

161
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

“RESINAS DENTALES”

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE:
CIRUJANO DENTISTA
P R E S E N T A I
ARACELI LOPEZ JIMENEZ

ASESOR DE TESIS,
Dr. José Antonio Pérez Brand

México, D. F.

1992



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1: RESINAS	4
1.1 Antecedentes	5
1.2 Resinas Acrilicas	5
1.2.1 Presentación	6
1.2.2 Ventajas	6
1.2.3 Desventajas	6
1.3 Resinas Compuestas	7
1.3.1 Antecedentes	7
1.3.2 Composición	7
1.3.3 Clasificación y Tipos de Resina Compuesta	8
a) Resinas Compuestas Convencionales	8
b) Resinas Microrrellenadas	9
c) Resinas Compuestas Híbridas	10
1.4 Métodos de Polimerización	10
1.4.1 Resinas Compuestas Autopolimerizables	10
1.4.2 Resinas Compuestas Luminoactivadas	11
CAPITULO 2: RESTAURACIONES ESTÉTICAS EN DIENTES	
POSTERIORES	13
2.1 Desarrollo Sistemático del Tratamiento	15
2.1.1 Limpieza del Diente	15

2.1.2	Planificación de la Reconstrucción	15
2.1.3	Selección del Color	15
2.1.4	Campo Seco	16
2.1.5	Preparación	16
2.1.6	Protección del Fondo de la Cavidad	16
2.1.7	Achaflanado de los Bordes	17
2.1.8	Colocación de la Matriz Transparente y las Cuñas Luminosas	17
2.1.9	Grabado Acido	18
2.1.10	Adhesivo y Medio de Unión	18
2.1.11	Construcción de la Obturación de Composite	19
2.1.12	Acabado y Pulido	20
2.1.13	Fluoruración	21
2.1.14	Revisión	21
CAPITULO 3: NUEVOS MATERIALES DE RESTAURACION		23
3.1	Charisma	24
3.1.1	Resistencia	24
3.1.2	Campo de Aplicación	26
3.1.3	Convalidación Clínica	26
3.1.4	Ventajas	26
3.2	Donthesivo	27
3.2.1	Nueva Solución para Problemas Antiguos	27
3.2.2	Adhosiividad	28

3.2.3	Aplicación	29
3.2.4	Campo de Aplicación	29
3.2.5	Ventajas	30
3.3	Durafill-VS	30
3.3.1	Aplicación	31
3.3.2	Composición	31
3.3.3	Polimerización	32
3.4	Microfill Pontic	33
3.4.1	Introducción	33
3.4.2	Ventajas	34
3.4.3	Modo de Empleo	35
3.4.4	Composición	35

CAPITULO 4: RESTAURACION DE RECUBRIMIENTOS

	CERAMICOS Y DE COMPOSITES	38
4.1	Introducción	39
4.2	Ventajas de la Técnica Silistor	39
4.3	Fundamentos Científicos	40
4.4	Dentacolor	42
4.4.1	Presentación	44
4.4.2	Composición	45

CAPITULO 5: ESTUDIO COLORIMETRICO Y DE PORCENTAJE

	DE OPACIDAD EN RESINAS DENTALES DE RESTAURACION	46
5.1	Resumen	47
5.2	Introducción	47
5.3	Desarrollo	48
5.4	Estudios Colorimétricos	49
5.5	Estudios de Porcentaje de Opacidad	49
5.6	Experimentación	50
5.7	Formulaciones Generales de las Pastas de Resina	54
5.8	Lectura de las Coordenadas Colorimétricas	55
5.9	Resultados	55
5.9.1	Primera Parte	55
5.9.2	Segunda Parte	57
5.10	Conclusiones	57

CAPITULO 6: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CINCO RESINAS

	DENTALES AUTOPOLIMERIZABLES	62
6.1	Resumen	63
6.2	Introducción	63
6.3	Desarrollo	65
6.4	Experimentación	66
6.4.1	Equipo	67

6.4.2	Método	67
6.5	Porcentaje de Opacidad	67
6.6	Estabilidad del Color	68
6.7	Resultados	68
6.8	Conclusiones	69

CAPITULO 7: CALIBRACION DEL ANALISIS DE CONVERSION

FTIR DE LOS COMPUESTOS DE RESINA

DENTAL CONTEMPORANEOS 73

7.1	Resumen	74
7.2	Introducción	75
7.3	Materiales y Métodos	77
7.4	Resultados	85
7.5	Discusión	102
7.6	Conclusiones	107

CAPITULO 8: LA ASPEREZA SUPERFICIAL DE LAS AREAS DE CONTACTO ESMALTE-ESMALTE COMPARADA CON LA ASPEREZA INTRINSECA DE COMPUESTOS

DE RESINA DENTAL 109

8.1	Resumen	110
8.2	Introducción	110
8.3	Materiales y Métodos	112
8.4	Resultados	119
8.5	Discusión	127

CAPITULO 9: RELLENOS DE INDICE REFRACTIVO AJUSTABLE PARA COMPUESTOS DE RESINA DENTAL POLIMERIZADA CON LUZ VISIBLE: PREPARACION DE POLVO DE VIDRIO DE TiO_2-SiO_2 MEDIANTE EL PROCESO SOL-GEL		131
9.1	Resumen	132
9.2	Introducción	132
9.3	Materiales y Métodos	135
9.4	Resultados	141
9.5	Discusión	148
CONCLUSIONES		153
BIBLIOGRAFIA		154

INTRODUCCION

La constante búsqueda de un material estético ideal para restauraciones conservadoras ha producido mejoras en materiales y técnicas durante los últimos años.

Sin embargo, la elección de un material para restaurar lesiones cariosas y otros defectos de los dientes en donde la estética es un factor primordial continúa siendo motivo de controversia. Los materiales adhesivos con una fuerte unión al esmalte y la dentina simplificarán aún más las técnicas restauradoras. En odontología operatoria ha surgido un material restaurativo nuevo sujeto a muchas controversias: la resina de curación directa.

Las resinas pueden producir restauraciones estéticas y son útiles para muchos propósitos. Solo que las restauraciones con resina deberán ser protegidas por una estructura dental sana, en todo caso posible, ya que las propiedades físicas del material limitan su uso a áreas de poca tensión.

Las resinas acrílicas se usaron por primera vez en Europa y han estado sujetas a controversias desde su introducción en Estados Unidos de Norteamérica en 1946.

Los informes de que la resina podría producir una relación alterada con la estructura dental, dieron lugar a especulaciones sobre la posibilidad de desarrollar una unión química que resultara en una restauración perfectamente sellada.

La cualidad estética de la restauración con resina es su mayor atributo. No se han explorado adecuadamente muchas

propiedades deseables del material, pero el uso clínico extenso de resina y las observaciones posoperatorias proporcionan medios de mayor evaluación.

Se realizaron estudios y se encontró que las restauraciones de resina duran más tiempo que las restauraciones con cemento de silicato, y producen una superficie más lisa y con mejores márgenes.

Existen indicaciones de que las caries recurrentes no son tan prevalentes con la resina como se sospechara previamente. Sin embargo, deberán efectuarse estudios bien controlados y a largo plazo para determinar la eficacia clínica de la restauración con resina.

Los materiales usados no eran sensibles a la humedad o se asentaban lentamente, lo que daba por resultado restauraciones mal adaptadas. Los materiales iniciales eran compuestos catalizadores de peróxido de benzilo, de asentado lento. Aunque estos compuestos polimerizaban, no se adaptaban a la estructura dental. La contracción de polimerización resultante y los cambios de temperatura dietéticos causaban grandes discrepancias y la prevalencia de la recurrencia de caries. Las restauraciones filtrantes dañaban gravemente a las piezas y daban por resultado la necesidad de sustitución. Posteriormente se realizaron estudios en los cuales, como se mencionó antes, se encontró que las caries recurrentes no tienen una prevalencia tan alta.

CAPITULO 1
RESINAS

1.1 ANTECEDENTES

Dentro de la Operatoria Dental existen dos tipos de resinas de uso general: las resinas acrílicas y las compuestas. Cada tipo posee ventajas y desventajas bien definidas, por lo que su selección depende de estas características y de las funciones restaurativas.

El uso de las resinas acrílicas ha creado cierta controversia desde su introducción, y sus ventajas y desventajas tuvieron que ser comparadas en su mayor parte con las del cemento de silicato. Empero, desde la aparición de las resinas compuestas, el uso de cementos de silicato y de resinas acrílicas parece estar declinando rápidamente a favor de los materiales más recientes.

1.2 RESINAS ACRILICAS

La resina acrílica autopolimerizable (activada químicamente a la temperatura ambiente) para restauraciones anteriores fue desarrollada en Alemania en la década de 1930, pero no entró en el mercado hasta fines de la década de 1940 a causa de la Segunda Guerra Mundial. Los primeros materiales decepcionaron a causa de las debilidades intrínsecas por malos sistemas activadores, alta contracción de polimerización, alto coeficiente de expansión térmica y falta de resistencia a la abrasión. Estas debilidades causaban filtración marginal excesiva, lesión pulpar, caries recidivante, cambios de color y desgaste excesivo.

1.2.1 PRESENTACION

La resina acrílica se presenta en forma de polvo (polímero) y líquido (monómero), donde el ingrediente es en ambos el metilmetacrilato (metacrilato de metilo). Al polvo se le añaden pigmentos para lograr una gama completa en selección de colores. También se agregan catalizadores e inhibidores en polvo y líquido para mejorar los tiempos de trabajo y fraguado.

1.2.2 VENTAJAS

- 1) Son estéticas.
- 2) Aceptan el terminado al alto brillo.
- 3) Son fáciles de colocar. De hecho, su facilidad de colocación y apariencia inicial favorecen su selección aún en situaciones no muy convenientes.

1.2.3 DESVENTAJAS

- 1) Alto grado de elasticidad.
- 2) Alto coeficiente de expansión térmica en relación a la estructura dentaria.
- 3) Son blandas y tienen poca resistencia a la abrasión. Por tal motivo, no son recomendables en áreas extensas o cuando estarán sometidas a tensiones excesivas.

1.3 RESINAS COMPUESTAS

1.3.1 ANTECEDENTES

En un esfuerzo por mejorar las características físicas de las resinas acrílicas sin rellenar, Bowen, de la Oficina Nacional de Normas, creó un material dental restaurador polimérico reforzado con partículas de sílice.

La introducción en 1962 de este material de resina rellonada constituyó la base para las resinas compuestas. La resina compuesta es hoy el material dentocoloreado más popular, habiendo reemplazado sustancialmente al cemento de silicato y a la resina acrílica.

1.3.2 COMPOSICION

Básicamente, los materiales restauradores compuestos consisten en un continuo polimérico o matriz de resina en donde está disperso un relleno inorgánico. Habitualmente, la matriz está compuesta por el producto de reacción del material epóxico denominado glicidil metacrilato (metacrilato de glicidilo) y un compuesto orgánico llamado bisfenol A. Todo esto da un polímero comunmente conocido como BIS-GMA o resina de Bowen.

El relleno inorgánico disperso en la matriz de resina suele consistir en materiales cerámicos, como cuarzo o sílice, silicato de litio y aluminio o diversos vidrios de bario.

Esta fase inorganica refuerza significativamente las propiedades físicas de la resina compuesta al aumentar la

resistencia del material restaurador y reducir el coeficiente de expansión térmica.

Para que una resina compuesta tenga buenas propiedades mecánicas, debe existir una fuerte adhesión entre la matriz de resina y el relleno inorgánico. Se logra esta adhesión por recubrimiento de las partículas del relleno con un agente de silano epóxico.

1.3.3 CLASIFICACION Y TIPOS DE RESINA COMPUESTA

Las resinas compuestas se dividen en tres tipos, basados primordialmente en el tamaño, la cantidad y la composición del relleno inorgánico:

- a) Resinas compuestas convencionales.
- b) Resinas microrrellenadas.
- c) Resinas compuestas híbridas.

a) RESINAS COMPUESTAS CONVENCIONALES

Las resinas convencionales contienen generalmente más o menos del 75 al 80% de relleno inorgánico en peso. El tamaño de la partícula suele ir de 5 a 25 micrones con un promedio de 8 micrones. Las resinas convencionales presentan una textura superficial áspera; lamentablemente, este tipo de textura superficial torna a la restauración más susceptible al cambio de color por pigmentación extrínseca. La composición del relleno inorgánico en las resinas compuestas convencionales afecta

también al grado de aspereza superficial. Un vidrio blando o friable como el de estroncio o el de bario produce una superficie más lisa que un relleno de cuarzo. Además, se puede señalar que cuando se incorpora vidrio de estroncio o bario en cantidades suficientes, la resina compuesta resulta radiopaca.

b) RESINAS MICRORRELENADAS

Hacia fines de la década de 1970, fueron introducidas las resinas microrrellenadas o "compuestos pulbibles." Estos materiales estaban destinados a reemplazar la característica superficial áspera de las resinas compuestas convencionales con otra lisa y brillante similar al esmalte dentario.

En vez de contener las partículas de relleno grandes, típicas de los compuestos convencionales, las resinas microrrellenadas tienen partículas de tamaño submicrónico que varía entre 0.01 y 0.04 micrones.

Las resinas microrrellenadas tienen un contenido de relleno inorgánico de aproximadamente 35 a 50% en peso. Como estos materiales contienen considerablemente menos relleno que las resinas compuestas convencionales, sus características físicas son algo inferiores. Por ejemplo, las resinas microrrellenadas presentan valores superiores de absorción acuosa y coeficientes de expansión térmica tres a cinco veces superiores a los del esmalte dentario. Los estudios de laboratorio sugieren que las resinas microrrellenadas pueden ser más susceptibles al

desgaste que las resinas compuestas convencionales.

c) RESINAS COMPUESTAS HIBRIDAS

En un esfuerzo por combinar las buenas propiedades físicas características de los compuestos convencionales con la superficie lisa típica de las resinas microrrellenadas, se crearon los compuestos de tipo híbrido. Estos materiales generalmente tienen un contenido de relleno inorgánico del 70 al 80% en peso. El relleno consiste en partículas algo menores que las halladas en los compuestos convencionales, junto con partículas submicrónicas de las que se encuentran en las resinas microrrellenadas.

1.4 METODOS DE POLIMERIZACION

Los tres tipos de resinas compuestas (convencional, microrrellenada e híbrida) endurecen por un proceso de polimerización. Según el método de polimerización, las resinas compuestas se dividen en dos amplias categorías:

- a) Compuestos autopolimerizantes; en los cuales el proceso de polimerización es activado por medios químicos.
- b) Compuestos activados lumínicamente, en los cuales la polimerización se logra por una reacción fotoquímica.

1.4.1 RESINAS COMPUESTAS AUTOPOLIMERIZABLES

Las resinas compuestas autopolimerizables suelen

presentarse como un sistema de dos componentes integrado por un catalizador y una base. Una parte contiene el acelerador orgánico amínico y la otra incluye el iniciador peróxido. Cuando se mezclan adecuadamente estos dos componentes, se activa químicamente el proceso de polimerización.

Aunque las cantidades de catalizador y base suelen ser mezcladas en una proporción aproximada de 1:1, pueden utilizarse variaciones en la proporción de hasta 2:1 de cualquiera de los componentes respecto al otro para variar los tiempos de trabajo y fraguado sin alterar significativamente las características físicas del material fraguado.

1.4.2 RESINAS COMPUESTAS LUMINOACTIVADAS

Por incorporación de iniciadores fotoquímicos, las resinas compuestas pueden polimerizar con luz ultravioleta (negra) o visible (blanca). La presencia de éter metilbenzoínico en la resina compuesta produce la iniciación de la polimerización cuando es expuesta a la radiación ultravioleta. Desde entonces se halló que iniciadores químicos como las dicetonas inician la polimerización por absorción de luz visible en la gama de 420 a 450 nm.

Tanto los compuestos activados por luz ultravioleta como los de luz visible tienen varias ventajas sobre los autopolimerizantes, incluido un tiempo de trabajo prolongado, menor porosidad y mejor resistencia al desgaste y la abrasión.

Los sistemas activados por luz ultravioleta tienen varias desventajas; la preocupación principal es el peligro potencial para la salud de clínicos y pacientes que plantea la radiación ultravioleta directa. La posibilidad de lesión de la retina y de los tejidos blandos por la radiación ultravioleta directa elevó dudas con respecto a la seguridad de estos sistemas. Más aun, existen desventajas prácticas con la ultravioleta; sus generadores requieren varios minutos de precalentamiento para poder usarlos, se necesitan aproximadamente 60 segundos para curar el material en una profundidad de apenas $1 \frac{1}{2}$ mm, y la intensidad de la fuente luminica decrece gradualmente en intensidad con el uso.

Los sistemas activados por luz visible proporcionan varias ventajas sobre los de luz ultravioleta:

- a) El peligro para la salud queda virtualmente eliminado.
- b) No se requiere precalentamiento.
- c) La resina compuesta polimeriza en menos tiempo.

Estas ventajas han hecho preferibles los sistemas de luz visible por sobre los de ultravioleta.

Por las variaciones entre las diferentes marcas, hay que seguir las instrucciones de los fabricantes para usar los materiales. Los sistemas de luz visible han facilitado muchísimo el uso de las resinas compuestas para restauraciones y otras aplicaciones innovadoras.

CAPITULO 2
RESTAURACIONES ESTETICAS
EN DIENTES POSTERIORES

Hasta hace poco tiempo la amalgama dental era el material tradicional para el tratamiento de dientes posteriores; actualmente, es tema central de publicaciones e informes, ya que se ha encontrado que presenta reacciones secundarias nocivas, toxicidad sistemática, alteraciones psíquicas, agotamiento de los recursos de mercurio, contaminación ambiental y, especialmente, una estética poco satisfactoria.

Por tales motivos, existe una justificada demanda por un material con el matiz de los dientes naturales para las restauraciones posteriores.

Actualmente las lesiones cariosas de los dientes anteriores y posteriores pueden ser restauradas sin problemas con composites. El desarrollo de los composites junto con la técnica del grabado ácido (odontología adhesiva) hace posibles las restauraciones sin fisuras marginales y contribuye a evitar graves medidas protéticas y a conservar preciosa sustancia dentaria dura.

En los últimos años Kulzer ha mejorado sistemáticamente las propiedades de los composites para dientes posteriores con el fin de aproximarlas, por ejemplo, a los valores de la resistencia abrasiva de las amalgamas.

Los nuevos materiales auxiliares y las innovadoras técnicas de aplicación contribuyen a un mejoramiento eficaz de la calidad del tratamiento de los dientes posteriores con composites.

2.1 DESARROLLO SISTEMATICO DEL TRATAMIENTO

2.1.1 LIMPIEZA DEL DIENTE

La limpieza del diente es el primer paso del tratamiento en el cual vamos a eliminar epitelio de esmalte, detritos y placa dentobacteriana con ayuda de cepillos y una pasta de limpieza libre de fluoruro (por ejemplo, polvo de pómez y agua).

Para los espacios interdientales se utilizan tiras para pulir. No se deben usar pastas que contengan fluoruros, porque el esmalte reacciona en forma espontánea con éstos y se perjudica el grabado ácido posterior.

2.1.2 PLANIFICACION DE LA RECONSTRUCCION

Se marcan los puntos de contacto oclusal (hoja de articulación); se pueden determinar los límites de la preparación de un modo inequívoco fuera de las zonas de carga, con esto vamos a evitar roturas prematuras en la región de las fisuras marginales.

2.1.3 SELECCION DEL COLOR

Los composites fotocurables tienden a aclarar durante la polimerización, por tal motivo es indispensable y de gran ayuda el uso de una guía de colores para determinar el matiz estéticamente satisfactorio de la restauración.

2.1.4 CAMPO SECO

Para obtener un mayor éxito en el tratamiento, es necesario trabajar con un óptimo campo seco, y sólo se puede lograr mediante la colocación de un dique de goma; si no se utiliza puede traer como consecuencia la pérdida de retención por contaminación del esmalte grabado con saliva, fluido del suicus, aire de respiración y sangre.

2.1.5 PREPARACION

Se colocan cuñas que nos van a servir para protección de los dientes vecinos, y además nos permiten lograr posteriormente mejores puntos de contacto.

Una vez colocadas las cuñas, procedemos a conformar la cavidad con fresas diamantadas especiales para la preparación de cavidades; la cavidad se conforma suavemente redondeada como para las obturaciones de amalgama.

2.1.6 PROTECCION DEL FONDO DE LA CAVIDAD

Es de suma importancia que se proteja la dentina expuesta, para esto se recomienda la utilización de un cemento de ionómero de vidrio, para eliminar el peligro de la formación de caries secundarias.

Cuando existen cavidades profundas es necesario recubrir además la dentina próxima a la pulpa con un protector de fondo de cavidad a base de hidróxido de calcio no reabsorbible.

Para evitar el agrietamiento del cemento de ionómero de vidrio (por resecamiento), puede aplicarse a la superficie del protector de ionómero de vidrio una capa fina de Durafill bond.

En ningún caso deben utilizarse como protectores de cavidad materiales que contengan eugenol, porque provocarían una inhibición de la polimerización del composito.

2.1.7 ACHAFLANADO DE LOS BORDES

Es aconsejable realizar el achaflanado de los bordes sólo después de la aplicación del protector de cavidades, porque en caso contrario, es prácticamente imposible evitar una contaminación del chaflán con el material protector.

Los bordes de esmalte se achaflanar oclusalmente para obtener un bisel de esmalte de aproximadamente 0.5 mm de ancho. A continuación se repasan cuidadosamente los bordes de esmalte con diamantes de grano fino para acabado (o fresa de carburo de tungsteno para acabado fino).

Se lava la cavidad con abundante agua y se seca.

2.1.8 COLOCACION DE LA MATRIZ TRANSPARENTE Y LAS CUÑAS LUMINOSAS

Se quitan las cuñas de madera y se ajusta una matriz transparente. Esta matriz se fija por lingual con cuñas transparentes reflectantes para poder lograr buenos puntos de contacto y obturaciones sin excesos.

2.1.9 GRABADO ACIDO

Los bordes de esmalte se tratan con el medio grabador Esticid o Esticid-Gei. No es recomendable el grabado ácido del cemento de ionómero de vidrio ni de la dentina expuesta.

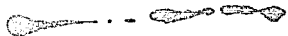
El tiempo del grabado ácido es de 60 segundos para seguidamente lavar durante 20 segundos con spray de agua, y luego se seca cuidadosamente con aire exento de aceite. Si la superficie no presenta un aspecto tiza mate, debe repotirse el grabado ácido.

2.1.10 ADHESIVO Y MEDIO DE UNION

Sobre la superficie grabada del esmalte se aplica Dentin Adhesivo de Kulzer y se polimeriza durante 20 segundos. A continuación se aplica el medio de unión (Durafill bond) mediante suaves toques sin presión y se esparce con la jeringa de aire para obtener una capa fina; seguidamente se polimeriza durante 20 segundos.

Para las obturaciones de superficies grandes, se recomienda un tiempo de polimerización de 40 segundos.

En cavidades mayores que no se pueden cubrir íntegramente con la ventanilla de salida de luz (6 mm) debe irradiarse por sectores. La capa untuosa que aparece en la superficie (medio de unión no polimerizado debido al oxígeno del aire) no debe ser contaminada. Esta capa de dispersión es la que posibilita la combinación química del composite con el medio de



unión. Se endurece debajo de la primera capa de composite que se aplica (componente base XR, radiopaca).

2.1.11 CONSTRUCCION DE LA OBTURACION DE COMPOSITE

El problema fundamental de todos los composites es su contracción de polimerización, la que en obturaciones de dientes posteriores, y especialmente en la región proximal de difícil control, puede ocasionar fisuras marginales.

Por tal motivo y por principio, la reconstrucción de la obturación debe hacerse por capas. Para esto es recomendable seguir la técnica que se describe a continuación.

a) Primero se reconstruye el cajón proximal, con tres capas de componentes base XR, radiopaca.

El escalón cervical se recubre con una capa de 1-3 mm de composite y se polimeriza durante 40 segundos.

Si la polimerización se realiza con la intervención de cuñas luminosas, debe aumentarse el tiempo de irradiación a 60 segundos.

La segunda capa se aplica por lingual en el cajón proximal hasta llenar dos tercios de su anchura.

La polimerización se realiza primero de forma indirecta durante 40 segundos a través de la pared de esmalte y luego oclusal.

La tercera capa se aplica en el espacio bucal restante de la

cavidad proximal y se polimeriza durante 40 segundos.

Una irradiación adicional en oclusal aumenta el grado de endurecimiento del componente base. Hay que tener en cuenta que para la capa soporte de la oclusión debe quedar un espacio de 1-2 mm.

- b) En obturaciones con tres superficies, se reconstruye el segundo cajón proximal de forma análoga al primero.
- c) Para una cavidad oclusal profunda remanente (por ejemplo, restauraciones estabilizadoras) se recomienda reconstruir también estas obturaciones por capas y polimerizar cada capa durante 20 segundos.
Sin embargo, la cavidad oclusal no se reconstruye con el componente radiopaco, sino que se restaura con el componente oclusal, resistente a la abrasión.

Nota: Es importante que la capa untuosa (de dispersión) que se forma durante la reconstrucción de la obturación no debe ser contaminada en ningún momento.

2.1.12 ACABADO Y PULIDO

La conformación definitiva de la superficie oclusal y la eliminación de los excesos se realiza con instrumentos rotatorios abrasivos. Para el contorneado y terminación de la

obtención se utilizan fresas diamantadas para acabado de grano fino y superfino.

Después del tallado primario de la región oclusal, se quitan la matriz y las cuñas. El biselado funcional exige una cuidadosa comprobación de los movimientos de medio, lateral y protrusión.

Para el pulido se utilizan discos flexibles y tiras para pulir. Debe prestarse especial atención al acabado fino de los bordes cervicales. Todos los trabajos de acabado deben realizarse bajo refrigeración con agua.

En las regiones proximales debe controlarse la ausencia de saledizos utilizando seda dental no encerada.

2.1.13 FLUORURACION

Es recomendable que una vez terminado el tratamiento restaurador se proceda por principio a la fluoruración de la región tratada. El esmalte grabado tiene una gran afinidad con los fluoruros, facilitando los procesos curativos.

2.1.14 REVISION

Después de ocho días de realizado el tratamiento es necesario hacer una primera revisión, debiendo controlar especialmente las relaciones oclusales (contactos en equilibrio).

Se recomienda efectuar controles en revisiones periódicas regulares.

De acuerdo al estado actual de la ciencia de los materiales dentales, las restauraciones de composite en la región de los dientes posteriores no son tan duraderas como las restauraciones metálicas. Por esta razón es recomendable controlarlas clínica y radiológicamente a intervalos regulares.

INDICACIONES IMPORTANTES PARA LA POLIMERIZACION

Se alcanza una dureza satisfactoria sólo si la ventanilla de salida de luz del aparato está perfectamente limpia y se mantiene lo más cerca posible de la superficie de la obturación pero sin tocarla.

Además, hay que tener presente que sólo hay endurecimiento de la porción que se encuentra dentro del cono de luz incidente. Por esta razón las obturaciones mayores, no cubiertas íntegramente por el diámetro de la ventanilla de salida de luz (6 mm), deben irradiarse por zonas.

CAPITULO 3
NUEVOS MATERIALES
DE RESTAURACION

3.1 CHARISMA

Charisma es un nuevo tipo de composite con Microglass, está indicado para todo tipo de restauraciones.

Kulzer introduce con Charisma otro decisivo desarrollo en 1990, con las características de los composites fotocurables. Como consecuencia se establecen parámetros nuevos, tanto para la estética como para la carga admisible.

Este resultado convierto a Charisma en el material adecuado para todo tipo de restauraciones sin restricción.

Charisma contiene un material de relleno singular: Microglass. Microglass hace posible una armonización de color natural y es el perfecto relleno vítreo radio-opaco, con granulometría ideal de 0.7 micras y una estrecha distribución del tamaño de las partículas (100% < 2 μm). Esto constituye una extraordinaria combinación de estética y alta resistencia. Con un surtido de sólo diez colores es posible lograr restauraciones con una estética natural.

3.1.1 RESISTENCIA

El perfecto aspecto de las restauraciones de Charisma es sólo una de las ventajas. La estrecha distribución del tamaño y el diámetro de las partículas de 0.7 micras le confieren al composite muy elevada resistencia abrasiva y facilitan un pulido de alto brillo.

La resistencia y la calidad de una obturación están

correlacionadas con la aspereza superficial y el módulo de elasticidad. Las cargas aplicadas en un simulador de masticación (Universidad de Zurich) indicaron para Charisma una disminución de la dimensión vertical (suma de pérdidas de la sustancia de la incrustación y del antagonista) de 165 micras después de 1,200,000 cargas. Este valor equivale a aproximadamente 6 años de uso, en boca resulta más favorable que el medido con amalgama.

Clínicamente se ha comprobado después de 5 meses un promedio de 1 micra/mes de disminución (Universidad de Alabama). El relleno Microglass que contiene Charisma lo hace compatible con el diente antagonista. Pese a su alta resistencia abrasiva, la dureza de Microglass no es mayor que la del esmalte y, por lo tanto, reduce al mínimo el desgaste del diente antagonista.

Las obturaciones de Charisma, pulidas a alto brillo, no tienen superficies ásperas y son perfectamente equiparables a las superficies lisas de los composites con microrrelleno. La estabilidad marginal y el módulo de elasticidad de la obturación son considerablemente mejores que los de los composites con microrrelleno.

Ningún otro composite reúne igual síntesis de estabilidad y estética ni brinda tantas ventajas como son sus excepcionales características y su aplicación universal.

3.1.2 CAMPO DE APLICACION

Charisma es de aplicación universal para:

- 1) Restauraciones de clase I, II, III, IV y V de Black.
- 2) Confección de incrustaciones y facetas por el método directo-indirecto.
- 3) Restauración de facetados de cerámica o resina.

3.1.3 CONVALIDACION CLINICA

Charisma ha sido ensayado clínicamente en Alemania, en Suiza y en Los Estados Unidos de Norteamérica.

El Profesor Leinfelder, Director de Investigación Clínica en la Universidad de Alabama, emitió el siguiente juicio sobre Charisma: "Los resultados del estudio clínico demuestran que Charisma posee una extraordinaria resistencia a las cargas. Este composite ha sido aplicado tanto en la región de los dientes anteriores como en la región de los dientes posteriores. Debido a su alta carga admisible es especialmente adecuado para los dientes posteriores."

En resumen, se puede concluir que Charisma se distingue por su alta resistencia y su excelente adaptación tonal. Representa un valioso aporte.

3.1.4 VENTAJAS

- a) Composite universal por su relleno Microglass.
- b) Excelente adaptación tonal por su alta translucidez.

- c) Mínima abrasión debido al tamaño ideal de las partículas de 0.7 micras.
- d) Pulido de alto brillo debido a la estrecha distribución del tamaño de sus partículas, 100% < 2 micras.
- e) Radio-opaco, facilita la revisión de control.
- f) Compatible con el antagonista, debido al relleno Microglass.
- g) Todo el espectro de matices con sólo 7 colores Vita más 3 colores adicionales.
- h) Todo el surtido se suministra en la práctica bandeja operatoria "Compactray."
- i) El listón-guía de colores, confeccionado con Charisma original, facilita la selección tonal.

3.2 DENTHESIVE

Kulzer ha desarrollado un sistema de unión (bonding) universal totalmente nuevo, el cual cierra de inmediato los túbulos dentinarios y adquiere valores de adhesividad inicial no alcanzados hasta ahora.

3.2.1 NUEVA SOLUCION PARA PROBLEMAS ANTIGUOS

Los sistemas de unión tienen que cumplir simultáneamente diversos requisitos. Deben eliminar la molesta capa de barrillo (smear layer) de la superficie de la dentina. Deben lograr una unión firme con el calcio y el colágeno de la dentina. Con todo ello deben establecer la condición previa

indispensable para formar una unión adhesiva estable con el composite de las restauraciones.

Los sistemas de unión que se ofrecen en el mercado cumplen parcialmente con estas condiciones. Con Denthesive, Kulzer presenta una solución integral. El nuevo sistema fotocurable de unión universal es considerado en muchas clínicas dentales como un producto con excelentes propiedades adhesivas a la dentina. Los informes toxicológicos no contienen ningún tipo de reparo contra el uso y la aplicación de Denthesive.

3.2.2 ADHESIVIDAD

Las publicaciones sobre adhesividad a la dentina indican casi siempre valores medidos a las 24 horas. Sin embargo, lo decisivo es la adhesividad inmediata después de la aplicación. Denthesive adquiere valores de adhesividad inicial tan altos como no han sido alcanzados por ningún otro sistema. Por ello resiste a la fuerza de contracción del composite al polimerizar. Esto ha sido comprobado por investigaciones de la Universidad de Alabama. Con respecto a la impermeabilidad marginal, Denthesive también muestra un comportamiento categóricamente superior a otros productos, como ha sido comprobado en la Universidad de Berlín.

Denthesive brinda además la ventaja de una unión química con los dos constituyentes de la dentina: el colágeno y el calcio. Con ello se evitan totalmente las fisuras marginales

y la microfiltración.

3.2.3 APLICACION

El sistema denthesive está formado por Denthesive cleaner, para el acondicionamiento de la dentina, y adhesive bond. La técnica de aplicación es sumamente sencilla:

- a) Se graba el esmalte con Esticid-Gel.
- b) Se limpia con Denthesive cleaner.
- c) Aplicación del medio adhesivo Denthesive.
- d) Sellado con adhesive bond.
- e) Aplicación del composite, por ejemplo, Charisma.

Los dos componentes del Denthesive se suministran separadamente en dos ampollas. De este modo se mantienen durante más de tres años en perfectas condiciones.

El complemento ideal de Denthesive para lograr restauraciones estéticas y con elevada carga admisible, es Charisma, el composite universal de Kulzer con el relleno radio-opaco Microglass.

3.2.4 CAMPO DE APLICACION

Denthesive es de aplicación universal para la adherencia a la dentina y al esmalte en:

- 1) Restauraciones de las clases I, II, III, IV y V de Black.
- 2) Restauración de dientes con fuertes decoloraciones y

anomalías del esmalte.

- 3) Cementado de incrustaciones, con cemento adhesivo de Kulzer.

3.2.5 VENTAJAS

- 1) Máxima adhesividad inicial mediante un excelente sistema adhesivo.
- 2) La adhesión al calcio y al colágeno impide la microfiltración.
- 3) Adhesión de larga durabilidad debido a su resistencia a la hidrólisis.
- 4) Ausencia de riesgos toxicológicos.
- 5) Se conserva durante tres años, gracias a su almacenamiento en ampollas.
- 6) Todos los componentes se suministran en la práctica bandeja operatoria "Chair-Companion."

3.3 DURAFILL VS

Durafill VS es un composite con microrrelleno en colores brillantes Vita, para restauraciones estéticas de dientes anteriores.

Las restauraciones efectuadas con este composite tienen una total estabilidad de color y mantienen su superficie lisa y con alto brillo.

Durafill Kulzer ofrece para la odontología adhesiva un composite que, debido a las comprobadas cualidades del material y

su modo de aplicación, es utilizado satisfactoriamente por odontólogos de todo el mundo.

3.3.1 APLICACION

Durafill VS es especialmente adecuado para:

- a) Reconstrucción de dientes fracturados.
- b) Cierre de diastemas.
- c) Maquillaje de dientes descoloridos o desvitalizados.
- d) Restauración de cavidades en el cuello de dientes.
- e) Ferulización de dientes móviles.
- f) Obturación de cavidades de clases III, IV y V según Black.
- g) Obturación de una capa en posteriores.

3.3.2 COMPOSICION

Durafill VS está constituido por 50.5% en masa de SiO_2 hiperdispersado, tamaño medio de partícula $0.04 \mu\text{m}$ y 48.5% en masa de éster multifuncional de ácido metacrílico.

INTERACCIONES

No está indicado el uso simultáneo de preparados que contienen eugenol, especialmente los materiales con eugenol para la protección pulpar, porque ejercen una acción negativa sobre el endurecimiento.

3.3.3 POLIMERIZACION

Para la polimerización de Durafill VS son adecuados los aparatos de luz halógena Translux y Translux CL. Durante la polimerización las superficies de obturaciones deben irradiarse uniformemente.

COLOR	TIEMPO DE IRRADIACION (S)	ESPESOR DE CAPA (mm)	
		TRANSLUX	TRANSLUX CL
A10, A30 B10, B20, B30 C10, C20 D30, I	20	3.5	4.0
A20, A35, C40	40	3.5	4.0
A10, A30 B10, B20, B30 C10, C20 D30, I	40	4.5	5.0
A20, A35, C40	60	4.5	5.0

Durafill VS puede endurecerse perfectamente, en socavados de la cavidad, a través de la sustancia dentaria.

SUSTANCIA DENT. DURA (mm)	TIEMPO DE IRRADIACION (s)	ESPESOR DE CAPA (mm)	
		TRANSLUX	TRANSLUX CL
1.0	40	2.5	3.0
2.0	40	2.0	2.0

3.4 MICROFILL PONTIC

3.4.1 INTRODUCCION

La técnica de los puentes adhesivos es en casos especiales una alternativa para prótesis fija y móvil destinada a reconstrucciones dentales; por ejemplo, para cerrar diastemas centrales cuando es imprescindible la conservación de la dentina del diente o para pacientes que no pueden recibir un puente con el sistema tradicional.

Microfill pontic es un pegamento de composite que sirve para unir la estructura metálica al esmalte en la técnica del puente adhesivo.

Este material se ha desarrollado especialmente para las exigencias de la técnica de puentes adhesivos.

Microfill pontic es un sistema de dos componentes, con dos pastas base y dos pastas catalizadoras.

La pasta base opaca BO evita en la zona labial de los dientes una translucidez de la estructura metálica. Con la pasta

base BO que tiene el color del diente se puede obtener una unión estética entre estructura metálica y diente.

Las partes catalizadoras KI y KII permiten una variación del tiempo de elaboración del pegamento de composite.

La composición de Kulzer Microfill pontic es alto molecular ácido metacrílico de éster multifuncional en unión con el material de relleno Microfill; con esta composición se obtienen propiedades del material de alta calidad ya confirmadas en clínicas durante 10 años, especialmente en empastes dentales donde la unión está demostrada.

Kulzer Microfill pontic contiene iniciadores para autopolimérisación y polimerización por luz. La posibilidad de polimerización por luz garantiza un endurecimiento rápido y seguro especialmente con capas finas de composite en los bordes de las coronas.

3.4.2 VENTAJAS DE LA TÉCNICA DE PUENTES ADHESIVOS

- 1) Reemplazamiento del diente fijo conservando la dentina sana.
- 2) Tratamiento corto, sin dolores y sin anestesia.
- 3) Se elimina la colocación de provisionales.
- 4) Ahorro de tiempo y gastos.
- 5) No se producen los problemas parodontales que pueden surgir con el sistema convencional provocados por los bordes de las coronas.

3.4.3 MODO DE EMPLEO

Las zonas de esmalte que van a recibir el puente se tratan con ácido ortofosfórico según las reglas de la técnica de grabado.

De acuerdo a la situación, se eligen la pasta base y el catalizador y se mezclan en la relación 1:1.

Microfill pontic se coloca sobre las partes secas y libres de grasas de la estructura metálica que va a estar en contacto con el esmalte. Este puente adhesivo se coloca con fuerte presión y se mantiene en posición hasta que esté fraguado. Los bordes de las coronas se polimerizan con el aparato Translux o Translux CL. Quince minutos después de la mezcla de Kulzer Microfill pontic se deben eliminar los sobrantes.

Se recomienda efectuar el pulido una vez transcurridas 48 horas.

3.4.4 COMPOSICION

Microfill pontic está constituido por 51% de material inorgánico de relleno (el tamaño de las partículas es de $0.04 \mu\text{m}$), y 49% de ácido metacrílico de éster multifuncional a base de fotoiniciadores Bis-GMA.

VALORES FISICOS

Resistencia a la
compresión

320 N/mm²

Resistencia a la
flexión

60 N/mm²

TIEMPO DE POLIMERIZACION POR LUZ Y ESPESOR DE CAPAS

Tiempo de
polimerización

20 s

40 s

Kulzer
Microfill
pontic BO

0.5 mm

0.7 mm

Kulzer
Microfill
pontic BU

0.8 mm

1.0 mm

**TIEMPO DE POLIMERIZACION CON APLICACION DE DIFERENTES
PASTAS CATALIZADORAS**

	Tiempo de elaboración	Tiempo de polimerización
Kulzer Microfill pontic KI	± 1.5-2 min	± 4 min
Kulzer Microfill pontic KII	± 3 min	± 7.5 min

CAPITULO 4
RESTAURACION DE RECUBRIMIENTOS
CERAMICOS Y DE COMPOSITES

4.1 INTRODUCCION

La experiencia clínica señala que en el 2 al 4% de los trabajos ceramo-metálicos aparecen defectos parciales en el interior de las capas cerámicas o directamente en la superficie metálica. La eliminación de estos defectos, particularmente en prótesis fija, era muy problemática, en especial si se trataba de defectos del recubrimiento cerámico con descubrimiento parcial del armazón metálico.

Un trabajo de investigación y desarrollo de varios años en la Universidad Friedrich Schiller de Jena, RDA, dio como resultado una solución de aplicación clínica. La base consistió en los composites fotocurables Kulzer, unida a las conocidas experiencias de la técnica adhesiva del procedimiento Silicoater. En conjunto, representaban un procedimiento científicamente fundado y clínicamente experimentado para la restauración de recubrimientos cerámicos y de composites fotocurables.

4.2 VENTAJAS DE LA TECNICA SILISTOR

- 1) Una única sesión clínica.
- 2) Reducido tiempo de trabajo clínico.
- 3) No hay que retirar prótesis fijas existentes.
- 4) No hay que tomar impresiones.
- 5) No se requieren prótesis temporales.
- 6) Muy buenos resultados estéticos de larga duración.

- 7) Clínicamente comprobada la larga vida útil de las restauraciones hechas con este proceso.
- 8) Unión estable en el medio oral.
- 9) Excelentes resultados estéticos.
- 10) Los brillantes colores Vita permiten un matizado muy satisfactorio.

4.3 FUNDAMENTOS CIENTIFICOS

La aplicación de silanos como medios adhesivos se conoce desde hace mucho tiempo. Se utilizan variedades técnicas para unir resinas con cerámicas. Según este principio, en los composites para obturaciones se crea un acoplamiento entre la matriz orgánica y el relleno cerámico.

Si se aplica este principio a la restauración de recubrimientos cerámicos resultan importantes mejoras en la adhesión de los composites a la superficie cerámica.

Para la aplicación de esta técnica adquieren una importancia decisiva el acondicionamiento de la superficie cerámica y la calidad del composite utilizado.

Si se talla una superficie cerámica del modo convencional y se aplica luego un medio adhesivo de silano y un medio de unión seguido por la capa de composite, la prueba en seco demuestra primeramente una unión sin discontinuidad entre la cerámica y el composite.

Si esta unión se expone a la humedad durante un tiempo

prolongado aparece en la región del límite entre cerámica y resina una "capa de residuos" formada durante el proceso del tallado, que impide la unión con la misma superficie cerámica.

La comprobación de este hecho fue motivo de numerosas investigaciones para lograr la transformación de esta capa de residuos variando las técnicas de tallado y utilizando diferentes tipos de instrumentos abrasivos. Como resultado se logró:

- Obtener un tipo de instrumento abrasivo que produce una superficie de unión sin residuos.
- Desarrollar un silano adhesivo que, una vez aplicado estabiliza las microfisuras existentes en la capa cerámica.

Las características de la reacción de polimerización del hinchamiento también tienen su influencia sobre la bondad de la unión. Este hecho se comprueba mediante ensayos con diferentes composites.

La superficie límite entre cerámica y composite con microrrelleno produce, después de haber sido sometida a un hervor, una fisura visible. Por el contrario, un composite convencional con macrorrelleno produce una unión excelente, pero el pulido superficial no es satisfactorio.

Basado en su larga experiencia en la producción de materiales odontológicos, Kulzer desarrolló un composite fotocurable que forma una unión fuerte y posee una superficie que toma alto brillo de pulido.

4.4 DENTACOLOR

Los conceptos contenidos en esta definición de endurecimiento por luz, composite y microfill hacen referencia a las diferencias entre Dentacolor y los recubrimientos de resinas tradicionales.

Como composite se entiende una resina en la cual hay incrustada una gran parte de materia inorgánica (mínimo 50% en peso). Los composites se introdujeron como material de obturación en odontología hace aproximadamente un decenio. Inicialmente servían como materiales de relleno sustancias vítreas de tamaño medio de grano de 20-30 μm . Los composites, comparados con las resinas puras, poseen mejores propiedades físicas. Los valores de la resistencia a la compresión son mayores, la contracción de polimerización es menor. Una desventaja es la relativamente gran rugosidad superficial después del pulido, la cual es debida al tamaño de 20-30 μm de las partículas del material de relleno, por esta causa se favorece la formación de placa, que posibilita el deterioro del color. Las partículas de dióxido de silicio (SiO_2) contenidas en el material de relleno microfill son de un tamaño medio de 0.04 μm , aproximadamente 200 veces más pequeñas que las partículas de relleno tradicionales. Mediante este fino tamaño de partículas se consigue una distribución homogénea de las mismas, la cual tiene como consecuencia unas mejores propiedades del material.

Los composites de microrrelleno se pueden pulir a alto

brillo y poseen una lisura perdurable aún en las condiciones de la boca. Además resalta su mejor resistencia a la abrasión y su alta resistencia a la compresión de aproximadamente 400 MPa. Durafill de Kulzer es un composite para la odontología restauradora que posee las propiedades descritas.

Desde hace ocho años se aplica en clínica y es utilizado en todo el mundo con gran éxito.

A partir de este composite fotoendurecible, Kulzer ha desarrollado el sistema Dentacolor para los trabajos de prótesis dental. Junto a las extraordinarias propiedades del material, el sistema brinda al usuario la gran ventaja de la fotopolimerización. Todas las pastas Dentacolor son materiales monocomponentes listas para su utilización. Los procesos de mezclado y las fuentes de error de ellos derivados (tiempo de mezclado, tiempo de trabajo) desaparecen. Dentacolor puede trabajarse prácticamente sin limitaciones, hasta el comienzo de la acción de la luz en el aparato de polimerización. Inmediatamente después de la polimerización, Dentacolor puede ser tallado y pulido. El opaco Dentacolor también es fotoendurecible. Dado su parecido químico con todos los demás componentes de Dentacolor, después de la polimerización se obtiene una unión química entre el opaco, la dentina y el esmalto.

El alto grado de polimerización cruzada del opaco asegura una fuerte adhesión al armazón metálico.

Mediante la polimerización en frío por luz visible en el aparato Dentacolor XS se reducen marcadamente los efectos térmicos debidos a una polimerización por calor y se minimiza el peligro de formación de fisura marginal.

El aparato de fotopolimerización Dentacolor XS se destaca por su rendimiento lumínico extremadamente alto.

El tiempo de polimerización para cada capa Dentacolor es de 90 segundos, con lo cual se hace posible un trabajo rápido y económico.

4.4.1 PRESENTACION

El sistema Biodent consta de pasta de cuello, pasta de dentina y pasta de esmalte, en 19 colores dentales y 19 colores de opaco.

El sistema Vita consta de pasta de cuello, pasta de dentina, pasta de esmalte en 16 colores dentales, 16 colores de opaco, 6 masas intensivas, 10 colores intensivos, pasta base, pasta transparente, pasta gingival, líquido de modelado, ADS-gel y aparato de luz Dentacolor XS.

Las pastas se sirven en jeringas de pistón o rosca con un contenido de 4 gramos cada una. Con el fin de distinguir mejor entre las pastas de cuello, dentina y esmalte, los pistones y las tapas de las jeringas son de diferentes colores (rojo para el cuello, amarillo para la dentina y blanco para el esmalte).

4.4.2 COMPOSICION

Está constituido por 51% en peso de dióxido de silicio altamente dispersivo (SiO_2) con tamaño medio de partícula de 0.04 μm , y 48% en peso de éster de ácido metacrílico multifuncional. Contenido total de material de relleno, aproximadamente 72% en peso.

CAPITULO 5
ESTUDIO COLORIMETRICO Y
DE PORCENTAJE DE OPACIDAD EN
RESINAS DENTALES DE RESTAURACION

5.1 RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio colorimétrico y de porcentajes de opacidad para prototipos experimentales de resina a diferentes concentraciones de pigmentos y aditivos prototipos de resina comerciales.

Para llevar a cabo adecuadamente este estudio, se diseñó un método experimental sencillo y reproducible.

Mediante este estudio se encontraron las formulaciones óptimas de colorante y abrillantador óptico para una nueva resina dental, mismas que se compararon con prototipos de resina dental comercial de uso común en el medio odontológico nacional.

5.2 INTRODUCCION

Las resinas dentales de restauración contienen generalmente dentro de su formulación colorantes y aditivos para igualar apropiadamente el color natural de los dientes, y aunque en la literatura odontológica se encuentra una gran cantidad de métodos para medir tiempo de trabajo y endurecimiento, absorción de agua y solubilidad, fuerza de tensión diametral, variaciones dimensionales durante la polimerización y los cambios térmicos, radiopacidad, etc., no se encontró una prueba fácil y práctica para la medición del color, así como ningún estudio comparativo.

Continuando con nuestras investigaciones en el diseño de una formulación para una resina dental compuesta, se llevó a cabo un estudio comparativo de color y porcentaje de opacidad,

desarrollando para esto una técnica sencilla y reproducible.

5.3 DESARROLLO

Para este estudio se empleó la formulación de una resina dental compuesta autopolimerizable sencilla integrada por dos pastas (catalizadora y universal). Este tipo de resina consiste en dos fracciones principales que componen la pasta final: la porción orgánica y la inorgánica.

La porción orgánica contiene principalmente a la matriz monomérica que se activa por reacción química para lograr la polimerización del producto final. Se utilizó la pareja peróxido de benzoilo-amina aromática terciaria empleada comúnmente en este tipo de resinas. Para evitar el cambio de color de las probetas, una vez que ocurre el endurecimiento, se introdujo en la formulación un absorbedor de luz ultravioleta.

Finalmente para poder llevar a cabo este estudio colorimétrico, se agregaron a la formulación cantidades variables de pigmentos en la pasta universal y de abrillantador óptico en la pasta catalizadora.

La fracción inorgánica consiste en una mezcla de cuarzo, cristal de roca, malla 325, silanizado al 0.5% y sílice coloidal hidrofóbica comercial.

Esta serie de resinas (pastas catalizadoras y universales) se sometieron a un diseño de experimentos, que proporcionaron mezclas para la preparación de especímenes curados

(probetas), en forma de discos de 20 mm de diámetro por 1 mm de espesor. Con estos discos de resina polimerizada se efectuaron las pruebas de color y opacidad.

5.4 ESTUDIOS COLORIMÉTRICOS

Los equipos de reflectancia comunes manejan, entre otras, las siguientes escalas colorimétricas:

1) Escala Tristimulus X, Y, Z.

Esta escala está diseñada de acuerdo a la respuesta al color, de un observador humano con referencia a la definición de la CIE 2nd. Standard Observer de 1931.

2) Las Coordenadas de Cromaticidad CIE Y, X, Z.

Que es la relación entre los valores CIE X, Y, Z, como sigue:

$$X = X/(X + Y + Z), Y = Y/(X + Y + Z).$$

5.5 ESTUDIOS DEL PORCENTAJE DE OPACIDAD

El porcentaje de opacidad para las diferentes formulaciones se midió utilizando el mismo equipo de reflectancia, considerando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de opacidad} = \frac{\text{Valor de Y sobre fondo negro}}{\text{Valor de Y sobre fondo blanco}} \times 100$$

Los equipos de reflectancia comunes proporcionan este dato automáticamente.

5.6 EXPERIMENTACION

MATERIAL:

Bisfenol A diglicidimetacrilato (BISGMA), Freeman Chemical Corp.

Trietilenglicoldimetacrilato (TEGDMA), Sartomer.

Peróxido de Benzoino (PB), Hexaquimia S.A.-AK20 Chemic.

Toluendietanolamina (TDEA), Fluka.

Butilhidroxitolueno (BHT), Abaquim S.A.

Tinuvin P, Cyba Geigy.

Uvitex OB, Cyba Geigy.

Metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPTS), Fluka.

Cuarzo cristal de roca maila 325, Minerales no Metálicos de Guerrero.

Aerosil R 972, DEGUSSA.

Pigmentos (óxidos de fierro), H. Kohnstamm S.A.

RESINAS COMERCIALES:

Adaptic, Johnson & Johnson.

Miradapt, Johnson & Johnson.

Degufill, DEGUSSA.

Concise, 3M.

Finesse, Caulk Co.

EQUIPO

Colorímetro de reflectancia Hunter-Lab Modelo D25 PC2.

TABLA 5.1. FORMULACIONES GENERALES DE LAS PASTAS

Componente	P. Catalizadora	P. Universal
BISGMA	22.94	21.21
TEGDMA	7.44	7.38
Peróxido de Benzoilo (a)	0.31	
Toluendietanolamina		0.275
Butilhidroxitoluano	0.00186	0.00171
Tinuvin P	0.310	0.275
Uvitex OB	Tabla 5.2	Tabla 5.3
Cuarzo (b)	69.00	70.85

(a) Calculado en base seca.

(b) Cuarzo puro, cristal de roca, tamaño de partícula entre 0 y 60 micras, promedio de partícula 5 micras, silanizado al 0.5% con *y*-metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPTS) en acetona 4 y mezclado con cuarzo coloidal de tamaño de partícula promedio de 0.016 micras hidrofóbico. En una relación (peso) de 85 partes de cuarzo.

TABLA 5.2. PORCENTAJE DE UVITEX OB EN LAS PASTAS CATALIZADORAS

Grupo	Porcentaje Uvitex	Nombre Pasta
I	0.0	C 0
	0.03	C 03
	0.06	C 06
	0.01	C 1
II	0	C 0
	0.001	C 001
	0.002	C 002
	0.005	C 005
	0.01	C 01
	0.02	C 02
	0.03	C 03

TABLA 5.3. TIPO Y CONTENIDO DEL PIGMENTO EN LA PASTA UNIVERSAL

Grupo	mg Colorante gr. de Resina	Nombre del Pigmento	Nombre de la Pasta
	0.0		Neutral
	0.07	Amarillo O.	Amarillo-1
	0.1	Amarillo O.	Amarillo-2
	0.007	Rojo Medio	Rojo-1
	0.01	Rojo Medio	Rojo-2
	0.045	Café Medio	Café-1
	0.09	Café Medio	Café-2
	0.028	Amarillo O.	Mezcla-1
	0.0336	Café Medio	
	0.045	Café Medio	Café-3
	0.09	Café Medio	Café-4
	0.056	Amarillo O.	Mezcla-2
	0.336	Café Medio	
	0.054	Amarillo O.	Mezcla-3
	0.036	Café Medio	

Nota: Todas las pastas de la Tabla fueron preparadas mediante diluciones de pastas universales concentradas y pastas universales neutras.

5.7 FORMULACIONES GENERALES DE LAS PASTAS DE RESINA

Las pastas de resina se prepararon de acuerdo a las cantidades de cada componente que se indica en la Tabla 5.1.

Pasta Catalizadora: A la pasta catalizadora se le agregaron los porcentajes de Uvitex OR que se indican en Tabla 5.2.

Pasta Universal: La cantidad y el tipo de pigmentos que se adicionan a las pastas universales se indican en la Tabla 5.3.

PREPARACION DE LAS PASTAS

En un crisol de porcelana se colocan cuidadosamente medidos los ingredientes orgánicos respectivos, de acuerdo con las Tablas de la 5.1 a la 5.3. Una vez lograda la homogenización completa se agrega poco a poco el cuarzo previamente mezclado con el Aerosil R-972, hasta la incorporación completa.

PREPARACION DE LAS PROBETAS DE MATERIAL POLIMERIZADO

Se preparan tres especímenes polimerizados (probetas) de cada mezcla de pasta catalizadora o universal de acuerdo con la Tabla 5.4. Estas probetas se preparan en la forma que se encuentra descrita en la Norma No. 27 de la A.D.A. para la especificación de opacidad.

5.8 LECTURA DE COORDENADAS COLORIMÉTRICAS

Utilizando un colorímetro Hunter-Lab modelo D25-PC2 en posición vertical, se coloca la probeta centrada en el portamuestras y se lleva a cabo la lectura de las coordenadas de cromaticidad de acuerdo a las instrucciones para el equipo.

Se obtiene el promedio de las mediciones de las tres probetas preparadas para una misma mezcla.

Se obtiene la lectura del porcentaje de opacidad para los especímenes de material polimerizado sobre fondo blanco y negro de acuerdo con las instrucciones del equipo y se calcula el promedio.

5.9 RESULTADOS

Los resultados en cuanto a las coordenadas de cromaticidad y porcentaje de opacidad para cada una de las mezclas de resina preparada experimentalmente pueden verse en la Tabla 5.4, así como los correspondientes a los contratipos comerciales.

5.9.1 PRIMERA PARTE

Las coordenadas de cromaticidad definieron con bastante confiabilidad cinco zonas colorimétricas:

- a) Zona del amarillo.
- b) Zona de mezclas.
- c) Zona del café.

- d) Zona del rojo.
- e) Zona del neutro.

Es importante notar que aquellas mezclas de resina cuyo contenido de Uvitex OB es igual a 0, se encontraron desplazadas hacia la esquina superior derecha de la zona.

La región de la mezcla No. 1 y las resinas con números claves C(1,0) y C(2,0) que corresponden a las resinas del Café No. 1 y Café No. 2 con pasta catalizadora sin Uvitex OB, son las que más semejanzas presentaron con los contratipos comerciales que se estudiaron (Adaptic, Concise, Degufill, Miradapt). Finesse es una resina con un alto contenido de amarillo y por lo tanto no quedó clasificada dentro de esta región.

Con respecto al porcentaje de opacidad, se observó un máximo en su valor cuando el contenido de Uvitex OB es igual al 0.03% en la pasta catalizadora.

Los contratipos comerciales presentaron porcentajes de opacidad entre el 12 y el 15%, preferentemente entre el 13 y el 15%. Se encontró además que entre mayor es el porcentaje de Uvitex OB en nuestras resinas experimentales, las probetas polimerizadas tienden a verse más grises.

Para ahondar más en estos comportamientos, se decidió estudiar en la segunda parte unas resinas experimentales preparadas con contenidos de Uvitex OB menores al 0.03% y concentrarnos más en las regiones del color café y las mezclas.

5.9.2 SEGUNDA PARTE

Los valores de las coordenadas de cromaticidad de las diferentes probetas polimerizadas de resina, una vez que fueron colocadas sobre el plano cartesiano indicaron que el lote del Café No. 3 (pasta universal) en combinación con todas las concentraciones de Uvitex OB preparadas (pasta catalizadora), presentaron la mayor semejanza colorimétrica en relación con los contratipos comerciales estudiados (excepto Finesse). En cuanto al porcentaje de opacidad, en la mayoría de los casos se observó un marcado incremento de este valor para relaciones de Uvitex OB del 0.002% en la pasta catalizadora. Sin embargo, todas las probetas polimerizadas preparadas tuvieron porcentajes de opacidad comparables con los valores encontrados para las resinas contratipos comerciales.

5.10 CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el prototipo con mayor semejanza en color y porcentaje de opacidad, en estudio comparativo con una muestra de contratipos comerciales, es aquel cuya pasta universal contiene 0.045 mg de pigmento Café Medio sobre gramo de resina y entre un 0 a un 0.002% de abrillantador comercial (Uvitex OB, Cyba Geigy) en la pasta catalizadora.

Se considera a este estudio como un ejemplo de una metodología fácil y rápida para el diseño de los juegos de colores

necesarios para la completa y estética restauración de los
dientes.

TABLA 5.4 PRIMERA PARTE

No.	Pasta Catalizadora	Pasta Universal	Clave	X	Y	% Opacidad
1	CO	Neutral	NO	0.3180	0.3278	14.94
2	CO3	Neutral	NO3	0.3169	0.3286	15.77
3	CO6	Neutral	NO6	0.3167	0.3289	14.61
4	C1	Neutral	N1	0.3172	0.3287	14.79
5	CO	Amarillo 1	A(1,0)	0.3217	0.3363	13.48
6	CO3	Amarillo 1	A(1,03)	0.3206	0.3293	15.95
7	CO6	Amarillo 1	A(1,06)	0.3220	0.3295	15.48
8	C1	Amarillo 1	A(1,1)	0.3205	0.3285	14.79
9	CO	Amarillo 2	A(2,0)	0.3230	0.3322	13.66
10	CO3	Amarillo 2	A(2,03)	0.3211	0.3299	14.24
11	CO6	Amarillo 2	A(2,06)	0.3215	0.3300	14.39
12	C1	Amarillo 2	A(2,1)	0.3209	0.3295	14.17
13	CO	Rojo 1	R(1,0)	0.3192	0.3275	14.13
14	CO3	Rojo 1	R(1,03)	0.3184	0.3260	14.94
15	CO6	Rojo 1	R(1,06)	0.3177	0.3252	14.24
16	C1	Rojo 1	R(1,1)	0.3185	0.3255	15.07
17	CO	Rojo 2	R(2,0)	0.3193	0.3272	14.08
18	CO3	Rojo 2	R(2,03)	0.3183	0.3255	14.66
19	CO6	Rojo 2	R(2,06)	0.3188	0.3255	13.85
20	C1	Rojo 2	R(2,1)	0.3183	0.3255	14.59
21	CO	Café 1	C(1,0)	0.3201	0.3284	13.81
22	CO3	Café 1	C(1,03)	0.3196	0.3269	14.04
23	CO6	Café 1	C(1,06)	0.3194	0.3269	13.93
24	C1	Café 1	C(1,1)	0.3188	0.3272	13.67
25	CO	Café 2	C(2,0)	0.3205	0.3286	12.93
26	CO3	Café 2	C(2,03)	0.3201	0.3268	14.11
27	CO6	Café 2	C(2,06)	0.3198	0.3266	13.18

TABLA 5.4 SEGUNDA PARTE

No.	Pasta Catalizadora	Pasta Universal	Clave	X	Y	% Opacidad
28	C1	Café 2	C(2,1)	0.3201	0.3267	13.96
29	CO	Mezcla 1	M(1,0)	0.3201	0.3295	13.82
30	CO3	Mezcla 1	M(1,03)	0.3199	0.3282	14.94
31	CO6	Mezcla 1	M(1,06)	0.3199	0.3282	13.69
32	C1	Mezcla 1	M(1,1)	0.3193	0.3283	13.58
33	Adaptic	Adaptic	A	0.3199	0.3284	14.04
34	Concise	Concise	C	0.3211	0.3283	14.87
35	Degufill	Degufill	D	0.3215	0.3291	14.24
36	Finesse	Finesse	F	0.3250	0.3329	13.46
37	Miradapt	Miradapt	M	0.3203	0.3279	12.16
38	CO	Café 3	C(3,0)	0.3186	0.3280	12.34
39	CO01	Café 3	C(3,001)	0.3189	0.3283	13.30
40	CO05	Café 3	C(3,002)	0.3191	0.3282	13.62
41	CO1	Café 3	C(3,005)	0.3186	0.3277	13.19
42	CO2	Café 3	C(3,01)	0.3191	0.3278	13.07
43	CO3	Café 3	C(3,02)	0.3189	0.3274	13.11
44	CO	Café 3	C(3,03)	0.3188	0.3262	12.95
45	CO01	Café 4	C(4,0)	0.3196	0.3287	12.03
46	CO02	Café 4	C(4,001)	0.3208	0.3282	13.67
47	CO05	Café 4	C(4,002)	0.3209	0.327J	13.86
48	CO1	Café 4	C(4,005)	0.3207	0.3282	12.60
49	CO2	Café 4	C(4,01)	0.3209	0.3279	13.02
50	CO3	Café 4	C(4,02)	0.3210	0.3276	12.97
51	CO	Café 4	C(4,03)	0.3201	0.3269	12.85
52	CO01	Mezcla 1	M(2,0)	0.3197	0.3294	12.73
53	CO02	Mezcla 2	M(2,001)	0.3213	0.3310	12.57
54	CO05	Mezcla 2	M(2,002)	0.3195	0.3299	12.91

TABLA 5.4 TERCERA PARTE

No.	Pasta Catalizadora	Pasta Universal	Clave	X	Y	X Opacidad
55	COO1	Mezcla 2	M(2.01)	0.3201	0.3286	13.19
56	CO2	Mezcla 2	M(2.02)	0.3196	0.3293	12.80
57	CO3	Mezcla 2	M(2.03)	0.3196	0.3293	13.15
58	CO	Mezcla 2	M(3.0)	0.3202	0.3288	12.76
59	COO1	Mezcla 3	M(3.001)	0.3204	0.3295	12.51
60	COO2	Mezcla 3	M(3.001)	0.3216	0.3205	12.51
61	COO2	Mezcla 3	M(3.002)	0.3211	0.3296	13.94
62	COO5	Mezcla 3	M(3.005)	0.3204	0.3291	13.04
63	CO1	Mezcla 3	M(3.01)	0.3197	0.3297	12.87
64	CO2	Mezcla 3	M(3.02)	0.3196	0.3295	13.56
65	CO3	Mezcla 3	M(3.03)	0.3208	0.3289	14.27
66	Adaptic 1	Adaptic 1	A 1	0.3181	0.3273	14.80
67	Adaptic 2	Adaptic 2	A 2	0.3195	0.3269	13.80
68	Concise 1	Concise 1	C 1	0.3187	0.3291	13.53
69	Concise 2	Concise 2	C 2	0.3195	0.3279	14.16
70	Degufill 1	Degufill 1	D 1	0.3178	0.3265	14.11
71	Degufill 2	Degufill 2	D 2	0.3195	0.3273	13.24
72	Finesse 1	Finesse 1	F 1	0.3222	0.3320	12.70
73	Finesse 2	Finesse 2	F 2	0.3234	0.3313	13.75
74	Miradapt 1	Adaptic 1	M 1	0.3192	0.3271	11.89
75	Miradapt 2	Adaptic 2	M 2	0.3189	0.3278	12.60

CAPITULO 6
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
FISICO DE CINCO RESINAS
DENTALES AUTOPOLIMERIZABLES

6.1 RESUMEN

Se llevaron a cabo las pruebas descritas en la Norma No. 27 de la American Dental Association, para cinco resinas dentales comerciales de uso común en el medio odontológico nacional.

Estas resinas son: Adaptic, Concise, Miradapt, Degufill y Finesse, de las cuales dos son de macrorrelleno (Tipo II), una es resina de tipo híbrido (mezcla de partículas macro y micro, Tipo II) y dos son de microrrelleno (Tipo I).

Todas las resinas comerciales probadas cumplieron satisfactoriamente las especificaciones señaladas en la Norma No. 27 de la A.D.A. para resinas dentales compuestas, de acuerdo con su clasificación.

6.2 INTRODUCCION

Durante las investigaciones realizadas en el Instituto Mexicano del Petróleo sobre materiales dentales, se llevaron a cabo las pruebas contenidas en la Norma No. 27 de la American Dental Association (A.D.A.) para cinco resinas dentales comerciales de uso común en el medio odontológico nacional. Generalmente estos materiales son de importación y las pruebas de comportamiento a las que son sometidos se llevan a cabo en su lugar de origen. En México, es difícil conjuntar el equipo y el material necesarios para llevarlas a cabo, ya que para un estudio completo del comportamiento de estos materiales existe un gran

número de pruebas, de menor a mayor complejidad, además de las que están contenidas en la Norma, como pueden ser entre otras:

- a) Análisis cualitativo y cuantitativo de aminas terciarias.
- b) Análisis cuantitativo de peróxidos.
- c) Monómero residual en polímeros de resinas dentales.
- d) Contracción volumétrica durante la polimerización.
- e) Coeficiente de expansión térmica.
- f) Estabilidad durante el almacenamiento.
- g) Propiedades adhesivas a superficies dentales.
- h) Fuerza de compresión.
- i) Fuerza de tensión (diametral).
- j) Fuerza de tensión.
- k) Fuerza de flexión.
- l) Módulo de elasticidad.
- m) Dureza Knoop.
- n) Dureza Rockwell.
- o) Resistencia a la abrasión y el masticado.
- p) Indentación.
- q) Porcentaje de recuperación.
- r) Absorción de agua.
- s) Solubilidad.
- t) Tiempo de trabajo, endurecimiento y curado.
- u) Opacidad.
- v) Estabilidad del color.

- w) Propiedades reológicas.
- x) Pruebas clínicas.

Las pruebas contenidas en la Norma No. 27 de la A.D.A. para resinas con relleno son las siguientes:

- Tiempo de trabajo.
- Tiempo de endurecimiento.
- Opacidad a las 24 horas.
- Estabilidad del color.
- Fuerza de tensión (diametral).
- Absorción de agua.

Estas pruebas son de fácil ejecución y proporcionan una información bastante completa del material en estudio.

6.3 DESARROLLO

Para llevar a cabo estas pruebas se siguieron en la mayoría de los casos las indicaciones tal y como las describe la Norma No. 27 de la A.D.A., a excepción de las pruebas de opacidad a las 24 horas y estabilidad del color. A estas pruebas se les tuvieron que efectuar modificaciones para poder adaptarlas a los equipos con los que contábamos en nuestros laboratorios.

La prueba de opacidad no pudo efectuarse conforme a la Norma debido a dificultades para encontrar el estándar de blancura

con un 70% de reflectancia aparente relativa al óxido de magnesio (MgO). Tampoco contábamos con los estándares de vidrio opaco con valores de CO.70 de 0.35 y 0.55. Sin embargo, obtuvimos el porcentaje de opacidad de las muestras preparadas conforme a la Norma, siguiendo las especificaciones de la ASTM D 2805-70 y D 589-65, indicadas en el manual para el aparato Hunter-lab modelo D25 A-9.

Esta prueba se llevó a cabo calibrando el cero y el estándar de blancura y midiendo la relación entre la reflectancia de la luz aparente de día del espécimen de resina dental (1 mm de espesor) contra un fondo negro estándar y la reflectancia de la luz aparente de día del espécimen de resina dental contra un fondo blanco estándar y multiplicando esta relación por 100. La prueba de estabilidad del color se llevó a cabo conforme a la Norma, pero empleando un Intemperómetro QUV-40, bajo ciclos alternativos de irradiación (8 horas, 60°C) y condensación (4 horas, 40°C) durante 24 horas.

6.4 EXPERIMENTACION

MATERIAL	MARCA	ORIGEN	LOTE
Adaptic	Johnson-Johnson	Brasil	7B2
Concise	3M México	México	Ago 8714
Miradapt	Johnson-Johnson	E.U.A.	953300
Degufill	Degussa	México	70704
Finesse	Caulk-Dentsply	E.U.A.	81286

6.4.1 EQUIPO

Baño de agua Yamato High Bath, modelo 3011.

Recirculador de Agua Haake, modelo FJ.

Cronómetro.

Instrumento medidor de dureza Barcol, modelo 6Y2J 935.

Colorímetro de reflectancia Hunter-Lab D25 PC2.

Intemperómetro QUV-40.

Máquina de pruebas mecánicas INSTRON computarizada modelo 1125.

6.4.2 METODO

Todas las pruebas se llevaron a cabo de acuerdo a las especificaciones de la Norma No. 27 de la A.D.A. a excepción de las pruebas de opacidad a las 24 horas y estabilidad del color.

6.5 PORCENTAJE DE OPACIDAD

Se prepararon tres especímenes de resinas polimerizadas (probetas) de acuerdo a las especificaciones de la Norma No. 27 de la A.D.A. y se les dieron tratamientos de humedad y temperatura indicados en dicha norma. La medición del porcentaje de opacidad (relación de contraste) se llevó a cabo con el colorímetro de reflectancia Hunter-Lab de la siguiente manera:

- a) Se calibra a cero utilizando la loseta estándar negra.
- b) Se calibra a blanco, utilizando la loseta blanca calibrada (índice de blancura, WI = 79.9; índices de amarillez, YI-1 =

1.7, YI-2 = 1.7).

- c) Se coloca el espécimen de resina polimerizada (1 mm de espesor) contra un fondo blanco (loseta blanca) y se efectúa la lectura.
- d) Se coloca el espécimen de resina polimerizada (1 mm de espesor) contra un fondo negro (loseta negra) y se efectúa la lectura.
- e) Se obtiene el porcentaje:

$$\% \text{ opacidad} = \frac{\text{Lectura contra fondo negro}}{\text{Lectura contra fondo blanco}} \times 100$$

6.6 ESTABILIDAD DEL COLOR

Se preparan los especímenes de resina polimerizada de acuerdo a las especificaciones de la Norma No. 27 de la A.D.A. y se les efectúan los tratamientos térmicos y de porcentaje de humedad que ahí mismo se indican. Se cortan en dos mitades. Una de las mitades se coloca en el interperómetro QUV-40 durante 24 horas bajo ciclos alternativos de 8 horas de irradiación (60°C) por 4 horas de condensación (40°C). Después de este tiempo se efectúa la comparación visual con la mitad no expuesta.

6.7 RESULTADOS

Los requerimientos en propiedades físicas de los diferentes tipos de resinas dentales (Tipo I y Tipo II), conforme

con la Norma No. 27 de la A.D.A. se pueden ver en la Tabla 6.1.

Los resultados encontrados para las resinas dentales de este estudio se presentan en la Tabla 6.2.

6.8 CONCLUSIONES

De los resultados encontrados para las resinas dentales compuestas de uso común en el medio odontológico nacional, de acuerdo con las especificaciones de la Norma No. 27 de la A.D.A., concluimos que todas estas resinas cumplen adecuadamente.

El porcentaje de opacidad y las pruebas de estabilidad de color, sin embargo, tienen que tomarse con cierta reserva, debido a las modificaciones que tuvieron que hacerse a las técnicas.

En la prueba de porcentaje de opacidad observamos que todas las probetas de resina dental presentaron valores semejantes (entre el 12 y el 14%). Estos valores pueden servir como estándares de comparación para esta técnica en subsecuentes investigaciones.

La prueba de estabilidad del color, aunque se tuvo que llevar a cabo en un intemperómetro, se considera representativa debido a que el ciclo de condiciones climáticas que se eligió es el considerado como más severo.

Con base en estos resultados podemos concluir que las resinas dentales de Tipo II (macrorrellenas e híbridas) tienen mejores propiedades mecánicas y físicas que las resinas de Tipo I

(microrrellenas), aunque estas últimas sean de mayor facilidad de manipulación para el odontólogo. Finalmente, es importante enfatizar que los resultados obtenidos en el laboratorio deben ir acompañados de un estudio clínico completo para una evaluación adecuada de este tipo de resina.

TABLA 6.1. REQUERIMIENTOS EN PROPIEDADES FISICAS DE LAS RESINAS COMPUESTAS (NORMA No. 27 DE LA A.D.A.)

	Mínimo	Máximo
Tiempo de trabajo	15 minutos	
Tiempo de endurecimiento		8 minutos
Opacidad a las 24 horas	CO.70	CO.70
Estabilidad de color	0.3 s	0.5 s decoloración perceptible con dificultad
Fuerza de tensión (diametral)	Tipo I-24 MN/m ² (MPa) (3480 psi) Tipo II-34 MN/m ² (MPa) (4930 psi)	
Absorción de agua a 37°C		(a 1 semana) Tipo I-1.7 mg/cm ² Tipo II-0.7 mg/cm ²

TABLA 6.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA NORMA No. 27 DE LA A.D.A.

Resina Comercial	Adaptic	Concise	Miradapt	Degufill	Finesse
Tipo	II	II	II	I	I
Tiempo de trabajo (min)	3:30- 3:50	2:20- 2:30	4:15	3:20	2:30- 2:45
Tiempo de endurecimiento (min)	3:20	2:20	4:20	3:30	4:30
Porcentaje de opacidad a 24 hrs.	14.20	14.20	12.20	13.90	13.30
Estabilidad de color	p/d	p/d	p/d	p/d	imperceptible
Fuerza de tensión (diametral)	47.1	48.2	48.05	39.2	40.2
Absorción de agua a 37°C (mg/cm ²)	0.45	0.51	0.53	0.85	1.55

p/d = perceptible con dificultad

CAPITULO 7
CALIBRACION DEL ANALISIS
DE CONVERSION FTIR DE LOS
COMPUESTOS DE RESINA DENTAL
CONTEMPORANEOS

7.1 RESUMEN

El material restaurativo compuesto ha sufrido un cambio gradual en su composición desde su introducción en la década de 1960. Las primeras resinas comerciales eran mezclas de BIS-GMA y TEGDMA. Hoy en día, todavía están presentes estas mezclas, pero existen dimetacrilatos de uretano y grandes estructuras oligoméricas de BIS-GMA-uretanos. Debido a estos cambios en la composición, es posible que los viejos métodos para calcular la conversión del monómero por medio de espectroscopía infrarroja necesiten modificación. Esta investigación estudia diferentes métodos usados para formular las curvas de calibración para determinar la conversión del monómero mediante espectroscopía infrarroja de compuestos comerciales contemporáneos que contienen estructuras aromáticas. En este estudio se establecieron los procedimientos para la calibración de la conversión que usan varios métodos basales con BIS-GMA, Bisfenol A/TEGDMA y una resina de enlace (bonding) hidrogenada. Se determinaron las absorciones infrarrojas de pico y de área. Un método basal particular resultó ser el mejor ajuste a la ley de Beer-Lambert. Se descubrió que el Bisfenol A es inadecuado como un modelo de calibración infrarroja para resinas compuestas. El modelo de calibración BIS-GMA/TEGDMA simula muy de cerca los valores de conversión obtenidos cuando se usó un modelo de resina comercial hidrogenada.

7.2 INTRODUCCION

Ha habido muchos estudios que determinan el grado de conversión en materiales restaurativos de compuestos dentales por medio del análisis infrarrojo. La formulación de resina de los sistemas de compuestos comerciales ha evolucionado desde mezclas simples de BIS-GMA (2,2-Bis-[4-(2-hidroxi-3-metacriloxi-propiloxi)fenil]propano) y TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol) hasta oligómeros muy complejos. Estos desarrollos en la formulación de resinas requieren que los métodos usados para determinar la conversión del monómero también sigan siendo relevantes. La metodología del análisis de conversión por medio de métodos infrarrojos depende del cálculo de la razón de la absorción de carbono a carbono (C=C) alifático a 1640 cm^{-1} a la absorción de C=C aromática a 1608 cm^{-1} . Las funciones de absorción aromática como un estándar interno eliminan la necesidad de determinar la longitud de "cell-path" o de controlar el área de contacto del material cuando se usa la reflectancia total atenuada (ATR). Se han usado tres combinaciones químicas como estándares de calibración para establecer la relación entre varias concentraciones de grupos C=C alifáticos y aromáticos y su correspondiente razón de absorción infrarroja. Estas soluciones son mezclas de TEGDMA y Bisfenol-A, TEGDMA y BIS-GMA, y proporciones de resina comercial hidrogenada y no hidrogenada. El espectro infrarrojo en la región del análisis de estos picos C=C contiene muchos picos de absorción que se traslapan y que podrían

conducir a valores de absorción anómalos como un resultado de la interacción aditiva de dichos picos. Cuando se determinan las intensidades de pico del C=C, se usa la técnica de la línea de base estándar. Pero las líneas de base pueden obtenerse en varios lugares, y no todos los investigadores las obtienen de una manera similar. Debido a la influencia de los picos de absorción traslapados, y a diferencias en el establecimiento de una línea basal, existe la posibilidad de que la relación entre la razón de concentración de C=C y la razón de absorción infrarroja del C=C no sea verdaderamente lineal. Para un análisis cuantitativo exacto, debe mantenerse la linealidad en esta relación o debe determinarse la correspondencia funcional exacta. Si la concentración de la solución y la absorción infrarroja no están relacionadas linealmente, i.e., no siguen la ley de Beer, el cálculo resultante de la conversión del monómero puede ser inexacto hasta el grado de que la relación se desvíe de la linealidad. Si ocurre desviación, podría compensarse mediante el establecimiento de la naturaleza matemática precisa de la relación entre concentración y absorción, pero esto requiere del uso de ecuaciones polinomiales. El cálculo de la conversión se hace mucho más expedito si se obtiene una relación lineal, especialmente una que regrese naturalmente a través del origen. Mediante el uso de diferentes métodos basales, también existe la posibilidad de que los resultados de conversión puedan no sólo ser inexactos, sino que también pueden ser imprecisos cuando se comparan resultados entre

laboratorios.

El propósito de este estudio es determinar el rango de concentración de las soluciones de calibración requerido para determinar con exactitud la conversión del monómero por medio de espectroscopia infrarroja para materiales restaurativos compuestos comerciales y contemporáneos que contienen un anillo aromático. También se estudia el efecto de la utilización de diferentes técnicas basales infrarrojas y distintas soluciones de calibración en la determinación del grado de conversión de materiales compuestos basados en BIS-GMA polimerizados químicamente y fotopolimerizados.

7.3 MATERIALES Y METODOS

Se prepararon tres tipos de soluciones de calibración, las cuales representaban combinaciones de picos de absorción del doble enlace de carbono (C=C) alifático y aromático. La primera mezcla consistió en mezclas molares integrales de TEGDMA, que representaban al C=C alifático, y Bisfenol A, que representaban al C=C aromático. Se usó etanol como el solvente, y las razones molares variaron de 1/1 a 5/1. La segunda mezcla de solución estándar consistió en razones molares integrales de 1/1 a 6/1 de C=C alifático y aromático representados por mezclas de TEGDMA y BIS-GMA, respectivamente. La última solución de calibración se obtuvo mediante hidrogenación del agente enlazante (bonding) líquido de un material enlazante ortodóncico comercial hasta que

se eliminaron todos los C=C alifáticos. Una solución de 1.15 g de dicho agente enlazante (resina A) en 160 mL de acetato de etilo se combinó con 0.50 g de Pd/C. La hidrogenación se realizó en un aparato cerrado bajo presión ambiental de hidrógeno a temperatura ambiente con agitación vigorosa. Después de cuatro horas, la mezcla de reacción se filtró a través de Celite en un embudo sinterizado, y el solvente se evaporó bajo presión reducida. El residuo se tomó en una pequeña cantidad de cloruro de metileno y se refiltró a través de un filtro de 0.2 micras para eliminar las finas partículas de carbón todavía presentes. El solvente se eliminó bajo presión reducida para producir el material hidrogenado, el cual no mostró absorciones relacionadas con el vinilo en ninguno de los espectros IR o ¹H NMR correspondientes. Luego, esta resina no saturada se añadió proporcionalmente a cantidades de la misma resina que no se sometieron a hidrogenación. El rango de mezclas representaba cantidades de resina "totalmente polimerizada" (material hidrogenado) combinada con proporciones de material totalmente no polimerizado (resina bonding de reserva). Se prepararon once diferentes mezclas proporcionales de estos componentes.

El análisis infrarrojo de las mezclas de solución de calibración se realizó en un espectrómetro infrarrojo de transformada de Fourier (FTIR), con reflectancia total atenuada (ATR) con un cristal KRS-5 de 10 x 5 x 1 mm. El espectro se registró con 16 "scans" usados a una resolución de 2 cm⁻¹ y

apodización triangular. Se hicieron cinco réplicas para todas las mezclas de cada tipo de solución.

Se crearon cinco diferentes métodos basales para analizar la absorción pico del C=C alifático a 1640 cm^{-1} y la absorción del C=C aromático a 1608 o 1582 cm^{-1} . El área del pico y la altura del mismo se determinaron por medio del uso de un programa de computadora, lo que resultó en un total de diez métodos diferentes para determinar las razones de absorción. La Fig. 7.1 muestra la representación gráfica de cada método. No se incluyó un método basal que conectara la depresión después de 1637 cm^{-1} con la que hay después de 1582 cm^{-1} . Se descubrió que los espectros de algunos compuestos comerciales tenían valles o depresiones después de 1608 cm^{-1} cuya absorbancia era más baja que la correspondiente a después de 1582 cm^{-1} , lo que hacía imposible una conexión de línea basal. Por esta misma razón, no se obtuvo una línea basal antes del pico de 1715 cm^{-1} y después del pico de 1582 cm^{-1} .

Se hicieron gráficas de cada razón molar o porcentaje de resina hidrogenada vs. la razón de absorción del C=C alifático a aromático para cada técnica basal y para todos los tipos de soluciones estándar. Se realizaron análisis de regresión sobre los datos resultantes, forzando a la relación a pasar por el origen. A cada gráfica se le ajustó un modelo lineal, así como uno polinomial de segundo orden, y se calculó la correlación de la determinación (r^2) para probar la bondad del ajuste.

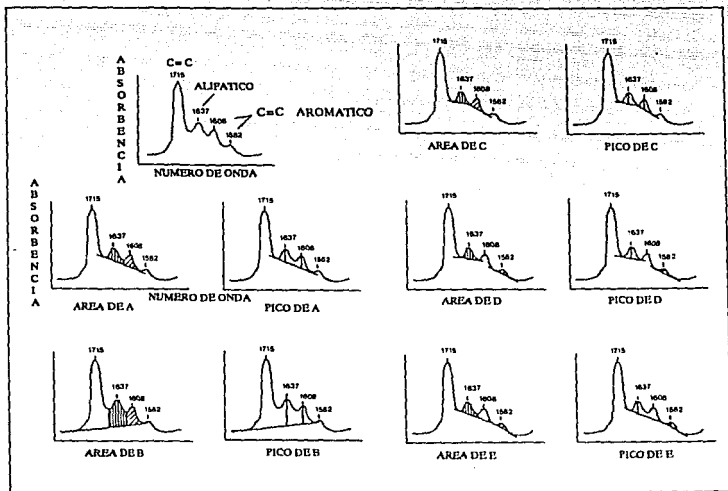


Figura 7.1. Diagramas de los 10 métodos basales usados para determinar las razones de absorción de C=C alifático a aromático.

Con el fin de examinar los efectos del uso de diferentes técnicas basales sobre los valores de conversión de compuestos comerciales, preparamos cinco muestras de un compuesto polimerizado químicamente (pasta ortodóncica Concise) y un producto activado lumínicamente (Prisma-Fil), y calculamos sus conversiones mediante el uso de cada método basal. La razón de absorción infrarroja de C=C aromático a alifático del material no polimerizado se determinó por medio de cada método basal. Mediante el uso de la fórmula de regresión para cada método basal obtenida de las soluciones de calibración, el valor de la razón de absorción se convirtió en la razón molar equivalente de la solución de calibración. Esta determinación representaba el 100% del nivel no polimerizado de la resina. También se obtuvieron los espectros infrarrojos para los especímenes polimerizados. Se realizó un procedimiento similar al empleado para el material no polimerizado con el fin de determinar la razón molar equivalente de la solución de calibración para el espécimen polimerizado. A continuación se determinó la conversión porcentual del monómero para el espécimen polimerizado mediante el cálculo de la proporción de la razón molar equivalente del C=C alifático/aromático o la razón equivalente no hidrogenado/hidrogenado del material no polimerizado conseguida por el espécimen polimerizado (ecuación 1):

$$\% \text{ de conversión} = (1 - C/U) \times 100\%$$

en donde: C = razón molar equivalente del espécimen polimerizado.

U = razón molar equivalente del espécimen no polimerizado.

Se realizó un ANDEVA bilateral al nivel de confianza del 95% para probar la presencia de una diferencia significativa en la conversión monomérica media entre las diferentes combinaciones de método basal/solución de calibración. La comparación entre valores de conversión media específica se examinó mediante la prueba PLSD de Fisher realizada a un nivel de confianza similar.

Se pusieron a prueba nueve compuestos de resina comerciales para la determinación de la razón molar de C=C alifático a aromático del producto en el estado no polimerizado (Tabla 7.1). Los scans infrarrojos de estos materiales no polimerizados se realizaron bajo las condiciones establecidas previamente. La razón de absorción de los polímeros no curados se determinó usando el método basal que produjo la relación más lineal entre la absorbancia infrarroja y la concentración molar (pico E). A continuación se determinó la razón molar equivalente del C=C alifático a aromático para el material no polimerizado haciendo uso de la relación de regresión del método de calibración del BIS-GMA/TEGDMA.

TABLA 7.1 RAZON MOLAR EQUIVALENTE DE C=C ALIFATICO A AROMATICO DE
 COMPUESTOS COMERCIALES NO CURADOS

Marca	Compañía	Lote	Razón de Absorción No Curado	Razón Molar Equivalente de C=C
Material Bonding Ortodóncico Achieve	Compañía "A" San Diego, CA	7J305	4.95/1	2.05/1
Occlusin	Coe Laboratories Chicago, IL	A060B100186	12.50/1	5.18/1
Ful-Fil (Shade U)	Caulk/Dentsply Milford, DE	121285	9.15/1	3.79/1
Valux	3M Dental Products St. Paul, MN	P806227	6.56/1	2.72/1
Prisma-Fil (Shade L)	Caulk/Dentsply Milford, DE	062842	10.54/1	4.36/1
Resina Ortodóncica Concise	3M Dental Products St. Paul, MN	7AE2	4.25/1	1.76/1

TABLA 7.1 (CONTINUACION)

Marca	Compañía	Lote	Razón de Absorción No Curado	Razón Molar Equivalente de C=C
P-30	3M Dental Products St. Paul, MN	6R5D	10.20/1	4.22/1
Adaptic II (Shade-Light)	Johnson & Johnson East Windsor, NJ	6E5208	3.54/1	1.47/1
Sinter Fil (Universal)	Teledyne Getz Elk Grove Village, IL	062984	9.15/1	3.79/1

7.4 RESULTADOS

La Tabla 7.2 presenta la bondad del ajuste (representada por la correlación de la determinación, r^2), para el modelo de regresión de una relación lineal y una polinomial de segundo orden entre la razón de absorción para todos los métodos basales y la razón de concentración molar de TEGDMA/Bisfenol A (a) y TEGDMA/BIS-GMA (g) o el porcentaje de resina bonding hidrogenada (h). En general, a valores más altos de r^2 en la regresión lineal, menor es su diferencia del valor r^2 correspondiente de la regresión de segundo orden. Los métodos C, D y E tienden a tener el mejor ajuste para la regresión lineal. La Tabla 7.3 muestra la jerarquización relativa (el valor más alto de r^2 es igual a 1, el más bajo es igual a 3) de los tres tipos de solución para cada método basal. La resina hidrogenada y TEGDMA/BIS-GMA tienen correlaciones de jerarquización más alta que el estándar TEGDMA/Bisfenol A, lo que indica un mejor ajuste global al modelo lineal para las dos primeras soluciones.

La Fig. 7.2 muestra las diferencias en los espectros infrarrojos entre las soluciones de TEGDMA/Bisfenol A, TEGDMA/BIS-GMA y de resina hidrogenada. Existen diferencias en la localización del número de onda de los picos de absorción del C=C aromático. Las soluciones TEGDMA/Bisfenol A tienen absorciones aromáticas a 1614 y 1593 cm^{-1} , mientras que las otras dos soluciones indican absorciones aromáticas a 1608 y 1582 cm^{-1} , respectivamente. El pico del C=C alifático ocurre a un número de

TABLA 7.2 VALORES DE r^2 JERARQUIZADOS EN LA REGRESION DE PRIMER ORDEN

Método de Razon	1er. Orden	2o. Orden	Diferencia
Pico E g	0.999	0.999	0
Area E g	0.999	0.999	0
Pico D h	0.998	0.998	0
Pico D g	0.998	0.999	0.001
Pico C a	0.997	0.998	0.001
Pico E h	0.996	0.998	0.002
Pico C h	0.995	0.999	0.004
Area E h	0.994	0.996	0.002
Area E a	0.992	0.993	0.001
Area D a	0.991	0.996	0.005
Pico D a	0.991	0.997	0.006
Pico E a	0.991	0.997	0.006
Area D g	0.991	0.997	0.006
Area D h	0.987	0.995	0.008
Pico A h	0.981	0.999	0.018
Pico C g	0.977	0.998	0.021
Pico B h	0.975	0.999	0.024
Pico A g	0.969	0.998	0.029
Pico B g	0.963	0.999	0.036
Area A h	0.958	0.997	0.039
Area C h	0.958	0.993	0.035
Area C a	0.944	0.995	0.051
Area B g	0.944	0.997	0.053
Area A g	0.943	0.997	0.054
Area B h	0.942	0.996	0.054
Pico B a	0.914	0.983	0.069
Pico A a	0.902	0.989	0.087

TABLA 7.2 (CONTINUACION)

Método de Razón	1er. Orden	2o. Orden	Diferencia
Area B a	0.892	0.952	0.060
Area C g	0.878	0.993	0.115
Area A a	0.843	0.970	0.127

g = soluciones de TEGDMA/BIS-GMA

h = resina bonding hidrogenada

a = soluciones de TEGDMA/Bisfenol A

TABLA 7.3 JERARQUIZACION PROMEDIO DE r^2 DE PRIMER ORDEN BASADA EN EL TIPO DE SOLUCION

Método	Jerarquía (a)	Jerarquía (h)	Jerarquía (g)
Area A	3	1	2
Pico A	3	1	2
Area B	3	2	1
Pico B	3	1	2
Area C	2	1	3
Pico C	1	2	3
Area D	1	2	1
Pico D	2	1	1
Area E	3	2	1
Pico E	3	2	1
Jerarquía promedio	2.4	1.5	1.7

1 = coeficiente de determinación más alto

2 = valor más bajo cuando se jerarquizó un método basal particular

g = soluciones de TEGDMA/BIS-GMA

h = soluciones de bonding hidrogenadas

a = soluciones de TEGDMA/Bisfenol A

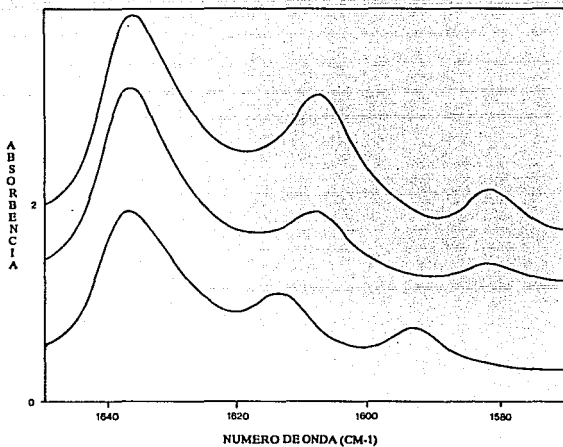


Figura 7.2 Espectros infrarrojos de las soluciones usadas como estándares de calibración. (1) Mezcla de resina de enlace hidrogenado/no hidrogenado (razón de C=C no específico). (2) Razón molar TEGDMA/BIS-GMA de C=C alifático a aromático de 5/1. (3) Razón molar TEGDMA/Bisphenol-A de C=C alifático a aromático de 5/1.

onda similar en los tres tipos de solución (1637 cm^{-1}). El desplazamiento en el número de onda de la solución de Bisfenol A con respecto al de las soluciones de BIS-GMA y resina hidrogenada podría ser un resultado de la ausencia de los hidrocarburos de cadena larga presentes en los dos últimos materiales los cuales actúan para proteger o escudar a los anillos aromáticos.

La Fig. 7.3 muestra los valores de conversión para Concise con el uso de cada método basal generado por las soluciones de calibración de la resina hidrogenada. Las conversiones determinadas como regresiones de primer orden varían de una baja del 42.0% a una alta del 61.8%. Las conversiones determinadas como modelos de segundo orden tienen menos rango de variación y van de una alta del 57.0% a una baja del 47.0%. Para los métodos A, B y E, las conversiones determinadas para la regresión de segundo orden tienden a ser mayores que las determinadas a partir de la regresión de primer orden. Lo opuesto es válido para los métodos basales C y D, con la excepción del pico de D. En la Fig. 7.4, las conversiones de Concise están determinadas mediante el uso de curvas de calibración generadas a partir de las soluciones de TEGDMA/BIS-GMA. Las conversiones basadas en las regresiones de primer orden son idénticas a las del modelo hidrogenado cuando se comparan métodos basales similares. Sin embargo, la comparación de las conversiones de segundo orden difiere con el modelo TEGDMA/BIS-GMA, que tiende a producir conversiones medias más bajas. Los métodos basales A y B tienen

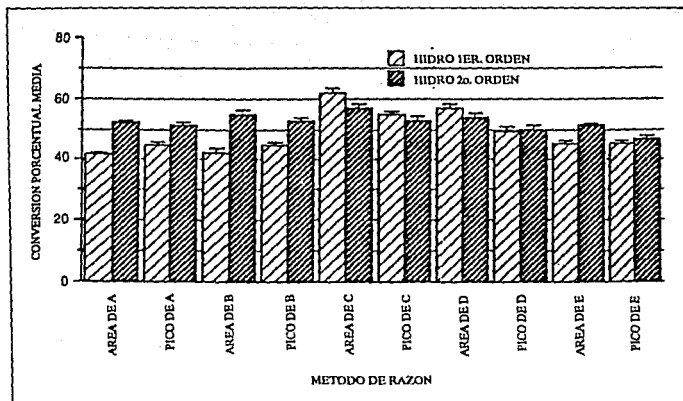


Figura 7.3 Conversión media de Concise con el modelo de resina hidrogenada. Los métodos basales A, B y E resultan en una menor conversión del monómero en la regresión de primer orden, mientras que la regresión de primer orden de los métodos C y D genera valores más altos que el modelo de segundo orden. Barra = 1 desviación estándar.

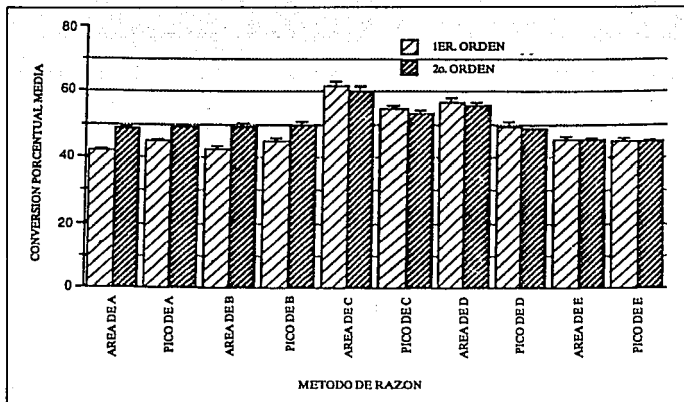


Figura 7.4 Conversión media de Concise con el modelo TEGDMA/BIS-GMA. Los métodos basales A y B muestran valores de conversión más bajos en la regresión de primer orden que en la de segundo orden. Los métodos C y D resultan en conversiones de mayor valor cuando se regresan como el modelo de primer orden, mientras que el método E muestra conversiones de valores similares cuando se regresa como los modelos de primer y de segundo orden. Barra \pm 1 desviación estándar.

valores medios de conversión que son más bajos cuando se regresan en primer orden que cuando se determinan con un polinomio de segundo orden. Para los métodos basales C y D, es válido justamente lo contrario. Para los métodos pico de E y área de E, los valores de conversión determinados mediante regresión de primero y de segundo órdenes son idénticos. En las Figs. 7.3 y 7.4, los métodos C y D tienden a tener valores medios de conversión mayores que los correspondientes a los demás métodos basales.

La Tabla 7.4 muestra las combinaciones de soluciones de calibración y métodos basales que mostraron valores de conversión del monómero estadísticamente similares para Concise cuando se usaron modelos de regresión de primer orden. Para cada método basal específico, no hubo ninguna diferencia significativa en los valores medios de conversión del monómero cuando se compararon los resultados determinados como el modelo BIS-GMA o el hidrogenado. Los métodos basales C y D (pico y área) demostraron valores medios de conversión significativamente diferentes de los de todos los demás métodos, excepto cuando cada método se comparó entre las dos soluciones de calibración: BIS-GMA y el modelo hidrogenado.

La Tabla 7.5 enlista la presencia de diferencias significativas en los valores de conversión de Concise entre los determinados como una regresión de primer orden y los determinados como un segundo orden para cada método basal, con el uso de los modelos TEGDMA/BIS-GMA o el de resina hidrogenada. En el modelo

TABLA 7.4 VALORES DE CONVERSION DE MONOMERO ESTADISTICAMENTE SIMILARES PARA CONCISE CON EL USO DE VARIAS COMBINACIONES DE SOLUCION DE CALIBRACION Y BASAL

Solución/Basal	Metodos que demuestran Valores de Conversión Estadísticamente Similares
B/AP	B/BP,B/EP,B/EA,H/AP,H/BP,H/EP,H/EA
B/AA	B/BA,H/AA,H/BA
B/BP	B/EP,B/EA,H/AP,H/BP,H/EP,H/EA
B/BA	B/AA,H/AA,H/BA
B/CP	H/CP
B/CA	H/CA
B/DP	H/DP
B/DA	H/DA
B/EP	B/EA,B/AP,B/BP,H/AP,H/BP,H/EP,H/EA
B/EA	B/AP,B/BP,B/EP,H/AP,H/BP,H/EP,H/EA
H/AP	B/AP,B/BP,B/EP,B/EA,H/BP,H/EP,H/EA
H/AA	B/AA,B/BA,H/BA
H/BP	B/AP,B/BP,B/EP,B/EA,H/AA,H/EP,H/EA
H/BA	B/AA,B/BA,H/AA
H/CP	B/CP
H/CA	B/CA
H/DP	B/DP
H/DA	B/DA
H/EP	B/AP,B/BP,B/EA,B/EP,H/EA,H/AP,H/BP
H/EA	B/AP,B/BP,B/EP,B/EA,H/EP,H/AP,H/BP

Clave para identificación: solución de calibración/método basal

B = BIS-GMA y TEGDMA

H = Resina bonding hidrogenada

A = método A

B = método B

C = método C

D = método D

E = método E

A = Area

P = Pico

Ejemplo:

B/AA designa a la solución de calibración de BIS-GMA y TEGDMA y al método basal Area A

TABLA 7.5 PRUEBA t DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE ESPECIMENES DE CONCISE CURADOS (MODELOS DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN)

Presencia de Diferencia Significativa en la Conversión Media		
Método de Razón	Modelo BIS-GMA	Modelo Hidrogenado
Pico A	Sí	Sí
Area A	Sí	Sí
Pico B	Sí	Sí
Area B	Sí	Sí
Pico C	Sí	Sí
Area C	No	Sí
Pico D	No	No
Area D	No	Sí
Pico E	No	Sí
Area E	No	Sí

Sí * $p < 0.05$

hidrogenado, todas las regresiones de segundo orden son significativamente diferentes de las de primer orden con la excepción del método del pico D. En el modelo TEGDMA/BIS-GMA, sólo los métodos de área D, E y C no muestran ninguna diferencia de conversión significativa. El método del pico D es el único método basal que no muestra ningún cambio en la conversión cuando se regresa como polinomios de primer y segundo orden, independientemente del tipo de solución de calibración usado.

La Fig. 7.5 muestra los valores de conversión determinados para especímenes de Prisma-Fil mediante el uso de curvas de regresión de primer y de segundo órdenes de las soluciones de calibración de TEGDMA/BIS-GMA. El rango de las conversiones obtenidas con la regresión de primer orden varía de 23.7 a 47.2%. Las conversiones calculadas de las regresiones de segundo orden varían del 31.8 al 39.7%. La Fig. 7.6 muestra que los métodos basales A y B tienden a tener una conversión media menor cuando se determinan como relaciones de primer orden que cuando se determinan como relaciones de segundo orden. Para los métodos C y D es válido lo opuesto. Los valores de conversión son similares para la regresión de primer y de segundo orden para los métodos de pico E y de área E. Los métodos de área y pico C y de área D tienen valores de conversión media más altos para las regresiones de primer orden que los determinados por medio de los demás métodos. La Tabla 7.6 muestra qué combinaciones de determinación basal y de pico o área dieron valores de conversión

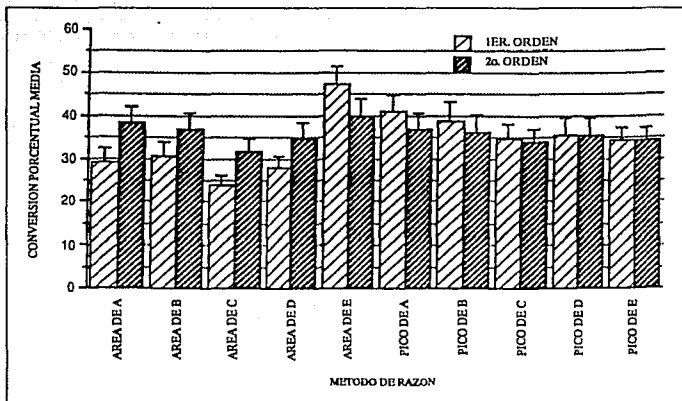


Figura 7.5 Conversión media de Prisma-Fil usando el modelo TEGDMA/BIS-GMA. Los métodos basales A y B muestran valores de conversión menores en la regresión de primer orden que en la de segundo orden. Los métodos C y D resultan en conversiones de mayor valor cuando se regresan como el modelo de primer orden, mientras que el método E muestra conversiones de valores similares cuando se regresa como los modelos de primur y segundo orden. Barra = 1 desviación ostándar.

TABLA 7.6 VALORES DE CONVERSION DE MONOMERO ESTADISTICAMENTE SIMILARES PARA PRISMA-FIL USANDO SOLUCIONES DE BIS-GMA/TEGDMA CON VARIOS METODOS BASALES

Método Basal	Métodos que Demuestran Valores de Conversión Estadísticamente Similares
A/P	A/A,B/P,D/P,E/P
A/A	A/P,B/P
B/P	A/A,A/P,B/A
B/A	B/P
C/P	D/A
C/A	
D/P	A/P,D/A,E/P,E/A
D/A	C/P,E/A
E/P	A/P,D/P,E/A
E/A	D/P,E/P

Clave para identificación: método basal/pico o área

A = método A

B = método B

C = método C

D = método D

E = método E

A = Área

P = Pico

Ejemplo: A/A es el Área del Método basal A

estadísticamente similares para el modelo de primer orden. Se encontró que el método basal de área C proporcionaba valores de conversión del monómero que eran estadísticamente diferentes de los correspondientes a todas las demás combinaciones. Del total de 45 posibles combinaciones de comparaciones del valor de conversión basadas en el método basal, se descubrió que sólo 11 eran estadísticamente similares (aproximadamente el 25%). La Tabla 7.7 indica que los métodos basales área C, pico D, área D, pico E y área E no muestran ninguna diferencia significativa entre los valores de conversión calculados como relación de primer o de segundo orden. Los métodos pico E y área E tuvieron los valores medios más similares, $p = 1.000$.

El rango de razones de absorción de materiales restaurativos compuestos de tipo comercial no polimerizados se muestra en la Tabla 7.1. Estos valores se determinaron con el método basal pico de E regresado a partir de la curva de calibración de primer orden de las soluciones de TEGDMA/BIS-GMA. También se determinó la razón molar correspondiente de C=C alifático a aromático. El valor más alto de la razón de absorción se relacionó con Occlusin, con un valor de 12.50/1, el cual se correlaciona con una razón molar equivalente de C=C alifático a aromático de 5.18/1. La razón de absorción más baja fue demostrada por Adaptic II, con 3.54/1, lo que indica una razón molar de 1.47/1.

TABLA 7.7 PRUEBA t DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE
ESPECIMENES DE PRISMA-FIL CURADOS, MODELO BIS-GMA
DE PRIMER Y SEGUNDO ORDEN

Método de Razón	Presencia de Conversión Media Significativa	Valor de p
Pico A	Si	0.019
Area A	Si	0.005
Pico B	Si	0.009
Area B	Si	0.001
Pico C	No	0.103
Area C	Si	0.020
Pico D	No	0.680
Area D	No	0.358
Pico E	No	1.000
Area E	No	1.000

Si = $p < 0.05$

7.5 DISCUSION

Los resultados indican que hay grandes diferencias en las curvas de calibración obtenidas cuando se usan diferentes métodos basales y soluciones de calibración. La curva de calibración ideal mostraría características apegadas a la ley de Beer. Esta limitación requiere que la línea de regresión sea un ajuste lineal que naturalmente atraviese el origen de la curva de calibración. De tal suerte, cuando se busca el mejor método basal, se busca el modelo de regresión que dé el ajuste más lineal manifestado por la más alta correlación de determinación cuando se regresa como un modelo de primer orden. El modelo también debería mostrar el cambio mínimo en r^2 cuando se regresa como un polinomio de segundo orden. Un cambio grande en r^2 cuando se regresa como una relación de segundo orden indicaría que la función es más un polinomio que una expresión lineal.

La Tabla 7.2 muestra que el pico E y el área E tuvieron el valor de r^2 de primer orden más alto con una diferencia mínima respecto a r^2 del ajuste de segundo orden cuando se usaron las soluciones TEGDMA/BIS-GMA. Estos métodos también tuvieron una jerarquización alta cuando se usaron las soluciones de resina hidrogenada. Los métodos basales A y B tendieron a mostrar valores de r^2 de primer orden menores que los de los demás métodos, y también cambios más grandes en r^2 cuando se ajustaron a modelos de segundo orden. Este resultado implica que estos métodos basales son más polinomiales que lineales. Sobre esta

base, los métodos A y B se eliminaron como candidatos en el procedimiento de calibración. Los métodos C y D también produjeron valores altos de r^2 con pequeños cambios en el valor del ajuste cuando se regresaron en segundo orden. Sin embargo, estos métodos se consideran inapropiados para usos de calibración. La razón por la que se excluyen de la consideración es que se obtienen mediante una línea basal dibujada hasta el valle a cada lado del pico de C=C alifático (Fig. 7.1). El obtener una línea basal de esta manera no explica la altura añadida del valle a 1621 cm^{-1} como un resultado de la interacción con el pico aromático a 1608 cm^{-1} . El resultado de esta interacción de picos se ve en las Figs. 7.3, 7.4 y 7.5, en donde los valores de conversión determinados con estos métodos basales (C y D) produjeron valores de conversión media para las regresiones de primer orden que tendían a exceder a los correspondientes a los otros métodos. También se demostró que estos métodos tienen valores de conversión estadísticamente diferentes de los de todas las demás combinaciones basales (Tablas 7.4 y 7.6). La elección de métodos que están menos influidos por el traslape de picos es uno de los criterios en la técnica basal. El método E parece ser la mejor opción de línea de base porque muestra valores de r^2 altos en las regresiones de primer y de segundo órdenes.

Cuando se comparan las soluciones de calibración, hay diferencias en el número de onda de los picos aromáticos entre las mezclas de TEGDMA/Bisfenol A y las soluciones de TEGDMA/BIS-GMA o

de resina hidrogenada, como lo demuestra la Fig. 7.3. No sólo difiere la localización del pico, sino también su altura. Por ejemplo, el más pequeño de los picos aromáticos es mucho más grande en la mezcla TEGDMA/Bisfenol A de lo que es en un espectro correspondiente de TEGDMA/BIS-GMA de contenido similar en razón molar. La Tabla 7.3 también demuestra la regresión relativamente pobre para las soluciones de TEGDMA/Bisfenol A en comparación con la demás soluciones. Por esta razón, TEGDMA/Bisfenol A se excluyó al determinar la conversión del monómero y no se considera adecuada como un estándar de calibración.

Por otra parte, las soluciones de TEGDMA/BIS-GMA tuvieron un rango de clasificación casi tan alto como el de la resina hidrogenada en su capacidad para proporcionar valores de r^2 altos para las regresiones de primer orden (Tabla 7.3). Puesto que la razón de absorción de la resina hidrogenada no abarca el rango de variación correspondiente a las soluciones de TEGDMA/BIS-GMA, el modelo hidrogenado está limitado en su alcance a analizar la conversión de productos comerciales que tienen razones de absorción del material no polimerizado que sobrepasan a las del 100% de resina no hidrogenada. Los métodos de pico E y área E no muestran ninguna diferencia entre la regresión de primer orden y la de segundo orden con un valor de r^2 muy alto (0.999). El modelo de TEGDMA/BIS-GMA simuló los valores de absorción de la resina comercial. De tal suerte, la solución de calibración más apropiada para usarla en la determinación de la conversión es la

de TEGDMA/BIS-GMA utilizando el método basal del pico E o el área E.

Cuando se está eligiendo entre los dos métodos basales pico de E y área de E, parecería más lógico escoger el pico de E, porque demuestra una variación más pequeña en los valores de conversión comparado con el área E. Además, muchos laboratorios pueden no tener la capacidad de integrar los picos de absorción.

La investigación previa ha proporcionado curvas de calibración de TEGDMA/BIS-GMA y TEGDMA/Bisfenol A y ha establecido que son esencialmente similares, lo que implica que los valores de conversión obtenidos de ellas producirán valores similares. La relación no lineal entre la absorción y la concentración de C=C se reconoce, pero no se compensa. La razón molar más alta de C=C alifático a aromático para propósitos de calibración en un estudio es de sólo 2/1. Las curvas de calibración con razones más altas que ésta no se requirieron para las resinas producidas durante este periodo. Empero, la Tabla 7.1 muestra que los productos comerciales contemporáneos requieren soluciones de calibración que tengan razones molares de C=C de por lo menos 6/1 con el fin de que se determinen valores de conversión. No se puede confiar simplemente en la extrapolación de la curva de calibración más allá del último punto de datos para determinar la relación entre la absorción infrarroja y la concentración química. A razones molares más altas se insiste en la no linealidad, y así se subraya la importancia de extender el rango de las soluciones de

calibración y de encontrar el método basal que proporcione el mejor ajuste lineal.

La fórmula simplificada de conversión del monómero (ecuación 1) es la misma que reportaron Ferracane y Greener. Esta fórmula puede usarse sólo si la relación de regresión es verdaderamente de primer orden. Por lo tanto, se hace énfasis en la necesidad y la utilidad de una relación verdaderamente lineal en la curva de calibración.

Los resultados de este estudio también indican que cuando se usa el método basal del pico E, la cantidad de variación que puede esperarse en una razón de absorción no es peor que ± 3 a 4%, similar a la reportada en otro informe. La variación de un material fotopolimerizado es mayor que la que se encuentra en el producto polimerizado químicamente, lo cual produce una precisión de $\pm 0.4\%$. La mayor cantidad de variación en el material fotopolimerizado podría ser un resultado de diferencias en la conversión del monómero que surgen de variables tales como el espesor del espécimen y la distancia a la fuente luminosa del compuesto no polimerizado.

Las relaciones reportadas en esta investigación son de valor sólo cuando la conversión del monómero se determina mediante la reflectancia total atenuada (ATR). Se requiere realizar experimentos similares para la espectroscopía de transmisión, pero muy bien podría ofrecer resultados similares. No obstante, se espera que la determinación futura de la conversión del monómero

en compuestos dentales se calculará con líneas basales obtenidas de manera similar, de tal forma que se reduzca la variación entre laboratorios y aumente la exactitud.

7.6 CONCLUSIONES

Se descubrió que el valor de la conversión del monómero determinado con espectroscopía infrarroja para resinas compuestas comerciales es significativamente diferente cuando se usan líneas basales diferentes.

De los métodos basales examinados, el método E demostró una determinación muy alta de la correlación entre la concentración de C=C y la absorción infrarroja de C=C, y también demostró un cambio muy pequeño en r^2 cuando se regresó como un polinomio de segundo orden.

Las mezclas de Bisfenol A/TEGDMA no representan exactamente la localización del pico ni la intensidad del mismo de las estructuras C=C observadas en el material compuesto comercial, mientras que las mezclas de TEGDMA/BIS-GMA sí lo hacen.

Necesita usarse una razón molar de C=C alifático a aromático de 6/1 con el fin de establecer una curva de calibración que determine de manera válida la conversión del monómero para un amplio rango de materiales compuestos comerciales.

Si el método basal sugerido en esta investigación (método del pico E) se usa para la determinación de la conversión del monómero, podría aplicarse una fórmula simplificada en la

determinación de esa conversión.

CAPITULO 8

**LA ASPEREZA SUPERFICIAL
DE LAS AREAS DE CONTACTO
ESMALTE-ESMALTE COMPARADA CON
LA ASPEREZA INTRINSECA DE
COMPUESTOS DE RESINA DENTAL**

8.1 RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la aspereza superficial de áreas de contacto de esmalte-esmalte con el fin de ofrecer un estándar para la comparación con las características superficiales de materiales restaurativos compuestos disponibles comercialmente. Además, se evaluó la aspereza superficial inherente de compuestos de resina mediante una técnica perfilométrica después de un procedimiento de abrasión con cepillo de dientes. Se realizó una prueba t unilateral para delinear las diferencias significativas entre el valor de aspereza superficial de las facetas de esmalte y el de las respectivas muestras de compuestos. Se encontró una aspereza superficial de 0.64 ± 0.25 micras (media \pm desviación estándar) para las áreas de contacto esmalte-esmalte.

8.2 INTRODUCCION

Los grupos encargados de materiales dentales (Consejo de la A.D.A. sobre Materiales, Instrumentos y Equipo Dentales) están buscando estándares de aceptación para compuestos posteriores. El enfoque más lógico sería el de elegir al esmalte humano como un estándar general, ya que es el material biológico que se reemplaza después de la preparación de la cavidad oclusal; el material restaurativo ideal debería igualar las propiedades de los tejidos que reemplaza. Esto es válido para la igualación de color, el coeficiente de expansión térmica, la radiopacidad, el módulo de

elasticidad y la resistencia compresiva.

Recientemente se ha medido in vivo la tasa de desgaste de las áreas de contacto oclusales esmalte-esmalte, y los datos cuantitativos resultantes pueden servir como un estándar de desgaste fisiológico. El desgaste de una restauración es de importancia clínica sólo si difiere del desgaste vertical del esmalte bajo condiciones fisiológicas. Algunos compuestos posteriores presentan actualmente una tasa de desgaste comparable a la del esmalte.

El profesional dental debe evaluar cuidadosamente los probables efectos abrasivos del uso de ciertos materiales restaurativos como porcelana o resinas compuestas para oponerlos a la estructura dental existente. La superficie de la obturación de compuesto contiene una matriz de resina y partículas de relleno. Por lo tanto, si la dureza del relleno y la aspereza superficial del compuesto y la del esmalte no son semejantes, hay el peligro de que el esmalte se desgaste. Durante la masticación, las partículas de relleno del compuesto pueden raspar y desgastar al esmalte antagonista. Así pues, la dimensión vertical disminuirá si las regiones premolares y molares son tratadas con tal material restaurativo. Así pues, la textura superficial y el tamaño, la forma, la distribución de tamaños y la dureza de las partículas desempeñan importantes papeles en la determinación de la resistencia biológica de restauraciones de compuestos.

Una superficie lisa ofrece un desgaste por fricción

reducido en las áreas de contacto oclusal. Esta lisura beneficiará al desgaste del compuesto así como al desgaste del esmalte antagonista. Para satisfacer los requerimientos de suavidad, la aspereza superficial intrínseca debe ser igual o menor que el valor de aspereza promedio de las áreas de contacto oclusivo esmalte-esmalte.

El propósito del presente estudio fue doble. Primero, la aspereza superficial intrínseca obtenida después del cepillado in vitro de compuestos de resina comercialmente disponibles con un dentífrico se examinó perfilométricamente y con microscopía electrónica de scanning. Segundo, se determinó el valor de la aspereza superficial promedio de áreas de contacto oclusal esmalte-esmalte in vivo, determinación cuantitativa que se usó como un criterio para la comparación con la aspereza superficial de restauraciones de compuesto.

8.3 MATERIALES Y METODOS

Estudio del esmalte. Los estudios de desgaste a largo plazo en compuestos y amalgamas en las regiones premolar y molar in vivo realizados por varios investigadores han proporcionado un gran número de réplicas dentales detalladas. De este material de investigación, se hizo una selección para la medición de la aspereza en áreas de contacto oclusal esmalte-esmalte.

Se usó un probador computarizado de aspereza para la determinación de la aspereza superficial promedio (Ra) de las

facetas de esmalte oclusivas en las réplicas. También se determinó la altura máxima de pico a valle dentro de la longitud de evaluación (Rt). Ambos valores, Ra y Rt, proporcionan información acerca de la altura media y máxima (i.e., de pico a valle) de aspereza de las irregularidades superficiales.

El Form Talysurf incorpora una unidad transversal que aloja al motor y a la caja de cambios para recorrer un estilote a través de la superficie de un espécimen, un transductor interferométrico láser biaxial acoplado a un estilote pivotado, y una microcomputadora para controlar la entrada directa de datos provenientes de la unidad transversal. El desplazamiento recto se hace bajo control de la computadora después de que el estilote ha sido colocado manualmente sobre la región seleccionada. Se usó un estereomicroscopio para la evaluación de la colocación correcta del estilote en las áreas de contacto oclusal. Las medidas de la textura superficial se realizaron a una velocidad transversal de 0.5 mm/s con un estilote de punta de diamante (dimensiones de la punta: una pirámide truncada a un ángulo de 90° con una longitud de ± 2 y una anchura de ± 0.5 micras; longitud del brazo, 60 mm). El control del sistema y el procesamiento de los datos se hicieron a través de una computadora de escritorio. Los resultados se dieron en la forma de imágenes de la forma del perfil y la textura superficial, así como de datos numéricos.

La aspereza promedio o valor Ra de una superficie se define como el valor promedio de las desviaciones del perfil hacia

arriba y hacia abajo de la línea de referencia a través de la longitud muestreada. Los valores de aspereza superficial normalmente se toman como los resultados medios de varias longitudes de muestreo significativas en la superficie. Las valoraciones ISO-filtradas requieren una distancia transversal igual a siete longitudes de muestreo (una longitud de muestreo para la entrada del perfilómetro, cinco para la valoración y una para la salida).

La longitud de muestreo es la longitud de una superficie sobre la cual el parámetro a medir tendrá significancia estadística sin ser suficientemente larga para incluir detalles irrelevantes. Cuando el estilote atraviesa la superficie, sus movimientos verticales se convierten en una señal eléctrica. Las frecuencias presentes en esta forma de onda eléctrica dependen de la velocidad transversal y de los espaciamentos de las irregularidades de la superficie. A una velocidad transversal constante, los espaciamentos más pequeños de las irregularidades producirán frecuencias más altas. La colocación de un filtro eléctrico suprimirá todas las frecuencias más bajas que el umbral de este filtro, o separador de 0.25 mm, como se hace comúnmente para la evaluación de superficies pulidas y ligeramente desgastadas, entonces sólo aquellas irregularidades que tengan un espaciamiento de 0.25 mm o menos estarán representadas en la señal filtrada del perfil. Esta es también la condición requerida para obtener una longitud de muestreo de 0.25 mm. En este estudio, los

valores de aspereza promedio de las muestras se midieron con un valor de separación de 0.25 mm. lo que resultó en una distancia transversal de 1.75 mm.

En el instrumento usado para medir la textura superficial, la instalación de reversa automática nos permitió hacer tres corridas (3×1.75 mm) sin la intervención del operador. Durante la moda de reversa, la muestra se desplazó lateralmente 0.2 mm con una mesa de eje doble, de tal forma que se proporcionaran medidas independientes. El valor medio se calculó automáticamente. Los especímenes se sondearon perfilométricamente en diferentes direcciones, lo que dio un total de 30 medidas. Se calcularon la media y las desviaciones estándar de estos valores. La altura vertical y la distancia horizontal fueron exploradas por el estilete de diamante a una magnificación óptima de tal forma que la escala del valor de pico a valle del perfil se ajustara a toda la anchura de la carta. La magnificación horizontal óptima fue tal que un punto de datos almacenados igualaba a un punto de la matriz de puntos de salida.

Estudio de compuestos. Se usó un molde de latón para la producción de muestras cilíndricas de 5 mm de diámetro y 5 mm de alto. Las resinas compuestas enlistadas en la Tabla 8.2 representan materiales polimerizados química y lumínicamente. El molde se colocó en un portaobjetos de microscopio, se llenó mediante una técnica de inyección con un ligero exceso de resina compuesta, y se cubrió con un segundo portaobjetos. Las muestras se polimerizaron desde las partes inferior y superior durante 60

segundos cada una, mientras que se aplicaba una ligera presión del dedo sobre el cubreobjetos durante la polimerización. Se usó una unidad de polimerización Luxor.

Las muestras de los compuestos de resina activados químicamente se prepararon de una manera similar. Se pesaron cantidades iguales de catalizador y pasta universal en una balanza analítica digital y se mezclaron cuidadosamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante. A continuación, con una espátula de plástico, se presionaron en el molde de latón mediante la técnica de empacamiento en masa. Después de la polimerización, el exceso de material se eliminó a mano con un papel de carburo a prueba de agua (grano 600).

Para comparación, se prepararon unas cuantas muestras de un tipo de amalgama (Cavex non-gamma-2). La aloación non-gamma-2 se amalgamó y condensó en el mismo molde de latón usado para la preparación de las muestras de compuestos.

Después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente, un cilindro de cada material se pegó con cianoacrilato a una caja de Petri y luego se empotró en un bloque de resina no rellena (Araldite DRL y Endurecedor). Después de la polimerización durante 24 horas a temperatura ambiente y 12 horas a 40°C, se quitó el fondo de la caja de Petri, exponiendo una superficie del espécimen. Las muestras y la resina del empotrado se desgastaron con papel de carburo de silicio (grano 600), lo cual eliminó la capa superior de la resina compuesta que estaba

pegada a la caja de Petri.

Tres bloques de la resina no rellena que contenian a los compuestos empotrados se fijaron simultáneamente en un portamuestras de metal y se instalaron en un dispositivo rotatorio. Por medio de una palanca, este portamuestras se puso manualmente en contacto con otro dispositivo giratorio que tenía papel de carburo de silicio a prueba de agua, enfriado con agua. Las muestras se acabaron y pulieron mediante una sucesión de discos de carburo de silicio a prueba de agua y de abrasión decreciente (grano 80, 120, 500, 800, 1200 y 4000).

Finalmente, se usaron discos blandos especiales con suspensiones de diamante de tamaño de grano de, sucesivamente, 6, 3 y 1 micras, combinados con una solución enfriadora "Dp-Lubricant blue." Entre los pasos, las muestras se enjuagaron con copiosas cantidades de agua y etanol y después se secaron meticulosamente con aire. Las muestras se limpiaron ultrasónicamente durante diez minutos para la eliminación de los restos de pulidor y pasta. Este proceso de pulido proporcionó una línea basal superficial uniforme con la cual pudieron compararse los efectos de una prueba de abrasión con el cepillo de dientes.

En un paso siguiente, se realizó la prueba de abrasión con el cepillo dental en estas superficies de compuesto pulidas. El proceso de cepillado se realizó con una máquina Minimet modificada. El brazo operador principal se reemplazó por una barra a la cual se había unido un cepillo Oral-B de dureza media.

Se aplicó una carga de 150 gramos, y la velocidad de operación, la cual tenía un rango en el aparato del 0 al 9, se fijó en el índice 1. Se seleccionó esta velocidad particular de tal forma que pudiera obtenerse un desplazamiento uniforme de las cerdas del cepillo sobre las superficies de los compuestos. El cepillo dental no humedecido se colocó en contacto con las superficies de las muestras y se activó. Realizaba un movimiento rotacional sobre una capa renovada continuamente de dentífrico Macleans, seleccionado por su alta abrasividad. La prueba duró 180 minutos. Luego, los especímenes se enjuagaron meticulosamente con agua y se secaron con aire.

A continuación se revisaron las superficies con un microscopio óptico metalúrgico para determinar si las mesetas del relleno (creadas después del procedimiento de pulido) habían desaparecido, y si la aspereza superficial intrínseca estaba efectivamente establecida.

La aspereza superficial de los compuestos después de la abrasión con cepillo-dentífrico se midió perfilométricamente con el mismo probador de aspereza que se aplicó en el estudio del esmalte. Su instalación de reversa automática se puso a cinco corridas, lo que proporcionó 25 medidas independientes para cada muestra de compuesto.

El valor de aspereza superficial de cada compuesto individual se comparó con el del esmalte. Se demostraron diferencias estadísticamente significativas por medio de un

análisis de prueba t unilateral a un nivel de significancia de $p < 0.005$, con una corrección de Welch por los grados de libertad.

Finalmente, todos los especímenes se montaron en piezas de metal y se cubrieron con una capa de oro puro de casi 30 nm mediante vaporización en una atmósfera de gas argón durante cuatro minutos cada uno. A continuación, los especímenes electroconductivos se examinaron mediante SEM a 25 kV. Se tomaron micrografías de sitios representativos para el examen cualitativo de la superficie y para la confirmación de los datos cuantitativos de aspereza.

8.4 RESULTADOS

Estudio del esmalte. La aspereza superficial media de las áreas de contacto oclusales esmalte-esmalte fue de 0.64 ± 0.25 micras. La Tabla 8.1 da los valores individuales y las desviaciones estándar obtenidos en cada faceta de esmalte medida mediante trazos consecutivos de la misma faceta.

Perfilométricamente se midió una aspereza de aproximadamente 0.64 micras.

Estudio de compuestos. Las Tablas 8.2 y 8.3 muestran los valores de aspereza superficial intrínseca (R_a) después de la abrasión con el cepillo dental para los compuestos investigados así como sus alturas máximas de pico a valle (R_t). Una barra vertical delinea a aquellos materiales que fueron significativamente más ásperos que las superficies de contacto esmalte-esmalte.

TABLA 8.1 VALORES DE ASPEREZA SUPERFICIAL DE AREAS DE CONTACTO OCLUSAL ESMALTE-ESMALTE

Paciente	Diente	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)
1	26	0.38	0.08	4.02	0.81
		0.27	0.02	3.21	0.65
		0.49	0.04	4.77	0.47
		0.47	0.11	5.01	1.42
		0.53	0.04	5.76	0.54
		0.42	0.05	5.21	0.88
		0.36	0.10	3.89	1.69
		0.50	0.04	5.18	0.63
2	16	0.69	0.02	3.67	0.39
		0.91	0.25	7.23	3.87
		0.74	0.05	8.09	1.18
		0.30	0.09	5.34	1.96
		0.89	0.02	4.18	0.48
		0.77	0.19	6.42	1.67
		0.79	0.02	6.02	0.19
		0.71	0.06	5.74	1.10
2	36	0.51	0.03	6.41	0.58
		0.51	0.03	6.41	0.58
3	46	1.04	0.06	7.78	1.61
		1.11	0.01	8.35	1.35
		0.94	0.22	6.02	1.44
		0.63	0.09	4.25	0.40
		0.58	0.06	5.23	0.59
6	37	1.07	0.15	8.83	1.44
		1.00	0.32	10.09	5.24
		0.39	0.02	4.75	0.68
		0.35	0.05	4.08	0.58
		0.53	0.27	5.90	2.79

TABLA 8.1 (CONTINUACION)

Paciente	Diente	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)
		0.40	0.11	4.35	1.43
7	26	0.72	0.10	5.62	0.80
		0.69	0.11	6.16	0.46

Ra = asperozza superficial

Rt = altura máxima de pico a valle

TABLA 8.2 VALORES DE Ra Y Rt DESPUES DE LA ABRASION CEPILLO-DENTIFRICO DE COMPUESTOS MAS LISOS QUE EL ESMALTE EN ORDEN DE ASPEREZA

Nombre del producto	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)	Fabricante
Heliosit	0.07	0.01	0.62	0.31	Vivadent, Liecht.
Certain	0.08	0.01	0.77	0.20	Johnson & Johnson, USA
Heliomolar	0.09	0.01	0.86	0.26	Vivadent
Silux	0.10	0.01	1.25	0.73	3M, USA
Brilliant Dentin	0.11	0.01	0.88	0.12	Coltène, Suiza
Durafill	0.11	0.02	1.29	0.60	Kulzer, Alemania
Herculite XR	0.12	0.01	1.24	0.49	Kerr, Suiza
Herculite condensable	0.12	0.00	1.00	0.03	Kerr
Helioprogress	0.12	0.01	1.06	0.08	Vivadent
Heliomolar radiopaque	0.13	0.03	1.23	0.55	Vivadent
Silux plus	0.13	0.00	0.99	0.06	3M
Bayer D 653/5	0.14	0.01	1.45	0.29	Bayer, Alemania
SR Isosit	0.16	0.00	0.98	0.02	Vivadent
Answer	0.16	0.05	1.65	0.48	Johnson & Jonson
Durafill VS	0.16	0.03	1.52	0.37	Kulzer
Pekalux	0.18	0.03	2.47	0.50	Bayer
Brilliant Lux	0.19	0.01	1.71	0.12	Coltène

TABLA 8.2 (CONTINUACION)

Nombre del producto	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)	Fabricante
Prisma-microfino	0.19	0.00	1.54	0.04	Cauk Dentsply, USA
Brilliant DI	0.20	0.01	1.78	0.09	Coltène
Adaptic LCM	0.21	0.07	1.75	0.92	Johnson & Johnson
Lumifor	0.21	0.01	2.14	0.25	Bayer
Command Ultrafine	0.21	0.01	2.11	0.28	Kerr
Bayer D 632/6	0.22	0.01	1.95	0.21	Bayer
Amalux	0.22	0.01	2.25	0.33	Pierre Roland, Francia
Prisma-Microfine Compules	0.22	0.00	1.54	0.01	Cauk Dentsply
Amalux Sintergel NC	0.25	0.01	2.77	0.64	Pierre Roland
EOS	0.26	0.00	1.97	0.03	Vivadent
Visio-Dispers	0.26	0.02	2.26	0.02	ESPE, Alemania
Valux	0.27	0.03	4.30	0.97	3M
Prisma APH	0.29	0.01	3.20	0.12	Cauk Dentsply
Sinterlux	0.33	0.03	4.40	1.18	Pierre Roland
Biogloss	0.34	0.02	2.83	0.27	Cauk Dentsply
Ful-fil compules	0.39	0.05	4.51	1.30	Cauk Dentsply

TABLA 8.2 (CONTINUACION)

Nombre del producto	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)	Fabricante
Amalux 2	0.44	0.07	4.48	0.93	Pierre Roland
Gem-Lite I	0.46	0.01	3.84	0.08	Dental Composites Ltd. UK
Adaptic II	0.48	0.05	4.98	1.06	Johnson & Johnson
P-50	0.48	0.02	3.18	0.25	3M
Ful-Fil	0.50	0.00	3.04	0.06	Caulk Dentsply
Clearfil Photo Posterior	0.53	0.02	3.30	0.28	Kuraray, Japón
Bis-Fil M	0.58	0.06	7.18	1.05	Bisco, USA
Multifil VS	0.59	0.01	7.58	0.08	Kulzer
Prisma-Fil	0.60	0.02	4.95	0.28	Caulk Dentsply

**TABLA 8.3 VALORES DE Ra Y Rt DESPUES DE LA ABRASION CEPILLO-DENTIFRICO
 DE COMPUESTOS MAS ASPEROS QUE EL ESMALTE
 EN ORDEN DE ASPEREZA**

Nombre del producto	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)	Fabricante
Esmalte	0.64	0.25	5.72	1.25	
Clearfil Ray Posterior	0.65	0.01	4.37	0.16	Kuraray
P-30	0.67	0.05	5.07	1.33	3M
Prisma Fil Compules	0.68	0.04	4.83	0.09	Caulk Dentsply
P-30 Improved APC	0.71	0.02	4.34	0.21	3M
Clearfil Lustre	0.74	0.11	10.31	2.14	Kuraray
Bis-Fil I	0.80	0.04	5.48	0.46	Bisco
Clearfill	0.83	0.08	6.83	3.38	Kuraray
Aurafil	0.85	0.05	6.32	0.29	Johnson & Johnson
Estilux Posterior	0.88	0.05	6.20	0.61	Kulzer
Estilux Hybrid VS	0.90	0.02	5.11	0.09	Kulzer
Nimetic	0.91	0.02	6.03	0.54	ESPE
Gem-CCI	0.94	0.03	7.58	0.85	Dental Composites Ltd
Bell Firm PX	0.96	0.08	7.55	1.12	Kanebo Japan
Occlusin	0.99	0.09	6.72	0.61	ICI, UK
Miradapt	1.01	0.16	11.38	3.54	Johnson & Johnson
P-10	1.02	0.07	6.04	0.60	3M
Marathon	1.07	0.05	6.24	0.25	Dent-Mat, USA

TABLA 8.3 (CONTINUACION)

Nombre del producto	Ra (micras)	DE (micras)	Rt (micras)	DE (micras)	Fabricante
Visio Molar Radiopaque	1.08	0.02	6.93	0.14	ESPE
Adaptic Radiopaque	1.08	0.01	11.63	1.81	Johnson & Johnson
Photo Clearfil A	1.17	0.03	6.46	0.08	Kuraray
Clearfil Ray	1.18	0.03	7.18	0.23	Kuraray
Restolux SP4	1.19	0.05	8.16	0.63	Lee Pharma ceuticals, USA
Visio-Fil	1.23	0.01	7.87	0.16	ESPE
Graft	1.26	0.06	8.06	0.12	GC, Japón
Epolute 100	1.46	0.01	11.87	0.40	GC
Estilux Posterior CVS	1.48	0.06	8.65	0.15	Kulzer
Opalux	1.50	0.05	12.04	1.89	ICI
Litefil A	1.56	0.06	10.51	0.34	Shofu Inc., Japón
Para comparación:					
Cavex non-gamma-2	0.43	0.00	4.29	0.05	Cavex, Holanda

8.5 DISCUSION

El desgaste abrasivo surge cuando una superficie dura y áspera se desliza contra una más blanda, excava en ella, abre una serie de surcos, y provoca la pérdida de material en forma de fragmentos sueltos. La rapidez con la que se desgasta el material depende de la forma, la dureza y el tamaño de las partículas abrasivas, así como de la rapidez del movimiento y de la presión aplicada. Este así llamado proceso abrasivo de desgaste de dos cuerpos se reduce cuando la superficie dura deslizando es lisa.

Pero, ¿qué es "biológicamente liso," particularmente cuando se consideran áreas de contacto oclusales? Las superficies de las facetas de esmalte en contactos antagonistas pueden considerarse como "biológicamente lisas." La aspereza superficial de las áreas de contacto esmalte-esmalte se considera apropiada como un estándar para la comparación, ya que la aspereza intrínseca del esmalte generada por los esfuerzos masticatorios se localiza aquí.

La aspereza básica de un material restaurativo, la cual contribuye al desgaste del esmalte antagonista, también puede encontrarse en las áreas de contacto oclusivo. En estos sitios in vivo, están expuestas la estructura y la aspereza inherentes del material. De tal suerte, se diseñó una prueba de abrasión cepillo-dentífrico in vitro para la producción de valores de Ra que representaran la aspereza intrínseca de los compuestos que se pusieron a prueba mediante la eliminación de la capa superficial.

Nótese que podrían resultar varios patrones de aspereza con geometrías y propiedades muy diferentes en el mismo valor de Ra en las pruebas de aspereza superficial. Por esta razón, un valor de separación de 0.25 mm, usado en los estudios del esmalte y de los compuestos, se considera apropiado y hace posible distinguir numéricamente entre estos diferentes perfiles. En combinación con las micrografías SEM, puede darse una descripción exacta de la aspereza superficial.

Un restaurador compuesto con una alta aspereza superficial contiene partículas de relleno protuberantes. Siempre que las partículas de relleno sobresalen y son sumamente duras, puede haber elevadas tasas de desgaste del antagonista que causarían una pérdida catastrófica de la sustancia dental con el tiempo. No obstante, además de la dureza del relleno, debe considerarse la matriz de resina. Un enlace débil entre el relleno y la matriz puede provocar fenómenos tales como el "arrancamiento" de las partículas del relleno, y así se reduce la capacidad abrasiva.

Otro factor importante es el tamaño de las partículas. El uso de partículas más grandes, hasta un tamaño crítico, aumentará la tasa de desgaste abrasivo. Por encima de este valor, el desgaste se hace independiente del tamaño de la partícula abrasiva.

Un aspecto adicional a considerar es la fragilidad de las partículas. Bajo esfuerzos grandes, las partículas

quebradizas se fracturarán fácilmente y causarán la abrasión rápida del material mismo, pero con un encuentro menos antagonista.

Además, se reporta el valor de la aspereza superficial de una amalgama no-gamma-2. Cuando sólo se considera la aspereza superficial, la amalgama podría clasificarse como un material restaurativo de superficie lisa. Esto no es sorprendente, ya que estudios anteriores demostraron que una obturación funcional de amalgama pierde su nivel superficial mediante un proceso de transferencia de partículas de amalgama a la cúspide oponente, un proceso llamado desgaste adhesivo y mediante desplazamiento por arrastre. Incluso con un valor de aspereza superficial más alto, como el obtenido después de tallar las restauraciones, éstas no dañarán mucho al esmalte.

Los presentes hallazgos subrayan la importancia de la aspereza superficial de los materiales restaurativos que se oponen al esmalte. Empero, la dureza de los rellenos es tan importante como la aspereza del compuesto y el tamaño del relleno. La dureza de éste deberá ser menor o igual que la de la hidroxiapatita. Sin embargo, es posible que ocurran diferencias en la dureza del esmalte como una función de la dirección estructural, la orientación de prismas y el grado de mineralización.

Los vidrios usados comúnmente tales como el vidrio de bario y el vidrio de zinc tienen valores de dureza comparables a

los del esmalte. No obstante, algunos fabricantes usan cuarzo, óxido de circonio o nitruro de silicio, los cuales pueden dañar al esmalte en oposición, particularmente si estas partículas son grandes y de forma irregular. La interacción entre la dureza del relleno, el tamaño de las partículas, la distribución granulométrica y la aspereza intrínseca en relación con la fricción y el desgaste serán la materia de otro estudio.

Finalmente, debe tenerse en mente que los compuestos de resina son capaces de causar daños a la dentadura natural, no sólo en las regiones posteriores, sino también en las anteriores.

CAPITULO 9

RELLENOS DE INDICE REFRACTIVO
AJUSTABLE PARA COMPUESTOS DE
RESINA DENTAL POLIMERIZADA CON
LUZ VISIBLE: PREPARACION DE
POLVO DE VIDRIO DE TiO_2-SiO_2
MEDIANTE EL PROCESO SOL-GEL

2.1 RESUMEN

Se han preparado nuevos rellenos para los compuestos de resina dental polimerizables con luz visible (LV), con el índice refractivo ajustable al de la fase resina. Estos polvos de vidrio de SiO_2 que contienen TiO_2 hasta en un 20% en peso se formaron calentando a 1000°C geles pulverizados hechos de una mezcla de $\text{Ti}[\text{OCH}(\text{CH}_3)_2]_4$ y $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$. Al aumentar el contenido de TiO_2 , el índice refractivo del polvo preparado aumentó linealmente, mientras que la transmitancia óptica a 467 nm disminuyó linealmente. Los compuestos de resina polimerizados con LV formulados experimentalmente, que consistieron en una mezcla monomérica de TEGDMA y Bis-GMA y el relleno de TiO_2 - SiO_2 , tuvieron una mayor transmitancia cuando el índice refractivo del relleno igualaba al de la mezcla monomérica, lo que resultó en un mayor grado de conversión del monómero ante la irradiación con LV.

2.2 INTRODUCCION

Los compuestos de resinas dentales polimerizados con luz visible (LV) han sido aceptado ampliamente como materiales de restauración debido a sus méritos estéticos y a su fácil manejo. Sin embargo, tienen una seria desventaja. Los sistemas de resina activados por LV se polimerizan sólo hasta una cierta profundidad. La dureza, un indicador de la conversión del monómero en el compuesto, disminuye gradualmente al aumentar la distancia a la superficie. El material sub-polimerizado en la parte interna de

la restauración podría causar problemas clínicos tales como falta de retención e irritación de la pulpa.

La profundidad de la polimerización depende del compuesto, del tamaño del relleno, de la fuente luminosa y del tiempo de irradiación. También depende de la profundidad de la penetración de la luz visible en el compuesto. Los factores que afectan a la transmitancia de la LV son la absorción y la dispersión de la luz causadas por los rellenos y otros aditivos. A absorción y dispersión mayores, más disminuye la penetración de la LV, lo que resulta en una profundidad de polimerización reducida. Así pues, la conversión del monómero en las zonas más profundas del compuesto podría aumentarse si se aumentara la transmitancia del compuesto. En una investigación se señaló que cuando el índice refractivo del relleno igualaba al de la mezcla monomérica, la transmitancia de la LV a través del compuesto se maximizaría. Lo que es más, se ha recomendado que se use un relleno de vidrio a base de sílice con un índice refractivo más alto que el del vidrio de sílice puro, ya que el índice refractivo de este último es mucho más pequeño que el de la resina, lo que hace al compuesto muy opaco. Por lo tanto, es altamente deseable que se desarrollen nuevos rellenos de vidrio con índices refractivos ajustables al de la fase resina en el compuesto.

La mayoría de los rellenos de vidrio para compuestos dentales, excepto el sílice coloidal, se han fabricado fundiendo los componentes a altas temperaturas y con pulverización

subsecuente. Se sabe que la adición de pequeñas cantidades de TiO_2 al vidrio de SiO_2 puede aumentar significativamente el índice refractivo. Al vidrio de TiO_2-SiO_2 se lo llama "vidrio cero" debido a su coeficiente de expansión térmica de casi cero, lo que lo hace un material ideal para un lente de telescopio. Sin embargo, con el método de fusión, es difícil fabricar vidrio de TiO_2-SiO_2 debido al punto de fusión muy elevado y a la separación y cristalización de fases a temperaturas elevadas. De tal suerte, hasta ahora, el vidrio de TiO_2-SiO_2 se ha hecho mediante la costosa hidrólisis a la flama de los cloruros. Otro método para obtener el vidrio podría ser el proceso sol-gel, en el cual el alcóxido de silicio líquido se transforma en una red sólida de silicio-oxígeno. Las características de esta técnica son una alta homogeneidad y pureza del vidrio y una baja temperatura de sinterización, las cuales son importantes en la preparación de vidrios que no puede producirse fácilmente con el método convencional de fusión. En la industria, Kamiya y Sakka y Abe et al. obtuvieron con éxito placas y fibras de vidrio de TiO_2-SiO_2 , respectivamente, a través de una vía sol-gel. Mabie et al., Menis et al. y de Rijk prepararon fritas de porcelana dental con bajas temperaturas de fusión mediante el proceso sol-gel, pero no se ha estudiado plenamente la factibilidad de este método para la producción de rellenos para compuestos dentales polimerizados con LV sino hasta hace muy poco.

Los propósitos del presente estudio fueron sintetizar

polvo de vidrio de TiO_2-SiO_2 mediante el proceso sol-gel y evaluar su utilidad como un relleno de índice refractivo ajustable para compuestos fotopolimerizados.

9.3 MATERIALES Y METODOS

Síntesis sol-gel del polvo de vidrio de TiO_2-SiO_2 . Las materias primas fueron tetraetoxisilano $[Si(OC_2H_5)_4]$ comercialmente puro, y tetraisopropóxido de titanio $\{Ti[OCH(CH_3)_2]_4\}$. Las razones de peso entre los dos alcóxidos se eligieron para obtener vidrios de TiO_2-SiO_2 objetivos con 0.3, 5, 7, 10, 15 y 20% en peso de TiO_2 . La Fig. 9.1 indica el procedimiento usado para el proceso sol-gel. Para la solución inicial (sol), las razones molares de la mezcla de los dos alcóxidos, agua destilada, alcohol etílico y ácido clorhídrico (como un catalizador) fueron 1:10:20:0.02. Primero se mezcló un mol de la mezcla de los dos alcóxidos con diez moles de alcohol etílico y se agitaron a temperatura ambiente durante por lo menos una hora con un agitador magnético (el líquido A). Para evitar que la reacción de hidrólisis ocurriera local y rápidamente, conduciendo a la formación de un precipitado blanco, el líquido B (consistente en diez moles de agua, diez moles de alcohol etílico y 0.02 moles de ácido clorhídrico) se añadió gota a gota al líquido A con una pipeta, y la solución completamente mezclada se agitó a temperatura ambiente durante otra hora. Para facilitar las reacciones de hidrólisis y condensación, el sol preparado se transfirió a una placa caliente con un agitador

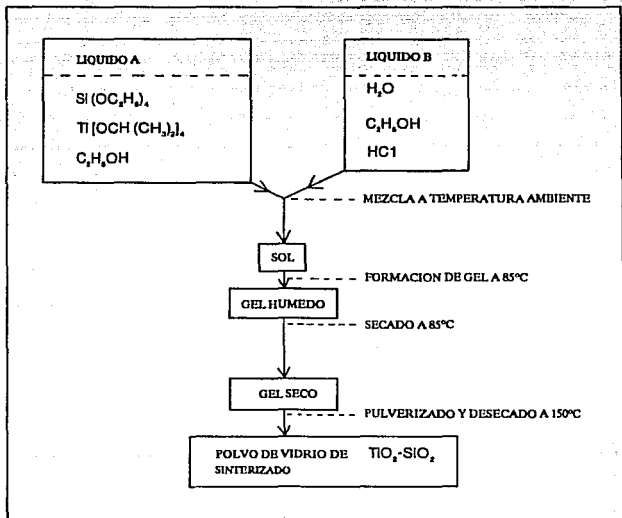


Figura 9.1 Proceso sol-gel usado.

magnético. y se agitó vigorosamente a 85°C bajo el vacío parcial generado por una bomba Venturi durante unas cuantas horas hasta obtener el gel. A continuación el gel húmedo se colocó en un baño desecador a 85°C durante tres horas, y luego se pulverizó en una máquina pulverizadora. Después del que el gel seco pulverizado se pasó a través de un tamiz de malla 325, se desecó a 150°C durante tres horas y luego se coció lentamente a 200, 400, 600 y 800°C durante dos horas a cada temperatura, sucesivamente, y finalmente a 1000°C durante una hora en un crisol de cerámica en atmósfera de aire en un horno calentado eléctricamente, de tal forma que el material volátil pudiera escapar y de que el carbono libre pudiera oxidarse.

Análisis SEM/EDX. Se usó una microsonda electrónica de scanning acoplada a un espectroscopio de rayos X dispersados para la observación SEM/EDX del polvo preparado que había sido tratado con carbono.

Análisis XRD. El análisis de difracción de rayos X se realizó en un difractómetro, con el uso de radiación X filtrada con un monocromador de haz de difracción. La máquina de rayos X tenía un voltaje de aceleración de 30 kV, una corriente de 10 mA, un índice de scan (2 θ /min) de 2 grados/min, y un rango de scan (2 θ) de 10 a 50 grados.

Propiedades ópticas. Se determinaron los índices refractivos de la mezcla de dos monómeros de metacrilato difuncional (tales como dimetacrilato de trietilenglicol [TEGDMA] y Bisfenol A-dimetacrilato de glicidilo [Bis-GMA]) con 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% en peso de Bis-GMA, a 20°C con un refractómetro de Abbe. El índice refractivo y la transmitancia óptica de los polvos de $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ se midieron mediante el uso de dos solventes con valores conocidos del índice refractivo (n_D^{20}) y un espectrofotómetro UV-vis de haz doble. La máquina UV-vis tenía una amplitud de banda de 2.0 nm, una constante de tiempo de 0.4 seg. una rapidez de scan de 400 nm/mln, y un rango de scan de 400 a 550 nm. El índice refractivo de una mezcla de alcohol isobutílico y de triclorobenceno fue linealmente proporcional a la razón de mezclado volumétrico entre los dos solventes (Fig. 9.2a). Mientras que la solución de los dos solventes (con un aumento gradual en la concentración de uno respecto al otro) se añadía al espécimen de polvo, empacado en un portamuestras rectangular de 4 x 7 mm y 70 micras de espesor, se monitoreaba la transmitancia a 467 nm. La transmitancia alcanzó un nivel máximo cuando el índice refractivo de la solución mezclada de los dos solventes fue el mismo que el del polvo, como se indica en la Fig. 9.2b. Suponiendo que los solventes fueran 100% transparentes a la luz usada, la transmitancia máxima registrada se denominó aquí como la transmitancia del espécimen de polvo.

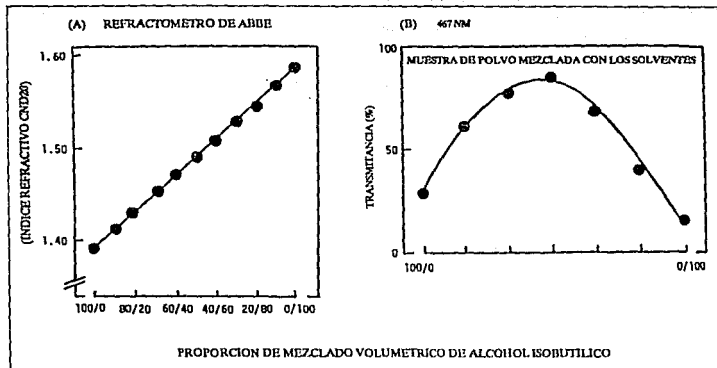


Figura 9.2 Efectos de la proporción de mezclado volumétrico entre el alcohol isobutílico y el triclorobenceno sobre (a) el índice refractivo (n_D^{20}) de la solución mezclada y sobre (b) la transmitancia a 467 nm de la muestra de polvo mezclada con los dos solventes.

Medidas de translucencia de los compuestos fotopolimerizados.

Experimentalmente formulamos dos compuestos polimerizados con LV consistentes en 29.5% en peso de mezcla de monómero (40% en peso de TEGDMA/60% en peso de Bis-GMA, $n_D^{20} = 1.52$), 69.5% en peso de relleno preparado mediante el proceso sol-gel (100% en peso de polvo de SiO_2 , $n_D^{20} = 1.46$, o 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 , $n_D^{20} = 1.52$), 0.5% en peso de alcanforquinona, y 0.5% en peso de dimetilaminoetil metacrilato. Primero, dos pastas de compuesto se colocaron en moldes de Teflón (1.2 mm de diámetro y 2.0 mm de espesor), cuyos extremos se cubrieron con tiras de matriz de plástico, y las pastas se fotopolimerizaron durante 40 segundos mediante una fuente de LV. La translucencia de los compuestos fijados se inspeccionó visualmente. Segundo, unas pastas de compuesto mezcladas experimentalmente que contenían 0% en peso o 15% en peso de partículas de relleno de TiO_2 se colocaron en marcos de Teflón (3 x 10 mm y 100 μ m de espesor) y entre dos portaobjetos de vidrio, y se fotopolimerizaron durante 40 segundos. Dado que pudieran valorarse los niveles de translucencia de los compuestos, se probó por medio de una máquina UV-vis la transmitancia a 467 nm a través de las películas preparadas.

Porcentaje de polimerización de los compuestos tratados con LV.

Las pastas de compuesto formuladas experimentalmente también se colocaron en moldes de acero inoxidable (3 mm de diámetro y 6 mm

espesor), los dos extremos de los moldes se cubrieron con tiras de matriz de plástico, y las pastas se fotopolimerizaron durante 40 segundos sólo por un lado. Inmediatamente después de la polimerización, se pesaba la barrita fijada por medio de una balanza electrónica con una precisión de 0.1 mg, se sumergía en alcohol metílico durante 24 horas, se secaba durante 48 horas en un desecador, y se pesaba nuevamente. Dado que pudiera compararse el rendimiento de la polimerización de los compuestos, se calculaba el porcentaje de polimerización (%), definido como el peso residual entre el peso original. La porción no polimerizada del compuesto se disolvió fácilmente en el alcohol metílico.

9.4 RESULTADOS

La Fig. 9.3 es el diagrama del espectro EDX del polvo con 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 . Todos los productos sinterizados en el sistema TiO_2/SiO_2 tenían formas irregulares, y la granulometría variaba de aproximadamente 1 a 70 micras. El análisis cuantitativo mediante EDX de todos los productos cocidos en el sistema TiO_2/SiO_2 reveló que el contenido de TiO_2 de los vidrios alcoxí-derivados era el calculado a partir de las composiciones de los alcóxidos, lo que implica que esencialmente no ocurrió ninguna pérdida diferencial de átomos de metal durante el procesamiento.

La Fig. 9.4 es una carta XRD representativa del polvo de 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 . Todos los productos

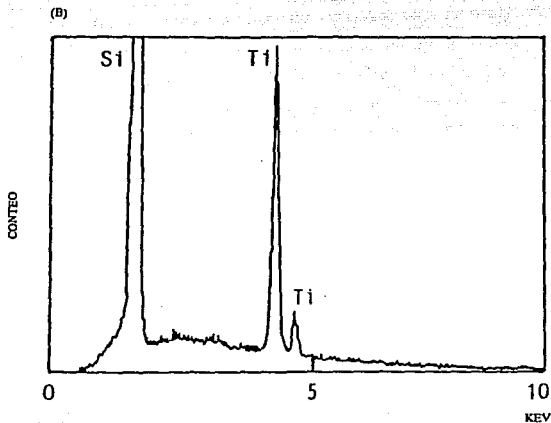


Figura 9.3 Diagrama del espectro EDX del polvo 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 preparado mediante el proceso sol-gel.

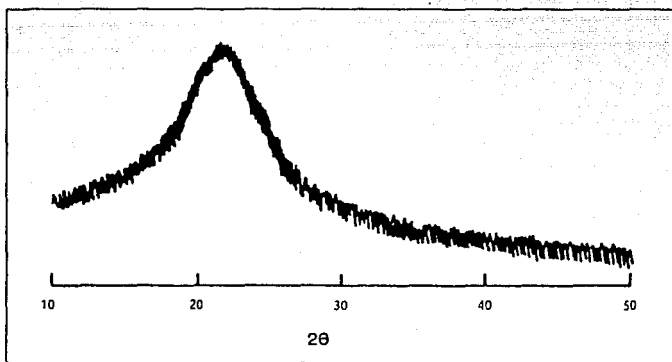


Figura 9.4 Carta XRD del polvo 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 preparado a través de una ruta sol-gel.

sinterizados en el sistema $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ eran amorfos a los rayos X.

La Fig. 9.5 es un perfil representativo de la transmitancia de la luz con un rango de longitudes de onda de 400 a 550 nm a través del polvo 15% de TiO_2 /85% de SiO_2 . La transmitancia disminuyó ligeramente a las longitudes de onda más bajas. La Fig. 9.6a muestra los efectos de la relación de peso entre los monómeros de TEGDMA y Bis-GMA sobre los índices refractivos de las mezclas de monómeros (TEGDMA y Bis-GMA). Con la adición del contenido de Bis-GMA, el índice refractivo (n_D^{20}) de la mezcla monomérica aumentó linealmente de aproximadamente 1.46 a 1.55. La Fig. 9.6b indica los efectos de la proporción de peso entre TiO_2 y SiO_2 sobre el índice refractivo y la transmitancia a 467 nm de siete tipos de polvos de vidrio de $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$. Con el aumento del contenido de TiO_2 hasta el 20%, el índice refractivo (n_D^{20}) aumentó linealmente de aproximadamente 1.46 a 1.53, mientras que la transmitancia a 467 nm disminuyó linealmente de aproximadamente el 95% al 55%.

La Fig. 9.7 muestra los discos consistentes en dos compuestos fotopolimerizados formulados experimentalmente. El espécimen de la izquierda (que contenía un relleno de vidrio de SiO_2 al 100% en peso con un índice refractivo [$n_D^{20} = 1.46$] mucho más bajo que el de la mezcla de monómeros [40% en peso de TEGDMA/60% en peso de Bis-GMA, $n_D^{20} = 1.52$]) se veía muy blanco, con una fuerte opacidad. El espécimen de la derecha (que contenía un relleno de vidrio de 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 con

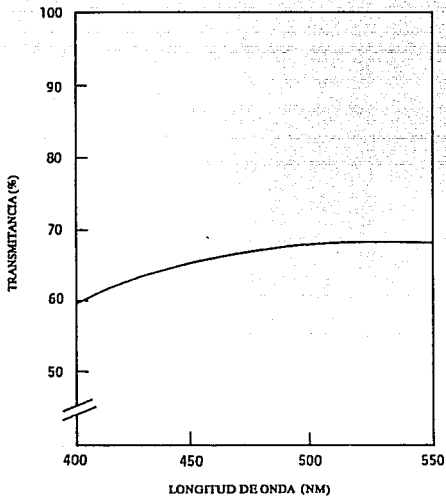


Figura 9.5 Perfil de la transmitancia de la luz con un rango de longitud de onda de 400 a 550 nm a través del polvo de vidrio de 15% en peso de TiO_2 /85% en peso de SiO_2 preparado mediante el proceso sol-gel.

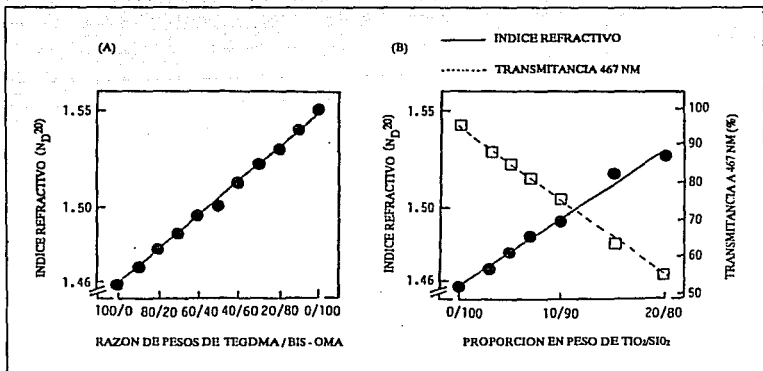


Figura 9.6 (a) Efectos de la razón de pesos entre TEGDMA y Bis-GMA sobre el índice refractivo (n_D^{20}) de las mezclas de monómero. (b) Efectos de la proporción de pesos entre TiO_2 y SiO_2 sobre el índice refractivo (n_D^{20}) y la transmitancia a 467 nm de los polvos de vidrio de TiO_2 - SiO_2 preparados mediante el proceso sol-gel.

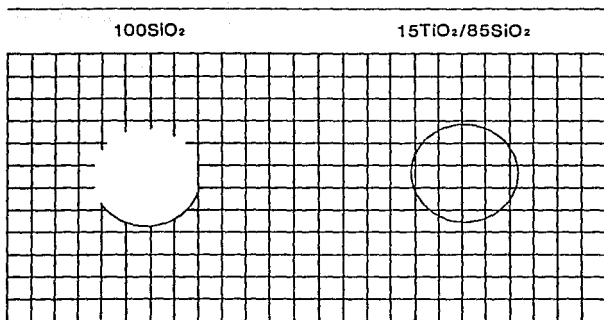


Figura 9.7 Reproducción gráfica de una fotografía de los discos endurecidos consistentes en dos composites formulados experimentalmente curados con LV: (izquierda) el espécimen de composite que contiene 100% en peso de relleno de vidrio de SiO₂ y (derecha) el que contiene relleno de vidrio con 15% en peso de TiO₂/85% en peso de SiO₂.

un índice refractivo [$n_D^{20} = 1.52$] idéntico al de la mezcla monomérica [40% en peso de TEGDMA/60% en peso de Bis-GMA]) tenía una apariencia muy translúcida. La transmitancia de la luz a 467 nm a través de películas delgadas (media \pm DE) fue de $1.3 \pm 0.15\%$ ($n = 4$) para el compuesto que contenía 100% en peso de SiO_2 en las partículas de relleno y 15.2 ± 1.24 ($n = 4$) para el que contenía 15% de TiO_2 /85% de SiO_2 en las partículas de relleno. Se volvió a confirmar que el compuesto fotopolimerizado alcanzaba un nivel de transmitancia más alto cuando el índice refractivo del relleno coincidía con el de la mezcla monomérica. La polimerización porcentual del compuesto que contenía 100% en peso de relleno de vidrio de SiO_2 (media \pm DE) fue de $57.4 \pm 0.9\%$ ($n = 3$), mientras que la correspondiente al que contenía 15% de TiO_2 /85% de SiO_2 fue de $96.1 \pm 0.3\%$ ($n = 3$), y como puede verse, la primera es significativamente más baja que la segunda. Este hallazgo concuerda con las medidas de translucencia. A mayor transmitancia a 467 nm, mayor porcentaje de polimerización.

2.5 DISCUSION

Este estudio confirmó que el índice refractivo del polvo de vidrio de $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ preparado mediante el proceso sol-gel pudo controlarse fácil y precisamente ajustando el contenido de TiO_2 en el sistema $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ (Fig. 9.6b). También se confirmó que cuando el índice refractivo del relleno igualaba al de la mezcla de monómeros, el compuesto se hacía muy translúcido (Fig. 9.7), lo

que resultaba en un grado mejorado de conversión de monómeros ante la foto-irradiación. Así pues, puede especularse que el desempeño clínico de los compuestos polimerizados con LV podría mejorarse si se usa un relleno con un índice refractivo ajustable al de la mezcla monomérica en la fabricación de las resinas compuestas. Los rellenos inorgánicos actualmente utilizados tienen valores para el índice refractivo relativamente cercanos, pero no idénticos, a los de las mezclas monoméricas.

Cuando se polimeriza la mezcla de monómeros, el índice refractivo (n_D^{20}) generalmente aumenta en 0.03. Komatsu et al. establecieron que para optimizar el grado de polimerización de estos compuestos, era más apropiado que el valor del índice refractivo del relleno fuera ligeramente mayor que el de la mezcla de monómeros, de tal suerte que el índice refractivo de la fase de resina pudiera coincidir con el del relleno durante la fotopolimerización.

La ventaja del proceso sol-gel usado para la producción del polvo de vidrio de $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ involucra la temperatura de sinterización considerablemente baja (1000°C) con respecto a la temperatura de fusión de este vidrio (aproximadamente $1500-1700^\circ\text{C}$). El inconveniente del polvo de vidrio de $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ obtenido fue la disminución de la transmitancia a 467 nm cuando el contenido de TiO_2 en el sistema $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ aumentaba (Fig. 9.6b). La razón de este fenómeno y la posible contramedida se describen como sigue. El proceso sol-gel del sistema $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ es muy complicado y

difícil de analizar debido a las muchas reacciones intermedias que se forman en las etapas de hidrólisis y condensación. Aunque los estudios de estos mecanismos de reacción son limitados, González-Oliver et al. reportaron que la rapidez de la hidrólisis del alcóxido de titanio generalmente era mayor que la del alcóxido de silicio (lo que conduce a la segregación microscópica de átomos del metal específico en el vidrio) y que el aumento en la concentración de TiO_2 en el vidrio de TiO_2/SiO_2 frecuentemente resultaba en una mayor cantidad de microporos dentro del vidrio. Estos dos factores parecen reducir la translucencia de la luz a través del polvo de vidrio de TiO_2/SiO_2 , puesto que las heterogeneidades refractarán la radiación y causarán la dispersión de la luz. Para evitar la segregación microscópica, se sugiere que se usen alcóxidos de titanio y silicio que tengan tasas de hidrólisis similares, tales como el etóxido de titanio y el etóxido de silicio parcialmente hidrolizado. Para vencer el problema de los microporos, se recomienda el tratamiento térmico del polvo a elevadas temperaturas (e.g., $1000^\circ C$ durante dos horas), pero aquí se requiere tener cuidado para evitar que cristales diminutos se precipiten en el vidrio, lo cual reduce significativamente la translucencia.

Para la evaluación de la transmitancia óptica, usamos luz con una longitud de onda de 467 nm porque el fotosensibilizador, alcanforquinona, absorbe energía en la región de 440-480 nm y, después de la excitación, inicia la

fotopolimerización. Sin embargo, deberá señalarse que las transmitancias medidas a 467 nm fueron sólo valores relativos, que dependían del espesor de la muestra. Para la valoración global de las propiedades ópticas de los compuestos dentales, la reflectancia y la transmitancia de los compuestos polimerizados con LV debe especificarse en el espectro visible (e.g., luz diurna) con una esfera integradora usada de tal manera que puedan determinarse los parámetros ópticos directos (tales como los coeficientes de dispersión y absorción del relleno en la matriz de resina). Para propósitos estéticos se añaden aditivos (incluyendo agentes colorantes, opacificantes y fluorescentes) a los compuestos dentales polimerizados con LV que son usados actualmente, aunque se sacrifica la translucencia a la luz de 467 nm. El tratamiento de acoplamiento de silano para intensificar el enlace entre el relleno y la matriz de resina también podría reducir la translucencia. Deberán examinarse estos efectos. Es importante equilibrar la necesidad de una translucencia aumentada con la necesidad de una apariencia estética. Por esta razón, es altamente deseable desarrollar rellenos de vidrio que transmitan la luz en ciertas regiones de longitud de onda, pero que puedan absorber la luz a muchas otras longitudes de onda. Puesto que la intensidad de la luz a 467 nm de la máquina UV-vis era mucho más débil que la de la fuente de LV, usamos diferentes configuraciones muestrales para las medidas de translucencia y porcentaje de polimerización. El porcentaje de polimerización, definido por la

masa de material polimerizado, parece ser simple y conveniente para la evaluación del rendimiento de polimerización del compuesto activado por LV, aunque otros han utilizado diferentes técnicas experimentales.

Puesto que la radiopacidad es uno de los importantes requerimientos para los rellenos de compuestos dentales, planeamos añadir elementos metálicos alcalinotérreos (e.g., bario y estroncio) al polvo de vidrio de TiO_2/SiO_2 mediante el proceso sol-gel en un futuro cercano. También esperamos controlar la morfología y el tamaño del relleno de vidrio a través de una vía sol-gel, ya que las partículas de vidrio de TiO_2/SiO_2 fueron muy irregulares y un poco grandes para el uso clínico.

CONCLUSIONES

El objetivo de la Operatoria Dental es prevenir y curar las enfermedades dentales para devolver al paciente la funcionalidad y estética de su aparato masticatorio. Por tal razón es de suma importancia conocer los nuevos avances que se han logrado en los materiales de restauración. En este trabajo de investigación se pretende dar a conocer los nuevos cambios que han sufrido las resinas dentales, así como sus ventajas y desventajas. También se presentan nuevos materiales de restauración estética, sus características, ventajas, desventajas y manipulación.

Es de suma importancia que el Cirujano Dentista esté actualizado en cuanto a nuevos materiales y técnicas, para que así el tratamiento operatorio sea satisfactorio y pueda devolver al paciente la salud dental.

BIBLIOGRAFIA

BARRANCOS, MOONEY. Operatoria Dental, Ed. Médica Panamericana,
2a. ed., Buenos Aires 1990, p.p. 228-237.

BAUM L., PHILLIPS R.W., LUND M.R. Tratado de Operatoria Dental,
Ed. Interamericana, 2a. ed., México 1987, p.p. 211-221.

Folletos de Degussa México S.A.

Folletos de Kulzer de México S.A.

GILMORE H.W., LUND M.R. Odontología Operatoria, Ed. Nueva
Editorial Interamericana, 2a. ed., México 1983,
p.p. 292-296.

HAMPSON E.L. Odontología Operatoria, Salvat Editores, 4a. ed.,
Barcelona 1984, p.p. 89-93.

LAREDO SANCHEZ G.C., PEREZ DE ALBA M.C. Estudio Colorimétrico y
de Porcentaje de Opacidad en Resinas
Dentales de Restauración. Rev. ADM, 1990;
Jul-Ago; 47(4) p.p. 173-178.

LAREDO SANCHEZ G.C., PEREZ DE ALBA M.C. Estudio del Comportamiento Físico de Cinco Resinas Dentales Autopolimerizables. Rev. ADM; 1990 Jul-Ago; 47(4) p.p. 179-82.

ROEGGEBERG F.A., HASHINGER D.T., FAIRHURST C.W. Calibration of FTIR Conversion Analysis of Contemporary Dental Resin Composites. Dent. Mater. 1990 Oct; 6(4) p.p. 241-249.

STURDEVANT C.M., BACON R.E., SOCKWELL C.L. Arte y Ciencia de la Operatoria Dental. Ed. Médica Panamericana. 2a. ed., Buenos Aires 1987, p.p. 331-339.

SUZUKI H., TAIRA M., WAKASAKI T. et al. Refractive Index Adjustable Fillers for Visible Light-Cured Dental Resin Composites: Preparation of TiO_2-SiO_2 Glass Powder by the Sol-Gel Process. J. Dent. Res. 1991; 70(5) p.p. 883-888.

WILLEMS G., LAMBRECHTS P., BRAEM M., et al. The Surface Roughness of Dental Enamel-to-Enamel Contact Areas Compared with the Intrinsic Roughness of Dental Resin Composites. J. Dent. Res., 1991; 70(9) p.p. 1299-1305.