



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

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

**“Evaluación de la microdureza Vickers y su relación con
la pigmentación en resinas compuestas para adhesión de
aparatos ortodóncicos”**

Proyecto terminal

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

Presenta:

C.D. Angélica Daniela Tirado Escalante

Director:

Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis

Co-Director:

Dra. en S.C Laura Emma Rodríguez Vilchis

Toluca, Estado de México, octubre de 2022



2022-2026

Índice

Introducción.....	4
Antecedentes	6
Resinas Compuestas	6
Composición de resinas compuestas	7
Clasificación de resinas compuestas	9
Propiedades de resinas compuestas	11
Cementos de resinas compuestas	12
Resinas de prescripción ortodóncica	13
Propiedades de resinas de prescripción ortodóncica.....	14
Dureza de las resinas compuestas	15
Métodos de medición de dureza	15
Microdureza Vickers	16
Microdurómetro.....	16
Color	17
Naturaleza del color	17
Opalescencia	17
Refracción.....	18
Reflexión.....	18
Dispersión.....	18
Fluorescencia	18
Métodos de medición de color	18
Escala de Munsell.....	19
Espacio de color CIE	19
Espacio de color CIE L*a*b*	19
Método visual.....	20
Método instrumental	20
Pigmentación	21
Bebidas y condimentos pigmentantes.....	21
Café expreso	21
Té negro	22
Vino tinto.....	23

Cúrcuma	23
Curry	24
Saliva	24
Planteamiento del problema	26
Justificación	28
Hipótesis	29
Hipótesis de investigación	29
Hipótesis nula	29
Objetivos	30
Objetivo principal	30
Objetivos específicos	30
Material y métodos	31
Diseño de la investigación	31
Universo	31
Población	31
Muestra	31
Variables	32
Materiales	33
Unidad de estudio	34
Procedimiento	35
Consideraciones bioéticas	37
Análisis estadístico	37
Resultados	38
Discusión	41
Conclusiones	43
Referencias	44

Introducción

Durante un largo periodo de tiempo se han utilizado adhesivos a base de resina para el cementado de brackets, tanto para la técnica directa, como indirecta. Las resinas de prescripción ortodóncica son variaciones de los adhesivos utilizados en la odontología restauradora. ¹

El cementado directo de la aparatología fija en el tratamiento de ortodoncia ha sido ampliamente investigado, ya que es de vital importancia que exista una adhesión estable entre la superficie del esmalte y el bracket o aditamento utilizado.

La estabilidad en el color de la superficie de las resinas puede verse afectada por diversos factores, tanto extrínsecos como intrínsecos. Dentro de esos factores extrínsecos se encuentran los compuestos pigmentantes de algunos alimentos, y dentro de los intrínsecos se encuentra la matriz de la resina y el tipo de partículas de relleno. ^{1,2}

Algunos estudios se han dedicado a la evaluación de la pigmentación que sufren las resinas de prescripción ortodóncica. ¹

Un factor que puede influir en la pigmentación de las resinas es la dureza de la superficie también se relacionan algunos factores como la fotopolimerización, el tiempo de irradiación, la distancia a la que se fotopolimeriza y el tipo de material en la punta de la fuente de energía. ³

En áreas en las que la estética está comprometida es necesario no sólo que los materiales adhesivos mantengan fija la aparatología ortodóncica, sino que además mantengan una apariencia estética durante el periodo que permanezcan en boca.

La decoloración de las resinas puede ser un inconveniente, mayormente cuando éstas son sometidas a soluciones pigmentantes durante un tiempo prolongado en la fase activa del tratamiento.

Es muy importante tomar en cuenta el cambio de coloración de las resinas cuando se realice la selección de alguna para ser usada en una zona que comprometa la estética. ¹

En este estudio se midió la microdureza Vickers sobre cinco resinas compuestas de prescripción ortodóncica y se evaluó el efecto de cinco soluciones pigmentantes para determinar la relación entre la dureza de los materiales y la susceptibilidad a la pigmentación.

Antecedentes

Resinas Compuestas

Las resinas compuestas representan un grupo de materiales ampliamente utilizados no sólo en odontología restauradora, sino también como materiales de base, selladores, materiales de impresión y como agentes cementantes, entre otros.

Las resinas compuestas son combinaciones de dos o más materiales que presentan una composición química diferente, con distinta interfase, por lo que poseen propiedades superiores a las que presentan de forma individual. ⁴

La primera formulación de resina se introdujo en 1870, y se basaba en vidrios de amino-fluro-silicato y ácido fosfórico. La matriz era sal de fosfato de aluminio la cual se formaba de la disolución de las partículas de vidrio. Las restauraciones hechas de este material eran frágiles, necesitaban de retención mecánica y tenían un corto tiempo de vida. ⁴

El primer compuesto polimérico usado en odontología se desarrolló en 1940, su composición se basaba en un monómero de metacrilato de metilo, peróxido de benzoilo y n,n-dimetilparatoluidina; estos últimos utilizados como una combinación de iniciadores. Estos materiales presentaban distintos problemas, inicialmente se mostraban estéticos, sin embargo, presentaban poca estabilidad del color, una gran contracción a la polimerización, falta de adhesión a la superficie dental y un alto coeficiente de expansión térmica. ⁴

En 1962 Bowen desarrolló una nueva fórmula llamada Bis-GMA, la cual pretendía mejorar las propiedades de la resina acrílica. Inicialmente estas resinas de autopolimerización, utilizaban una base que debía mezclarse con un catalizador, lo cual generaba problemas en cuanto a la proporción y el proceso de mezclado. ^{4,5}

En 1970 se describieron las resinas compuestas, que se polimerizaron por medio de radiación electromagnética, en un principio se utilizó una fuente de luz ultravioleta la cual fue sustituida posteriormente por la luz visible la cual se utiliza actualmente. ⁴

Composición de resinas compuestas

Las resinas compuestas, consisten en partículas de relleno inorgánicas inmersas en una matriz orgánica de polímeros. Las partículas de relleno además se encuentran cubiertas por un compuesto de silano que tiene la función unir las partículas de relleno con la matriz.

Las resinas compuestas están formadas por cuatro elementos principales:

- Matriz orgánica o inorgánica
- Partículas de relleno
- Agentes adhesivos
- Agentes activadores ³

La matriz orgánica de las resinas compuestas se constituye por un sistema de monómeros que pueden ser monofuncionales, difuncionales o trifuncionales. ⁵

El Bis-GMA es el monómero más utilizado en la fabricación de las resinas compuestas en la actualidad, es la base de la composición de las resinas compuestas. Este monómero constituye alrededor del 20% de la composición de la resina. Ya que esta resina presenta un alto grado de viscosidad, puede diluirse con otros monómeros de baja viscosidad como son dimetacrilato de etilenglicol (EGDMA), dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA) o dimetacrilato de uretano (UDMA) para facilitar el proceso de fabricación y manejo clínico. Cuanto más bajo sea el peso molecular del monómero mayor será la contracción volumétrica ^{3,5}

Las partículas de relleno determinan las propiedades físicas y mecánicas de la resina como son: mejorar la dureza y reducen los cambios dimensionales, proveen radiopacidad, facilitan la manipulación y ofrecen mejores resultados estéticos; las partículas de relleno más utilizadas son las de cuarzo o vidrio de bario. ^{3,5}

También se utiliza el dióxido de silicón, silicato de óxido de bario y aluminio de litio. En muchas resinas compuestas el cuarzo es remplazado parcialmente por

partículas de metales pesados como bario, estroncio, zinc, aluminio y zirconio, que le brindan radiopacidad. ⁵

Las partículas de relleno varían según su composición, morfología y dimensiones. De acuerdo con el tamaño de sus partículas de relleno, estas se pueden clasificar en: macropartículas de relleno, micropartículas de relleno, híbridas y nanopartículas de relleno. Las nanopartículas miden aproximadamente 25 nm y los nanoagregados 75nm y están compuestas por zirconio/sílice o nanosílice, la distribución del relleno constituye el 79.5% de la resina compuesta. ⁵

Entre menor es el tamaño de las partículas de relleno, existe menor contracción a la fotopolimerización, se reduce la presencia de microfisuras en la superficie del esmalte, se optimiza el desgaste oclusal, la radiopacidad, y la aspereza de la superficie, disminuye el cambio de coloración y la filtración bacteriana con posible sensibilidad postoperatoria. ^{5,6}

La optimización de las propiedades de las resinas, dependen en gran parte de la unión que exista entre el relleno inorgánico con la matriz. Esta unión está dada por el agente adhesivo que se encuentra recubriendo las partículas de relleno, este presenta características tanto de relleno como de matriz. El agente adhesivo más utilizado es el silano, el cual presenta grupos silanos en un extremo y grupos metacrilatos en el otro. ^{4,7}

El sistema activador o iniciador de la polimerización de los radicales libres, necesita de un estímulo externo el cual en el caso de los sistemas de fotopolimerización corresponde al uso de la energía de luz visible el cual activa el iniciador en la resina que comúnmente es una dicetona llamada canforoquinona, que se encuentra en una cantidad de entre 0.2 a 0.6%. ^{4,5}

Clasificación de resinas compuestas

Las resinas compuestas se pueden clasificar usando diversos parámetros, una de las clasificaciones más utilizadas, es de acuerdo con el tamaño de las partículas de relleno, estas formulaciones han ido cambiando y sido modificadas con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y estéticas.⁵

Actualmente las resinas compuestas, según el tipo de partículas de relleno se pueden dividir en cinco categorías principales:

1. **Resinas de macrorelleno:** Las partículas de relleno que presentan tienen un tamaño promedio de entre 10 y 50 micras. El desempeño clínico de estas no es óptimo, presenta un acabado superficial pobre debido a la rugosidad, así como menor brillo y mayor susceptibilidad a la pigmentación. Los rellenos mayormente utilizados fueron el cuarzo y vidrio de estroncio o bario.
2. **Resinas de microrrelleno:** El tamaño de las partículas de relleno es de entre 0.01 y 0.05 micras. El relleno principalmente es de sílice coloidal. Presentan un alto pulido y brillo de la superficie, lo cual confiere mayor estética a la restauración, no son muy recomendables para sector posterior, debido a sus propiedades mecánicas y físicas, como con mayor sorción de agua y alto coeficiente de expansión térmica.
3. **Resinas híbridas:** Presentan diferentes tamaños de partículas de relleno, vidrios desde 0.6 y 1 micras, o 0.04 micras representadas por un sílice coloidal. Estos tienen buenas propiedades, como son menor contracción a la polimerización, baja sorción acuosa, buen pulido y textura superficial, su uso es de aplicación tanto anterior como posterior.
4. **Resinas microhíbridas:** Las partículas de relleno van desde 0.4 a 1.0 micras, y presentan un alto porcentaje de relleno, el 60% de su volumen aproximadamente. Sus propiedades son buena resistencia al desgaste, pero pulido deficiente y falta de brillo superficial.
5. **Resinas de nanorelleno:** Contienen partículas con tamaños menores de 10 nm (0.01micras), pueden ser de sílice o zirconio. El relleno se dispone ya sea de forma individual o en nanoagregados de 75nm aproximadamente. Sus

propiedades físicas mejoran respecto a las resinas de microrelleno. Ofrecen gran translucidez, pulido óptimo y resistencia al desgaste. Sus aplicaciones pueden ser tanto en sector anterior como posterior. ^{4,5}

Las resinas compuestas también se pueden clasificar de acuerdo con su consistencia en:

1. **Resinas de baja viscosidad o fluidas:** estas presentan un menor porcentaje de relleno inorgánico, a la matriz se le agregan sustancias diluyentes para aumentar la viscosidad y fluidez. Dentro de las propiedades que posee están su alta elasticidad, lo cual contrarresta el efecto de contracción a la polimerización, tiene una alta humectación de la superficie dental y capacidad de fluir, no presenta suficiente radiopacidad. Está indicada en restauraciones clase V, abfracciones dentales, restauraciones oclusales mínimas, o como material sellador.
2. **Resinas de alta viscosidad o empacables:** estas presentan una mayor viscosidad y son menos pegajosas. Después de colocarlas dentro de la cavidad oral, la viscosidad disminuye al tiempo que el material equilibra su temperatura con la de la boca. En estas resinas se reduce la cantidad de matriz y existe un alto porcentaje de relleno de partículas irregulares. Su comportamiento tanto físico como mecánico supera las propiedades de las resinas híbridas. Las desventajas de esta son la complicada adaptación entre una capa de resina y otra, la difícil manipulación y la deficiente estética para sectores anteriores. Están indicadas para restauración de cavidades clase I y II. ^{4,5}

Su clasificación de acuerdo con el tipo de polimerización:

1. **Autopolimerizables:** estos sistemas son activados químicamente, se utiliza una pasta base y un catalizador. La amina terciaria, actúa como donador de electrones, para separar al peróxido benzoico en radicales libres y endurecer el material.

2. **Termopolimerizables:** en este sistema el peróxido de benzoilo se separa al ser expuesto al calor y así forma los radicales libres.
3. **Fotopolimerizables:** son los sistemas activados por medio de luz, la fuente de irradiación de 420 a 470 nm al irradiar a la canforoquinona u otra dicetona, esta reacciona con la amina terciaria y así empieza la formación de radicales libres. ⁸

Propiedades de resinas compuestas

Resistencia al desgaste: propiedad que poseen las resinas compuestas de oponerse a la pérdida de la superficie. Esta propiedad depende del tamaño y contenido de las partículas de relleno, a menor tamaño y mayor porcentaje del relleno menor grado de abrasión.

1. **Textura superficial:** es la uniformidad de la superficie del material de restauración. Esta se relaciona con el tamaño y cantidad de partículas de relleno, así como la técnica de pulido y terminado. La rugosidad de la superficie favorece a la acumulación de placa.
2. **Coefficiente de expansión térmica:** se puede definir como la velocidad de cambio dimensional en función al cambio de temperatura (unidad). Un bajo coeficiente de expansión térmica resultará en una mejor adaptación marginal.
3. **Sorción acuosa:** esta propiedad de las resinas se relaciona con la cantidad de agua adsorbida y absorbida y su relación con la expansión de estas. La sorción de agua puede causar solubilidad de la matriz; así cuando exista una mayor cantidad de relleno habrá una menor sorción de agua.
4. **Resistencia a la fractura:** es la propiedad de tensión máxima que puede soportar la resina, antes de sufrir una fractura. Dependerá de la cantidad de relleno.
5. **Módulo de elasticidad:** indica la rigidez del material. Un módulo de elasticidad elevado resultará en un material más rígido, esta propiedad también se relaciona con el tamaño y cantidad de las partículas de relleno. Cuanto mayor sea el tamaño y porcentaje de partículas, existirá un mayor módulo elástico.

6. **Estabilidad de color:** las resinas pueden sufrir cambios en el color ya sea por manchas superficiales o decoloración interna. Las pigmentaciones superficiales se relacionan con la penetración de colorantes provenientes de la alimentación o hábitos. La decoloración interna proviene del proceso de oxidación de algunos compuestos de la resina, como las aminas terciarias.
7. **Radiopacidad:** esta propiedad está dada por las partículas de metales pesados que presentan en su composición, y permiten una mejor interpretación radiográfica del estado de la restauración.
8. **Contracción a la polimerización:** es un proceso en el cual se generan fuerzas internas en la estructura del material, lo cual resulta en tensión cuando el material de encuentre adherido a las superficies dentarias. ⁴⁻⁹

Cementos de resinas compuestas

El ionómero de vidrio como agente cementante se introdujo por primera vez en odontología por Wilson y Kent en 1972 y se popularizó en ortodoncia por White en 1986. ¹⁰

El cemento de ionómero de vidrio presentaba características favorables como estabilidad dimensional y liberación continua de flúor, sin embargo, presentaba una baja resistencia a la tracción por lo que su uso en ortodoncia era limitado. Fue en el año de 1988 cuando Antonucci et. al. agregaron partículas de resina en un 10% a 20%, de este modo se crearon los ionómeros de vidrio modificados con resina. ^{10,11}

Los ionómeros de vidrio modificados con resina son cementos adhesivos que presentan propiedades mecánicas mejoradas, como son la adhesión mecánica por la penetración de las partículas de resina en las irregularidades de la superficie, mayor resistencia a la fractura; con las ventajas de la fórmula anterior de los ionómeros, de liberación de flúor y la capacidad de adhesión en presencia de humedad. ^{10,11}

Estos se han utilizado como una alternativa para la fijación de brackets, ya que en algunos casos se pueden presentar desmineralizaciones tras la colocación de la aparatología fija, lo cual representa un factor predisponente a caries.

Resinas de prescripción ortodóncica

La adhesión directa de brackets con resina compuesta es en la actualidad el método más comúnmente utilizado, brindando una mayor comodidad para el paciente, facilitando la higiene, mejorando la estética y asimismo disminuyendo el tiempo de consulta. ^{12,13}

La adhesión de los brackets es una parte esencial en el tratamiento de ortodoncia, por lo que la investigación de las resinas compuestas es amplia con la finalidad de obtener las mejores cualidades en ellas.

El desarrollo de los adhesivos utilizados en ortodoncia evolucionó rápidamente; en los años 70's se comenzó con el uso de resinas acrílicas, posteriormente en los 80's surgieron las resinas autocurables de dos pastas e igualmente tuvo su aparición el ionómero de vidrio modificado con resina de autopolimerización.

En la década de los 90's con la aparición del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina fotopolimerizable se disminuyó aún más el tiempo de colocación de brackets y finalmente hubo un desarrollo de cementos de resina activados con luz de un solo paso, que son los que se utilizan actualmente. ¹³

Las propiedades físicas como sorción, solubilidad y el espesor de la resina tienen injerencia sobre el comportamiento mecánico de las resinas de aplicación ortodóncica, así como la composición de estas, de acuerdo con el tamaño y tipo de las partículas de relleno. ¹²

El relleno tiene la capacidad de aumentar la dureza y rigidez, reducir los cambios dimensionales y mejorar el manejo del material. La mayoría de las partículas de relleno se basan en óxido de bario, estroncio, zinc, aluminio o zirconio; no existe superioridad entre uno y otro, ya que cada uno muestra tanto ventajas como desventajas. Aunque las mejores propiedades mecánicas se observan en las resinas que presentan en su composición un alto contenido de partículas de relleno de diversos tamaños. ¹²

Es importante considerar que cuando existe un menor contenido de partículas de relleno va a aumentar la contracción de polimerización, lo cual puede contribuir a la microfiltración y con ello a efectos indeseados de pigmentación de la resina o lesiones de macha blanca en la superficie del esmalte. ^{12,13}

Propiedades de resinas de prescripción ortodóncica

Las resinas de prescripción ortodóncica presentan mejor adhesión a las superficies acondicionadas previamente con ácido o ásperas y secas mediante una retención mecánica.

Las resinas activadas mediante una fuente de luz son más fáciles de manipular y presentan mejoras en sus propiedades físicas.

Las propiedades físicas de las resinas de prescripción ortodóncica se mencionan a continuación:

1. **Resistencia al desprendimiento:** adhesión existente entre diente y base del bracket capaz de resistir tensiones, cargas y fuerzas masticatorias. El rango de resistencia al desalajo óptimo de brackets debe ser clínicamente de 5.9 a 7.8 MPa. ¹⁴
2. **Dureza:** propiedad de las resinas de oponerse a la indentación. Esta propiedad depende del tipo y tamaño de partículas de relleno. ¹⁵
3. **Rigidez:** propiedad de la resina que le da resistencia a la torsión por la acción de agentes externos que actúan sobre su superficie. ¹⁵
4. **Contracción a la polimerización:** sucede por la distancia menor que existe entre las unidades de monómero al momento de la polimerización, la matriz posee un volumen menor del que tenían sus componentes al principio.
5. **Sorción:** esta propiedad de las resinas se relaciona con la cantidad de agua adsorbida y absorbida y su relación con la expansión de estas. ¹⁶
6. **Solubilidad:** degradación total o parcial del material al ser expuesto al medio oral por una disolución de las partículas de relleno, iones y sustancias orgánicas, lo cual conlleva a una pérdida de peso. ¹⁶

7. **Espesor de la película:** se refiere al grosor que presenta la resina el cual tiene inferencia en el color y microdureza de esta. ^{17,18}
8. **Estabilidad de color:** las resinas pueden sufrir cambios en el color ya sea por manchas superficiales, debido a una decoloración por penetración de pigmentos propios de la alimentación o decoloración interna, por un proceso oxidativo de algunos compuestos de la resina. ⁷

Dureza de las resinas compuestas

La dureza se puede definir como la resistencia a la indentación o resistencia a la penetración.

La dureza de una resina compuesta se relaciona con el tiempo de polimerización, la distancia a la que se polimeriza, la fuente de irradiación y el material de la punta de la fuente de irradiación. ³

Existen pruebas que expresan la dureza de los materiales, estas son utilizadas para evaluar sus propiedades físicas y también se pueden utilizar para medir la dureza de los dientes. ¹⁵

Métodos de medición de dureza

El valor de la dureza se obtiene a través de la medición del área de indentación sobre una superficie, que ha sido producida mediante un indentador específico durante un periodo determinado. ¹⁹

Los métodos Vickers y Knoop han sido los más utilizados a lo largo de la historia, para evaluar la dureza tanto de dientes como de resinas compuestas. También son utilizadas otras pruebas como la de Barcol, Brinell, Wallace y Rockwell. Con estas pruebas la medición de la dureza depende de la carga que es aplicada y el tiempo de esta. Las pruebas de Brinell y Rockwell miden la macrodureza de los materiales, mientras que la prueba Vickers y Knoop miden la microdureza. ²⁰

Estas pruebas presentan algunas limitaciones, en la resolución del sistema óptico del microscopio, la recuperación elástica del material, así como la percepción del

operador. Para los materiales a base de polímeros existen otros factores que van a influir sobre la dureza de la superficie, como son el tiempo y la velocidad de la recuperación elástica, además de la presencia, tamaño y cantidad de partículas de relleno.²⁰

La prueba Brinell ha sido utilizada para medir la dureza de los materiales metálicos usados en odontología, esta prueba y la prueba Vickers utilizan el mismo principio. La elección de la prueba de dureza depende del tipo de muestra y su espesor principalmente. Las pruebas se distinguen en general por la forma del indentador y el principio utilizado.²⁰

Microdureza Vickers

Este método requiere una pequeña área de la superficie para realizar la prueba. La técnica consiste en aplicar de manera perpendicular, un indentador de diamante en forma de pirámide de base cuadrada sobre la superficie que se desea medir durante un periodo determinado de tiempo con una carga específica de menos de 9.8N. Después la carga es removida y las diagonales marcadas por la indentación son medidas mediante un microscopio óptico. El valor de la microdureza se calcula dividiendo la carga entre el área de indentación marcada.¹⁵

Microdurómetro

Consiste en una torreta motorizada con un microscopio de medición analógico y sistema de cálculo de dureza. Presenta un yunque en donde se coloca la muestra y se aplica lentamente la carga, durante un lapso determinado. Posteriormente se pueden observar y medir las diagonales trazadas por la indentación con ayuda del objetivo del microscopio incluido. Se calcula el área de la superficie y automáticamente el microdurómetro proporciona el valor Vickers. El valor será mayor cuanto menor sea la indentación, lo que implicará mayor dureza del material.

15, 20

Color

Naturaleza del color

Es una propiedad física de los cuerpos frente a la incidencia de la luz. La percepción de color implica que lleguen ondas luminosas a los ojos, en donde se convierten en impulsos nerviosos que en el cerebro son interpretados y dan la sensación de color. Cada color se origina de una combinación de diferentes longitudes de onda que se encuentran entre los 400 y 800 nm, las longitudes de onda por encima (infrarrojo) o debajo de este rango (ultravioleta) no son visibles. Cuando un cuerpo contiene todas las longitudes de onda el color resultante será blanco y el color negro tiene ausencia de longitud de onda. ²¹

Cada color basa su apariencia en tres elementos o propiedades: matiz, valor y croma. Cuando se describe un color usando estos elementos puede ser identificado de cualquier otro.

El matiz se refiere al tono, tal cual se percibe; depende de las longitudes de onda del color para poder ubicarlo dentro de un círculo cromático.

El valor se refiere al brillo, luminosidad o gris que tiene el color así los colores se pueden clasificar en tenues u oscuros.

El croma hace referencia a lo llamativo o apagado del color, es decir que tan cerca está el color de un grisáceo o del matiz puro. También se conoce como saturación.

21, 22

Opalescencia

Es una propiedad óptica capaz de dar la apariencia de diferentes coloraciones de acuerdo con la dirección de los rayos luminosos sobre una superficie.

Refracción

Es el cambio de dirección que experimenta una longitud de onda cuando pasa de un medio a otro, debido a la diferente velocidad de propagación de la luz en los materiales.

Reflexión

Es el fenómeno en el cual la luz incide sobre un cuerpo, y este la devuelve al medio en diferentes proporciones, según sus características.

Dispersión

Es producida cuando un rayo de luz se refracta en algún medio separando así los colores que lo constituyen.

Fluorescencia

Fenómeno que se caracteriza por el proceso de absorción de una radiación con una posterior irradiación de luz. ^{21, 22}

Métodos de medición de color

Los métodos para evaluar el color de los dientes como de restauraciones dentales se pueden dividir en dos categorías: el método visual y el método instrumental. En el primero se usa la comparación visual con colores estandarizados y en el segundo se hace uso de instrumentos de medición. ²²

Los sistemas de color actuales o modelos de color utilizan números para determinar o evaluar un color. Los modelos y espacios de color empleados en los diversos sistemas se encuentran estandarizados por la CIE (Comisión Internacional de la Iluminación). ^{22, 23}

Los sistemas de medición de color, electrónicos y guías manuales se basan en el concepto de matiz, valor y croma; estos representan valores equivalentes en los diferentes sistemas de medición. Se asigna una posición determinada a cada color dentro de un sistema que coordina el tono con la saturación y luminosidad, por ello

representa los colores por medio de un sólido tridimensional o sólido de color en el que una de las dimensiones determina la posición de los tonos, otra la saturación y la tercera la luminosidad, en este sistema se basan los colorímetros y guías de color.²³

Escala de Munsell

Albert H. Munsell en 1905 creó un sistema de escala de color. Este sistema le asigna valores numéricos a las propiedades del color que son: matiz, valor y croma, tres tipos de variables perceptuales son necesarias y a su vez suficientes para describir todos los colores. De esta manera el matiz permite determinar el pigmento del color, el valor determina el grado de luminosidad dentro de los términos de claridad u oscuridad y el croma indica la intensidad del color. Este sistema de color es significativo ya que se basa en la percepción humana. Y la determinación de un color en la escala de Munsell se basa en la comparación de una muestra con los colores estándares dados por él mismo.

Para poder observar un color son necesarios tres factores: la fuente de luz, el objeto y un observador.²³

Espacio de color CIE

La Comisión Internacional de la luz (CIE) propone en el año 1931 un sistema psicofísico que incorpora un observador y fuentes de luz estándar, así como un sistema de tres coordenadas, para ubicar un color en un espacio de color. El concepto básico de CIE es que todos los colores pueden ser igualados mediante una mezcla de cantidades relativas de 3 colores primarios que son: rojo(X), verde (Y) y azul (Z). estos valores se denominan triestímulo.²²

Espacio de color CIE L*a*b*

La necesidad de un espacio de color uniforme condujo a una serie de transformaciones, que concluyeron en una especificación concreta, lo que se conoce como espacio de color CIE (L*a*b*), esto permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional. Donde L* representa la luminosidad, en rangos

de 0 (negro o absorción total) a 100 (blanco); el eje a^* representa coordenadas del rojo-verde, una medición de color en dirección $+a^*$ representa un desplazamiento hacia rojo y $-a^*$ es una dirección hacia verde). En el eje b^* se representan las coordenadas de amarillo-azul donde un movimiento hacia $+b^*$ es la dirección de amarillo y $-b^*$ en la dirección del azul.

Este sistema ofrece información sobre la posición, magnitud y dirección del color del objeto en el espacio de color. ²²⁻²⁵

Método visual

Este método es de tipo subjetivo, usa guías de colores comerciales que no son adecuadas en los términos de rango. Este método no es confiable debido a las variaciones de interpretación por parte del observador, también existe influencia del medio ambiente, como las condiciones de iluminación y metamerismo, que es un fenómeno que ocurre cuando un color difiere de acuerdo con las condiciones iluminantes. ²²

Método instrumental

El análisis del color mediante instrumentos ofrece algunas ventajas respecto al método visual. Ya que las medidas del instrumento son objetivas, son independientes de las condiciones o el observador, además de que estas pueden ser cuantificadas y son obtenidas rápidamente. Los instrumentos de medición del color engloban algunos como espectrofotómetros, colorímetros, fotografía digital, entre otros. Estos dispositivos electrónicos emplean el modelo de color CIE $L^*a^*b^*$ y reportan el resultado en este espacio de color. ^{22, 25}

Espectrofotómetro

Es un instrumento diseñado para medir el espectro de transmitancia o reflectancia de un objeto. El funcionamiento del espectrofotómetro consiste en iluminar la muestra con luz blanca y calcular la cantidad de luz que refleja dicha muestra en una serie de intervalos de longitud de onda. La luz pasa a través de un dispositivo monocromático que fracciona la luz en distintos intervalos de longitudes de onda; lo

más usual es que los datos se recojan en 31 intervalos de longitudes de onda desde 400nm a 700nm. El instrumento se calibra sobre una superficie blanca. ^{22, 26}

Colorímetro triestímulo

Es un aparato con las funciones de respuesta espectral, directamente proporcionales a los coeficientes de distribución correspondientes al observador colorimétrico de la CIE. Mediante este se obtiene el color mediante mediciones triestímulos, basadas en el pasaje de la luz a través de los tres filtros primarios, rojo, verde y azul. Brindan información sobre la cantidad de estos tres componentes presentes en la luz reflejada por un objeto.

El colorímetro tiene la capacidad de incorporar una fuente de luz que le permite ser independiente de las condiciones de iluminación ambiental, está diseñado para medir superficies planas, y brinda mayor exactitud al utilizar una superficie blanca, la punta es lo suficientemente pequeña como para mostrar el color de diferentes áreas de la superficie. ^{1, 25, 27}

Pigmentación

Se determina como el trastorno o cambio de coloración de un material, al ser expuesto a diversos agentes decolorantes. La pigmentación en el caso de las resinas compuestas utilizadas en odontología puede ser causada por factores externos e internos. Los factores internos implican la pigmentación o decoloración del material de resina en sí, por alteración en la matriz del material o las partículas de relleno, los factores externos involucran adsorción de pigmentos los cuales afectan directamente las características del color del material. ^{28, 29}

Bebidas y condimentos pigmentantes

Café expreso

El café es una bebida altamente consumida a nivel mundial, ésta es preparada a partir de las semillas maduras de la Coffea arábica, un arbusto de la familia de las rubiáceas. Existen alrededor de 70 especies de café de las cuales sólo tres son

cultivadas. El 75% de la producción de café en el mundo está dada por la *Coffea arábica*, el 25% por la *Coffea Canephora* y menos del 1% por la *Coffea Liberica*. El árbol del café es originario de Etiopía, aunque se cultiva actualmente en otros países tales como Brasil, India, Vietnam, México, Nepal, Indonesia y Sri Lanka. ^{30,31}

Composición y propiedades del café

La composición química no se puede generalizar, esta depende de la variedad del café y las condiciones de cultivo y recolección. En general el café tiene en su composición más de mil sustancias químicas diferentes. Los principales compuestos del café son cafeína, triglicéridos, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. El café es comúnmente usado como antioxidante y es una fuente importante de cromo y magnesio. Existen variaciones en los componentes según el café y el grado de tostado del grano. No se han dilucidado actualmente las sustancias pigmentantes de los granos de café, aunque se han atribuido a los componentes de mayor peso molecular, particularmente los aminoácidos. ^{30, 31}

Té negro

El té es una infusión que se realiza a partir de hojas secas de una planta de hoja perenne, nativa del sur de China, parte de la India, Birmania y Tailandia la cual se denominada *Camellia sinensis*, todas las variedades de té son producidas a partir de esta. El té es la bebida más consumida en el mundo después del agua. La popularidad del té también se debe a sus características organolépticas y propiedades benéficas para la salud. El té se puede clasificar en: té verde (no fermentado), oolong (semi fermentado) y té negro (totalmente fermentado). El proceso de fermentación consiste en una oxidación enzimática de las catequinas y formación de teaflavinas y tearubiginas, las responsables del color en el té negro.

^{32, 33}

Composición y propiedades del té negro

Existen varios factores que determinan la composición química del té, entre estos: la variedad y edad de las hojas, la posición de la cosecha, clima, condiciones del cultivo y procesamiento. Debido a esto no existe una composición exacta pero

dentro de sus componentes encontramos principalmente: catequinas, teaflavinas, polifenoles simples, aminoácidos, proteínas, azúcares, cafeína, otros minerales y aromas. Posee propiedades estimulantes del sistema nervioso central y cardiorrespiratorio y potencia la acción de analgésicos. Tiene además propiedades antioxidantes, regula el sistema inmune y prevención de tumores cancerígenos. ³²,

33

Vino tinto

El vino es la bebida que resulta de la fermentación alcohólica del mosto de uvas. Existen factores como el proceso de vinificación, la variedad y el método de cultivo, que marcan las diferencias entre las características de los vinos. El llamado terruño, el cual se ve influenciado por la luminosidad, altitud, latitud, régimen pluvial, pendiente, orientación y tipo de suelo son los que definen la tipicidad de la uva y del vino en sí. Esto se expresa en el contenido de azúcar, acidez, color y aroma. ³⁴

Composición y propiedades del vino tinto

Los principales componentes del vino son el agua, el alcohol y la fibra dietética, pero puede presentar hasta 500 componentes entre los cuales se encuentran: ácidos orgánicos, glicerina, azúcares, componentes volátiles, minerales, sustancias nitrogenadas, pectinas, vitaminas. La cantidad de alcohol que contiene el vino es variable uno a otro. Las propiedades del vino son: prevención de enfermedades circulatorias y cardíacas, beneficioso en casos de diabetes y obesidad, mejora la digestión, acción antiinflamatoria. ³⁴

Cúrcuma

La cúrcuma es una planta herbácea perenne que mide alrededor de 2 metros de alto y es originaria del sudeste asiático, concretamente de la India. El extracto de la planta se utiliza como colorante alimentario, como cúrcuma, el extracto crudo catalogado como aditivo alimentario de la Unión Europea. La cúrcuma es el componente más relevante del curry y es la responsable del color amarillo intenso que posee. ³⁵

Composición y propiedades de la cúrcuma

Los compuestos principales de la cúrcuma son llamados curcuminoides, son compuestos fenólicos, que incluyen la curcumina I, curcumina II y curcumina III, también contiene carbohidratos, proteínas y minerales. Además, presenta otros aceites volátiles importantes como turmerona, atlantona y zingibereno. Esta planta es utilizada como aromatizante de alimentos, posee propiedades cosméticas, utilizada en afecciones hepáticas, digestivas y metabólicas. Es utilizada también por sus propiedades antivirales, antiinflamatorias y antioxidantes. ³⁵

Curry

Curry viene de la palabra kari, que significa salsa en Tamil, idioma que se habla en una etnia al sur de India, se ha vuelto de gran relevancia en la cocina a nivel mundial, el curry es una de las comidas más populares en Japón. La base del curry es una especia llamada cúrcuma es la que le da su color amarillo característico, es básico el cilantro, comino y fenogreco, también se le puede agregar cardamomo, nuez moscada, pimienta o chiles. Existe además del amarillo el curry rojo y verde que presentan un sabor picante. Pueden ser líquidos, secos o en polvo. ³⁶

Composición y propiedades del curry

Presenta dentro de su composición carbohidratos, grasas, proteínas, agua así como algunos minerales. Al ser una mezcla de especias, el curry supone un alimento con grandes propiedades beneficiosas para la salud. Tiene efectos antioxidantes, efectos en la circulación y el metabolismo. ³⁶

Saliva

La saliva es una secreción exócrina, mucoserosa, clara y de pH ligeramente ácido. Es una mezcla compleja de líquidos de las glándulas salivales mayores, que incluyen las parótidas, la submandibular y la sublingual y las menores que se encuentran en el labio, lengua, paladar, carrillos y faringe. El flujo diario promedio de saliva varía entre 1 y 1.5 litros al día. Las glándulas salivales mayores aportan el mayor volumen de secreción y el contenido de electrolitos a la saliva. ^{37, 38}

Composición y propiedades de la saliva

La saliva está compuesta por electrolitos, que incluyen sodio, potasio, calcio, magnesio, bicarbonato y fosfatos. También se pueden encontrar inmunoglobulinas, proteínas, enzimas, mucinas, así como urea y amoníaco. La función salival se puede organizar en cinco categorías principales que sirven para mantener la salud bucal y crear un equilibrio: lubricación y protección, acción amortiguadora y depuración, mantenimiento de la integridad dental, actividad antibacteriana, sabor y digestión.

La saliva es un fluido muy diluido, compuesto en 99% de agua, el pH normal de la saliva es de 6-7, lo que indica ligera acidez.^{37, 38}

Planteamiento del problema

El cementado directo en la superficie dental, tanto de brackets como de aditamentos de ortodoncia ha sido materia de estudio y numerosas investigaciones, dada la importancia de que la aparatología tenga una adhesión estable con el diente. ¹

La mayoría de las resinas utilizadas en ortodoncia son variaciones de las resinas compuestas utilizadas en odontología restauradora. Se ha demostrado que el cementado y descementado de brackets puede provocar cambios en la apariencia del esmalte. ^{1, 39}

La estabilidad del color de las resinas compuestas se puede ver afectada por factores extrínsecos e intrínsecos. Los factores extrínsecos se refieren a aquellos provenientes de la dieta, como son algunas bebidas, comida o enjuagues bucales, dentro de los intrínsecos están el tipo de matriz de la resina, si es hidrofóbica o hidrofílica, también el tipo y tamaño de partículas de relleno. ²

En zonas donde la estética es importante, como en sectores anteriores, es de vital importancia que las resinas compuestas utilizadas, mantengan una apariencia adecuada además de mantener fija la aparatología a lo largo del tratamiento. La estabilidad de color de la resina puede verse afectada si esta es expuesta constantemente a pigmentos provenientes de los alimentos o bebidas. ²

Se debe tomar en cuenta el cambio en la coloración de determinada resina cuando vaya a ser seleccionada, especialmente en zonas donde la estética se vea comprometida. Es importante reconocer factores como la dieta del paciente y la higiene bucal; para poder seleccionar de manera asertiva la resina a utilizar.

También es necesario reconocer las propiedades de las resinas. La dureza depende de la cantidad y tipo de relleno, que en resinas ortodóncicas puede variar ampliamente de una marca comercial a otra. Y poder realizar una correlación entre dicha propiedad y la estabilidad de color para que puedan ser utilizadas de forma adecuada en zonas con alta exigencia de estética, más aún cuando van a

permanecer en boca por un periodo largo de tiempo como lo es un tratamiento ortodónico.

De lo anterior surge la pregunta de investigación:

¿Cuál es la relación que existe entre la microdureza de las resinas de prescripción ortodónica y el grado de pigmentación al ser expuestas a algunas bebidas y condimentos?

¿Cuál será la microdureza de las resinas asociada a la pigmentación?

Justificación

La realización de este trabajo de investigación surge de la necesidad de conocer la relación que existe entre la dureza de resinas compuestas utilizadas en tratamientos de ortodoncia y la susceptibilidad a la pigmentación de estas.

La alteración en el color de las resinas de prescripción ortodóncica es un tema que preocupa tanto al ortodoncista como al paciente, ya que la adhesión de la aparatología sobre la superficie del diente se puede asociar a un cambio en la coloración o pigmentación de las resinas y esto repercute en la apariencia y estética del paciente.

El cambio en el color de las resinas se puede ver influenciado por factores externos como son la dieta y regularidad con que se ingieren algunos alimentos, condimentos o bebidas que son conocidos por ocasionar pigmentación a mediano o largo plazo.

Es de gran importancia que el clínico conozca las propiedades de las resinas que se utilizan y las que presentan mayor estabilidad ante la exposición a cualquier alimento pigmentante; para que pueda seleccionar correctamente su uso en cada zona, y relacionar esto con la dieta particular de cada paciente.

A nivel experimental este trabajo pretende aportar información relevante acerca de la relación entre la dureza y el cambio de color de las resinas de prescripción ortodóncica al estar en contacto con diferentes tipos de condimentos y bebidas.

Con todo lo mencionado anteriormente se justifica la realización de este trabajo ya que proporcionará un mejor criterio a los especialistas al momento de seleccionar la resina compuesta a utilizar de acuerdo con el lugar en el que se vaya a colocar, tomando en cuenta los hábitos dietéticos del paciente.

Los resultados de esta investigación beneficiarán tanto al paciente como al clínico seleccionando una terapéutica adecuada y disminuyendo los casos de prevalencia de pigmentación dental y de resinas

Hipótesis

Hipótesis de investigación

Existe relación entre la microdureza Vickers de las resinas de prescripción ortodóncica y la pigmentación de estas cuando son expuestas a soluciones de té, café, vino tinto, curry y cúrcuma.

Hipótesis nula

No hay relación entre la microdureza de las resinas de prescripción ortodóncica y la pigmentación de estas cuando son expuestas a soluciones de té, café, vino tinto, curry y cúrcuma.

Objetivos

Objetivo principal

Determinar la relación que existe entre la microdureza Vickers de resinas de prescripción ortodóncica y el grado de pigmentación al ser sometidas en soluciones de té, café, vino tinto, curry y cúrcuma en distintos lapsos de tiempo.

Objetivos específicos

Determinar la resina que presenta mayor dureza

Determinar la resina que presenta menor dureza

Identificar la resina que presenta mayor grado de pigmentación

Identificar la resina que presenta menor grado de pigmentación

Evaluar la relación de la dureza con el grado de pigmentación

Identificar que solución tiene mayor impacto en la coloración de la resina

Estimar en qué periodo de tiempo la resina tuvo mayor cambio en su coloración

Material y métodos

Diseño de la investigación

Estudio experimental, correlacional, longitudinal y prospectivo.

Universo

Resinas compuestas de uso odontológico

Población

Resinas compuestas de prescripción ortodóncica

Muestra

1. 12 discos de Transbond XT Light Cure Adhesive (3M UNITEK, Monrovia California, EUA)
2. 12 discos de Enlight Light Cure Adhesive (ORMCO Corporation, Glendora, CA, USA)
3. 12 discos de Heliosit Orthodontic (Vivadent, Lichtenstein)
4. 12 discos de Transbond PLUS Color Change Adhesive (3M UNITEK Monrovia California)
5. 12 discos de BracePaste Adhesive (American Orthodontics Sheboygan Wisconsin)

Variables

Tabla 1. Definición conceptual y operacional de variables

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
Resinas compuestas de prescripción ortodóncica	Independiente	Material sintético mezclado heterogéneamente, formado por moléculas de elementos variados	Resina que será unidad de observación para medición de microdureza y procedimiento de pigmentación	Variable categórica nominal
Microdureza Vickers	Dependiente	Resistencia de un material a la penetración o indentación	Resistencia a la indentación que presente la resina de prescripción ortodóncica	Variable cuantitativa continua de razón 10N
Pigmentación	Dependiente	Trastorno o cambio de coloración de un material, al ser expuesto a diversos agentes decolorantes	Agentes que van a producir un cambio en la coloración de las resinas al ser utilizados	Variable cuantitativa continua de razón CIE L*a*b*
Tiempo	Independiente	Magnitud física con la que se mide la duración de un momento	Lapso que permanecerán las resinas en las soluciones pigmentantes	Variable cuantitativa continua de razón

Criterios de inclusión

- Resinas compuestas de prescripción ortodóncica
- Resinas que presenten fecha de caducidad vigente
- Resinas que sean fotopolimerizables y en forma de disco con 10 mm de diámetro 2mm de grosor

Criterios de exclusión

- Resinas compuestas que presenten algún defecto en su manufactura
- Discos de resina compuesta que presenten algún defecto de elaboración en la superficie
- Discos de resina compuesta que no se hayan sumergido en las soluciones adecuadamente

Materiales

1. Resina de prescripción ortodóncica (1mm de grosor por 10mm de diámetro)
2. Transbond XT Light Cure Adhesive (3M UNITEK, Monrovia, California, EUA)
3. Enlight Light Cure Adhesive (ORMCO Corporation, Glendora, CA, USA)
4. Heliosit Orthodontic (Vivadent, Lichtenstein)
5. Transbond PLUS Color Change Adhesive (3M UNITEK, Monrovia, California)
6. BracePaste Adhesive (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin)
7. Una lámpara de fotopolimerización (Ortholux Luminous Curing Light, 3M, UNITEK)
8. Guantes de látex
9. Colorímetro digital modelo WR10QC (Hefei, Anhui, China)
10. Microdurómetro modelo SXHV-1000TA (Sinowen, DongGuan, China)
11. Té negro Twinings
12. Café tipo expreso Dolce Gusto
13. Curry en polvo

14. Cúrcuma en polvo
15. Vino tinto (Chile, Casillero del diablo)
16. Saliva artificial (Viardent, México)

Unidad de estudio

La muestra consistió en un total de 60 discos de resina compuesta de prescripción ortodóncica, con medidas de 10mm de diámetro por 1mm de grosor.

Las resinas se dividieron en cinco grupos, cada grupo constó de doce muestras:

Grupo 1: Transbond XT Light Cure Adhesive

Grupo 2: Transbond PLUS Color Change

Grupo 3: Enlight Light Cure Adhesive

Grupo 4: Heliosit Orthodontic

Grupo 5: BracePaste Adhesive

Estos a su vez se subclasificaron en seis grupos, correspondientes a cada condimento o bebida y el grupo control, cada grupo estuvo conformado por dos muestras.

Subgrupo 1: Café expreso

Subgrupo 2: Té negro

Subgrupo 3: Curry

Subgrupo 4: Cúrcuma

Subgrupo 5: Vino tinto

Subgrupo 6: Saliva artificial

Procedimiento

- 1) Se utilizó un molde de teflón, con medidas de 10mm de diámetro por 1mm de grosor sobre el cual se fabricaron los discos de resina ortodóncica, se utilizó espátula de teflón para su confección y adaptación, se colocó un portaobjetos para eliminar excedentes y crear una superficie plana y uniforme.
- 2) Cada disco fue fotopolimerizado durante 12 segundos por la superficie superior con la lámpara de fotopolimerizado 3M OrthoLux Luminous Curing, con una longitud de onda de 1600mW/cm²; la distancia entre la fuente de luz y la muestra estuvo representada por el grosor del portaobjetos.
- 3) Las muestras fueron almacenadas en un molde con subdivisiones con el fin de separar cada grupo de estudio.
- 4) Cinco discos de resina de cada grupo fueron aleatoriamente seleccionados y la microdureza Vickers fue medida utilizando el microdurómetro modelo SXHV-1000TA (Sinowen, DongGuan China). Un total de 50 indentaciones se realizaron por cada grupo, diez por cada muestra con una fuerza de 10 N durante 10 segundos. Se analizaron las muestras a través del microscopio integrado en el microdurómetro y se calculó semiautomáticamente la microdureza Vickers. Los datos obtenidos fueron registrados.
- 5) Previo a la evaluación del color se hizo la calibración del colorímetro en una superficie blanca (L^* : 96.5, a^* : 0.5, b^* : 1.2). Se hizo la toma de color inicial de las 12 muestras de cada grupo, mediante un colorímetro modelo WR10QC (Hefei, Anhui, China) de acuerdo con el sistema CIE Lab (Commission Internationale de l'Eclairage L^* a^* b^*) sobre un fondo blanco y luz estandarizada. Se realizaron 5 tomas de color de cada una y se obtuvo un promedio.
- 6) Se utilizaron recipientes de caja de cultivo, con la bebida y condimento correspondiente. Se almacenaron dos muestras por bebida o condimento y dos para el grupo control, para el cual se utilizó saliva artificial. Las muestras fueron almacenadas en los agentes pigmentantes a temperatura ambiente.

- 7) Las muestras fueron almacenadas por 15 minutos, 30 minutos, una hora, dos horas, 8 horas y 24 horas. Previo a la toma de color las muestras fueron enjuagadas por 10 segundos en agua destilada.
- 8) El café y el té negro fueron preparados con agua purificada de acuerdo con las concentraciones sugeridas por el fabricante. El curry y cúrcuma se mezclaron con agua purificada, según las indicaciones del fabricante y el vino se colocó directo del envase.
- 9) Se registraron todos los datos obtenidos y se compararon entre sí.

Consideraciones bioéticas

Se puede considerar que este proyecto no tiene implicaciones bioéticas ya que se trabajó directamente sobre muestras, dentro de un laboratorio. No se realizó ningún experimento que afecte la integridad del medio ambiente o persona.

Análisis estadístico

Para el análisis de la dureza se aplicó la prueba de ANOVA de una vía y Sheffé, respecto a la pigmentación por resina y agente pigmentante y debido a que se encontró una correlación significativa entre la medición L y las mediciones a y b que emite la lámpara para la evaluación del color, únicamente se consideró la medición L usando ANOVA de medidas repetidas de diseño mixto.

Resultados

El grupo V correspondiente a BracePaste Adhesive (61.23 ± 3.24 NDV) mostró el número más alto de dureza Vickers, seguido del grupo IV Transbond PLUS Color Change (60.60 ± 4.51 NDV), el grupo I Transbond XT Light Cure Adhesive (53.61 ± 3.39) y grupo II Enlight Light Cure Adhesive (51.23 ± 4.55). Del grupo III correspondiente a Heliosit Orthodontic no fue posible obtener el número de microdureza debido a la falta de partículas de relleno lo cual provoca una excesiva suavidad del material en conjunto con las características del equipo utilizado para la medición. De acuerdo con ANOVA los resultados de microdureza mostraron valores estadísticamente significativos. Los promedios y desviación estándar se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores promedios y análisis estadístico de la dureza Vickers entre los grupos estudiados.

Grupos	N	Media (NDV)	DE	ANOVA*
<i>GI Transbond XT Light Cure Adhesive</i>	50	53.61	±3.39	B
<i>GII Enlight Light Cure Adhesive</i>	50	51.23	±4.55	C
<i>GIV Transbond PLUS Color Change</i>	50	60.60	±4.51	A
<i>GV BracePaste Adhesive</i>	50	61.23	±3.24	A

* ANOVA de un factor $p \leq 0.05$, con análisis de comparación múltiple (Sheffé). Grupos con letras iguales no son estadísticamente diferentes.

Los valores iniciales y los cambios de color después de 24 h se muestran en la tabla 3. Heliosit Orthodontic junto con Transbond PLUS Color Change fueron los materiales que presentaron mayores cambios. En el grupo control (saliva artificial) las muestras presentaron menores cambios de coloración, sin embargo, el material que se vio más afectado fue Heliosit. Los resultados a través de ANOVA de medidas repetidas de diseño mixto mostraron que existe un efecto principal significativo de las resinas en la medición L con una $p < 0.05$, si se ignora el resto de las variables, hay diferencias en L según resina aplicada, según el agente e interacción del agente con la resina. Los agentes pigmentantes que causaron una mayor decoloración en los materiales fueron la cúrcuma, curry y vino tinto en dicho orden.

Tabla 3. Promedio de valores L iniciales y a las 24 horas por resina y agente pigmentante

Grupos	Saliva artificial	Curry	Cúrcuma	Vino tinto	Café	Té negro
<i>G1 Transbond XT Light Cure Adhesive</i> <i>Inicial – 24 horas</i>	63.90 ± 2.82 – 64.65 ± 2.40	63.90 ± 2.82 – 59.70 ± 0.72	63.90 ± 2.82 – 58.84 ± 2.32	63.90 ± 2.82 – 55.41 ± 2.09	63.90 ± 2.82 – 60.13 ± 1.53	63.90 ± 2.82 – 62.90 ± 2.43
<i>GII Enlight Light Cure Adhesive</i> <i>Inicial – 24 horas</i>	81.37 ± 0.87 – 79.92 ± 1.59	81.37 ± 0.87 – 77.66 ± 1.92	81.37 ± 0.87 – 76.38 ± 1.53	81.37 ± 0.87 – 72.43 ± 0.96	81.37 ± 0.87 – 78.85 ± 1.23	81.37 ± 0.87 – 77.88 ± 3.15
<i>GIII Heliosit orthodontics</i> <i>Inicial – 24 horas</i>	72.51 ± 0.61 – 71.50 ± 2.38	72.51 ± 0.61 – 68.26 ± 2.27	72.51 ± 0.61 – 68.24 ± 1.03	72.51 ± 0.61 – 60.59 ± 2.32	72.51 ± 0.61 – 60.59 ± 2.32	72.51 ± 0.61 – 69.28 ± 1.35
<i>GIV Transbond PLUS Color Change</i> <i>Inicial – 24 horas</i>	62.55 ± 1.34 – 62.46 ± 1.21	62.55 ± 1.34 – 58.98 ± 2.49	62.55 ± 1.34 – 59.90 ± 2.05	62.55 ± 1.34 – 43.93 ± 2.55	62.55 ± 1.34 – 59.13 ± 4.13	62.55 ± 1.34 – 59.88 ± 0.50
<i>GV BracePaste Adhesive</i> <i>Inicial – 24 horas</i>	68.52 ± 1.58 – 68.74 ± 0.69	68.52 ± 1.58 – 65.22 ± 0.76	68.52 ± 1.58 – 63.54 ± 0.37	68.52 ± 1.58 – 58.36 ± 1.55	68.52 ± 1.58 – 67.72 ± 0.59	68.52 ± 1.58 – 65.28 ± 0.43

Discusión

Dentro de la cavidad oral los materiales dentales utilizados se encuentran sometidos a un ambiente diverso por lo cual deben ser capaces de resistir y mostrar cambios mínimos ante esta situación. En este estudio fue evaluada la microdureza de cinco resinas de prescripción ortodóncica para obtener una correlación de esta propiedad con la pigmentación que sufren al estar en contacto con agentes pigmentantes. El valor de microdureza de la resina Heliosit no pudo ser obtenido debido a la falta de partículas de relleno resultando en una excesiva suavidad del material. Lo cual corresponde con un estudio realizado por García-Contreras y cols. en el cual se demuestra que en mayor número de microdureza en su estudio correspondió a un grupo de resinas que presenta nanopartículas de relleno y que exhiben mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas. ³

Dentro de los numerosos estudios acerca de la inestabilidad de color de las resinas o agentes adhesivos al ser sometidos a diferentes pigmentos provenientes de la dieta del paciente, un estudio realizado por Guler y cols. demostró que existe relación entre el tipo de polimerización del material y el cambio de coloración, siendo el grupo de adhesivos fotopolimerizables los que presentaron menor cambio de color. De igual forma se observó que una de las resinas utilizadas en el estudio reforzada con micropartículas de relleno mostró valores estadísticamente menores de pigmentación en relación con los otros materiales evaluados. ⁹

La pigmentación de resinas se relaciona con algunas variables como son, el tipo de polimerización, el tipo y número de partículas de relleno, así como el tipo de agente pigmentante. ²⁸

El cambio de coloración se puede evaluar con diversos instrumentos lo cual le brinda objetividad a los resultados y mayor exactitud por la capacidad de estos de identificar pequeñas diferencias de color entre muestras.

En un estudio realizado por Stober y cols. fueron utilizados vino tinto, café, té y enjuagues bucales como agentes pigmentantes y se demostró que el que causó la mayor decoloración del material fue el vino tinto. ⁴⁰

Lo cual corresponde con nuestro estudio, siendo el vino tinto el que presentó en tercer lugar mayor pigmentación de los materiales evaluados.

Conclusiones

A pesar de las limitaciones de este estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La resina de prescripción ortodóncica que presentó menor valor promedio de microdureza Vickers fue Heliosit Orthodontic, y en consecuencia dicho material presentó mayor nivel de pigmentación en dos de los agentes utilizados, similar al grupo control.
2. De manera general, los agentes que causaron mayor pigmentación fueron cúrcuma, curry y vino tinto. Por lo que se sugiere a los pacientes evitar dentro de lo posible o consumir con moderación dichos productos para no afectar negativamente el color del cemento de los aparatos ortodóncicos.
3. Se observó que a mayor dureza Vickers las resinas son menos susceptibles a la pigmentación.
4. Existió un efecto significativo del agente pigmentante y el tipo de resina en la medición L.

Referencias

1. **Cörekçi B**, Irgin C, Malkoç S, Öztürk B. Effect of staining solutions on the discolouration of orthodontic adhesives: An in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 138 (6): 741-746.
2. Luiz B, Amboni R, Prates L, Bertolino J, Pires A. Influence of drinks on resin composite: evaluation of degree of cure and color change parameters. *J. Oral Rehabil.* 2007 29 (4): 438-444.
3. **García R**, Scougall-Vilchis RJ, Acosta L, Arenas M, et al. Vickers microhardness comparison of 4 composite resins with diferente types of filler. *J. Oral Res.* 2015; 4 (5): 313-320.
4. **Egle M, Enzo C**, Rielson J, Giuseppe G. Current Dental Adhesives Systems. A narrative review. *Curr. Pharm. Des.* 2012; 18 (34): 5542-5552.
5. **Hervás A**. Martínez MA, Cabanes J, Barjau A, Fos P. Composite resins. A review of the materials and clínicl indications. *Med. Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006; 11 (2): 215-220.
6. **Ilie N, Hicke R**. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J.* 2011; 56 (1): 59-66.
7. Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: Composition, properties and clinical applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2010; 120 (12): 972-979.
8. **Carrillo C**, Monroy M. Materiales de resinas compuestas y su polimerización. *Rev ADM.* 2009; LXV (4): 10-17.
9. **Guler A**, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005; 94 (2): 118-124.
10. **Bernal JL**, Palma JM, Guerrero J. Evaluation of the shear bond strength of bonded braces with glass ionomer to enamel with and without previous acid etching. *Rev. Odont. Mex.* 2010; 14 (3): 145-150.
11. **Ewoldsen N**, Demke R. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 120 (1): 45-48.
12. **Scougall-Vilchis RJ**, Hotta Y, Yamamoto K. Examination of six orthodontic adhesives with Electron Microscopy, hardness tester and Energy Dispersive X-ray Microanalyzer. *Angle Orthod.* 2008; 78 (4): 655-661.

13. **López E**, Sáez G. Physical properties of four bracket adhesives. A comparative study. *Rev Mex de Ortod.* 2014; 2 (1): 32-37.
14. **Sánchez T**. Estudio comparativo de la resistencia al desalajo en brackets nuevos, arenados y reciclados: Un estudio in vitro. *Int J Dental Sc.* 2015; 17 (3): 61-71.
15. **Chuenarrom C**, Benjakul P, Daosodsai P. Effect of indentation load and time on Knoop and Vickers microhardness test for enamel and dentine. *Mater Res.* 2009; 12 (4): 473-476.
16. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, García-Godoy F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. *J Dent.* 2003; 31 (15): 43-50.
17. **Eun-Ha K**, Kyoung-Hwa J, Sung-Ae S, Bock H, Yong-Hoon K, Jeong-Kil P. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. *Restor Dent Endod.* 2015; 40 (2): 128-135.
18. **Shaymaa MN**, Lamiaa MM, Mohamed HZ. Effect of resin thickness and curing time on the microhardness of bulk-fill resin composites. *J Clin Exp Dent.* 2015; 7 (5): 600-4.
19. Reis A, Dourado A. *Materiales dentales directos de los fundamentos a la aplicación clínica.* 1ª ed. Sao Paulo, Brasil: Gen Editorial Nacional; 2012.
20. Shahdad S, McCabe J, Bull S, Rusby S, Wassell R. Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. *Dent Mater.* 2007; 23 (8): 1079-85.
21. Nassau K. *The physics and chemistry of color: The fifteen causes of color.* 2nd ed. United States (EUA: Wiley-Interscience); 2001.
22. **Lafuente D**. Física del color y su utilidad en odontología. *Rev Cient Odontol.* 2008; 4 (1): 10-15.
23. **Eliades T**, Gioka C, Heim M, Eliades G, Makou M. Color stability of orthodontic adhesives resins. *Angle Orthod.* 2004; 74 (3): 391-393.
24. **Valenzuela V**, Bofill S, Crisóstomo J, Pavez F, Brunet J. Selección de color dentario: comparación de los métodos visual y espectrofotométrico. *Rev Clin Periodonci Implantol Rehabil Oral.* 2016; 9 (2): 163-167.
25. Villegas A, Gómez D, Moreno F. Dispositivos electrónicos para reproducir el color en odontología. Revisión de literatura. *Acta Odontol Venez.* 2016; 54 (1): 21-29.
26. Alshiddi IF, Richards LC. A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students. *Aust Dent J.* 2015; 60 (2): 176-181.

27. **Cho B, Lee Y.** A shade guide model based on the color distribution of natural teeth. *Color Res Appl.* 2007; 32(4): p. 278–283.
28. **Villalta P, Lu H,** Okte Z, Gargía-Godoy F, Powers J. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resin. *J Prosthet. Dent.* 2006; 95 (2): 137-142.
29. **Poggio C,** Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Chiesa M. Surface discoloration of composite resins: Effects of staining and bleaching. *Dent Res J.* 2012; 9 (5): 567-573.
30. Chandrasekar V, Viswanathan R. Physical and termal properties of coffee. *J Agric Engng Res.* 1999; 73 (6): 227-234.
31. **Gotteland M,** De Pablo S. Verdades sobre el café. *Rev Chil Nutr.* 2007; 34 (2): 105-115.
32. **Skotnicka M,** Chorostowska J, Jankun J, Skrzypczak E. The black tea bioactivity: an overview. *Centr Eur J Immunol.* 2011; 36 (4): 284-292.
33. **Mahejabeen F,** Syed I. Health beneficial effects of black tea. *Biomedicine.* 2011; 31(1): 3-8.
34. **Passamonti S,** Vanzo A, Tramer F, Ziberna L, Vrhovsek U, Mattivi F. Wine pigments: from your cup to your cells. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2011; 22 (2): 143-145.
35. Husain A, Alsahli M, Aly S, Khan M, Aldebasi Y. Role of curcumin in disease prevention and treatment. *Adv Biomed Res.* 2018 7 (38): 85-93.
36. Nakayama H, Et Al. A single consumption of curry improved postprandial endotelial function inhealthy male subjects. *Nutr J.* 2014; 13 (67): 2-7.
37. **Humphrey S,** Williamson R. A review of saliva: normal composition, flow and function. *J Prosthet Dent.* 2001; 85 (2): 162-169.
38. **Tiwari M.** Science behind human saliva. *J Nat Sci Biol Med.* 2011; 2 (1): 53-58.
39. Faltermeier A, Behr M, Mussig D. In vitro colour stability of aesthetic brackets. *Eur J Orthod* 2007; 29 (13): 354-358.
40. Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facing. *Dent Mater* 2001;17 (9):87-94.