



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

CORRELACIÓN ENTRE LA DISTANCIA DE FOTOCURADO Y LA FUERZA DE
ADHESIÓN DE BRACKETS

Tesis para obtener el grado de
MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA
CON OPCIÓN TERMINAL EN ORTODONCIA

PRESENTA:

Luis Andrei Hernández Piña

Directora

MO. Ester Luminosa Soberanes de la Fuente

ID: 100071055

Directora Metodológica

Dra. en C. Carolina Sámano Valencia

ID: 100526470

Asesor Disciplinario

CDEO Víctor Hernández Vidal

ID: 100378833

Lector

Dr. en C. Miguel Ángel Casillas Santana

ID: 100526485

Mayo 2018

BUAP

OFICIO NÚM.FE/CIFE/034/2018

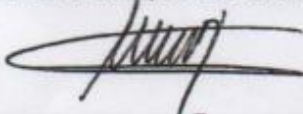
ASUNTO: *Constancia de Registro*
A QUIEN CORRESPONDA.
PRESENTE

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado con base a lo estipulado por el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio hace **CONSTAR** que:

El Proyecto de Investigación (colectivo) presentado por el Alumno de la Maestría en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia **Luis Andrei Hernández Piña matrícula 216450008** titulado: **"Correlación entre la distancia de fotocurado y la fuerza de adhesión de brackets"**. Siendo Responsable y Director Disciplinario: MO. Ester Luminosa Soberanes de la Fuente, Director Disciplinario C.D.E.O. Víctor Hernández Vidal ID. 100378833 y Directora Metodológica la D.C. Carolina Sámano Valencia ID 100526470, ha sido aceptado y queda registrado en esta secretaría en el libro de registros 03 en la hoja 04 con No. de registro **2018071** de fecha 08-05-2018.

Se extiende la presente constancia, en la Heroica Puebla de Zaragoza a los ocho días del mes de mayo del año dos mil dieciocho.

ATENTAMENTE
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"



M.C. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado



c.c.p. archivo
MC/GMQ*rqa



BUAP

Oficio No. FESIEP/502/2018

L.E. LUIS ANDREI HERNÁNDEZ PIÑA
MAT. 216450008
ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA
CON OPCIÓN TERMINAL EN ORTODONCIA
DE LA FE-B.U.A.P.
PRESENTE.

El que suscribe, MTRO. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la F.E.B.U.A.P., por este medio me permito informar que esta Secretaría aprueba la impresión de la Tesis titulada **“CORRELACIÓN ENTRE LA DISTANCIA DE FOTOCURADO Y LA FUERZA DE ADHESIÓN DE BRACKETS”** misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener de grado de **Maestro en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia.**

Sin más por el momento, deseándole lo mejor, le reitero mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE.
“PENSAR BIEN PARA VIVIR MEJOR”
H. PUEBLA DE Z., A 21 DE AGOSTO DE 2018.

M. en C. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA



Nota: Este documento tiene validez de 90 días posteriores a la fecha.

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de: Maestría en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia

Registro: 2018071

Fecha: 8 de Mayo 2018 2018

Título de la Tesis (anexarlo impreso y CD) _ Correlación entre la Distancia de Fotocurado y la Fuerza de Adhesión de Brackets _____

Nombre del alumno: Luis Andrei Hernández Piña Matricula 216450008

Domicilio: Cto. San Andres 14 Club de Golf las Fuentes

Tel: 2221 83 44 35

Fecha de ingreso a la Facultad: Enero 2016 Firma: _____

Director de Tesis: Ester luminosa Soberanes de la Fuente

Grado académico: Maestría en odontología Adscripción: Laboratorio de biomateriales dentales

ID: 100071055 Tel: 222 217 7314 Firma: _____

Director disciplinario: Víctor Hernández Vidal

Grado académico: Especialista en Ortodoncia Adscripción: FEBUAP

ID: 1000 8833 Tel: 222 174 1916 Firma: _____

Director Metodológico: Carolina Sámano Valencia

Grado académico: Doctorado en Ciencias Adscripción: Laboratorio de biomateriales dentales

ID: 100526470 Tel: 444 819 1822 Firma: _____

Lector: Miguel Ángel Casillas Santana

Grado académico: Doctorado en Ciencias Adscripción: Posgrado de Ortodoncia FEBUAP

ID: 100526485 Tel: 444 846 7645

Fecha de Aceptación: 8 de Mayo 2018 Firma: _____

Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Coordinador de la Maestría en Estomatología Opción:

M.C. Farid Alonso Dipp Velázquez

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, autoriza la impresión de la Tesis.

M. en C. Gabriel Muñoz Quintana

Fecha: 21/08/18

Sello



Agradecimientos

Éste trabajo de Tesis realizado en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es el esfuerzo en el cual, directa o indirectamente participaron distintas personas, con su conocimiento, experiencia y afecto, aprendiendo de ellos no solo académica o profesionalmente, también como seres humanos, con quienes tuve el honor de expandir mis conocimientos, apoyándome en ésta etapa de mi vida, los cuales deseo agradecer en éste apartado.

En primer lugar al director de tesis M.O. Ester Luminosa Soberanes de la Fuente, mi más profundo agradecimiento por su valiosa dirección en éstos últimos cuatro años, brindándome su confianza, y alentándome a seguir buscando el conocimiento, siendo mi fuente de motivación y de curiosidad durante mi estancia.

A asesor metodológico Dra. Carolina Sámano Valencia con quien tuve el privilegio de colaborar en equipo durante la fase experimental, dispuesta a brindarme su apoyo en todo momento, y siempre enriquecerlo con sus aportaciones, cubriendo cada detalle y dando forma a las etapas de éste proyecto, aprendiendo de ella como investigadora y como una gran persona.

Al asesor disciplinario C.D.E.O. Víctor Hernández Vidal, por contribuir con el enfoque y aplicación clínica a éste proyecto, mostrándose siempre dispuesto a ayudar en todo momento dentro y fuera de aulas, caracterizándose por ser minucioso en cada acción, siendo una fuente de inspiración para crecer tanto profesionalmente como persona.

Un especial agradecimiento al coordinador de Ortodoncia M.O. Farid Alonso Dipp Velázquez, al Dr. Alberto Rodríguez Rincón, la Dra. Estela del Carmen Velazco León y cada uno de mis maestros quienes fueron un pilar en mi formación incitándome a la superación constante y buscando siempre la excelencia en mi trabajo, pero sobre todo a ser más humano, mostrándome que la humildad es fundamental para el aprendizaje.

Finalmente quiero agradecer a mis padres por su apoyo incondicional durante todo éste tiempo, así como a mis compañeros y amigos, María, Steffany, Julieta, Beatriz, Sebastián y Agustín, quienes me alentaron a seguir adelante en todo momento.

INDICE

Introducción	1
Marco Teórico	2
Antecedentes Generales	2
Antecedentes Específicos	4
Factores que afectan la Densidad de potencia Radiante.....	4
Distancia de Fotocurado y alteraciones en las propiedades físicas del composite..	5
Alteraciones por tiempos de fotocurado prolongados.....	6
Variaciones en Procesos de Fotocurado Reportados.....	7
Reportes de Fichas Técnicas.....	11
Biomodelos bovinos.....	12
Planteamiento del Problema	13
Justificación	14
Hipótesis	15
Objetivos	15
General	
Específicos	
Material y Método	16
Variables	17
Procedimiento	18
Resultados	22
Discusión	25
Conclusión	27
Bibliografía	28
Anexo	30

INTRODUCCIÓN

A partir de la introducción del grabado de superficies dentarias por Bouncore en 1955, los sistemas adhesivos fueron evolucionando a través de los años. Es hasta 1965 cuando Newman introduce las resinas compuestas como medio de unión en ortodoncia¹ donde los requerimientos clínicos exigen una mayor energía superficial en los materiales de adhesión que puedan soportar las tensiones ejercidas por las cargas biomecánicas y las fuerzas masticatorias del paciente evitando el desalajo de brackets durante el tratamiento ortodóncico.

En 1979 reportan por primera vez Tavas y Watts el cementado de brackets empleando resinas fotocurables. Este tipo de materiales requieren de energía lumínica donde un número determinado de fotones deben ser absorbidos por el sistema iniciador, presentando ventajas clínicas, permitiendo una adecuada colocación de brackets, debido a que los tiempos de trabajo son mayores.²

El grado de curado de un composite está determinada por la densidad de potencia radiante (DPR), que parece variar según el tipo de luz, la distancia, la orientación de la punta de la luz, el diámetro de la guía y el tiempo de exposición³. Una fotopolimerización inadecuada (por debajo de 16 J/cm²) influye negativamente en las propiedades adhesivas del composite⁴, propiciando fallas en la unión de los brackets, retrasando el tratamiento ortodóncico, aumento de tiempo clínico, desperdicio de materiales y tiempo del paciente.⁵

Hasta el momento parece no existir un protocolo validado para la técnica de fotocurado en ortodoncia, que pueda ser controlado por el operador, para evitar fallas en la eficacia de polimerización que conllevan al desprendimiento del bracket.

Por lo tanto, el presente estudio evaluó la fuerza de adhesión de brackets metálicos que fueron cementados con el sistema Transbond™ XT (3M Unitek) en 90 incisivos de origen bovino empleando una Unidad de Diodos Emisores de Luz (LED), 3M ELIPAR, en óptimas condiciones a 3 distancias; 1mm, 3mm y 5mm y sometidos a prueba de cizalla donde se evaluó la fuerza de adhesión, y la calidad de adhesión se determinó en cada uno de los grupos con el Índice de Adhesivo Remanente de Artun y Bergland.

Antecedentes Generales

La adhesión en Ortodoncia juega un papel importante ya que requiere de una mayor energía superficial en los agentes de unión durante el tratamiento, y al mismo tiempo que el adhesivo no dañe la estructura de la superficie del esmalte cuando el bracket es retirado. Las necesidades clínicas, requieren que la fuerza de unión sea capaz de soportar las tensiones ejercidas al colocar los arcos, las distintas biomecánicas empleadas y las fuerzas masticatorias del paciente, Reynolds en el 75 en su estudio sugiere que la fuerza de unión mínima aceptable es de 6 a 8 megapascales (MPa).^{1,5}

La adhesión se define como la atracción molecular o atómica entre dos superficies de contacto fomentada por una fuerza de atracción interfacial entre dos moléculas o átomos de dos especies distintas. La adhesión puede ser química, mecánica (engranaje estructural) o una combinación de ambas.⁶

Durante el cementado de brackets las uniones mecánicas se llevan a cabo cuando las moléculas externas con mayor fuerza superficial de la resina compuesta, entran en contacto con la superficie rugosa de la malla del bracket, y en las prolongaciones del adhesivo denominadas TAGS imprimadas en las porosidades creadas por el acondicionamiento de superficie del esmalte (grabado). La Adhesión Química puede ser localizada en la interfase de cadenas copolimerizadas entre la resina compuesta y el adhesivo.

Los fracasos en la adhesión se traducen como fallos localizados en distintos niveles, dentro de las múltiples interfaces. Se pueden distinguir dos tipos de fallos: adhesivos y cohesivos. Un fallo adhesivo (FA) es aquel que ocurre en la interface de dos estructuras de distinto origen. Estos pueden presentarse entre: esmalte y sistema adhesivo, dentina y sistema adhesivo o composite y sistema adhesivo. Un fallo cohesivo (FC) es aquel que ocurre en la estructura interna de un material, que pueden presentarse en esmalte, dentina, resina compuesta, o en el sistema adhesivo⁷

Las resinas compuestas como medio de unión, son introducidas por Newman en 1965¹. Sin embargo, debido al complejo medio oral al que están sometidos los tejidos duros, existen factores que influyen en la calidad de la adhesión. Las cuales son: la contaminación del agente cementante por humedad generada por fluidos corporales (saliva, sangre, etc), errores durante el protocolo de adhesión, y tratamiento inadecuado de las superficies dentarias⁶; con la introducción de sistemas adhesivos fotopolimerizables por Tavas y Watts en 1979, surge otro factor que interviene en la adhesión: “La Densidad de Potencia Radiante” (DPR) de las unidades emisoras de fotocurado (UFC).

La DPR se define como la cantidad de energía que / incide sobre / se propaga a través / es emitida desde/ una superficie de área dada en un periodo de tiempo dado⁸. Se mide en unidades de julios por segundo (J/s), o vatio (W). El vatio o watt es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Un flujo radiante de 1 W significa que una fuente produce 1 julio cada segundo.⁹

La DPR puede variar por: la fuente de luz, el estado y mantenimiento de la UFC, la presencia de barreras físicas, el tiempo de exposición y distancia entre la guía de luz y el material a fotocurar^{1,3,4,5}. influyendo directamente en la profundidad de curado y el grado de conversión de las resinas.

En 1995 las unidades L.E.D (por sus siglas en inglés: Light Emitting Diode), son introducidos por Mills como una fuente de polimerización. Éste consta de un cuerpo semiconductor en estado sólido de nitruro de galio de gran resistencia que al recibir una corriente eléctrica de muy baja intensidad, emite luz visible en la zona azul dentro del espectro electromagnético, con una longitud de onda corta entre 400-500nm, sin necesidad de filtro, cayendo cerca del rango de absorción de la canforquinona (fotoiniciador). Teniendo un DPR que oscila entre 750 y 1200 mW/cm² con una vida útil de 10.000 horas.^{5, 6, 10} Presentando ventajas respecto a las unidades de Luz Halógena (QTH) ya que provén de una polimerización progresiva, segura y eficaz, además de beneficios económicos, un tiempo de vida útil mayor, y el aumento de temperatura es mucho menor y no representa una amenaza aparente al tejido pulpar.³

El grado de conversión de los sistemas adhesivos se encuentra relacionado directamente con la DPR, los cuales requieren mínimo de 400 mW/cm².⁶ Una disminución en la DPR supone un menor grado de conversión del composite, teniendo como consecuencia la alteraciones de las propiedades físicas, como aumento de la decoloración, aumento de los defectos marginales, disminución de la dureza, disminución de la resistencia a la flexión y fractura, disminución del módulo elástico dinámico, menor resistencia al desgaste abrasivo, menor fuerza de adherencia y peor biocompatibilidad.⁴

Los tiempos de exposición han sido sometidos a cambios conforme nuevas fuentes de energía lumínica se introducen al mercado, con valores de DPR más potentes. También para compensar la pérdida de energía por factores como la distancia, autores como Swanson et al. compararon la fuerza de adhesión de brackets unidos con unidades de curado por LED durante 40, 20 y 10 segundos. A pesar de que encontraron la fuerza de unión adecuada incluso con una curación de 10 segundos, recomendaron períodos de polimerización más largos. Usümez et al sugirieron que 20 segundos de exposición al LED podrían generar resistencias al cizallamiento comparables a las obtenidas con unidades basadas en halógeno durante 40 segundos.¹¹ Osteerle propone que el tiempo ideal de fotocurado por bracket es de 40 s con una guía de luz estándar, teniendo un tiempo total de exposición de 18 minutos cementando un juego completo de brackets.¹ Sin embargo las exposiciones prolongadas al rango de la luz azul son potencialmente 100 veces más dañinas, produciendo reacciones fotoquímicas que crean impulsos neurales eléctricos (proceso natural de la visión al captar la luz). Como subproducto de este proceso, también se producen especies reactivas de oxígeno nocivas dentro de la retina. Una variación en la exposición diaria máxima fotoquímica (peligro de luz azul) a la retina, con diferentes luces que van desde 2,4 minutos por día hasta 16 minutos por día. La distancia entre la punta de la luz y el ojo del paciente es de aproximadamente 10 cm, para el operador de aproximadamente 30 cm y para el asistente de 60 cm, la exposición directa a estas distancias podría dañar la retina en aproximadamente 2.5

min, 22.1 min y 88.8 min respectivamente de acuerdo con los límites de exposición publicadas por la Directiva Europea de Radiación Óptica Artificial 2006/25 / CE, la Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales e Industriales y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante ¹²

Antecedentes Específicos

Factores que afectan la Densidad de potencia Radiante

Hao XQ (2011) en su estudio de “Densidad de potencia de unidades de fotocurado en Changchun”, de 196 unidades evaluadas, siendo 132 Unidades de Luz Halógena (QTH) y 64 LED. La distribución de la densidad de potencia fue 0-1702 mW/cm². La densidad de potencia media fue 413,2 mW/cm². Existió una correlación de las diferentes densidades de potencia y los años de operación, siendo negativa entre la DPR y los años de funcionamiento de las unidades ($r = -0.734$, $p < 0.001$). Los años medios de operación de las luces QTH fueron 4.85 años, y la densidad de potencia se correlacionó negativamente con las edades de operación ($r = -0.763$, $p < 0.001$). Los años medios de operación de las luces LED fueron 2.12 años, y la densidad de potencia también se correlacionó negativamente con las edades de operación ($r = -0.573$, $p < 0.001$). Los resultados de la encuesta mostraron que solo había una guía de luz para cada luz de curado. Algunas de las guías de luz presentaban contaminación o daño en la superficie. Las incidencias de contaminación o guías de luz dañadas se observaron en el 80% de las lámparas de fotopolimerización utilizadas durante más de 3 años, y la mitad de estas unidades mostraron una densidad de potencia inferior a 300 mW / cm². Las densidades de potencia de 73 lámparas eran menos de 200 mW/cm² y no podía polimerizar adecuadamente compuestos de resina. La media de edad de funcionamiento de las unidades de luz fue de 4,74 años. La mayoría de los dentistas clínicos no supervisó las unidades de luz para curado y la situación de acumulación de resina compuesta o daños en las guías de luz era muy grave. Concluyendo que la mayoría de los médicos clínicos no tienen el conocimiento de cómo supervisar y mantener adecuadamente las unidades para curado¹³

Por otra parte Mc Andrew R (2011) evaluó la DPR al colocar cinco barreras de control de la infección desechable diferente. La prueba implicó la medición repetida de potencia de salida con un radiómetro. Dos de las barreras probadas causaron reducciones estadísticamente significativas en la intensidad media de salida de luz en comparación con los grupos de control de barrera. La reducción media de la DPR en las pruebas enguantadas de 55-87%, el dispositivo de dedo reportó 18-30% Mientras que los dispositivos de polietileno y el polímero utilizado para el almacenamiento de alimentos presentaron valores de 1-11% y 7-13% respectivamente. También se observó que el daño físico a los guías de luz afectaba la potencia de salida entre 20 y 30%, que luego se redujo aún más por la barrera desechable, demostrando que tres de los cinco barreras de control de infecciones desechable tuvieron poco efecto sobre la eficiencia global de la potencia de salida de la unidades de curado. También mostró que el daño físico de las guías de luz y técnicas de fotocurado puede afectar significativamente la potencia de salida¹⁴

Distancia de Fotocurado y alteraciones en las propiedades físicas del composite.

Caldas (2003) realiza un estudio de la "Influencia de la distancia en los niveles de dureza de Knoop, utilizando tres unidades de fotocurado diferentes", polimerizando a distancia con luz halógena (XL 1500 unidad-3M), una de "arranque suave-polimerización" (curado Elipar Trilight en un modo exponencial-ESPE) y una (curado Apolo 95E unidad-DMD) PAC. sobre resina compuesta (Filtek Z250 3M), fotocurando a tres distancias de la guía de luz a la resina compuesta (0 mm, 6 mm y 12 mm). Las muestras de resina compuesta se acoplaron en su parte media y se sometieron a un total de 18 mediciones por espécimen al Índice de Dureza de Knoop (KHN). Concluyendo que para la unidad Elipar Trilight, la dureza de la resina compuesta, disminuye a medida que la distancia que la guía de luz aumenta. La unidad XL 1500 presentó una disminución significativa en la dureza como la profundidad de curado de la resina compuesta. Apolo 95E causó una disminución en los valores de dureza de resina compuesta, cuando aumentó la distancia de la guía de luz.¹⁵

Rode KM (2007) evaluó la influencia de la distancia de la punta de curado en la profundidad de curado de un compuesto de resina mediante la medición de la microdureza Vickers y determinó el grado de conversión mediante el uso de la espectroscopia FT-Raman. Las unidades de curado de luz que utilizó fueron halógeno (500 mW / cm²) y el LED (900 mW / cm²) a una intensidad convencional y un láser de argón (250 mW/cm²) con un tiempo de exposición de 40 s para la luz halógena, 20 s para LED y de 20 y 30 s para el láser de argón. Se utilizaron las distancias punta de curado de 0, 3, 6 y 9 mm y controlado a través de anillos de metal. El material compuesto se colocaba en una matriz en un incremento con un espesor de 1 mm a 4 mm. Los valores de microdureza y el grado de conversión se analizaron por separado. Concluyendo que a mayores distancias de la punta, se produce una disminución de la microdureza y el grado de valores de conversión, mientras que el aumento del espesor de resina disminuyó la microdureza y el grado de los valores de conversión. Se mostró una mayor correlación entre microdureza y el grado de conversión. Rode, sugiere en su estudio que las unidades actuales para curado promueven un grado similar de conversión y microdureza, siempre que el espesor de la resina no sea mayor a 1 mm y la fuente de luz se encuentre a una distancia máxima de 3 mm de la superficie de la resina.¹⁶

Sunitha (2010) analizó la lixiviación (extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido) de los adhesivos en Ortododncia donde se evaluó la liberación de Bisfenol A (BPA) la cual se encuentra asociada a muerte celular por necrosis, alergias cutáneas y en los estudios realizados en animales, daños en sus órganos reproductores. La muestra se realizó en 138 brackets premolares de acero inoxidable 3M, cementados con el sistema Transbond™ XT 3M, fotocurado a tres distancias (0, 5, 10mm) durante 35 días. Este estudio también determinó el grado de conversión de la resina (DC) fotocurada a las distancias mencionadas anteriormente con el espectrómetro FTIR (Perkin-Elmer, Norwalk, Connecticut). El resultado del estudio demostró aumentos en los niveles de BPA a las 24h después de ser fotocurados a las 3 distancias (0, 5, 10mm).

Existió un aumento estadísticamente significativo en la liberación media de BPA a medida que aumentaba la distancia de la punta fotopolimerizable ($P < 0.05$). Las distancias 0 y 5 mm mostraron aumentos en BPA hasta el día 21 mientras que la distancia de 10 mm mantuvo valores elevados en todas las mediciones. También se observó una reducción significativa ($P < 0.05$) en la DC a medida que aumentaba la distancia de la punta fotopolimerizable.¹⁷

Holroyd M (2013) mide y compara el efecto de diferentes tiempos de exposición y las distancias de exposición en el grado de curado, de los selladores de fosas y fisuras con base de resina fotopolimerizable. Con muestras representativa de 13 marcas comerciales selladores ($n = 6$), midiendo en tiempo real por espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) a tres exposiciones clínicamente relevantes (10, 20 y 40s) y dos distancias exposición fija (4 mm y 7 mm) entre la muestra y la fuente de luz. Los datos se analizaron mediante un análisis multivariante y estadístico eta cuadrado parcial. Obteniendo que el tiempo de exposición y distancia tuvieron una influencia significativa en grado de conversión a través de todos los materiales ($\eta_p(2) = 0.927, 0.774$ y $0,266$ respectivamente) con "material" y "tiempo de exposición" que muestra el efecto más fuerte (α nivel de significancia ≤ 0.05). En general, un mayor tiempo de exposición y distancia reducida, entre la muestra y la fuente de luz LED, aumentó el grado de conversión de los materiales, concluyendo que el grado de curado está influenciado significativamente por la marca de sellador y por el tiempo de exposición. En algunos casos se ha encontrado que el grado de conversión también se ve afectado significativamente por la distancia de exposición.¹⁸

Alteraciones por tiempos de fotocurado prolongados

Uzel et al (2006) sugiere que las UFC a pesar de tener diferentes DPR y tiempos de exposición sugeridos por el fabricante pueden llegar a generar cambios de temperatura que puedan afectar la pulpa, tomando en cuenta que a diferencia de la odontología restauradora, la ortodoncia difieren diversos factores como: 1. La distancia pulpar, ya que esta se encuentra protegida por un esmalte integro (sin cavitación), 2. Los aditamentos ortodóncicos (brackets, tubos, bandas) están presentes entre la fuente de luz y el esmalte, 3. La capa de adhesivo es muy delgada entre la interfaz del bracket y el esmalte. Por lo que el objetivo del estudio de Uzel fue Investigar los cambios de temperatura de un premolar y un incisivo inferior durante el cementado de brackets utilizando tres fuentes de luz diferentes. Se irradiaron dos tipos diferentes de dientes humanos (premolares e incisivos inferiores) a dos distancias diferentes (superficie y 10 mm) con tres unidades de fotopolimerización visibles. Los Brackets metálicos utilizados fueron Omni Arch, GAC, el agente de unión empleado fue el sistema Transbond XT 3M. Las UFC utilizadas de luz QHT Smart-lite (625 mW/cm^2), LED Ortholux (1000 mW/cm^2) y Power PAC (1200 mW/cm^2), Para las mediciones de temperatura, las raíces del premolar y el incisivo se resecaron y los residuos de pulpa se eliminaron de forma retrógrada. Se insertó un alambre de termopares tipo J de 0,36 pulgadas (Omega Engineering Inc, Stamford, CT) en la cámara de pulpa del diente de muestra para medir los cambios de temperatura. El termopar mantuvo contacto con la dentina mediante una capa delgada de compuesto de transferencia de calor de silicona. La

posición del termostato fue verificada radiográficamente, y fue fijada con resina en el tercio apical de la raíz. Los cambios de temperatura intrapulpular se registraron cada dos segundos. Las grabaciones se iniciaron al mismo tiempo con fotopolimerización y finalizaron cuando la temperatura comenzó a descender desde su nivel máximo. Los datos recopilados, disponibles tanto en forma tabular como gráfica, se monitorizaron en tiempo real y se transfirieron a una computadora. Cinco mediciones se obtuvieron de cada grupo. Se tomó la diferencia entre las lecturas de temperatura de inicio y de temperatura más alta, y los cinco cambios de temperatura calculados se promediaron para determinar el aumento de la temperatura media. Las salidas de luz de las unidades de curado se verificaron antes de cada procedimiento de prueba con un radiómetro Hilux (Benlioglu Dental, Ankara, Turquía). Las significancias estadísticas, del aumento de temperatura fueron para las tres variables (UFC, tipo de diente y distancia). Las pruebas ANOVA y Post Hock utilizando la diferencia menos significativa (LSD: Least Significant Diference) revelaron que los cambios de temperatura de la cámara pulpar fueron influenciados por el tipo de fuente de luz, el tipo de diente y la distancia desde la punta de la guía de luz hasta la superficie del soporte. Las Unidades QHT indujo cambios pulpares significantes más altos que LED y PAC ($P = .000$). La diferencia entre QHT y PAC fue estadísticamente significativa, excepto en la distancia de 10 mm. El incisivo inferior se vio afectado más que el premolar, pero las diferencias fueron estadísticamente significativas solo con PAC a dos distancias ($P = .001$) y con LED a la distancia de 10 mm ($P = .05$). La temperatura aumentó significativamente más en la superficie que a 10 mm de distancia con todas las unidades de fotocurado ($P = .000$). Concluyendo que la luz QHT indujo cambios de temperatura intrapulpares significativamente más altos. El aumento de temperatura fue significativamente mayor a distancias más cercanas con todas las UFC; Todas UFC produjeron un aumento de temperatura más alto en la cámara pulpar del incisivo mandibular que en el premolar en ambas distancias, Las luces de salida de alta energía produjeron cambios de calor significativamente más altos en el incisivo que en el premolar, El tiempo de exposición reportados en el estudio no excedió el valor crítico de 5.58C para la salud pulpar.¹⁹

Variaciones en Procesos de Fotocurado Reportados

Dunn y Taloumis en 2002 compararon la resistencia al desprendimiento de brackets metálicos fotocurados por unidades QTH (Optilux 501, Demetron Corp) Y LED, (LumaCure y VersaLux), sobre 100 molares de origen humano, divididos en cuatro grupos, cada uno probado con una UFC diferente. Grupo 1 fue curado con Optilux 501, el grupo 2 con la unidad inalámbrica ProLite, el grupo 3 con la unidad LumaCure y el grupo 4 con la unidad Versalux, el tiempo de fotocurado fue de 20 segundos en cara mesial y 20 s en cara distal, siendo un tiempo total de curado de 40 segundos. La DPR fue verificada con un radiómetro Demetron Research Corp. Finalmente se llevó a cabo el Índice de Adhesivo Remanente (ARI) para analizar la cantidad de resina restante en la superficie del esmalte. De acuerdo con los resultados de Anova, no existieron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de unión de ninguno de los grupos ($P = .78$). Del mismo modo, no hubo diferencias estadísticas entre los puntajes de ARI de ninguno de los grupos ($P = .65$).

Concluyendo que no existe una diferencia en la fuerza de unión de los brackets al ser fotocurados por fuentes de luz distintas, además la prueba de ARI sugirió que independientemente del tipo de fotocurado, el eslabón débil en la cadena de adhesivo se encuentra entre el soporte de metal y el compuesto.²⁰

Cacciafestaa (2005) evaluó la fuerza de unión de brackets (Voctory Series, 3M Unitek con un área de base de 11.7mm²) cementados con tres tipos de UFC a distintos tiempos de exposición y distintas distancias. En 135 incisivos mandibulares de origen bovino recién extraídos, divididos aleatoriamente en 9 grupos, Los brackets fueron cementados con el sistema adhesivo Trashbond XT. La fotopolimerización se llevó a cabo de acuerdo a las especificaciones del fabricante (repartiendo el tiempo total de fotocurado en las caras mesiales y distales del bracket) con las UFC, Astralis 10, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein, tipo QHT con un tiempo total de 10 segundos, una unidad LED e-Light, GC Europe, Lovaina, Bélgica con 6 segundos de exposición y unidad Arco de Plasma (PAC) Sistema PAC, American Dental Technologies, Corpus Christi, Tex, a 4 segundos de exposición. La distancia fue estandarizada por un papel milimétrico, con una línea predeterminada que representaba las distancias (0, 3, 6 mm) y la angulación adecuada desde la punta de la guía de luz y la base del bracket. Además se utilizó un alambre que representaba a las medidas antes mencionadas. Posteriormente se probaron en modo de cizalla en una máquina de prueba universal Erichsen 469 LE4, 500 N, Wuppertal, Alemania, a una velocidad de cruceta de 1mm/min, reportando los resultados en Newtons y convertidos después en MPa. Finalmente los dientes fueron analizados con la prueba ARI. Los resultados del ANOVA indicaron la presencia de diferencias significativas entre los diversos grupos (P= .000). Al comparar las tres unidades de fotopolimerización a una distancia de punta de cero mm (grupos 1, 4 y 7), no se informaron diferencias significativas en términos de fuerzas de unión (P = .17). Por otro lado, a distancias de tres mm (grupos 2, 5 y 8) y seis mm (grupos 3, 6 y 9), no se encontraron diferencias significativas entre las luces HQT y PAC (P> 0.44), pero ambos mostraron una fuerza de unión significativamente mayor que la luz LED (P> 0.16). No existió diferencia significativa (P = 5, 52) en la unidad QHT entre las 3 distancias de fotocurado. Las unidades LED, reportaron diferencias significativas (P> .087) entre los grupos 4 (cero mm) y 5 (tres mm) y entre los grupos 5 (tres mm) y 6 (seis mm). Sin embargo presentó una reducción significativa (P= .000) en el valor de la resistencia de unión cuando se comparó el grupo 4 (cero mm) con el grupo 6 (seis mm). El sistema PAC, no alojó diferencias significativas (P>.16) entre los grupos 7 (cero mm) y 8 (tres mm) y entre los grupos 8 (tres mm) y 9 (seis mm), mientras que un aumento significativo (P = .007) en la fuerza de adhesión se informó cuando se comparó el grupo 7 (cero mm) con el grupo 9 (seis mm). Las pruebas de Chi² para los puntajes de ARI no presentaron diferencias estadísticamente significativas (P> 0.3). Tampoco se encontraron diferencias significativas (P> 0.41) en las puntuaciones de ARI entre las tres distancias para todas las unidades de fotopolimerización. Concluyendo que al utilizar distintas fuentes de luz al fotocurar a distancia cero, la fuerza de unión del bracket es similar. Fotocurar a distancias de 3 y 6 mm no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre QHT y PAC pero si existió una disminución significativa en las unidades LED. Las unidades PAC a mayor distancia presentaron

mejores resultados por lo que sería recomendable utilizarlas en sitios de difícil acceso.³

Gronberg (2006) et al, evaluó los efectos de la distancia y tiempo de fotocurado de brackets con unidades LED de segunda generación, en 135 dientes bovinos a dos distancias (1 y 10mm) y distintos tiempos de exposición (5, 10, 20, 40 segundos). Reportando que los valores medios de la resistencia a la cizalla aumentaron cuando fue mayor el tiempo de exposición, sin embargo no encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a la distancia ($P=0.779$), tampoco encontraron una interacción significativa entre el tiempo y la distancia ($P=5.133$). Tampoco encontraron una diferencia significativa en las puntuaciones en el índice de remanente adhesivo (ARI) en relación a la distancia ($P=0.454$). Pero si encontraron diferencia respecto al tiempo de exposición ($P=0.001$). Concluyendo que a mayor tiempo de exposición existe mayor resistencia al desprendimiento, las exposiciones de 10 segundos proporcionan una adhesión y no es necesario realizar exposiciones prolongadas, y no existe una diferencia estadísticamente significativa respecto a la distancia.¹¹

Yusoff et al (2008) evaluaron los efectos de la fotopolimerización de brackets a distintas angulaciones, en 90 premolares humanos de pacientes menores de 18 años e indicados para extracción por tratamiento ortodóncico, Cada diente fue colocado sobre una base de acrílico quedando la cara vestibular paralela a la pared del molde. Se utilizaron brackets metálicos Edgewise estándar de acero inoxidable slott .022 3M Unitek con un área de superficie de 11.22 mm². El protocolo de adhesión se llevó a cabo con el sistema Transbond XT 3M. , se utilizó un distómetro especialmente diseñado para estandarizar la distancia entre la punta fotopolimerizable y el adhesivo. La punta de la luz estaba angulada a 0°, 45° y 90° a una distancia de 3 mm. La DPR se reportó en mW/cm² con un radiómetro (Demetron, SDS Kerr Danbury, Connecticut), Los adhesivos de ortodoncia se curaron durante 40 segundos. Posteriormente se realizó la prueba de cizalla en la máquina de prueba universal Instron, Norwood, EE. UU. La resistencia media al cizallamiento del adhesivo de ortodoncia curado en las angulaciones de la punta de fotocurado de 0°, 45° y 90° fueron 3.55 MPa ± 2.65, 4.56 MPa ± 2.43 y 6.17 MPa ± 4.85 respectivamente. Donde la angulación a 90° obtuvo el valor más alto en resistencia a la prueba de cizalla. La prueba Kruskal-Wallis no detecto diferencias significativas en la fuerza de unión en los 3 grupos con un valor de $P > 0.05$. Concluyendo que a una distancia de 3 mm las tres angulaciones de la punta de fotocurado no mostraron resistencias de unión al corte estadísticamente diferentes. Pero el autor recomienda la angulación de 90° de la punta de la guía de luz.²¹

Palomares et al (2008) analizaron si existía una diferencia en la fuerza de unión en brackets fotocurados por distintas unidades de fotocurado (QTH y LED) con tiempo de exposición reducido. Se cementaron 80 brackets de incisivos superiores con un área de base de 12.2mm², en incisivos permanentes bovinos recién extraídos, cementados con el sistema Transbond XT 3M y repartidos aleatoriamente en 4 grupos. El grupo 1 o grupo control, se curó con la unidad Halógena Ortholux XT 3M Unitek (640 mW/cm²) por 20 segundos, Los otros 3 grupos se unieron con unidades de fotopolimerización de LED de alta intensidad durante 10 segundos: grupo 2 con

LED Ortholux 3M Unitek (980 mW/cm²), grupo 3 con LED Radian, SDI (1400 mW/cm²) y grupo 4 con unidad de curado bluephase LED, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein (1450 mW/cm²). La distancia de la punta de curado se estandarizó a 2 mm. Las densidades de potencia fueron comprobadas por un radiómetro de mano (Demetron 100, Demetron Research, Dannbury, Connecticut, EE. UU.) La interfase bracket-diente para cada espécimen fue probada después de 30 minutos en cizalla con una barra afilada en forma de cincel conectada a una máquina de prueba universal (EMIC MFdl 500, Paraná, Brasil) a una velocidad de cruceta de 0.5 mm / minuto, Después del despegamiento, los dientes y los soportes fueron examinados por debajo de 10x aumento (Olympus Optical, Hamburgo, Alemania) para evaluar la cantidad de resina restante en el diente. El índice de adhesivo remanente (ARI). La prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas (P= 0.176) entre los grupos evaluados. El grupo 4 (bluephase LED) tenía una resistencia promedio al cizallamiento de 11.82 ± 2.09 MPa, mientras que el grupo de control con unidad de fotocurado a base de halógeno tenía una media de 11.22 ± 1.68 MPa. Las comparaciones de chi cuadrada para la prueba de ARI indicaron diferencias significativas (P= 0,0001) entre el grupo que se unió con una unidad de fotopolimerización a base de halógeno y los demás. Con el uso de unidades de curado LED, existió mayor frecuencia de puntajes de ARI de 2 y 3, lo que indicó mayor adhesión en los dientes. Los resultados actuales indican que el uso de unidades de curado LED de alta intensidad es potencialmente adecuado para las necesidades de adhesión ortodóncica, incluso si el tiempo de exposición se reduce a 10 segundos.²²

Beolchi (2015) utilizó como parámetro que la cantidad de energía necesaria para obtener un adecuado grado de conversión de las resinas es de 16 J/cm², evaluando la cantidad de tiempo requerido de distintas UFC sometidas a tres distancias 0, 4 y 8 mm. Tres UFC fueron LED: Elipar Freelight 3M ESPE (1000 mW/cm²), Radian-cal SDI (1200 mW/cm²) y Valo, Ultradent, este último probado en sus tres modalidades (estándar, alto y potencia extra con DPR de 1000, 1400 y 3200 mW/cm² respectivamente). El grupo control se probó con un UFC de QHT Optilux 401, Demetron (600 mW/cm²). El tiempo de exposición de Elipar Freelight 2, Radian-cal, Optilux 401 y Valo en modo estándar fue de 20 s Valo en modo de alta potencia se probó durante 4 s y en modo de potencia extra durante 3 s todas las lámparas se conectaron a un dispositivo encargado de estabilizar UFC y controlar la distancia desde la punta hasta el sensor. Los datos de irradiancia se recolectaron con un simulador MARC (BlueLight analytics Inc., Halifax, Canadá). El dispositivo presentó una sonda de irradiancia de fibra óptica cosenocorrectora capaz de capturar toda la luz emitida, que a su vez fue guiada a un radiómetro calibrado espectral reportando los datos en mW/cm². Sobre éste valor el programa calculó el tiempo requerido para lograr una DPR de 16J/cm² en función de la energía requerida para alcanzar dicho valor. Todos los grupos mostraron diferencias estadísticamente significativas con un valor de (p< 0,01). Se detectó la diferencia estadísticamente significativa entre las distancias de curado para el mismo dispositivo de fotocurado y / o el mismo modo de curado (P< 0.01). Todas las UFC tuvieron una pérdida de potencia significativa cuando aumentaba la distancia de emisión, necesitando mayor tiempo de exposición para alcanzar la energía total de 16J/cm², es decir, de 11.28 ± 0.33 s

a 0 mm, Radiical requirió 69.07 ± 1.25 s a 8 mm, que fue una duración significativamente más larga que las recomendadas por la mayoría de los fabricantes. Del mismo modo, Elipar aumentó de 9.43 ± 0.05 a 46.48 ± 0.43 s Valo, tanto en modo estándar como de alta potencia, aumentó de 10.77 ± 0.4 s a 27.62 ± 0.08 y de 7.83 ± 0.07 a 20.74 ± 0.16 s, respectivamente. El tiempo menor lo logró Valo en el modo de potencia extra (13.03 ± 0.09 s) y el tiempo más alto con la lámpara halógena Optilux-401 (94.96 ± 1.47 s). Concluyendo que todas las UFC tenían una pérdida significativa de irradiación y energía total cuando la luz se emitía más lejos de la sonda. En consecuencia, el tiempo medio para alcanzar la DPR total de 16 J/cm^2 aumentó significativamente a medida que aumentaba la distancia.⁴

Udomthanaporn (2016) Comparó la resistencia al cizallamiento y el índice ARI de brackets polimerizados por unidades LED de alta intensidad a diferentes intensidades y tiempos de curado. En 60 premolares extraídos, dividido en 3 grupos a los que se cementaron brackets metálicos Roth .022 (Mini Diamond Twin, Ormco) con una superficie de malla de 10.68 mm^2 . El agente cementante empleado fue el sistema Ortho Solo Kit de la casa comercial Ormco, realizando el protocolo de adhesión conforme lo describe en fabricante. La punta de la guía de luz se posicionó a 1mm de distancia de la interface del diente y el bracket. En el grupo 1, se usó una unidad LED Bluephase, Ivoclar con una DPR de $1,200 \text{ mW/cm}^2$, con un tiempo total de curado de 20 segundos (10 en cada lado, mesial y distal). En el grupo 2 se utilizó la unidad LED Valo, Ultradent con un DPR de 3200 mW/cm^2 , con un tiempo total de curado de 6 segundos (3en cada lado, mesial y distal). Y en el grupo 3 se fotocuró con UFC LED de mayor intensidad FlashMax con un SDP que oscila entre 4000 y 6000 mW/cm^2 , con un tiempo total de curado de 3 s Después de 5 minutos del cementado de bracket, se realizó la prueba de resistencia a la cizalla en la Maquina de Prueba Universal (INSTRON) a una velocidad de cruceta de 0.5 mm/min. La puntuación ARI se calculó utilizando los criterios de Artun y Bergland. En los resultados de la prueba de resistencia ala cizalla, no existió diferencia significativa entre Bluephase y Valo), mientras que FlashMax (media $4,75 \pm 2,82 \text{ MPa}$) una significancia más baja ($P < .0001$). , FlashMax tuvo la intensidad de luz más alta especificada por el fabricante sin embargo su resistencia al desalojo fue el más bajo, probablemente porque el tiempo de fotocurado sugerido por el fabricantes insuficiente. En la Prueba de ARI Bluephase y Valo tuvo una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0.030$), teniendo Bluephase un puntaje de 3 (55.5%) mostrando que la mayoría de los fallos se llevaron a cabo entre la interfaz Bracket adhesivo. FlashMax presentó un puntaje de 0 y 1 (90% y 80% respectivamente) lo que significa que el fallo ocurrió en la interfaz esmalte-adhesivo, sin presentar daño en la superficie del esmalte al desalojar el bracket.⁵

Reportes de Fichas Técnicas

En los estudios mencionados anteriormente se puede observar que existen varios sistemas adhesivos en el mercado. Sin embargo los instructivos del fabricante omiten especificaciones necesarias para el protocolo de fotocurado: OrthoSolo™ ORMCO indica la posición adecuada de la guía de luz (en dirección a la base del bracket, en cara mesial y distal), sin mencionar el tiempo de exposición, además de discrepar con el manual ilustrado proporcionado por la misma compañía, en donde

la fuente emisora de luz se posiciona en la cara vestibular y no en caras interproximales del bracket²³. El sistema adhesivo Heliosit Orthodontic Ivoclar en su manual de procedimientos, menciona que el tiempo de fotocurado depende del tipo de UF utilizado (Halógena o LED) sin especificar la distancia de fotocurado²⁴. El sistema Transbond™ XT 3M indica en su instructivo una distancia de fotocurado entre 2 y 3 milímetros posicionando la guía de luz en la base del bracket metálico, o de manera perpendicular en caso de brackets cerámicos²⁵. Las distintas especificaciones o diversas o diferentes procedimientos entre casas comerciales no permiten un protocolo de fotocurado que permita una fotopolimerización eficiente, afectando las propiedades físicas, y químicas de los sistemas adhesivos influyendo de manera negativa en la calidad de la adhesión del bracket.

Biomodelos bovinos

Los Incisivos bovinos se encuentran ubicados en la parte anterior de la mandíbula y están dispuestos en arco con una parte cóncava hacia el interior de la boca y una parte convexa hacia los labios siguiendo un patrón similar al de los humanos. Macroscópicamente los dientes bovinos también son similares a los dientes humanos, contando con una corona, una raíz con un estrechamiento entre los dos llamado cuello, puede también diferenciarse el esmalte, la dentina y el cemento. El análisis químico con espectroradiografía del esmalte realizada por Puentes et al, demostró una gran similitud en el tipo de elementos que los componen. Además de las similitudes con los dientes humanos, otra ventaja es la disposición de este tipo de biomodelos, ya que puede obtenerse una muestra significativa, sin que sus propiedades físicas y químicas sufran de alteraciones por desecamiento o envejecimiento de las piezas²⁶

Oesterle et al encontró una fuerza de unión más débil del 21% al 44% en el esmalte incisivo inferior permanente bovino que en el esmalte del incisivo central superior humano. Recomendaron, con solo dientes bovinos en un estudio, utilizar incisivos inferiores permanentes o incisivos inferiores caducos porque la fuerza de unión al esmalte bovino caducifolio fue significativamente mayor que la de otros dientes permanentes bovinos.¹

Benitez M, Compara el grado de adhesión de brackets metálicos entre dientes de origen bovino y dientes de origen humano, no encontrando una diferencia estadísticamente significativa en las pruebas adhesivas ($p= 0.052$) con valores promedio de 6.10 y 12.11 MPa. Otro hallazgo del estudio fue que existía una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de falla y el tipo de diente ($p= 6,84e07$) siendo las fallas “resina-bracket y resina-resina” relacionadas a dientes humanos, mientras que las fallas “adhesivo-esmalte” y “resina-resina” asociados a dientes bovinos. El uso de dientes bovinos como biomodelos en estudios de adhesión de esmalte es viable, pero es necesario realizar una estandarización del método al aplicar las pruebas de adhesión, tomando en cuenta la inclinación de los dientes, punto de aplicación de la fuerza, el tamaño y la forma de la cruceta utilizada, variables que pueden influir en el resultado.²⁷

Planteamiento del problema

En la práctica de la ortodoncia, es común el desprendimiento de brackets durante el tratamiento, por causas multifactoriales, entre ellos, el grado de curado de un composite que está determinado por la densidad de potencia radiante (DPR), que parece variar según el tipo de luz de la unidad de fotocurado, la distancia desde la que se emite la luz, la orientación de la punta, el diámetro de la guía y el tiempo de exposición.³

Una fotopolimerización inadecuada influye negativamente en las propiedades adhesivas del composite⁴, propiciando fallas en la unión de los brackets, retrasando el tratamiento ortodóncico, aumento de tiempo clínico, desperdicio de materiales y tiempo del paciente.⁵

Por lo que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe correlación entre la distancia de fotocurado y la fuerza de adhesión de brackets?

Justificación

Diversos autores han reportado las fallas adhesivas durante el cementado de brackets, causadas por la contaminación de saliva, sangre, restos orgánicos en la superficie del esmalte, humedad en la cavidad oral, entre otros, sin embargo existe información escasa respecto a las fallas en la adhesión producidos por las variaciones en la densidad de potencia radiante ocasionadas por la distancia durante el proceso de fotocurado, la cual no es especificada por el fabricante.

Por lo que no existe un protocolo validado que pueda ser controlado por el clínico durante el proceso de cementación.

El explorar ésta posible causa, aportará conocimiento para la resolución de éste problema, y, permitirá al clínico, incluir en su práctica cotidiana, mayor control sobre el cementado de brackets a fin de optimizar su adhesión y disminuir el retraso del tratamiento.

Hipótesis

H_i Existe Correlación entre la distancia de fotocurado y la fuerza de unión de brackets

H_n No existe Correlación entre la distancia de fotocurado y la fuerza de unión de bracket

Objetivos

Objetivo General

Correlacionar la distancia de luz de fotocurado con la fuerza de adhesión del bracket

Objetivos Específicos

Determinar las variaciones de la Densidad de Potencia Radiante a distintas distancias del composite

Evidenciar la distancia que permita una fuerza de adhesión del agente cementante dentro de los estándares recomendados (6-8 MPa)

Determinar el tipo de falla; adhesiva, o cohesiva usando el ARI (índice de remanente adhesivo)

Material y Método

Diseño de Estudio

Es un estudio: experimental, *in vitro*, prospectivo, analítico y transversal

Universo: Brackets metálicos

Población y Muestra

Muestreo no probabilístico por conveniencia

90 Brackets metálicos con una base de 11.84 mm² cementados en dientes de origen bovino.

Criterios de Inclusión

Brackets de acero inoxidable nuevos sin defectos de fábrica que corresponden al primer premolar superior 3M Unitek con una área de la base de 11.84 mm²

Incisivos temporales de origen bovino sin defectos o alteraciones en el esmalte naturales (fisuras de desarrollo), de tipo cariogénico o traumático.

Criterios de Exclusión

Deteriorados o con defecto de fábrica

Criterios de Eliminación

Muestras que sufran fallas durante el procedimiento

Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Densidad de potencia radiante	Cantidad de energía que / incide sobre / se propaga a través / es emitida desde/ una superficie de área dada en un periodo de tiempo dado. Se mide en unidades de julios por segundo (J/s), o vatio (W). El vatio o watt es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Un flujo radiante de 1 W significa que una fuente produce 1 julio cada segundo	Las mediciones se realizarán con un Radiómetro BluePhase Meter de la casa comercial Ivoclar, el cual reporta la DPR en mW/cm^2
Distancia de fotocurado	Distancia en milímetros de longitud entre la superficie emisora de luz y la base del bracket posicionado en el órgano dentario con el sistema adhesivo	Será determinada con un vernier digital de fibra de carbono de la casa comercial Control Company ^R , a partir de la base del bracket. La guía de luz apoyándose en las marcas de grafito con una angulación de 90°
Test de Fuerza adhesiva	Resistencia a la cizalla de un vástago metálico acoplado a la Máquina Universal de Pruebas (INSTRON), con registro en Newtons (N), y al dividirla por el área del bracket se obtiene la fuerza de adhesión en megapascales ($\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$).	Prueba de resistencia a la cizalla con el vástago acoplado a la Máquina Universal de Pruebas (INSTRON) con un vector perpendicular hacia el cuerpo del bracket a una velocidad de cruceta de 0.5 mm/min
Índice de remanencia adhesivo	Tipo de falla observada través de microscopio óptico: fallas cohesivas y adhesivas que se observe a través de la examinación de la malla del bracket y la superficie del esmalte	Evaluación Visual de la muestra con un Microscopio a 10x y 20x siguiendo la puntuación de Artun y Bergland

	NIVEL DE DEPENDENCIA	NATURALEZA DE LA VARIABLE	ESCALA	PRUEBA ESTADÍSTICA
Densidad de potencia radiante igual o mayor a 400 mW/cm ²	Independiente	Cuantitativa Continua Paramétrico	mW/cm ²	No Aplica
Distancia de fotocurado	Independiente	Cuantitativo Continua Paramétrico	1 Milímetro 3 Milímetros 5 Milímetros	Correlación de Pearson
Test de Fuerza adhesiva	Dependiente	Cuantitativa Continua	MPa	Estadística descriptiva T para muestras independientes ANOVA
Índice de remanente adhesivo	Dependiente	Cuantitativa Ordinal	0 al 4	Estadística descriptiva Kruskal Wallis U de Mann-Whitney Rho de Spearman

Concordancia y Fiabilidad

La colocación de los brackets y la evaluación de la fuerza de adhesión, se llevó a cabo por expertos en el área y siguiendo las indicaciones del fabricante para los materiales que se aplicarán.

Ubicación Espacio-Temporal

Unidad Espacio/Temporal: Laboratorio de Biomateriales Dentales FEBUAP

Procedimiento

Se obtuvieron órganos dentarios temporales de origen bovinos recién extraídos sin defectos o alteraciones en el esmalte naturales (fisuras de desarrollo), de tipo cariogénico o traumático. Se removieron los restos orgánicos manualmente con el instrumental adecuado. Para su desinfección se empleó una solución al 0,5% de cloramina T y se almacenó en un recipiente de plástico con agua desionizada y cristales de Timol. Posteriormente se montó en una base de acrílico, en su porción radicular, que fue delimitada por un molde metálico que se adaptó a las mordazas de la Máquina de Pruebas Universales INSTRON.

Los órganos dentarios y los brackets fueron divididos en tres grupos iguales de forma aleatoria y se determinó el área de cementado del bracket en la superficie

más prominente de la cara vestibular de los incisivos Bovinos.

El grabado de superficie del esmalte se realizó con ácido fosfórico al 37% por 30 segundos en la zona previamente delimitada, posteriormente se enjuagó con agua y se secó completamente utilizando una fuente de aire libre de aceite y humedad. Posteriormente se delimitó la superficie de adhesión con un grafito de 0.05 mm. Utilizando un vernier digital de fibra de carbono (Control Company^R) se hicieron marcas tanto en mesial como en distal, a 1, 3 y 5 mm de distancia del perímetro de la zona de posicionamiento. (1 mm debido a que la distancia 0 sugerida por diversos autores es imposible en ortodoncia, 3 mm es la distancia sugerida por el fabricante y 5 mm como la distancia máxima que existen entre los brackets de los incisivos inferiores)

Se aplicó una fina capa uniforme de imprimador 3M Unitek en la superficie del diente dónde se adhirió el bracket, inmediatamente se puso el agente cementante Transbond[™] XT en la malla del bracket, el cual se ubicó suavemente en la área predeterminada, después se ajustó el bracket en su posición final y se presionó firmemente para asentarlo en el esmalte, con ayuda de un explorador se retiraron los excedentes de composite que rodeaban a la base del bracket.²⁵

Con una unidad LED 3M ESPE Elipar TM nueva (DPR 700mW/cm²) se llevó a cabo el fotocurado, con una barrera de plástico auto-adherible (Kleen Pack[©]) en la punta de la guía de fibra de vidrio, la cual fue evaluada previamente con un radiómetro Bluephase Meter Ivoclar a 1, 3, 5 mm de distancia misma que fue controlada por un dispositivo de corcho calibrado a los diferentes espesores. (imagen 1 y 2) La técnica de fotocurado se efectuó conforme lo indica textualmente el fabricante, con un tiempo total de exposición de 10 segundos repartidos en las caras proximales y orientando la superficie emisora de luz de manera perpendicular, con una angulación de 90° a la base del bracket.²¹ (Imagen 3)

La muestra se clasificó de la siguiente forma: Grupo 1 (n=30): Radiación a una distancia de un milímetro, Grupo 2 (n=30): Radiación a una distancia de tres milímetros, Grupo 3 (n=30): Radiación a una distancia de cinco milímetros.

Una vez que finalizó el proceso de cementado la muestra se sometió a un ambiente con niveles de humedad de 100%, a 37°C en incubadora durante 48 horas. El test de fuerza adhesiva, se midió por carga de cizalla con un vástago metálico acoplado a la Máquina Universal de Pruebas (INSTRON) con registro en Newtons (N), que al ser dividida por el área del bracket (3.6mm) se obtuvo la fuerza de adhesión en megapascales (MPa=N/mm²). (Imagen 4)

Al finalizar la prueba de cizalla, se evaluó el tipo de falla (adhesiva o cohesiva) a través de microscopio óptico con un aumento de 10x tomando como referencia el índice de remanente adhesivo (ARI), con los siguientes puntajes: 0, sin adhesivo en la superficie del esmalte, 1; menos o igual a 1/3 de adhesivo en esmalte, 2; más de 1/3 pero menor o igual a 2/3 remanentes, 3; más de 2/3 de adhesivo remanente y 4; todo el adhesivo queda en la superficie del esmalte. (Imagen 5)

Análisis Estadístico

Los resultados de las variables se organizaron en tablas para ser analizados a través de estadística descriptiva y diferencial, en el caso de las variables cuantitativas se aplicó la prueba T de Student para muestras independientes y Anova, en caso de las variables cualitativas se aplicaron frecuencias, porcentajes y las pruebas Kruskal Wallis y U de Man Whintney. La correlación entre la distancia de fotocurado (en milímetros) y la fuerza de adhesión (megapascales) se aplicó la prueba de Correlación de Pearson, y para la correlación entre distancia de fotocurado y calidad de la adhesión (puntajes de Ari) se empleó la prueba Rho de Spearman.

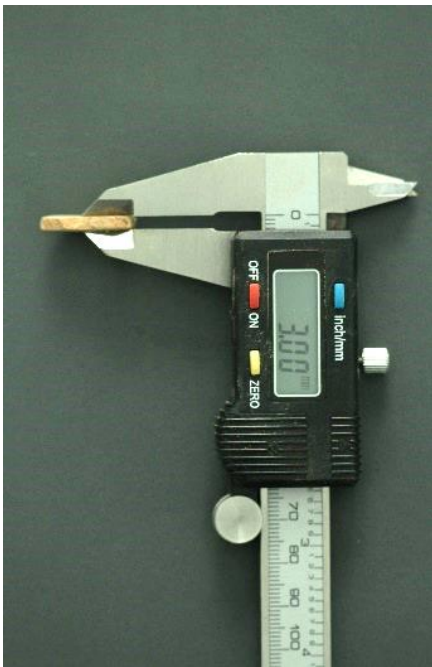


Imagen 1: Calibración de topes de corcho



Imagen 2: Evaluación de la UFC LED 3M Elipar ESPE, con un radiómetro Bluephase Meter Ivoclar.

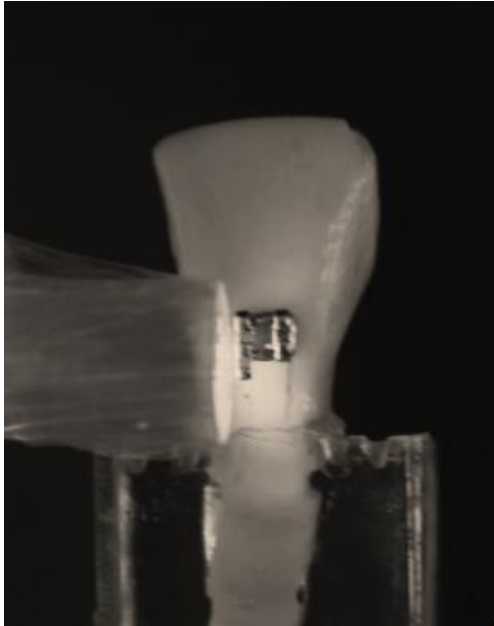


Imagen 3: Fotocurado a 1mm de distancia.



Imagen 4: Prueba de fuerza de Adhesión en INSTRON.



Imagen 5: Vista al microscopio de la superficie, con puntaje ARI 4.

Resultados

La prueba de cizalla en INSTRON en 90 dientes de origen bovino dividido en 3 grupos de manera aleatoria, dió como resultados los valores de fuerza de adhesión en Newtons, que al dividirse entre el área total de la malla del bracket (11.84mm²) convirtió los valores en megapascales (MPa), como se observa en la tabla 1.

GRUPOS	N	Media (MPa)	DS
Distancia 1 mm	30	8.8061	3.81112
Distancia 3 mm	30	6.6709	3.73367
Distancia 5 mm	30	10.9763	3.47699

Tabla 1. Valores en MPa de la fuerza de adhesión de los 3 grupos.

La prueba ARI en cada grupo presentó distintas frecuencias (tabla 2). En el grupo 1 (N=30) el puntaje 1 (menos o igual a 1/3 de adhesivo en la superficie del esmalte) presentó una mayor frecuencia (f=10) en el 33.3% del total de las muestras (gráfico 1).

El grupo 2 (N=30) el puntaje 4 (todo el adhesivo queda en la superficie) presentó una frecuencia de 12 (gráfico 2) en el 40% de la muestra total del grupo. Finalmente, el grupo 3 (N=30) el puntaje 1 presentó f=17, en el 57.7% del total de la muestra, (Gráfico 3).

Valores ARI	Grupo 1 (1 mm)		Grupo 2 (3 mm)		Grupo 3 (5 mm)	
	Frecuencia	Porcentajes	Frecuencia	Porcentajes	Frecuencia	Porcentajes
0: No queda adhesivo	1	3.3%	1	3.3%	3	10%
1: menos o igual a 1/3 de adhesivo	10	33.3%	10	33.3%	17	56.7%
2: más de 1/3 pero menor o igual a 2/3	8	26.7%	4	13.3%	6	20%
3: más de 2/3 de adhesivo	2	6.7%	3	10%	1	3.3%
4: todo el adhesivo queda en la superficie	9	30%	12	40%	3	10%
Total	30	100%	30	100%	30	100%

Tabla 2: frecuencias y porcentajes de la Prueba ARI en los grupos 1, 2 y 3

Porcentajes prueba ARI Grupo 1

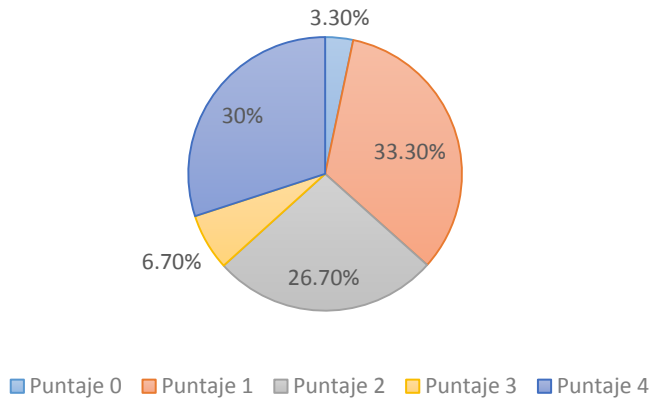


Grafico 1: Porcentajes de Puntuación ARI en el grupo 1

Porcentajes, prueba ARI Grupo 2

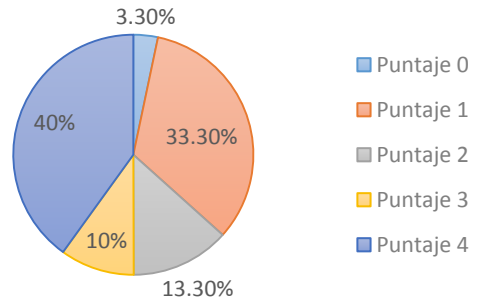


Grafico 2: Porcentajes de Puntuación ARI en el grupo 2

Porcentajes prueba ARI Grupo 3

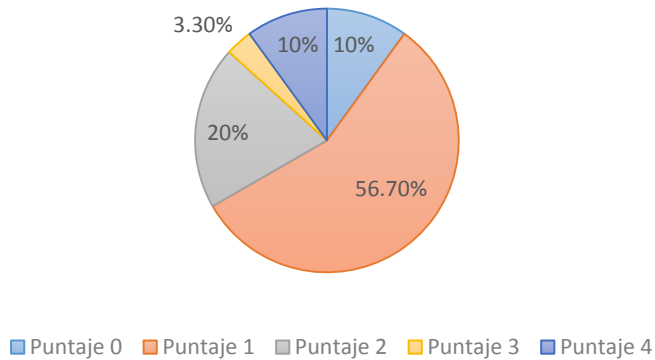


Grafico 3: Porcentajes de Puntuación ARI en el grupo 3

La prueba T de Student para muestras independientes mostró una diferencia estadísticamente significativa en la fuerza de adhesión entre los grupos 1 (N=30) y 2 (N=30) con valor de $P=0.032$, entre los grupos 1 y 3 (N=30) con $P=0.025$ y en los grupos 2 y 3 con un valor de $P=0.032$ (IC 95%). La prueba ANOVA también presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($P=0.000$) con un IC 95%.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	278.054	2	139.027	10.284	.000
Dentro de grupos	1176.079	87	13.518		
Total	1454.133	89			

Tabla 2. Prueba ANOVA, diferencias intergrupos en fuerza de adhesión (MPa)

En la prueba ARI, Kruskal-Wallis indicó que existían diferencias estadísticamente significativas entre grupos 1 (f=33.3% en puntaje 1) y 2 (f=40% en puntaje 3), grupo 2 y 3 (f=56.7% puntaje 1) con valores de P=0.005 y P=0.008 respectivamente. Entre los grupos 1 y 3 no existió diferencia estadísticamente significativa (P=0.57), Esto confirmado con la prueba U de Mann-Whitney con valores de P= 0.572, P= 0.005, P=0.012 en los grupos 1 y 3, 1 y 2, 2 y 3 respectivamente. (Tabla 4).

Kruskal-Wallis	ARI GRUPO 1 Y 2	ARI GRUPO 1 Y 3	ARI GRUPO 2 Y 3
Chi-cuadrado	7.973	.319	9.610
gl	1	1	2
Sig, asintónica	.005	.572	.008

Tabla 3: Prueba Kruskal-Wallis

Mann-Whitney	ARI GRUPO 1 Y 2	ARI GRUPO 1 Y 3	ARI GRUPO 2 Y 3
U de Mann-Whitney	270.000	413.500	290.000
W de Wilcoxon	735.000	878.500	755.000
Z	-2.824	-.565	-2.510
Sig. asintótica (bilateral)	.005	.572	.012

Tabla 4, Prueba U de Mann-Whitney

La prueba de Pearson indicó la existencia de correlación entre distancia de fotocurado y la fuerza de adhesión, con un valor de P= 0.037 (tabla 3) Asimismo existe correlación entre los puntajes de ARI y la distancia de fotocurado ($\rho= 0.015$), IC 95%.de acuerdo con el Coeficiente de Correlación de Spearman. (Tabla 6)

Co de Pearson		GRUPOS	MPa
Grupos	Correlación de Pearson	1	.220
	Sig. (bilateral)		.037
	N	90	90
MegaPascuales	Correlación de Pearson	.220	1
	Sig. (bilateral)	.037	
	N	90	90

Tabla 5: correlación es significativa en el nivel 0.05 entre distancia de fotocurado (mm) y fuerza de adhesión (MPa).

Rho de Spearman		GRUPOS	MPa
Grupos	Coefficiente de Correlación	1.000	-.255
	Sig. (bilateral)		.015
	N	90	90
MegaPascuales	Coefficiente de Correlación	-.255	1
	Sig. (bilateral)	.015	
	N	90	90

Tabla 4: correlación significativa entre distancia de fotocurado (mm) y calidad de ña adhesión (Puntaje ARI)

Discusión

A partir de los Hallazgos encontrados aceptamos la hipótesis general “Existe Correlación entre la distancia de fotocurado y la fuerza de adhesión”.

Las condiciones de la UFC empleada en este estudio cumplen con las características requeridas para un adecuado flujo de DPR según los estudios de Hao XQ (2011), Mac Andrew (2011), así como el tiempo de exposición sugerida por el fabricante y la angulación de 90° propuesta Yusoff (2008).

El estudio presentó diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de adhesión entre los grupos 1, 2 y 3. Las variaciones en la fuerza de adhesión a distintas distancias de fotocurado de las Unidades LED coinciden con los resultados presentados por Cacciafestaa (2005) con un valor de $P= 0.000$ y Beolchi en 2015 ($P< 0.01$). Por otra parte los resultados se oponen a los expuestos por Gronberg en 2006, donde el autor no obtiene diferencias significativas entre la fuerza de adhesión y la distancia ($P= 0.779$).

A pesar de las diferencias significativas encontradas ($P= 0.000$) el promedio de los grupos 1 mm, 3 mm y 5 mm (8.8 MPa, 6.6 MPa y 10.9 MPa respectivamente) cumplen con la fuerza de unión mínima aceptables para los tratamientos de ortodoncia (6 MPa) propuesta por Reynolds (1975).

La correlación entre distancia y ARI ($P= 0.015$) confirma que la distancia de fotocurado influye directamente en la calidad de la adhesión. De acuerdo con los resultados del estudio, el grupo 2 (N=30) (fotocurado a 3 mm de distancia) presenta mayores fallos de tipo cohesivos, al presentar una mayor frecuencia del (40%) en el puntaje de 4 ARI, presentando diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo 3 (N=30) (fotocurado a distancia de 5 mm), el cual presento mayor frecuencia (56.7%) en puntaje 1 de ARI, interpretándose esto como mayores fallos de tipo adhesivo. Concordando con los estudios de Caldas (2003), Rode (2007), Sunitha (2010) y Holroyd (2013) en los cuales reportan que a mayor distancia de fotocurado no existe un grado de conversión adecuado del composite, influyendo negativamente las propiedades físicas del material (microdureza, profundidad de fotocurado, etc.)

Por otra parte también existieron diferencias estadísticamente significativas del grupo 2 con el grupo 1 (N=30) de 1mm de distancia de fotocurado, con un valor de $P= 0.005$, además el grupo 1 presento una mayor frecuencia (33.3%) en puntaje 1 de ARI arrojando mayor cantidad de fallos de tipo adhesivo, contraponiéndose con los estudios de Cacciafestaa (2005), Gronberg (2006) quienes reportan no existir diferencias significativas entre los puntajes de ARI en relación a la distancia ($P= 0.410$ $P= 0.454$ respectivamente) .

La mayor frecuencia de fallas adhesivas del grupo 1 puede deberse a que el campo de irradiación se ve limitado por la cercanía del bracket ya que la mayor cantidad de energía lumínica se proyecta en la encima del bracket y no en la base, evitando que la cantidad necesaria de Julios lleguen al composite para una adecuada conversión. (Imagen 6)

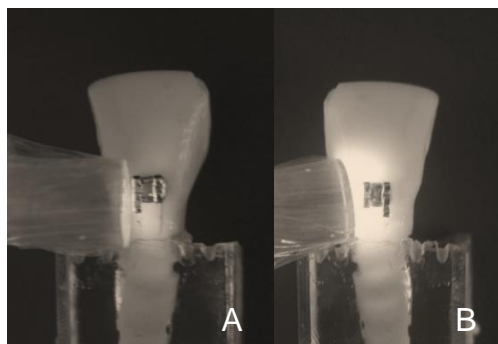


Imagen 6: A: distancia de fotocurado a 1mm de distancia, con el campo de radiación por arriba de la superficie Dental. B: distancia de fotocurado a 3 mm con un campo de radiación suficiente para irradiar lavase del bracket.

Los resultados del grupo 2 (3 mm de distancia) fueron satisfactorios al presentar mayores fallas de tipo cohesivo y fuerzas de adhesión dentro de los parámetros idóneos en ortodoncia propuestos por Reynolds en 1975. Conjuntamente la técnica

de fotocurado del presente estudio siguió los lineamientos sugeridos por el fabricante respecto al tiempo de exposición (tiempo total de 10 s divididos entre caras mesial y distal) a una angulación de 90°, concordando con los resultados de Gronberg (2006) y Palomares (2008) donde menciona que no existe la necesidad de modificar los tiempos de fotocurado con el fin de compensar la distancia o DPR de las unidades para obtener una calidad de adhesión adecuada. Sin embargo, se difiere con las variaciones propuestas por Dunn y Talounis (2002) en tiempos de exposición, las compensaciones de tiempo de fotocurado de acuerdo a la distancia propuestas por Beolchi (2015) y las de Undathanaporn (2016) para subsanar los DPR de distintas UFC, asimismo las variaciones propuestas por los autores anteriormente mencionados en tiempos totales de trabajo en ortodoncia pueden sobrepasar los límites de exposición publicadas por la Directiva Europea de Radiación Óptica Artificial (CE), La Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales e Industriales y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante.

De Acuerdo con las pruebas de correlación de Pearson, existe correlación entre distancia de fotocurado y la fuerza de adhesión ($P= 0.037$), Al igual que existe correlación entre la distancia y ARI de acuerdo a la rho de Spearman, contraponiéndose a los estudios de Dunn y Talounis (2002), Cacciafesta (2005) y Grongberg (2006). Indicando que la fuerza y calidad de la adhesión de brackets, se encuentra directamente influida por la distancia de Fotocurado

Conclusión

A pesar de que existe diferencia estadísticamente significativa respecto a la fuerza de adhesión, todos los grupos se encuentran dentro del rango mínimo permitido propuesto por Reynolds en 1975. Sin embargo la calidad de la adhesión se ve afectada a mayor distancia, debido a que la energía emanada por la UFC es insuficiente para alcanzar el grado de conversión óptimo. Se debe tener un cuidado especial en los brackets metálicos ya que si la luz es irradiada a 1 mm de distancia, el campo de radiación pasa por encima del bracket sin llegar al agente cementante.

Por lo consiguiente se sugiere al profesional de Ortodoncia, que durante el protocolo de cementación de brackets, dirija la luz a una distancia de 3 mm, y respetar el tiempo de fotocurado recomendado por el fabricante del agente cementante, repartiendo la dirección de la luz entre la cara mesial y distal o incisal y cervical según el caso lo requiera. Se recomienda dirigir la guía de luz en una angulación de 90° durante todo el tiempo de fotocurado.

Se sugiere también el control de calidad de la UFC, tanto en la limpieza de la guía de luz que puede afectar la DPR por la contaminación con composites, así como del monitoreo periódico de la DPR de la lámpara con radiómetro adecuado.

Bibliografía

1. Evans LJ, Peters C, Flickinger C, A comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets using various light sources, light guides, and cure times, 2002, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics Volume 121, Number 52
2. Chalipa J et al, Comparison of Bond Strength of Metal and Ceramic Brackets Bonded with Conventional and High-Power LED Light Curing Units, J Dent (Tehran), November 2016; Vol.13, No.6
3. Cacciafestaa V. Sfodrini MF, Scribante A, Boehme A, Jost-Brinkmann PG, Effect of Light-tip Distance on the Shear Bond Strengths of Composite Resin, Angle Orthodontist, Vol 75, No 3, 2005
4. Beolchi RS, Moura-Netto C, Palo RM, Torres C, Pelissier B, Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances, Braz Oral Res [online]. 2015;29(1):1-7
5. Udomthanaporn B, Nisalak P, Sawaengkit P, Shear Bond Strength of Orthodontic Bonding Materials Polymerized by High-Intensity LEDs at Different Intensities and Curing Times, Key Engineering Materials Vol. 723, 2016 Anusavice, Ciencia de los materiales de Philips 11° edición, España, Editorial Elsevier, 2004 Capítulo 14 p. 382,408
6. Anusavice, Ciencia de los materiales de Philips 11° edición, España, Editorial Elsevier, 2004 Capítulo 14 p. 382,408
7. Herrera E, Fracaso en la adhesión, AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA Vol. 21 - Núm. 2 – 2005
8. Gómez González E. Guía básica de radiometría y fotometría v1.0. [Internet] Sevilla España: Dpto de Física Aplicada III E.S. Ingenieros Universidad de Sevilla; c. 2006 [citado 18/03/15]. Disponible en: <http://laplace.us.es/campos/optica/general/opt-guia2.pdf>
9. M Olmo R Nave, Flujo Radiante. Luz y Vision [Internet]. Georgia USA. Department of Physics and Astronomy, Georgia State University c. 1998 [actualizado 2008, citado 14 de marzo 2015]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/vision/radiant.html>
10. Reporte técnico de la Unidad de Fotocurado ELIPAR TM S10 3M
11. Gromberg K, Rossouw E, Miller B, Buschang P, Distance and Time Effect on Shear Bond Strength of Brackets Cured with a Second-generation Light-emitting Diode Unit, Angle Orthodontist, Vol 76, No 4, 2006
12. Mc Cusker N, Lee SM, Robinson S, Patel N, Sandy JR, Ireland AJ, Light curing in orthodontics; Should we be concerned?, Dental Materials 29 (2013) 85–90
13. Hao XQ1, Luo M, Leng X, Zhu S. A survey of power density of clinical curing-light units used in Changchun/ US National Library of Medicine National Institutes of Health [Internet] Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.
14. McAndrew R, Lynch CD, Pavli M, Bannon A, Milward P, The effect of disposable infection control barriers and physical damage on the power output of light curing units and light curing tips/ School of Dentistry, Cardiff University, Cardiff, UK. C. 2011
15. Caldas DB1, de Almeida JB, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S., Influence of curing tip distance on resin composite Knoop hardness number, using

three different light curing units/ US National Library of Medicine National Institutes of Health [Internet] Piracicaba S.P. Brasil; Piracicaba Dental School; c. 2003 [Citado 26/03/15]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12760705>

16. Rode KM1, Kawano Y, Turbino ML., Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization/ US National Library of Medicine National Institutes of Health [Internet] Department of Restorative Dentistry, São Paulo, Brazil, c.2007 [citado 26/03/15] . Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18051007>

17. Sunitha C, Kailasam V, Padnabanaham S, Chitharanjan AB, Bisphenol A release from an orthodontic adhesive and its correlation with the degree of conversion on varying light-curing tip distances, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics August 2011 Vol 140 Issue 2

18. Holroyd M, Ilie N., Effects of exposure time and exposure distance on the degree of cure in light-activated pit and fissure sealants. Department of Restorative Dentistry, Dental School of Ludwig-Maximilians-University, Goethestr. US National Library of Medicine National Institutes of Health [Internet] Munich, Germany. c. 2013 [Epub 2013 Oct 22, Citado 28/03/15]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24157603>

19. Uzel A, Buyukyilmazb T, Kayaliogluc M, Uzeld I, Temperature Rise During Orthodontic Bonding With Various Light-curing Units—An In Vitro Study, Angle Orthodontist, Vol 76, No 2, 2006

20. Dunn WJ, Taloumis LJ, Polymerization of orthodontic resin cement with light-emitting diode curing units, 2002, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics Volume 122, Number 3

21. Yusoff UA, Radzi Z, Abu Kasim NH, Yahya NA, Abu Osman NA, The Effect of Light Curing Tip Angulations on the Shear Bond Strength of an Orthodontic Adhesive, Biomed 2008, Proceedings 21, pp. 354–357

22. Palomares NB, Pedra e Calneto J, Sampaio Filho H, de Oliveira MA, Mendes JA, Effect of High-Intensity LED Units at Reduced Curing Time In Vitro Bond Strength of Orthodontic Brackets, World Journal of Orthodontics, Vol. 9 Number 3, 2008

23. Reporte Técnico Sistema Adhesivo Enlight Kit ormco

24. Reporte Técnico Sistema Adhesivo Heliosit Orthodontic Ivoclar

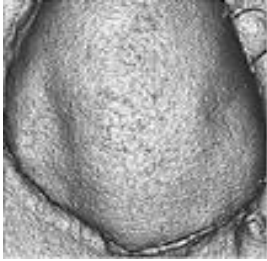
25. Reporte Técnico Sistema Adhesivo Transbond™ XT 3M

26. Posada MC, Sánchez CF, Gallego GJ, Dientes de Bovino como sustituto de dientes humanos para su uso en la odontología. Revisión bibliográfica, 2006, Revista CES Odontología Vol. 19- No 1

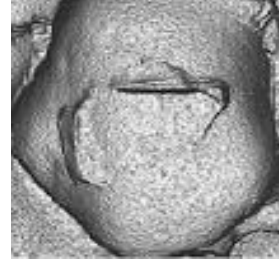
27. Benitez M, Mirxoyan A, Rivera JR, Tanaka EM. propiedades físico-mecánicas y tipo de falla adhesiva del esmalte humano y bovino, Ustasalud mayo 2014; 13: 11 – 17.

Anexo

Puntuación del Índice de Remanente Adhesivo (ARI) de Artun y Bergland.



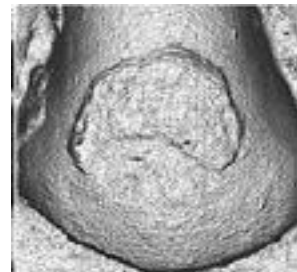
0 = No queda adhesivo en la superficie



1 = menos o igual a 1/3 del adhesivo que queda en la superficie



2 = Más de 1/3 pero menos de o igual a 2/3 del adhesivo que queda en la superficie



3 = Más de 2/3 del adhesivo restante en la superficie



4 = Todo el adhesivo que queda en la superficie