

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA RESTAURADORA
ÁREA DE BIOMATERIALES ODONTOLÓGICOS

“Estudio comparativo *in vitro* de la tracción diametral y dureza superficial de cementos adhesivos con distintos tipos de activación de polimerización.”

Pamela Bornscheuer Wilkendorf

TRABAJO DE INVESTIGACION
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE
CIRUJANO-DENTISTA

TUTOR PRINCIPAL
Dr. Manuel Ehrmantraut Nogales

TUTOR ASOCIADO
Dra. Silvia Monsalves B.

**Santiago - Chile
2013**

Agradecimientos

Al Doctor Manuel Ehrmantraut, tutor principal de este trabajo, por su dedicación, paciencia y guía.

A los Sres. Marco Jorquera, Humberto Palza y Julian Bejerano por su colaboración en la realización de las pruebas mecánicas.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEÓRICO.....	6
HIPÓTESIS.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
MATERIAL Y MÉTODO.....	19
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

RESUMEN

Este trabajo de investigación consistió en un estudio comparativo *in vitro* que comparó la dureza superficial y la resistencia a la tracción diametral de dos cementos adhesivos duales, uno convencional y otro autoadhesivo, polimerizados de manera física y química.

Se formaron 40 probetas de cada cemento, de las cuales 20 fueron polimerizadas de forma química en un ambiente sin luz y las otras 20 se fotopolimerizaron por 40 segundos con una lámpara de luz halógena obteniéndose 4 grupos de estudio, para luego ser sometidas a pruebas mecánicas.

Mediante una máquina de ensayos universales Tinius Olsen H5K-s se obtuvieron los valores de resistencia a la tracción diametral de 15 probetas de cada grupo. Para obtener los valores de dureza superficial Vickers se requirieron 5 probetas de cada grupo las cuales fueron indentadas, observadas y medidas con un microdurómetro Vickers Leica MHT-10.

Los resultados fueron tabulados, analizados y sometidos a los test de Shapiro Wilk y análisis de varianza ANOVA mediante el programa computacional SPSS, donde se obtiene que en ambas pruebas los valores de cada muestra están normalmente distribuidos y que existen diferencias significativas entre los grupos estudiados. Posteriormente se aplica el test de Scheffé que identifica entre cuáles grupos existe diferencia estadísticamente significativa.

Los resultados obtenidos demostraron que el cemento Relyx ARC presentó mejores valores que el cemento Relyx U200 y se concluyó que, en la prueba de dureza superficial, existieron diferencias significativas entre todos los grupos, exceptuando el grupo Relyx ARC polimerizado de forma autógena y Relyx U200 fotopolimerizado. Por otra parte, se concluyó también, que en la prueba de tracción diametral existieron diferencias significativas entre todos los grupos con excepción de las probetas de cemento Relyx ARC sin fotopolimerizar y U200 fotopolimerizado, y entre el cemento Relyx U200 fotopolimerizado y polimerizado químicamente.

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de la odontología restauradora consiste en restituir la estructura dental enferma o perdida con materiales que permitan restablecer la morfología y función, así como la estética, cuando ésta sea necesaria (1). Para este objetivo es que existen los materiales dentales que han tenido un continuo desarrollo para lograr un mejor desempeño, eficacia, calidad, estética y confort para el odontólogo y el paciente (2).

Las resinas compuestas representan hoy en día el principal material de obturación por sus excelentes propiedades físicas y sobretodo estéticas, pero siguen teniendo problemas como un desgaste excesivo, tinciones, fracturas marginales, contracción del material producto de la polimerización, infiltración marginal y caries secundaria (3,4,5). Dentro de éstas, la principal desventaja es la contracción de polimerización, lo que genera una brecha entre el diente y la restauración, produciéndose una infiltración y desajuste marginal, que es el proceso mediante el cual penetran fluidos orales, bacterias, moléculas y/o iones a la interfase entre la pared cavitaria y la restauración (1).

Como una forma de evitar el desajuste marginal por contracción de polimerización es que se realizan restauraciones indirectas, las que a pesar de requerir mayor tiempo de trabajo clínico, presentan mejores propiedades físicas y otorgan mejores resultados estéticos (6,7). Las restauraciones indirectas se realizan fuera de boca por lo que la contracción de polimerización que sufren no se ve reflejada en la unión adhesiva de la restauración a la preparación cavitaria. Una vez terminada, es llevada a boca y debe ser cementada a través de un agente cementante (8).

El agente cementante tiene como objetivo establecer la unión íntima entre la restauración y la pieza dentaria, además de actuar como barrera contra la

filtración bacteriana sellando la interfase que se produce entre ambas estructuras. Por otro lado, otorga retención secundaria a la restauración, siendo la primaria la preparación biológica (6,9).

Para que un cemento cumpla con estos objetivos debe presentar los siguientes requisitos: biocompatibilidad, resistencia a la tracción y compresión, adhesión al diente y restauración, lograr una delgada línea de cementación, baja viscosidad, baja solubilidad, estética, resistencia a la abrasión, dureza superficial, radioopacidad y fácil manipulación (28).

Los agentes cementantes se pueden clasificar según diversos criterios siendo el más importante el tipo de reacción química que permite el endurecimiento del cemento. Por lo tanto, según esta clasificación se encuentran cementos de reacción ácido-base, reacción de polimerización y cementos híbridos (10).

Estudios clínicos y de laboratorio han demostrado que los cementos de reacción ácido-base no obtienen buenos resultados en el sellado marginal, tienen una deficiente resistencia a la fractura y otorgan poca retención. Es por eso que se ha incrementado el uso de cementos de reacción de polimerización, pues presentan mejores resultados en los parámetros anteriormente mencionados (11).

Los cementos endurecidos por reacción de polimerización son los cementos en base a resina que pueden iniciar la reacción por activación química, mediante luz o una mezcla de ambas. Los de activación química o autopolimerizables son indicados en cavidades profundas donde no accede la luz. El tiempo de trabajo en estos cementos es limitado pues el operador no es quien controla el inicio de la polimerización. Por otro lado, los cementos de fotopolimerización tienen como ventaja su facilidad de manipulación, pues el operador es quien controla el inicio de la reacción. Sin embargo, se corre el riesgo con estos cementos, que la

restauración o la estructura dentaria no permita el adecuado paso de luz lo que se traducirá en una polimerización incompleta (12, 13). Es por eso, que para combinar las ventajas y contrarrestar las desventajas de los cementos de autopolimerización y fotopolimerización es que se crean los de polimerización dual (14).

Por lo tanto, existen actualmente en el mercado cementos en base a resina de autopolimerización, de fotopolimerización y de polimerización dual, agregándose también en los últimos 20 años cementos híbridos que corresponden a cementos de vidrio ionómero mejorados con resina (15, 16).

La literatura muestra que las propiedades mecánicas entre los distintos cementos son diferentes, y que el tipo de polimerización, entre otras cosas, está directamente relacionado con esto (11,17).

A partir de ello es que surgen las siguientes interrogantes; Si existen diversos cementos en base a resina, ¿Cuál de ellos es el mejor? ¿Qué rol juega el tipo de activación de polimerización en las propiedades mecánicas de éstos? O en el caso de los cementos duales, ¿Qué ocurre cuando la restauración impide el paso de la luz hacia el cemento? ¿La porción de cemento que recibió luz cumple con las mismas propiedades mecánicas que la porción que no lo hizo?

Por otro lado, existen cementos duales en que el fabricante indica que la polimerización es opcional, ¿Cuál es la diferencia entre aplicar luz halógena o no? Sería importante en este caso saber si las propiedades mecánicas mejoran al activarlos con luz, (18) pues sería una acción útil para mejorar la calidad de las restauraciones que no demanda mayor tiempo ni habilidades.

A partir de lo anteriormente expuesto y sabiendo que en el caso de los cementos, la microdureza superficial junto con la resistencia a la tracción diametral son dos de los parámetros fundamentales de analizar en un estudio comparativo

(19), es que se propone realizar este estudio que busca comparar las propiedades mecánicas de dos cementos adhesivos de la misma marca y comparar también las propiedades mecánicas de los cementos con y sin exposición a la lámpara de luz halógena.

MARCO TEÓRICO

La caries es una enfermedad infectocontagiosa que afecta la estructura dentaria. La enfermedad es producida por bacterias que a través de su metabolismo generan periodos de remineralización y desmineralización en la superficie dentaria, que en el tiempo lleva a una pérdida de estructura (20).

Las bacterias que producen periodos de remineralización y desmineralización son las llamadas bacterias acidogénicas, que a través del metabolismo de los hidratos de carbono disminuyen el pH del medio, destacando en particular el *Streptococcus Mutans*. Sin embargo, la sólo presencia de esta bacteria en el medio oral no es suficiente para producir la enfermedad, es por esto que se considera la caries de etiología multifactorial, pues, aparte de bacterias acidogénicas, se requiere de un hospedero susceptible y una dieta rica en azúcares para que se produzca (20). Estos tres elementos forman la “Triada de Keyes”, que de permanecer en el tiempo darán progreso a la enfermedad (21, 22).

El Ministerio de Salud de Chile considera la caries como la principal causa de pérdida dentaria e indica que la prevalencia aumenta con la edad, alcanzando casi 100% en la población adulta. Su prevalencia promedio a nivel mundial es aproximadamente de un 94% y en Chile de un 99.4%, por esta razón, en la actualidad constituye uno de los mayores problemas de salud pública (23).

El tratamiento de la caries consiste en controlar los factores etiológicos, remover el tejido dañado y rehabilitar la pieza afectada con materiales dentales que puedan responder a las demandas estéticas y funcionales de los pacientes (24). Se consideran como características ideales de estos materiales: armonía óptica, durabilidad, resistencia mecánica ante fuerzas masticatorias, adhesión química a las estructuras dentarias, compatibilidad biológica y, por último, fácil manipulación para el odontólogo.

Las resinas compuestas representan hoy en día el principal material de obturación por sus excelentes propiedades físicas y sobre todo estéticas y si bien, son un excelente material debido a que presentan ventajas como su estética y estabilidad de color, entre otras, siguen teniendo problemas como un desgaste excesivo, tinciones, fracturas marginales, contracción del material producto de la polimerización, infiltración marginal y caries secundaria (3,4,5). Una manera de compensar el problema de la contracción de polimerización de las resinas compuestas de obturación directa es mediante su uso como sistemas indirectos.

Las resinas compuestas indirectas poseen numerosas ventajas, entre las que encontramos que la contracción de polimerización del material restaurador ocurre fuera de la cavidad bucal, por lo tanto la única contracción que ocurre corresponde a la fina capa de agente cementante, mejorando de esta manera la adaptación y el sellado marginal (25).

Los composites indirectos son resinas compuestas cuyas propiedades físicas fueron mejoradas a través de una mayor adición de carga inorgánica y el mayor y mejor grado de polimerización logrado con la ayuda del calor, presión, vacío y ambiente libre de oxígeno utilizado en el laboratorio. Estas modificaciones aumentaron la resistencia a la compresión flexural y los tornaron más resistentes a la abrasión incluso que las restauraciones cerámicas (26, 27).

Los composites indirectos, así como todas las restauraciones indirectas, requieren de un agente cementante para fijarlas a la estructura dentaria, el cual tiene como objetivo establecer la unión íntima entre la restauración y la estructura dentaria, además de actuar como barrera contra la filtración bacteriana sellando la interfase que se produce entre ambas estructuras. Por otro lado, otorga retención secundaria a la restauración, siendo la primaria la preparación biológica (6,9). Para lograr su objetivo, el cemento debe cumplir con requisitos tales como:

biocompatibilidad, resistir a cargas de tracción y compresión, adhesión física o química al diente, baja viscosidad, dureza superficial, radiopacidad y fácil manipulación (28). Dichos requisitos dependen de su composición, reacción de endurecimiento, presentación, entre otros, que a su vez permiten clasificar los cementos en categorías, entre las cuales destaca la reacción química de endurecimiento, que puede ser: ácido-base, polimerización o híbrida (16). En este estudio se compararán los cementos que endurecen por reacción de polimerización o cementos de resina.

Los cementos de resina corresponden a una resina de baja viscosidad, por lo tanto poseen la misma composición de las resinas compuestas convencionales, la diferencia radica en la proporción de los componentes (10):

- a) **Fase orgánica o matriz:** Corresponde a una combinación de monómeros, un sistema iniciador para la polimerización por radicales libres y estabilizadores para maximizar la estabilidad del material durante su almacenamiento. En las resinas compuestas se utilizan mayormente la combinación Bis-GMA/TEGDMA, o la asociación Bis-GMA/UEDMA/TEGDMA (29-30). En el caso de los cementos predominan los monómeros de menor viscosidad como el trietilenglicol-dimetacrilato (TEGDMA), el metilmetacrilato (MMA), el dimetacrilato de uretano (UDMA) o el etilenglicol dimetacrilato (EDMA) (31).

- b) **Relleno inorgánico:** Representado por partículas inorgánicas que se agregan en forma dispersa a la matriz resinosa con el objeto de mejorar las propiedades físicas y mecánicas; otorga facilidad de manipulación, radiopacidad, aminora los cambios dimensionales térmicos y la contracción de polimerización (28, 31). Frecuentemente se usan de relleno inorgánico en los cementos, entre otros, zirconio y sílice, mientras que en las resinas

compuestas se agregan con mayor frecuencia el cuarzo y vidrio de bario (32). Las partículas de relleno son muy importantes en la determinación de las características finales del material, es determinante el tipo de relleno, el porcentaje del peso final, forma de las partículas y tamaño (10). En los cementos de resina las partículas de relleno son pequeñas, no superan, en general, los 12,5 μm alcanzando un porcentaje de 30% a 75% del peso total. Mientras que las resinas compuestas pueden tener partículas de tamaño variable, desde 0,01 μm hasta 100 μm , alcanzando hasta 85% del peso total del compuesto (32).

- c) **Agente de acoplamiento:** El agente de acoplamiento actúa como elemento de unión química entre la matriz orgánica y el relleno inorgánico. Otorga cohesión al material (1). Los agentes de acoplamientos más utilizados son los compuestos órgano-silanos, que son moléculas con doble polaridad, es decir, bifuncionales, ya que pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, de esta manera este órgano-silano une químicamente el relleno a la matriz resinosa (31).

Los cementos de resina han ido aumentando su uso rápidamente desde su inicio en 1952, pues exhiben buenas propiedades mecánicas, físicas y adhesivas comparados con los cementos de otras categorías (33). Además, poseen adecuada estabilidad en el medio oral y buenos resultados estéticos (34,35). La desventaja de estos materiales es que requieren de un acondicionamiento previo de la superficie a cementar (36). Para contrarrestar esto es que surgieron, el año 2002 (38), los cementos de resina autoadhesivos, los cuales no requieren de la aplicación de sistemas adhesivos, obteniendo aún buenos resultados a nivel de propiedades físico-mecánicas y adaptación marginal (2). Incluso existen algunos

cementos que tampoco requieren de grabado ácido pues presentan en su composición un sistema autograbante. Entonces, los cementos autoadhesivos se crean para obtener, en un producto, la fácil manipulación de los cementos convencionales junto con las propiedades de los cementos de resina, tales como la baja solubilidad en el medio oral, estética y propiedades mecánicas (39) y que junto con los cementos de resina preexistentes pueden clasificarse según su modo de activación en :

a) Cementos de Auto-Curado

Los cementos de auto curado fueron los primeros en salir al mercado. Son indicados en cavidades profundas donde no accede la luz, pero tienen como gran desventaja que no es el operador quien controla el inicio de la reacción, lo que dificulta su manipulación.

Las resinas activadas químicamente vienen normalmente en una presentación de dos pastas donde un tubo contiene el iniciador, normalmente peróxido de benzoilo y una amina aromática en el segundo tubo como activador, por ejemplo N-dimetil-p-toluidina. Al reaccionar juntos se liberan los radicales libres que inician la reacción de polimerización (40).

b) Cementos de Foto-curado

Los cementos de fotopolimerización tienen como ventaja su facilidad de manipulación porque entregan un mayor tiempo de trabajo, permitiendo un mejor asentamiento de la restauración y polimerización según la necesidad del clínico (42, 43). Sin embargo, se corre el riesgo con estos cementos, que la restauración o la estructura dentaria no permita el adecuado paso de luz, lo que se traducirá en una polimerización incompleta (12, 13). Por lo tanto, su uso se encuentra limitado a la cementación de carillas e inlays y en situaciones en las que el grosor del

material y su opacidad no interfieren en la capacidad de la luz de polimerizar el cemento subyacente (42,44, 45)

Los cementos de fotocurado presentan en su composición un fotosensibilizador, normalmente canforquinona, que en su estado excitado interactúa con una amina alifática. La canforquinona, que es una alfa dicetona, absorbe luz con longitudes de onda entre los 400 y 500 nm con un peak de 468nm. Por medio de una fuente lumínica se excita el fotoiniciador que interacciona con un agente reductor, que corresponde a una amina terciaria alifática y al juntarse ambas se inicia la reacción (41).

c) Cementos de Curado dual

Los cementos de polimerización dual se crean para combinar las ventajas y contrarrestar las desventajas de los cementos de autopolimerización y fotopolimerización (14).

Los cementos de resina de polimerización dual son la elección para cementar restauraciones indirectas estéticas (46). Los componentes de este material, al ser mezclados, inician la reacción química de polimerización, y pueden además, ser activados con luz para acelerar el proceso de endurecimiento (46, 47). Es importante que estos cementos sean formulados de tal manera que sean capaces de lograr un grado suficiente de curado con y sin luz, para garantizar una adecuada polimerización en los sitios donde el acceso de luz no es posible (47, 49, 50). Por lo tanto, la reacción de curado de los cementos duales involucra dos procesos; una polimerización de activación física, inducida por una fuente de luz, y una polimerización química que logre completar el proceso aun en los sitios que la luz no fue capaz de acceder (50, 51). A pesar que los procesos se inician independientemente, las dos reacciones inician una formación dinámica de radicales libres y conversión de los monómeros a polímeros, lo que conlleva inevitablemente a que ambos procesos se sobrepongan, lo que puede alterar el

grado de conversión final de los monómeros (47). Además, estudios afirman que el mecanismo de polimerización química es más lento y menos efectivo que el de polimerización física; la reacción de fotocurado puede ocurrir hasta 320 veces más rápido que la reacción de autocurado (52, 53), lo que afectará el grado de polimerización final del material, que se traduce en mayor solubilidad, menor dureza y menor estabilidad química en el ambiente oral (54).

El proceso de activación física garantizará la estabilidad inicial necesaria para soportar la tensión del manejo clínico, y la activación química completará la polimerización en los lugares donde la luz no accedió. Es por esto, que se ha demostrado, que el protocolo de polimerización, incluyendo el tiempo y momento de activación, determinaría la integridad estructural del material (50).

Las propiedades mecánicas de los cementos resinosos están directamente relacionadas con su forma de activación, así como su composición y marca que los produce (11, 17). Existen cementos de polimerización dual de diferentes marcas y distintas composiciones cada uno con sus características. Lo importante es seguir las instrucciones del fabricante, y elegir cada cemento según su uso clínico indicado.

La marca 3M ESPE presenta actualmente en el mercado dos cementos de resina, Relyx ARC, que corresponde a un cemento de curado dual convencional y el Relyx U200, que es el último lanzado al mercado, que corresponde a un cemento de curado dual autoadhesivo.

RelyX™ ARC (55)

Es una resina de cementación permanente, de doble polimerización desarrollada para ser utilizada con el Sistema Adhesivo Dental 3M™ Single Bond.

El cemento de resina RelyX™ ARC proporciona un sistema de doble polimerización que tiene un tiempo de trabajo de aproximadamente 2 minutos. Tiene un tiempo de fraguado por polimerización química de 10 minutos desde el inicio de la mezcla. El material también puede ser fotocurado para acelerar el tiempo de fraguado.

La matriz orgánica de este cemento está compuesta por bisfenol-A-diglicidiléter dimetacrilato (BisGMA), el polímero trietilen glicol dimetacrilato (TEDGMA) y un polímero de dimetacrilato. El relleno inorgánico es zirconia/sílice y corresponde al 67,5% del peso total con un tamaño de partícula promedio de 1,5µm. Contiene canforquinona como fotoiniciador y peróxido de benzoilo que reaccionará con aminas para iniciar la reacción de autopolimerización.

Este sistema requiere de un acondicionamiento previo de las superficies a cementar que implica:

- a) Grabar el esmalte y dentina por 15 segundos con ácido ortofosfórico, lavar y secar.
- b) Aplicar el adhesivo en dos capas consecutivas y fotopolimerizar por 10 segundos.
- c) Acondicionar la superficie del material según el material.

Luego, se procede a realizar la mezcla del cemento, asentar la restauración y fotopolimerizar por 40 segundos o esperar 10 minutos la polimerización autónoma.

RelyX™ U200 (56)

Es un cemento sellador de resina auto-adhesivo de curado dual. RelyX U200 clicker está basado en la misma química de RelyX Unicem y RelyX U100 donde algunas partículas de relleno fueron mejoradas.

La matriz de este cemento consiste de monómeros de metacrilato modificados con ácido fosfórico multifuncional que son los que otorgan la característica autoadhesiva. La cantidad de rellenos inorgánicos, principalmente sílice, contenidos en el cemento se aproxima al 70% del peso y el tamaño de la partícula del grano es menor a 12.5µm.

El cemento Relyx U200 no requiere acondicionamiento previo ni aplicación de adhesivo, sólo se aconseja limpiar la superficie con piedra pómez, enjuagar con agua y secar, para luego realizar la mezcla, asentar la restauración y fotopolimerizar por 40 segundos o esperar 6 minutos su polimerización autógena.

Estos cementos presentan diferencias en su composición, por lo que es de esperar que existan diferencias en sus propiedades físicas, es decir, en el comportamiento frente a agentes externos tales como luz, calor, presión o fuerzas. Dentro de las propiedades físicas se encuentran las propiedades mecánicas, que son la respuesta medible a la interacción del material con fuerzas externas llamadas cargas, las que pueden ser de (24, 57):

- 1) **Tracción**; dos fuerzas en el mismo plano pero distinto sentido. Un material experimenta tensión por tracción cuando se tira de él mismo.

- 2) **Compresión**: dos fuerzas en el mismo plano y distinto sentido, es

decir cuando un material se comprime.

- 3) **Cizallamiento:** fuerzas en distinto plano, paralelas entre sí, en distinto sentido. Se produce al forzar una parte del material a deslizarse sobre otra.

Según el principio de acción y reacción de Newton, cuando una fuerza externa o carga actúa sobre un cuerpo sólido, este responde con una fuerza que es de igual magnitud, pero de dirección opuesta a la fuerza aplicada. Lo que provocará un efecto o modificación en éste (57).

Si se aplica una fuerza de compresión vertical o fuerza compresiva sobre los cantos de una probeta cilíndrica, se produce una tensión perpendicular al plano vertical que pasa por el centro de ella, generando una fractura a lo largo de este plano vertical. Esto es lo que se conoce como tracción por compresión o tracción diametral, que en otras palabras, es la fuerza que opone el material ante las cargas de compresión aplicadas en su eje mayor (57).

Otra propiedad de los materiales es la dureza superficial, que es la resistencia a la penetración de su superficie (24). Se considera que un material es duro si resiste fuertemente al corte de otro material duro. También se aplica la ley de acción y reacción, ya que al aplicar una carga sobre la superficie del material se produce una deformación llamada indentación, entonces, la dureza superficial es la resistencia a la indentación que posee el material (58) y se puede determinar a través de diversos métodos (1, 24):

- a) Método de Knoop:** El índice de dureza de Knoop se consigue midiendo la longitud de la diagonal mayor del corte producido por un cortador de diamante y calculado cuantos Kilogramos se necesitan para obtener un corte de 1mm^2 .
- b) Método de Rockwell:** Mide la profundidad de penetración con un

indentador de forma esférica o cónica generalmente de acero aplicando sucesivamente dos cargas y determinándose la profundidad permanente de la huella que se produjo bajo una carga menor y una mayor .

- c) **Método de Brinell:** Se basa en la aplicación de una carga fija mediante un penetrador esférico que se abre paso sobre una superficie lisa del material.
- d) **Método de Vickers:** Se utiliza una máquina calibrada para aplicar una carga compresiva predeterminada, con un penetrador piramidal de diamante de base cuadrada y ángulos entre caras de 136° apoyado sobre la superficie del material bajo prueba. Para conocer la dureza después de retirar la carga se miden las diagonales de la huella resultante. Se obtienen los valores de dureza en unidades Vickers (HV). El método Vickers determina la microdureza, por lo tanto es útil en muestras pequeñas. Se utiliza en materiales de alto Módulo de Elasticidad.

Todas estas pruebas mecánicas guardan relación con la conversión de monómeros a polímero, es decir, de su polimerización. Esto último está muy relacionado con la forma de activación de la polimerización, ya que como se vio anteriormente, la reacción de polimerización activada químicamente puede demorar hasta 320 veces más en completarse en comparación a la activación por luz (52, 53), lo que se traduce en una menor conversión de monómero a polímero y por lo tanto en un material con menores propiedades.

A partir de lo anteriormente expuesto y sabiendo que en el caso de los cementos, la microdureza superficial junto con la resistencia a la tracción diametral son dos de los parámetros fundamentales de analizar en un estudio comparativo, (19) es que se propone realizar este estudio que busca comparar las propiedades mecánicas de los cementos de resina de la marca 3M ESPE Relyx ARC y Relyx U200 y comparar también las propiedades mecánicas de éstos con y sin exposición a una fuente de luz halógena.

HIPÓTESIS

Existen diferencias significativas en la dureza superficial y resistencia a la tracción diametral entre un cemento de resina compuesta dual de grabado y lavado y uno autoadhesivo al ser polimerizados en forma química o por luz.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la resistencia a la tracción diametral y microdureza superficial de los cementos RelyxU200 y Relyx ARC al polimerizar químicamente y al polimerizar mediante luz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia a la tracción diametral de probetas de 3mm de cemento Relyx U200 polimerizadas químicamente.
- Determinar la resistencia a la tracción diametral de probetas de 3mm de cemento RelyX U200 fotopolimerizando 40 segundos.
- Determinar la resistencia a la tracción diametral de probetas de 3mm de cemento RelyX ARC polimerizadas químicamente.
- Determinar la resistencia a la tracción diametral de probetas de 3mm de cemento RelyX ARC fotopolimerizado 40 segundos.
- Determinar la dureza superficial Vickers de probetas de 3mm de cemento RelyX U200 polimerizadas químicamente.
- Determinar la dureza superficial Vickers de probetas de 3mm de cemento Relyx U200 fotopolimerizando 40 segundos.
- Determinar la dureza superficial Vickers de probetas de 3mm de cemento Relyx ARC polimerizadas químicamente.
- Determinar la dureza superficial Vickers de probetas de 3mm de cemento Relyx ARC fotopolimerizando 40 segundos.
- Analizar comparativamente los datos obtenidos

MATERIALES Y MÉTODO

Este estudio experimental *in vitro* constó de dos etapas; La primera etapa se realizó en el laboratorio de Biomateriales Dentales de la Facultad de Odontología donde se confeccionaron las muestras de los cementos de resina a analizar. La segunda etapa, medición de las propiedades mecánicas, se realizó en el Instituto de investigaciones y Ensayos de materiales (IDIEM) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y en el Laboratorio de Polímeros del Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Chile.

Primera etapa: Formación de probetas de estudio

Antes de iniciar la primera etapa se realizaron dos probetas de cemento, una de cemento Relyx ARC y la otra de cemento U200 en un ambiente sin luz y se cronometró el tiempo de endurecido. Se estableció que luego de 25 minutos la probeta de cemento Relyx ARC había endurecido y era manipulable mientras que la probeta de Relyx U200 requirió de 35 minutos para ser manipulable.

Mediante un formador metálico se confeccionaron 40 probetas de cada cemento de 3mm de alto por 6mm de diámetro, de las cuales 20 fueron fotopolimerizadas mediante una lámpara de luz halógena por 40 segundos y las otras 20 se dejaron en un ambiente sin luz para que endurezcan mediante polimerización química. Para efectos prácticos y de visión, se contó con una lámpara de luz roja la que no afecta el proceso de polimerización de los cementos pues el activador fotosensible presente en los cementos es excitado a longitudes de onda de entre 400 y 500 nm, mientras que la longitud de onda de la luz roja es superior a los 600 nm.

Por lo tanto, los grupos formados fueron:

Tabla 1: Grupos de estudio

Grupo	Número probetas	Cemento	Aplicación Luz Halógena
Grupo 1	20	Relyx ARC	No
Grupo 2	20	Relyx ARC	Si
Grupo 3	20	Relyx U200	No
Grupo 4	20	Relyx U200	Si

Figuras 1 y 2: Cementos utilizados: Relyx ARC y Relyx U200 de la marca 3MESPE.**Figuras 3 y 4:** formador de probetas utilizado para realizar las muestras.

Figura 5: Lámpara de luz halógena utilizada, marca 3MESPE, modelo Elipar 2500



Figura 6: Muestras terminadas.



Segunda etapa: realización de pruebas mecánicas a las muestras.

De cada grupo se seleccionaron 15 probetas para analizar la tracción diametral y 5 probetas para obtener los valores de dureza superficial.

Las probetas que polimerizaron químicamente fueron almacenadas en un ambiente sin luz hasta el momento en que se realizaron las pruebas.

Resistencia a la tracción diametral:

Las probetas seleccionadas se sometieron al ensayo de tracción diametral en una máquina de tracción y compresión universal Tinius Olsen H5K-5.

Figura 7: Máquina de ensayos universales Tinius Olsen H5K-s.



Las probetas fueron puestas en forma diametral sobre la platina de carga para ser comprimidos a una velocidad de 1mm/min. Las probetas se comprimieron de manera perpendicular a su eje mayor hasta lograr que se fracturaran.

La máquina entregó los resultados en Newton que fueron convertidos a Pascal para obtener los valores en unidades de presión de acuerdo a la siguiente fórmula (59):

$$X = \frac{2P}{\pi D T}$$

Donde:

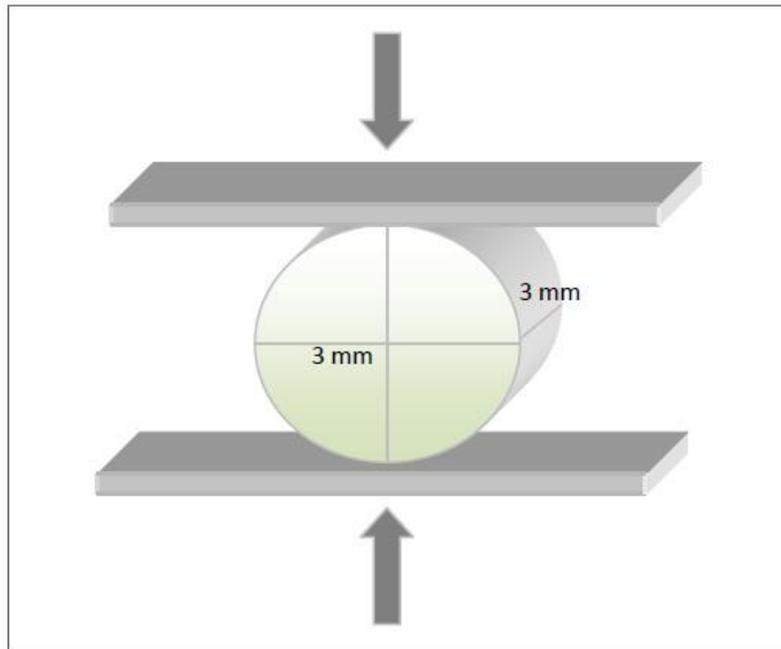
Dónde P: Carga de fractura (expresado en Kgf).

D: Diámetro de la probeta (expresado en mm).

T: Espesor de la probeta (expresado en mm).

Y 1N=9.8 KgF y Mpas= N/mm²

Figura 8: Esquema representativa del ensayo de tracción diametral



Dureza superficial Vickers

Se utilizaron 5 probetas por grupo, a cada una se le realizaron 3 indentaciones y se registraron los valores con microdurómetro Vickers Leica Antor Para, modelo MHT-10.

Esta máquina consta de un indentador de diamante de forma romboidal el cual bajo una carga predeterminada de 2N en un tiempo determinado de 10 segundos hace contacto con la probeta dejando una marca que se analizó bajo el microscopio. A través de un computador se miden las diagonales de la huella dejada por el indentador para que posteriormente el microdurómetro otorgara los valores de microdureza en unidades Vickers (HV) en relación a esas diagonales.

Figura 9: Microdurómetro Vickers Leica Antor Para, modelo MHT-10.

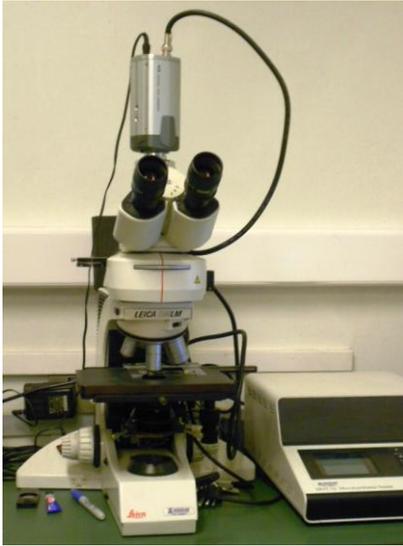


Figura 10: Muestras situadas sobre portaobjetos para ser sometidas a la prueba de microdureza.



Los datos obtenidos de cada grupo fueron sometidos a la prueba de Shapiro-Wilk, para ver la normalidad de distribución de cada grupo y posteriormente los 4 grupos de estudio fueron sometidos al Análisis de Varianza ANOVA que permite establecer si existen diferencias significativas entre los promedios de los grupos.

En última instancia se aplicó el test de Scheffé para determinar entre cuáles grupos existe diferencia significativa entre sus medias aritméticas.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron tabulados y sometidos a test estadísticos mediante el programa SPSS, para su posterior análisis.

Resistencia a la tracción diametral

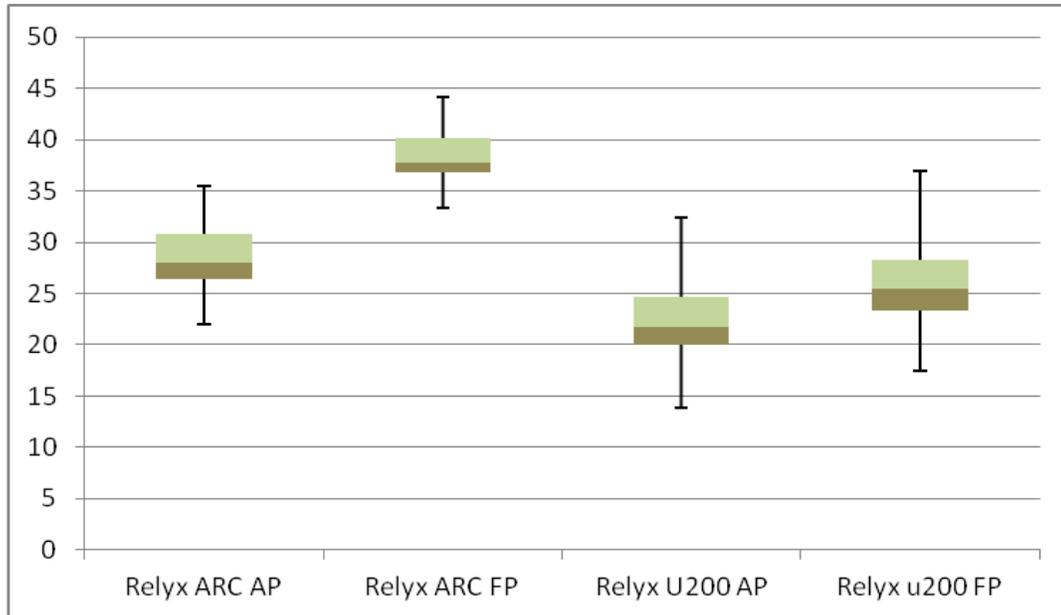
Tabla 1: Valores obtenidos de resistencia a la tracción diametral en Mega pascal por grupo, junto con las medias aritméticas y desviación estándar.

(AP= autopolimerizado, FP=fotopolimerizado)

Nº	Relyx ARC AP	Relyx ARC FP	Relyx U200 AP	Relyx u200 FP
1	31.3	37.7	25.1	29.6
2	25.7	41	31.7	25.5
3	24.7	44.2	24	24.9
4	32.9	37	21.7	33
5	28	39.9	20.7	27.3
6	35.5	36.5	21.8	23.4
7	30.37	37.5	21.2	37
8	27.9	40.4	26.8	20.6
9	26.2	33.3	17.1	17.5
10	22.0	34.6	13.8	22.4
11	28.2	38.9	15.2	23.3
12	26.5	34.8	24.2	26.6
13	32.2	37.5	32.4	25.5
14	28.7	39.5	19.3	28.8
15	26.9	40.9	21.2	27.7
Media Aritmética	28.47 Mpas	38.24 Mpas	22.41 Mpas	26.2 Mpas
D. Estándar	3.48	2.86	5.27	4.81

Figura 11: Diagrama de distribución de valores de la resistencia a la tracción diametral para los cuatro grupos.

AP: Autopolimerizado o polimerización química. FP: Fotopolimerizado.



Todos los valores de cada grupo fueron sometidos al test de normalidad de Shpauro- Wilk, cuyo resultado fue que todos los datos están normalmente distribuidos. Posteriormente se realizó un análisis de varianza ANOVA para evaluar si existen diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 2: Análisis de varianza ANOVA para los resultados de resistencia a tracción diametral.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Intergrupos	2052,865	3	684,288	38,325	0.000
Intragrupo	999,879	56	17,855		
Total	3052,743	59			

El análisis de varianza concluye que existen diferencias significativas entre los grupos. Para saber entre qué grupos existen las diferencias se realiza el test de Scheffé.

Tabla 3: Test de Scheffé para la prueba de resistencia a la tracción diametral.

(I) grupo	(J) grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.(p)
Grupo 1	Grupo 2	-9,77533*	1,54294	,000
	Grupo 3	6,05800*	1,54294	,003
	Grupo 4	2,26467	1,54294	,545
Grupo 2	Grupo 1	9,77533*	1,54294	,000
	Grupo 3	15,83333*	1,54294	,000
	Grupo 4	12,04000*	1,54294	,000
Grupo 3	Grupo 1	-6,05800*	1,54294	,003
	Grupo 2	-15,83333*	1,54294	,000
	Grupo 4	-3,79333	1,54294	,122
Grupo 4	Grupo 1	-2,26467	1,54294	,545
	Grupo 2	-12,04000*	1,54294	,000
	Grupo 3	3,79333	1,54294	,122

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

El Test de Scheffé demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos con excepción de los grupos 1 y 4 y los grupos 3 y 4 ($p > 0.05$). Es decir, no hubo diferencia significativa en la prueba de resistencia a la tracción diametral entre las probetas de cemento Relyx ARC sin fotopolimerizar y las de cemento Relyx U200 fotopolimerizadas durante 40 segundos. Tampoco existen diferencias significativas entre las probetas de cemento Relyx U200 fotopolimerizadas y polimerizadas de manera química.

Dureza superficial Vickers

Tabla 4: Media aritmética de la dureza superficial Vickers (HV) por muestra y del grupo del cemento Relyx ARC polimerizado de manera química, junto con la desviación estándar del grupo.

Muestra	Media Aritmética
1	45.3
2	37.3
3	32.1
4	36.4
5	34.2
M. Aritmética	37.06 (HV)
D. Estándar	5

Tabla 5: Media aritmética de la dureza superficial (HV) por muestra y del grupo del cemento Relyx ARC fotopolimerizado por 40 segundos, junto con la desviación estándar del grupo.

Muestra	Media Aritmética
1	47.6
2	47.2
3	48.8
4	48.2
5	48.2
M. Aritmética	48 (HV)
D. Estándar	0.6

Tabla 6: Media aritmética de la dureza superficial Vickers (HV) por muestra y del grupo del cemento Relyx U200 polimerizado de forma química, junto con la desviación estándar del grupo.

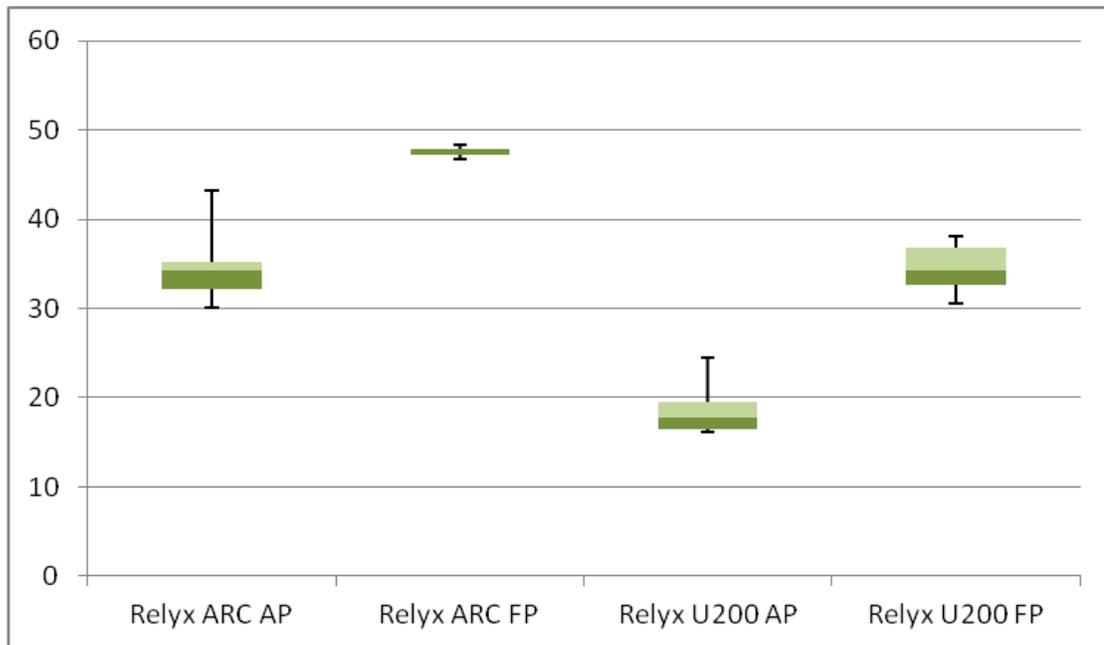
Muestra	Media Aritmética
1	24.6
2	16.6
3	16.4
4	17.9
5	19.7
M. Aritmética	19.04 (HV)
D. Estándar	3.37

Tabla 7: Media aritmética de la dureza superficial Vickers por muestra y del grupo del cemento Relyx U200 fotopolimerizado por 40 segundos, junto con la desviación estándar del grupo.

Muestra	Media Aritmética
1	36.3
2	32.6
3	38.9
4	40.2
5	34.7
M. Aritmética	36.5 (HV)
D. Estándar	3.07

Figura 12: Diagrama de distribución de valores de la dureza superficial Vickers para los cuatro grupos estudiados.

* AP: Autopolimerizado o polimerización química. FP: Fotopolimerizado.



Todos los datos obtenidos fueron sometidos al test de normalidad Shapiro-Wilk, que demostró que en todos los grupos los datos están normalmente distribuidos por lo tanto se prosiguió a aplicar el análisis de varianza ANOVA que demuestra que existen diferencias significativas entre los promedios de cada grupo.

Tabla 8: ANOVA dureza superficial Vickers.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intergrupos	2151,172	3	717,057	62,617	0,000
Intragrupo	186,196	16	11,637		
Total	2337,368	19			

Posteriormente se aplica el Test de Scheffé para concluir entre qué grupos existen diferencias.

Tabla 9: Test de Scheffé para la prueba de dureza superficial de Vickers.

(I) grupo	(J) grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.(p)
Grupo 1	Grupo 2	-10,94000*	2,15752	,001
	Grupo 3	18,02000*	2,15752	,000
	Grupo 4	,52000	2,15752	,996
Grupo 2	Grupo 1	10,94000*	2,15752	,001
	Grupo 3	28,96000*	2,15752	,000
	Grupo 4	11,46000*	2,15752	,001
Grupo 3	Grupo 1	-18,02000*	2,15752	,000
	Grupo 2	-28,96000*	2,15752	,000
	Grupo 4	-17,50000*	2,15752	,000
Grupo 4	Grupo 1	-,52000	2,15752	,996
	Grupo 2	-11,46000*	2,15752	,001
	Grupo 3	17,50000*	2,15752	,000

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Se demuestra que existen diferencias entre todos los grupos con excepción de los grupos 1 y 4 ($p > 0,05$), es decir no existe diferencia en la prueba de dureza superficial entre las probetas de cemento Relyx ARC sin fotopolimerizar y U200 fotopolimerizado durante 40 segundos.

DISCUSIÓN

Dentro del último tiempo han salido al mercado los cementos autoadhesivos que como gran objetivo tienen simplificar la técnica de manipulación y disminuir el tiempo de trabajo. Dicho objetivo se ha logrado, pero, al parecer, en desmedro de las propiedades mecánicas, lo que resulta un retroceso en la cementación adhesiva. Es por eso que se propuso realizar este estudio que busca comparar las propiedades mecánicas de dos cementos adhesivos de la misma marca, uno convencional y otro autoadhesivo lanzado recientemente al mercado, al activarlos física y químicamente. Esto último debido a que, inevitablemente al cementar una restauración indirecta, existen áreas en que la luz no accede, ya sea por el grosor del material o por la morfología de la preparación biológica.

La distribución normal de los datos de los grupos en estudio es uno de los requisitos para poder utilizar el test inferencial paramétrico. Es por esto que el primer paso fue realizar una prueba de normalidad. Debido a que el número de muestras es inferior a 50, el test utilizado es Shapiro Wilk. En todos los grupos se obtuvo una distribución normal de los datos por lo que se prosiguió a realizar un análisis de varianza ANOVA, que nos confirmó la hipótesis: existen diferencias significativas entre las propiedades físicas de los de cementos y entre las formas de activación.

Al aplicar el test de Scheffé, que indica entre qué grupos existe la diferencia significativa, se refuta la hipótesis, esto porque a pesar que se comprueba que existen diferencias significativas entre la dureza superficial y la resistencia a la tracción diametral entre ambos cementos, se obtiene que en ambos cementos existen diferencias significativas en las propiedades físicas al polimerizar químicamente y mediante luz con excepción del cemento Relyx U200 que en el ensayo de tracción diametral no presenta diferencia significativa al polimerizar de forma autógena o por activación física.

De este estudio se obtiene, también, como resultado que incluso comparando el cemento Relyx ARC polimerizado de forma química con el Relyx U200 fotopolimerizado, resulta peor evaluado este último. Esto indicaría que, en cuanto a estos dos parámetros, es superior el cemento convencional, independiente su forma de activación.

Como el cemento Relyx U200 se lanzó al mercado recientemente, no existe gran evidencia escrita acerca de sus propiedades mecánicas. En cambio, sí existen estudios que analizan los cementos Relyx Unicem y U100 que son autoadhesivos y presentan una composición muy similar al U200, por lo que en algunos casos se utilizaron estas alternativas para hacer una comparación.

En este estudio se determinó que el cemento U200 mejora significativamente su dureza superficial al ser fotopolimerizado, no así su resistencia a la tracción diametral, que si bien aumentan sus valores, la diferencia no es considerada significativa. Así también lo muestra el perfil técnico del cemento Relyx U100 que expresa que en ambas pruebas se obtienen mejores valores al fotopolimerizar el cemento sin embargo, la marca no revela si la diferencia es o no significativa (18).

Para el cemento Relyx ARC, la marca realiza una prueba de tensión diametral bajo condiciones no detalladas, donde se obtienen valores considerablemente más altos que los obtenidos en este trabajo (entre 60 y 80 Mpas), sin embargo, se cumple que el cemento Relyx ARC fotopolimerizado es superior al autopolimerizado, tal como lo indican los resultados obtenidos. La prueba de dureza superficial de este cemento no se realizó (18).

Braga y colaboradores (61), evaluaron en su investigación la dureza superficial de cuatro cementos resinosos (Enforce, RelyX ARC, Variolink II y C & B). Encontraron que en todos con excepción del Enforce, existen diferencias

significativas al ser fotoactivados.

Otro estudio, publicado el 2011 por Giraldez y colaboradores (62) comparó la microdureza superficial Vickers de 7 cementos adhesivos. El resultado fue que el cemento que alcanza mayores valores de dureza superficial es el Relyx ARC tanto quimiopolimerizado como fotopolimerizado, superando a los otros cementos por una diferencia significativa. Por otro lado, el cemento Relyx Unicem obtiene valores considerablemente más bajos en comparación a los otros cementos, y su dureza superficial, al activarlo con luz, es comparable al cemento Relyx ARC quimiopolimerizado. Se cumple también, que los cementos autoadhesivos obtienen menores valores de dureza, y que esto podría deberse a su compleja composición que les otorga su principal característica, la autoadhesión. En el caso del cemento Unicem, su matriz orgánica, que contiene monómeros de metacrilato fosforilados, incidiría en que sus propiedades mecánicas sean menor. Además, se postula en este estudio, que la polimerización de este cemento no sólo depende de la activación por luz, sino de la presencia de estructura dentaria, porque existiría una reacción ácido-base adicional entre los radicales de metacrilato fosforilado y la hidroxiapatita que complementarían el proceso (63, 64).

En cuanto a la tracción diametral, una investigación de Fonseca, Do Santos y colaboradores (49), publicado el 2005, compara la resistencia a la tracción diametral de 5 cementos de curado dual, y concluye que el cemento Relyx ARC junto con el Variolink II y Scotchbond Resin Cement disminuyen sus valores al ser activados sólo químicamente. Sin embargo, esto no fue igual para todos, pues hubo dos cementos que, a pesar de aumentar sus valores, no variaban significativamente sus resultados al exponerse a luz halógena (Enforce y Panavia F). Esto permite concluir que no todos los cementos duales incrementan significativamente sus propiedades mecánicas al ser fotopolimerizados, y que la existencia de esta diferencia se relaciona con su composición y la marca a la que

pertenecen.

Para finalizar, cabe hacer la comparación de los resultados obtenidos con los de las estructuras dentarias, pues se busca que los materiales dentales se comporten de manera similar al diente ante fuerzas externas; si comparamos los valores de dureza superficial Vickers de los cementos estudiados (19 a 48 HV), ambos se encuentran aún muy alejados a los valores de la dentina ($68,04 \pm 7,84$ HV) y esmalte ($324,1 \pm 87,35$ HV) (65). Los valores de resistencia a la tracción diametral no son comparables con los de la estructura dentaria, ya que existen variables en la metodología que condicionan los resultados. Sí se puede comparar el módulo de elasticidad o de Young que se define como el cociente entre la tensión aplicada a un material y la deformación elástica producida, que en el caso de los cementos adhesivos, fluctúa entre 2,1 a 3,1 GPas, mientras que el de la dentina mineralizada oscila entre 10 a 20 GPas, y el del esmalte entre 70 y 120 GPas (66).

Los valores obtenidos en este trabajo demuestran que aún queda camino por recorrer para lograr un medio cementante ideal y fotopolimerizar es una forma de mejorar, al menos levemente, las propiedades mecánicas de los cementos de resina.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que:

- a) Los cementos de resina duales Relyx ARC y Relyx U200 obtienen valores superiores en sus propiedades de resistencia a la tracción diametral y dureza superficial al ser fotopolimerizados.
- b) El cemento Relyx ARC fotopolimerizado presenta valores superiores de tracción diametral y dureza superficial que el cemento Relyx U200 fotopolimerizado.
- c) El cemento Relyx ARC autopolimerizado presenta valores de dureza superficial y resistencia a la tracción diametral superiores al cemento Relyx U200 autopolimerizado.
- d) No existen diferencias entre la dureza superficial y la resistencia a la tracción diametral del cemento Relyx ARC polimerizado químicamente y el Relyx U200 fotopolimerizado durante 40 segundos.
- e) No existe diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la tracción diametral entre las probetas de cemento Relyx U200 fotopolimerizadas y las polimerizadas de forma autógena.

REFERENCIAS

- 1) Craig R, O'Brien, Power J. (1996) *Materiales Dentales*. 6ta Edición. Editorial Harcourt Brace.
- 2) Erazo LV, Ruan AJ, Vinasco FE. (2011) Comparación de la microdureza superficial Vickers del cemento autoadhesivo-autograbador Relyx Unicem y el cemento dual Relyx Unicem. *Revista Colombiana de Investigación en Odontología* 3: 68 – 76.
- 3) Cortés M, Sepúlveda G, Stanke F. (1992) Técnica clínica inmediata para incrustaciones de Resina Compuesta. *Revista de la Sociedad de Operatoria de Chile*. 4; 55-70.
- 4) Fuentes C. (2004) Estudio comparativo in vitro de la fuerza adhesiva de restauraciones indirectas estéticas cementadas con cemento de resina dual y resina fluida. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista. Universidad de Chile.
- 5) Anusavice K, Phillips. (2004) *Ciencia de los Materiales Dentales*. Undécima edición. Elsevier, Madrid.
- 6) Leinfelder KF. (1997) New developments in resin restorative systems. *J Am Dent Assoc*.128:573-81.
- 7) Correa V, Estupiñan L, García Z, Jimenez O, Prada LF, Rojas A, Rojas S, Cristancho E. (2007) Percepción visual del rango de color: diferencias entre género y edad. *Rev Med* .15 (1): 7-14.
- 8) Leinfelder KF, Miracle RL, O'Neal SJ. (1993) Evaluating interfacial gaps for esthetic inlays. *JAm Dent Assoc*. 124:48-54
- 9) Echeverría S. (2006) Estudio comparativo in vitro de la microfiltración de restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con cemento de polimerización dual y resina fluida. Trabajo de investigación para optar al título de cirujano dentista. Universidad de Chile.

- 10) Rivas V. (2012) Estudio comparativo in vitro de la dureza superficial y tracción diametral de resinas compuestas fluidas polimerizadas con lámpara halógena a través de bloques de artglass. Trabajo de investigación para optar al título de cirujano dentista. Universidad de Chile.
- 11) Hofmann N, Hugo B, Klaiber B, Papsthart G. (2001) Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *Journal of Oral Rehabilitation*. 28; 1022-1028.
- 12) Barghi N, Blackman R, Ducke E. (1990) Influence of ceramic thickness on the polymerization of light-cured resin cement. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 63; 295.
- 13) Baharav H, Ben Amar A, Cardash HS, Pilo R. (1993) The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement. *J Prosthet Dent*. 69(6):620-369.
- 14) Cornelis H. (2011) A Review of Luting Agents. *International Journal of Dentistry*. Article ID: 752861
- 15) Williams. (1992) Materiales en la Odontología clínica. 1era Edición.
- 16) Barrancos J. (2006) Operatoria Dental. 4ta Edición. Editorial Panamericana.
- 17) Macorra JC. (1999) Polymerization contraction of composite resin. *Restorative materials*. Departamento de Odontología Conservadora. Facultad de Odontología. Universidad Complutense. Madrid. Disponible en: http://eprints.ucm.es/5045/1/La_contraccion_de_polimerizacion_de_los_materiales_restaura.pdf (Fecha de acceso: Septiembre: 2012)
- 18) 3M ESPE: Catálogo productos. (2011) Disponible en: http://solutions.3mchile.cl/wps/portal/3M/es_CL/3MESPE_LA/dentalprofessionals/productos/catalog/ (Fecha de acceso: Septiembre 2012)
- 19) Ellakuria J, Triana R, y cols. (2001) Effect of one-year water storage on the surface microhardness of resin-modified versus conventional glass-ionomer cements. *Dent Mater*. 19(4):286-90.

- 20) Studervant J., Herman H., Roberson T. (1999) *Operatoria Dental. Arte y Ciencia*. 3ª Edición. Editorial Harcourt Brace. Madrid, España. Cap. 3
- 21) Mariné A., Stanke F., Urzúa I. (1997) Tratamiento de una enfermedad infectocontagiosa. Primera Edición. Editor Dr. Felipe Stanke. Chile. 54p. Págs. 9-26. Cap. 1,2,3,4 y 5.
- 22) Mariné A, Stanke F, Urzúa I. (1996) Tratamiento de la caries como enfermedad infectocontagiosa: Estudio preliminar. *Rev. Dent. Chile*. 87 (3): 25-29, Noviembre.
- 23) Ministerio de Salud de Chile. (2012) Análisis de situación bucal. Disponible en: <http://www.minsal.gob.cl/portal/url/item/9c81093d17385cafe04001011e017763.pdf> (Fecha de acceso: Noviembre 2012)
- 24) Astorga C, Bader M, Baeza R, Ehrmantraut M. et al. (1996) Texto de biomateriales Odontológicos. Primera Edición. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. Tomos I y II.
- 25) Ehrmantraut M, Terrazas P, Leiva M. (2011) Sellado marginal en restauraciones indirectas, cementadas con dos sistemas adhesivos diferentes. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*. 4(3); 106-109.
- 26) Zenni L, Pisani-Proença J, et al. (2008) Restauraciones indirectas de composite: conceptos generales y propuesta clínica de utilización. *Quintessence (ed. esp.)* 21:1.
- 27) Small BW. (2002) Clinical tips for improved composite resin inlays. *Gen Dent*. 50:412-4.
- 28) Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. (1998) Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent* 80 (3): 280-301.
- 29) Holter D, Frey H, Mulhaupt R. (1997) Branched bismethacrylates based on Bis-GMA. a systematic route to low shrinkage composites. *Polymer Preprints* 38:84-5.
- 30) Culbertson BM, Wan Q, Tong Y. (1997) Preparation and evaluation of visible light-cured multi-methacrylates for dental composites. *J Macromolec Sci-Pure Appl Chem* 34:2405-21.
- 31) Frankenberger R, Perdigo J, Rosa B T, Lopes M. (2001) No-bottle v/s Multi-

- bottle dentin adhesives- a microtensile bond strength and morphological study. *Dental Materials* 17:373-380.
- 32) Hervás A, Martínez MA, Cabanes J et al. (2006) Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 1;11(2):E215-20.
- 33) El-Mowafy O. (2001) The use of resin cements in restorative dentistry to overcome retention problems. *J Can Dent Assoc* 67(2):97–102.
- 34) Blatz MB. (2002) Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 33(6):415–26.
- 35) Burke FJ, Fleming GJ, Nathanson D, Marquis PM. (2002) Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. *J Adhes Dent* 4(1):7–22.
- 36) Mak YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH. (2002) Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dental Materials* 18(8):609–21.
- 37) Sosa B. (2010) Cementos resinosos. Investigación bibliográfica del proceso de suficiencia profesional para obtener el título de cirujano dentista. Universidad Cayetano Heredia.
- 38) Areti D, Eliadesb G, Hellwiga E, et al. (2009) Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Academy of Dental Materials*. 25(9):1104-8
- 39) Radovic I, Monticelli F, et al. (2008) Self-adhesive Resin Cements: A Literature Review. *J Adhes Dent* 10: 251-258.
- 40) Beros IC. (2006) Estudio comparativo in vitro de la tracción diametral y dureza superficial, entre una resina compuesta fluida y dos cementos de resina de curado dual. Trabajo de investigación requisito para optar al título de Cirujano dentista. Universidad de Chile.
- 41) Caro M. (2012) Estudio comparativo in vitro de la profundidad de polimerización de resinas compuestas fluidas polimerizadas por luz L.E.D versus luz halógena, a través de resinas compuestas previamente endurecidas. Trabajo

de investigación requisito para optar a título de cirujano dentista. Universidad de Chile.

42) Thiago A, Pegoraro DDS, Nelson RFA, et al. (2007) Cements for use in Esthetic Dentistry. *Il Dent Clin N Am* 51;453–71

43) Edward E. Hill, DDS, MS Dental. (2007) Cements for Definitive Luting: A Review and Practical Clinical Considerations. *Il Dent Clin N Am* 51;643–58

44) Manso, AP, et al. (2011) Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am* 55(2):311-32.

45). Ehrmantraut M, Bader M. (1994) Polimerización de resinas compuestas a través de Estructuras Dentarias. *Il Revista Facultad de Odontología Universidad de Chile* 12(2):22-27.

46) Zuellig-Singer R, Krejci I, Lutz ZF. (1992) Effects of cement-curing modes on dentin bonding of inlays. *J Dent Res* 71:184–6.

47) Tanoue N, Koishi Y, Atsuta M, Matsumura H. (2003) Properties of dual-curable luting composites polymerized with single and dual curing modes. *J Oral Rehabil* 30:1015–21.

48) Alpöz AR, Ertugrul F, Cogulu D, Ak AT, Tanoglu M, Kaya E. (2008) Effects of light curing method and exposure time on mechanical properties of resin based dental materials. *Eur JDent* 2:37–42.

49) Fonseca RG, Santos JG, Adabo GL. (2005) Influence of activation modes on diametral tensile strength of dual-curing resin cements. *Braz Oral Res* 19:267–71.

50) Arrais CA, Rueggeberg FA, Waller JL, de Goes MF, Giannini M. (2008) Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. *J Dent* 36:418–26.

51) Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA, Pashley DH. (2007) Effect of curing mode on microtensile bond strength to dentin of two dual-cured adhesive systems in combination with resin luting cements for indirect restorations. *Oper Dent* 32:37–44.

- 52) Lee IB, An W, Chang J, Um CM. (2008) Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements. *Dent Mater* 24:1141–7.
- 53) Blackman R, Barghi N, Duke E. (1990) Influence of ceramic thickness on the polymerization of light-cured resin cement. *J Prosthet Dent* 63:295–300.
- 54) Pereira S, Fulgencio R, et al. (2010) Effect of curing protocol on the polymerization of dual-cured resin cements. *Dental materials* 26. 710–718
- 55) Catálogo 3M ESPE Cemento RelyX ARC. (2006) Manual- 3M ESPE RelyX™ UARC Cemento de Resina Universal. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?6666660Zjcf6IVs6EVs666C0yCOrrrQ->. (Fecha de acceso: Diciembre 2012).
- 56) Catálogo 3M ESPE Cemento RelyX U200. (2012) Manual- 3M ESPE RelyX™ U200 Cemento de Resina Universal Autoadhesivo. Disponible en: http://solutions.3mchile.cl/wps/portal/3M/es_CL/3MESPE_LA/dentalprofessionals/productos/productos-por-categoria/cementos/u200/. (Fecha de acceso: Diciembre 2012).
- 57) Machi. (2007) Materiales dentales. 40 ed. Ed Médica Panamericana.
- 58) Phillips R. (1988) La ciencia de los materiales dentales de Skinner. Octava Edición. Editorial Interamericana.
- 59) Sepúlveda M. (2005) Análisis comparativo in vitro de la tensión diametral en restauraciones realizadas con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas y lámpara L.E.D. Trabajo de investigación para optar al título de cirujano dentista. Universidad de Chile.
- 60) Martínez M. (2005) Estudio comparativo in vitro de la resistencia a la tensión diametral de una resina compuesta fotopolimerizada con una lámpara L.E.D y una lámpara halógena convencional. Trabajo de investigación para optar al título de cirujano dentista. Universidad de Chile.
- 61) Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. (2002) Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 29: 257-62.

- 62) Giraldez I, Ceballos L y cols. (2011) Early Hardness of Self-Adhesive Resin Cements Cured under Indirect Resin Composite Restorations. *J Esthet Restor Dent*. 23(2):116-24.
- 63) Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. (2006) Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 22:45–56.
- 64) Pedreira ANRV, Pegoraro LF, de Góes MF. (2009) Microhardness of resin cements in the intraradicular environment: Effects of water storage and softening. *Dent Mater* 25:868–76.
- 65) Alvarez C. Carrillo y cols. (2001) Análisis comparativo de la microdureza Rockwell superficial y Vickers en diferentes composites con esmalte y dentina natural. Disponible en: <http://www.dentsply.es/Noticias/clinica1704.htm> (Fecha de acceso: Diciembre 2012).
- 66) Rivera C. Ossa A. (2012) Fragilidad y comportamiento mecánico del esmalte dental. *Revista Ingeniería Biomédica de Medellín, Colombia* 6:12.

