La participación fue voluntaria en todos los casos y cada individuo potencial recibió la información adecuada acerca del proyecto de investigación y de su colaboración en el mismo, de acuerdo con el Artículo 26. Todas las dudas acerca de los objetivos, métodos, disposición de las muestras, beneficios calculados, entre otros, fueron aclaradas por el investigador o por el odontólogo tratante hasta asegurar el completo entendimiento de la información.

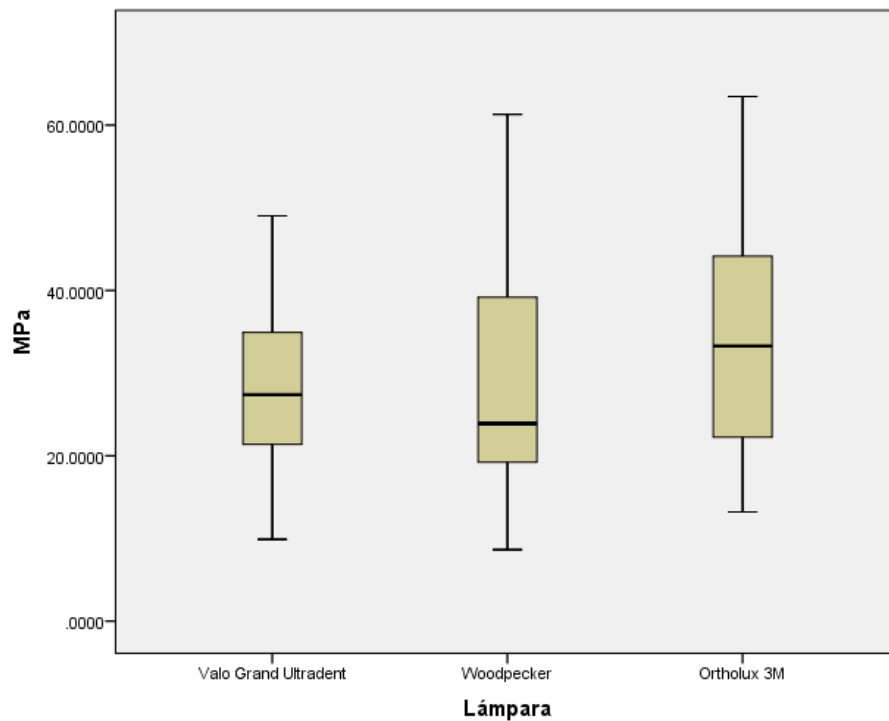
Asimismo, se cumplió la normatividad vigente en México, destacando algunas consideraciones estipuladas en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud: Según el Artículo 17, la presente investigación se considera “con riesgo mínimo”, debido a que involucra la obtención de primeros molares extraídos por indicación ortodóncica. El paciente y dos testigos firmaron el asentimiento/consentimiento informado que reúne los requisitos enunciados en el Artículo 22.^{26,27}

Además, en todo momento se cuidó la integridad de los investigadores implementando las medidas adecuadas de seguridad en el laboratorio, siguiendo las normas de acuerdo al reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud título cuarto, de la bioseguridad de las investigaciones capítulo I, de la investigación con microorganismos patógenos o material biológico que pueda contenerlos, descrito en los artículos 75 y 77.²⁷

7. RESULTADOS

Los datos descriptivos de la resistencia al descementado en megapascales se muestran en la gráfica 1; donde el grupo 1 corresponde a Valo Grand Ultradent, el grupo 2 a Woodpecker y el grupo 3 a Ortholux 3M. Se observa el detalle de las tablas de cada medida de comparación entre grupos donde no se obtuvieron datos estadísticamente significativos.

Gráfica 1. Gráfico de caja y bigote de la resistencia al descementado



Gráfica 1. Se puede observar una distribución normal de los datos en los tres grupos.

Se conoce que para lograr un movimiento dentario efectivo y sin daños se requieren de 6 a 8 MPa², en este estudio obtuvimos como resultado que los tres sistemas de fotopolimerización sobrepasan esta media, con un valor promedio de 28.6 MPa en todos los grupos (Gráfica 1).

El grupo 3 Ortholux 3M (Sheefeld Alemania, 3M ESPE) resultó con los valores promedio más altos de resistencia al desprendimiento (33.56 MPa), seguido del grupo 1 Valo Grand (Utah EE.UU.Ultradent Products Inc.) (28.92 MPa), y los valores más bajos los obtuvo el grupo 2 Woodpecker (Guilin China, Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.) (25.03 MPa).

El grupo 1 Valo Grand (Utah EE.UU.Ultradent Products Inc.) presentó los valores intermedios entre los grupos 2 y 3, aunque siendo mayor con relación a la media necesaria de resistencia al desprendimiento.

El grupo 3 presentó los valores más altos de resistencia al desprendimiento con relación a la media necesaria de este y respecto al grupo 1 y 2.

Tomando en cuenta estos datos, aunque la estadística infiere que no hay diferencias estadísticamente significativas, el grupo 2 Woodpecker (Guilin China, Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.) resulta ser el que se encuentra más cercano a los valores necesarios de resistencia al desprendimiento para mover un órgano dentario (25.03 MPa).

Si agrupamos los valores promedio de resistencia de mayor a menor, según el sistema de fotopolimerización, obtenemos:

1. Ortholux 3M (Sheefeld Alemania, 3M ESPE, Inc.)
2. Valo Grand Ultradent (Utah EE.UU.Ultradent Products Inc.)
3. Woodpecker (Guilin China, Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd.)

Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas de la polimerización y resistencia al descementado de la resina compuesta con estos tres sistemas de fotopolimerización.

8. DISCUSIÓN

Como menciona Sherma et. al. los brackets estéticos adheridos con adhesivo y primer son los que presentan un mayor índice de adhesión y por tanto un índice ARI cercano a 0.

En esta investigación encontramos que los brackets estéticos cerámicos presentan una gran resistencia al descementado o desprendimiento con los distintos sistemas de fotopolimerización, y valores similares entre sí, con un promedio de 28.6 MPa, ya que la luz pasa directamente a través de su estructura molecular y utilizamos un sistema adhesivo que consta de resina compuesta y un primer adhesivo.

Como menciona Scougall Vilchis, la luz ultravioleta es capaz de traspasar el bracket estético logrando un mayor grado de polimerización de los componentes adhesivos en comparación con los brackets metálicos.

9. CONCLUSIONES

Al evaluar la efectividad de tres sistemas de fotopolimerización de acuerdo con la resistencia al descementado, los brackets estéticos presentan una mayor adhesión y resistencia al descementado que los brackets metálicos con un índice menor de ARI ⁶, por sus propiedades de compatibilidad con los materiales de adhesión. Por lo cual, el grupo el grupo 2 (Woodpecker) resulta con los valores más cercanos a la media que se sugiere utilizar para evitar daños o cambios en el esmalte al momento de desprender o retirar la aparatología ortodóncica fija.

En este estudio, se encontró una excelente resistencia al descementado de los tres sistemas de fotopolimerización utilizados, con valores similares de resistencia en megapascales. Esto se debe, quizás a que se utilizaron brackets estéticos y no brackets metálicos.

Es importante mencionar que el grupo 2 (Woodpecker) muestra una menor resistencia al desprendimiento, y por lo tanto es el sistema que más se sugiere utilizar con este tipo de brackets para evitar daños o cambios al esmalte. Sin embargo, el sistema de fotopolimerización Ortholux 3M es el que presenta mayor resistencia al descementado.

Se sugiere realizar un estudio de comparación entre sistemas de fotopolimerización de acuerdo a la resistencia al desprendimiento o descementado utilizando brackets metálicos, para conocer qué sistema es más efectivo con este tipo de brackets y obtener mayor información que que pueda complementar este estudio.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mercado Grau CJ, Penoni Alfonso JP. Resistencia adhesiva al cizallamiento de tres tipos de agentes resinosos utilizados para adhesión de brackets en ortodoncia. *Rev. Acad. Scientia Oralis Salutem. Paraguay*, 2021; 2(2): 54-72.
2. Scougall Vilchis RJ. Adhesión contemporánea en Ortodoncia: Principios clínicos basados en evidencia científica. México: Ediciones Eón; 2018.
3. De León E, Teske AP, País B, Grazioli G. Efecto de la intensidad de las unidades de fotopolimerización sobre la biocompatibilidad y resistencia a la flexión de una resina compuesta. *Odontoestomatología. Uruguay*, 2022; 24 DOI: 10.22592/ode2022n40e222.
4. Greenhalgh TD, Pizzolatti Martins FR, Lucas Cardinal, Ulema Ribeiro GL. In vitro enamel surface roughness analysis of 4 methods for removal of remaining orthodontic adhesive after bracket debonding. *Angle Orthodon. USA* 2023; 93(2): 213-221.
5. Bravo ME. Estudio in vitro de la resistencia a la tracción de tres tipos de resinas fotopolimerizables para ortodoncia, en brackets metálicos a esmalte dental humano. *Rev. Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Venezuela*, ISSN: 1317-5823.
6. Sharma S, Pandit SK, Das R, Sinha M, Sahu R, Trivedi P. Comparison of bond strength of metal and ceramic brackets with or without primer. *J Pharm Bioall Sci. USA* 2022; 14:225-228.
7. Piguillem Brizuela FJ, Di Mauro MS, Montoro MR, Lombardo NP. Dentin Bonding Part I: Substrate Characteristics and Bonding Systems. *Rev Fac Odontol. Argentina*. 2020; 37 (87):25-33.
8. Chanes-Cuevas OA. Sistema adhesivo a base de resina en ortodoncia: una perspectiva. *Rev Mex Ortodon. México* 2020; 8 (3): 166-168.
9. Jimenez Pacheco ET, Cordero Lopez MA. Fotopolimerización en Odontología. *Brazilian Journal of Health Review. Brasil* 2024; 7(1):4210-4220.

10. Aquino-Valverde AJ, Aguilar-Vargas GDP, Díaz-Fernández JM, Leiva Ramírez PA, Quintanilla Labajos DA, Atoche-Socola KJ et al. Efectividad de fotopolimerización usando lámparas LED: una revisión. *Rev Cient Odontol. Perú.* 2022; 10(3): e120. DOI: 10.21142/2523-2754-1003-2022-120.
11. Castro Fuentes LO, Medina y Mendoza JE, Huertas Mogollón G. Grado de microfiltración marginal utilizando adhesivos con técnica grabado total y grabado selectivo del esmalte. *Rev. Estomatol. Herediana. Perú* 2018; 28 (3).
12. Navid Kerayechian, Erfan Bardideh, Shahin Bayani, Comparison of self-etch primers with conventional acid-etch technique for bonding brackets in orthodontics: a systematic review and meta-analysis, *European Journal of Orthodontics.* 2022; 44 (4): 385–395.
13. Jasso RI, Velázquez EU, Scougall Vilchis RJ, Lara CE, Toral R VH, López CR et al. Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles on Orthodontic Brackets: A New Alternative in the Prevention of White Spots. *Coatings.* Suiza, 2019; 9 (8) 480; doi:10.3390/coatings9080480.
14. Ramírez E, Ruiz V. Efectos de la interrelación arco-bracket, desde el microscopio electrónico de barrido. *Revista Ortodoncia. Argentina* 2020; 84 (167): 26- 34.
15. Morales Patlan S P, Tijerina Rodríguez R, Saucedo Perales C. Comparación de la resistencia a la fractura en las aletas y hooks de brackets cerámicos monocristalinos. *Impacto Odontológico. México* 2022; 6 (12): 16- 18.
16. Peixoto, Melo de Matos, Andrade, Bottino, Villa. Evaluación de la Resistencia de Unión de Brackets Ortodónticos Fijados a Cerámica de Disilicato de Litio. *J. Odontostomat. Brasil* 2019; 13 (2): 207-218.
17. Perdomo Sturniolo I L, Ruiz V. Estudio en el microscopio electrónico de barrido de los brackets de Zafiro. *Revista Ortodoncia. Argentina* 2018; 82 (163): 10-16.

18. Izquierdo L, Sanches F, Molina F, Henriques R, Cruz E, Freitas K. Comparative Study of Adhesion of Brackets with Metal Injection Molding (MIM) Technology and Welded bases: In vitro Study. *The Open Dent Journal*. USA 2020; 14 (1): 240-246.
19. Melendez D, Delgado L, Tay L. La ciencia detrás de las lámparas de polimerización LED. *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales*. México 2021; 10 (3): 6-18.
20. Chaple Gil AM, Ojeda YM, Álvarez Rodríguez J. Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. *Rev Hab de Ciencias Médicas*. Cuba 2016; 15 (1): 8-16.
21. Leendert Boksman, Coelho Santos G. Principles of Light-Curing. *Inside Dentistry*. 2012; 8(3).
22. Mona A. Montasser, James L. Drummond; Reliability of the Adhesive Remnant Index Score System with Different Magnifications. *Angle Orthod*. USA 2009; 79 (4): 773–776.
23. Behnaz M, Dalaie K, Mirmohammadsadeghi H, Salehi H, Rakhshan V, Aslani F. Shear bond strength and adhesive remnant index of orthodontic brackets bonded to enamel using adhesive systems mixed with TiO₂ nanoparticles. *Dental Press J Orthod*. 2018; 1;23(4): 43.
24. World Medical Association [Internet]. Ferney-Voltaire, France [actualizado 2022 Sep 6; citado 2024 Abr 2]. WMA Declaration of Helsinki 2013. Disponible en: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>
25. World Medical Association [Internet]. Ferney-Voltaire, France [actualizado 2022 Sep 6; citado 2024 Abr 2]. WMA Declaration of Helsinki 2013. Disponible en: <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>
26. Gobierno de México [Internet]. México: Normatividad Nacional [actualizado 2021 Sep 14; citado 2024 Abr 2]. Comisión Nacional de Bioética. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/conbioetica/articulos/normatividad-nacional-164543>

27. Gobierno de México [Internet]. México: Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud [actualizado 2014 Abr 2; citado 2024 Abr 2. Comisión Nacional de Bioética. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/281701/Reg_LGS_MIS.pdf



11. ANEXOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Anexo I. Información para la participación de seres humanos en estudios de investigación científica.

Título del proyecto:

“Evaluación de la resistencia al descementado utilizado tres sistemas de fotopolimerización en aparatología estética fija en ortodoncia. Estudio in vitro”.

Justificación de la investigación

Medir la capacidad de polimerización que tienen algunas lámparas, contemplando costo, diseño y características, puede ayudar al especialista en ortodoncia a elegir un sistema que cumpla con los mayores estándares de efectividad, para asegurarse del mayor porcentaje de éxito en su protocolo de adhesión en ortodoncia. El conocer la información obtenida en esta investigación, será útil para que el ortodoncista pueda elegir una lámpara de fotopolimerización adecuada y se asegure de que el tipo de lámpara que usa en sus tratamientos es la más eficaz dentro de sus opciones.

Objetivo de la investigación

Evaluar la efectividad de la polimerización y resistencia al descementado de tres sistemas distintos de fotopolimerización en ortodoncia.

Procedimientos a realizar

Recolección de dientes premolares extraídos con fines ortodóncicos, depositados en un frasco con timol al 0.2%.

Garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta

Absoluta.

Libertad de retirar el consentimiento

En el momento en que el paciente lo decida.

Confidencialidad del paciente

Esta será guardada.

Gastos del estudio

Cubiertos por el financiamiento correspondiente (externo).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



Anexo II. Carta de asentimiento informado para la donación de órganos dentarios con efectos de investigación científica.

Mi nombre es _____ y estoy realizando el estudio “Evaluación de la resistencia al descementado utilizado tres sistemas de fotopolimerización en aparatología estética fija en ortodoncia. Estudio *in vitro*” en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, con la finalidad de evaluar la efectividad de la polimerización y resistencia al descementado de tres sistemas distintos de fotopolimerización en ortodoncia y para ello quiero pedirte tu apoyo.

Tu participación en el estudio consistiría en regalarnos (donar) tu premolar extraído.

Tu donación es voluntaria, es decir aun cuando tu papá o mamá hayan dicho que puedes donarlo, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no, es tu elección. También es importante que sepas que si tienes alguna duda puedes realizarnos preguntas y que si no quieres donar tu premolar extraído no habrá ningún problema.

La información que proporcionas será confidencial, esto quiere decir que no diremos a nadie tus datos como tu nombre o iniciales (O RESULTADOS DE MEDICIONES), sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio.

Así también, a tus papás se les entregó un documento, el cual menciona cual es el propósito del estudio y procedimientos.

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una en el cuadrado de abajo que dice “Sí quiero participar” y escribas tus iniciales o pongas tu huella digital.

Si no quieres participar, no pongas ninguna y no pongas tus iniciales o huella digital.

Sí quiero participar

En caso afirmativo, escribe tus iniciales o huella digital _____

Nombre y firma del padre o tutor _____

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento: _____

Lugar: _____ Fecha: _____



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA



Anexo III. Carta de consentimiento informado para la participación de seres humanos en estudios de investigación científica

En el cumplimiento de la Ley General de Salud, Ley federal de protección de datos personales en posesión de los particulares, aviso de privacidad de la UAEMex. Reglamento de la Ley General de salud en materia de investigación, art. 13, 3, 14, 16; Código civil federal, art 1803, 1812 en materia de obligaciones del consentimiento informado y la NOM-012-SSA3-2012, art. 11, 12 y 13 que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. El paciente (en caso de menores o incapacitados consignar el nombre del padre, madre o tutor) _____ con expediente _____ en pleno uso

de mis facultades, declaro que el odontólogo (a) me ha explicado ampliamente que en mi situación es conveniente la extracción de premolares permanentes; con un lenguaje claro y sencillo, me ha explicado toda la intervención quirúrgica en cavidad bucal, aunque de modo infrecuente e incluso impredecible, puede tener riesgos y complicaciones entre las que se incluyen: inflamación, dolor o infección.

También, se me ha mencionado que dichas complicaciones pueden ser derivadas directamente del estado previo del paciente y de los tratamientos que esté recibiendo o de no seguir las indicaciones posoperatorias.

Se me ha explicado que el tratamiento se efectuará bajo anestesia tópica y/o local para poder realizar la intervención sin dolor. Se me ha informado que sentiré una sensación de anestesia que eventualmente se quitará en unas horas. La extracción dental es un procedimiento quirúrgico que consiste en sacar un diente de la encía y del alvéolo (cavidad ósea en cuyo interior se aloja la raíz del órgano dentario).

Se me ha permitido hacer preguntas al respecto, las cuales, me han contestado con claridad. También, se me ha explicado que el diente obtenido durante el tratamiento será utilizado con fines de investigación científica, que en todo momento se guardará la identidad de la persona y que los datos obtenidos pueden ser utilizados en foros de investigación y publicaciones con fines académicos.

Se me ha informado sobre las implicaciones para la realización del proyecto y las posibles aportaciones que podría generar en el ámbito del conocimiento de la Odontología, he comprendido toda la información del presente documento, me han sido aclaradas todas mis dudas sobre el mismo y en cuanto finalice el proyecto tendré derecho a conocer los resultados. Así mismo, doy autorización para que utilice la información de mi participación en la investigación para publicación científica, con la garantía de protección de datos personales.

EL MÉDICO ME HA PERMITIDO REALIZAR LAS OBSERVACIONES Y ME HA ACLARADO TODAS LAS DUDAS QUE LE HE PLANTEADO. POR ELLO MANIFIESTO QUE ESTOY SATISFECHO(A) CON LA INFORMACIÓN RECIBIDA Y QUE COMPRENDO EL ALCANCE Y LOS RIESGOS DEL ACTO MÉDICO Y EN TALES CONDICIONES CONSIENTO QUE SE ME REALICE EL PROCEDIMIENTO Y QUE SE UTILICE EL MATERIAL OBTENIDO CON FINES ACADÉMICOS Y DE INVESTIGACIÓN.

Toluca, Estado de México a _____, del mes _____ del año _____.

Nombre y firma del paciente, o padre o tutor

Nombre y firma del investigador

Testigos

Nombre y firma

Nombre y firma

Anexo IV. Carta de solicitud de permiso para la recolección de dientes premolares extraídos en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología

05 de septiembre de 2023.

Dra. en C.S. Laura Emma Rodríguez Vilchis
Coordinadora del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en
Odontología “Dr. Keisaburo Miyata”.

P R E S E N T E:

Anticipándole un cordial saludo, por medio de la presente, me dirijo a usted, el que suscribe Marlon Alexis García Mendieta, alumno del 3er semestre de la especialidad en Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de cuenta 1210456, para solicitar su permiso y visto bueno para colocar frascos contenedores para dientes extraídos en la clínica de Ortodoncia, con el fin de recolectar muestras para la elaboración de mi proyecto terminal y de investigación, dirigido por la M.A.P. Ana Miriam Santillán Reyes, que lleva por título *“Evaluación de la resistencia al descementado utilizado tres sistemas de fotopolimerización en aparatología estética fija en ortodoncia. Estudio in vitro”*.

Sin más por el momento, le agradezco su atención y quedo de usted.

ATENTAMENTE: Marlon Alexis García Mendieta.

Vo.Bo. Dr. en O. Rogelio José Scougall Vilchis
Coordinador de la Especialidad en Ortodoncia

M. en A.P. Ana Miriam Santillán Reyes

Marlon Alexis García Mendieta

Anexo V. Consentimiento informado de la donación de dientes premolares extraídos a pacientes de la clínica de ortodoncia del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología



Universidad Autónoma del Estado de México

Estimado paciente de la clínica de ortodoncia:

Anticipándole un cordial saludo, el que suscribe C.D. Marlon Alexis García Mendieta, estudiante de la especialidad de Ortodoncia del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología, solicito su apoyo para la donación del o los órganos dentarios que le serán extraídos en la clínica de ortodoncia, con la finalidad de utilizarlos como muestra de estudio para mi proyecto de investigación y proyecto terminal, sin ninguna repercusión en su tratamiento, con las consideraciones pertinentes de privacidad y confidencialidad y sólo con fines de realizar pruebas físicas en estos dientes.

Espero contar con su amable aportación, muchas gracias.

ATENTAMENTE: Marlon Alexis García Mendieta.

Nombre y firma del padre o tutor.