Las bandas extensométricas para analizar el estrés de polimerización

Jiménez de Miguel O.F.*

RESUMEN

Se propone la extensometría como método para el análisis del estrés de polimerización en los materiales a base de resina frente a los métodos experimentales tradicionales. Se describe y aplica el método propuesto (colocando en cavidades clase II una banda extensométrica a 0,5 cms del margen cavosuperficial gingival), se analiza su validez y se valoran sus ventajas e inconvenientes.

Palabras clave: Bandas extensométricas; Estrés de polimerización; Resinas compuestas.

ABSTRACT

The aim of this study is to analyse the use of extensometry as a research method in restorative dentistry. We made class II cavities in premolars previously selected, in which we set strain gauges 0,5 cm away from the margin cavity and parallel to the cavity's floor. All phases in process were registered with strain gauges. The advantages and disadvantages of this technician dental materials are taking into account.

Key words: Strain gauges; Stress polymerisation; Resin composites.

Aceptado para publicación: octubre 2003.

* Licenciado en Odontología. Departamento Odontología Conservadora. Universidad Complutense de Madrid.
Jiménez de Miguel O.F. Las bandas extensométricas para analizar el estrés de polimerización. *Av. Odontoestomatol* 2004; 20-6: 279-288.

INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas tuvieron, al comienzo de su utilización en clínica, muchos e importantes problemas que, poco a poco, se fueron resolviendo, o por lo menos, se han ido minimizando. En la actualidad, aunque como todos materiales de obturación está sujeto a mejoras, su composición y su técnica están consolidadas por una suficiente experiencia.

No obstante, todavía son importantes los problemas que plantean los composites. De entre todos ellos, el problema de la contracción durante su polimerización, y sus consecuencias clínicas está ampliamente descrito en toda la bibliografía (1, 2, 3, 4). Esta contracción de polimerización va a generar un estrés considerable ya sea en la propia masa del material, en la interfase

restauración diente y/o en la estructura dentaria remanente, si no es contrarrestado adecuadamente (1, 5, 6). Los problemas clínicos que se producen son principalmente: despegamientos de los márgenes y paredes cavitarias (5, 6) con creación de microespacios, y la subsiguiente filtración y crecimiento de las bacterias; y la generación de tensiones entre paredes cavitarias que tienden a la deformación del continente de la restauración o deflexión cuspidéa (7, 8, 9, 10) y a producir fracturas en el esmalte o "cracks" (5, 6).

El estrés es una tensión acumulada, que resulta del balance entre diferentes factores, cómo la composición, la viscosidad, la cantidad de relleno y la porosidad del material, el tipo de polimerización, la humedad y temperatura ambiental durante la misma, y el tipo de preparación cavitaria (11, 12, 13, 14, 15).

De especial interés para nuestro estudio es el estrés relacionado con el tipo de polimerización de las resinas compuestas. Al respecto actualmente se reconoce que lo importante no es tanto la dirección en que se produce la polimerización sino el ritmo de la misma (16). Es decir, no importa cuál es el sistema que la inicia, sino el ritmo que genera. Así, las resinas autopolimerizables tienden a producir reacciones más lentas, con lo que el estrés de contracción, en principio, será menor. En las curvas de polimerización el tiempo es un elemento que comprime o expande la curva, y el grado de conversión suele ir parejo al grado de contracción. Además, éstas curvas son autoregresivas: es decir, a mayor polimerización o grado de conversión acontece mayor rigidez, lo que dificulta el entrecruzamiento de los monómeros, hasta el punto de que un material nunca llegará a polimerizar totalmente (16, 17). Si se polimeriza muy rápido se obtendrá un complejo muy rígido pero poco entrecruzado, poco cristalizado. Es decir, por un lado habría menos contracción, pero por otro, al haber menor grado de conversión se obtiene un material resultante de otras características que además influirán a su vez en la contracción (16).

También se conoce que el calor acelera la reacción, influye en su ritmo, y además disminuye la viscosidad del material. La temperatura no sólo afecta a la velocidad de la reacción sino también a la efectividad de la misma, por lo que en un mismo material, al cambiar la temperatura, se puede generar más estrés de contracción (16, 17). En el caso de las resinas compuestas fotopolimerizables es necesario el empleo de lámparas que al activarse proporcionan un aumento de temperatura en el material en su entorno y por lo tanto en el material (6, 18). Por lo que creemos que a la hora de estudiar el estrés que se produce durante la fotopolimerización es importante conocer qué parte está relacionado con la naturaleza propia del material y que parte corresponde al calor generado por la lámpara.

No hay muchos estudios que cuantifiquen el valor del estrés de contracción durante la polimerización (17). Los sistemas empleados para medir estas fuerzas son múltiples y muy variados (todavía no se ha dado con el método definitivo), y por tanto los resultados son también diversos. Entre las numerosas técnicas que se han empleado para el estudio del

estrés, como los ensayos mecánicos de tracción/cizalla, la fotoelasticimetría, el análisis matemáticos de elementos finitos, etc. (19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) se encuentra el método de análisis del estrés mediante bandas extensométricas.

La extensometría es una técnica que estudia la deformación originada en un material, mediante la variación de resistencia que se manifiesta sobre unos "sensores" (bandas extensométricas) instalados sobre él (22, 26, 27). Esta banda extensométrica es, pues, una resistencia que sufre variación al ser sometida a una tensión mecánica (26, 27). El equipamiento para la extensometría consta de tres partes: las Bandas extensométricas (conductores) o "strain gauges"; los Transductores, necesarios ya que con este método no registramos las fuerzas ejercidas o aplicadas, sino las deformaciones superficiales de un cuerpo y su distribución; y el Puente de extensometría.

Entre las ventajas de este método se describen y destacamos (1, 22, 28) el que se trata de una técnica de análisis no destructiva, permitiendo la utilización de la misma muestra en distintos estadios, eliminándose el factor de variabilidad entre los distintos especímenes. De esta manera, el número de muestras necesarias para encontrar resultados significativos puede ser más pequeño, y permiten reproducir diferentes situaciones clínicas al simular mejor las cargas que se producen en la boca. Como desventajas (1, 28) están su mayor coste económico, su complejidad técnica, su dificultad para colocar las bandas en muestras de dimensiones tan reducidas, y que se requieren conocimientos de física eléctrica. Esta técnica se viene aplicando en Odontología desde principios de los años 70, siendo el sistema mayoritariamente utilizado para la determinación de las fuerzas de mordida en estudios sobre el funcionamiento del aparato estomatognático (22).

Así pues, dada la importancia del problema y la existencia de este método de análisis del estrés de contracción, el propósito de nuestro estudio es conocer y cuantificar las microdeformaciones que produce la contracción del composite sobre el diente, en restauraciones de clase II, durante su polimerización, y la posible influencia de la temperatura en los registros obtenidos, todo ello con el fin de familiarizarnos y describir el método de la Extensometría y sus apli-

caciones en el campo odontológico, así como ajustar la Extensometría como método de investigación en Odontología Conservadora.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó siguiendo el siguiente protocolo:

- 1) **Obtención, selección, limpieza y almacenamiento** de los dientes.
- 2) **Entrenamiento** en la colocación de las bandas extensométricas (EA-06-062AQ-350, Measurements Group, Inc. North Carolina) para lo que se confeccionaron "simuladores de bandas" en papel de acetato para ensayar su colocación.
- 3) **Preparación de las cavidades.**
- 4) **Estandarización de las cavidades** mediante la toma de impresiones con silicona fluida de la cavidad, análisis de la cavidad con lupa estereoscópica, y determinación del factor de configuración.
- 5) **Colocación de la banda:** Preparación del diente para colocar la banda; sustentación del diente en un bloque de silicona pesada; colocación de la banda en el lugar seleccionado; y aplicación de la silicona de aislamiento (Dow Corning 3140®) sobre la banda.
- 6) **Restauración de la cavidad y toma de registros** con las muestras fijadas a un bloque cilíndrico de soporte de silicona pesada (Zetalabor®-Zhemarck).

El protocolo se desarrolló de la siguiente manera:

Utilizamos premolares superiores o inferiores exodonciados, que no presentaban caries, fracturas coronarias, ni restauraciones. Todos los especímenes presentaban una morfología normal. Los dientes se limpiaron de todo resto de sangre, sarro y periodonto, sumergiéndolos en hipoclorito de sodio al 5% durante 12 horas. Posteriormente se lavaron abundantemente, y se almacenaron en medio acuoso (agua destilada) a temperatura ambiente hasta el momento de su utilización.

En cada diente se realizó una cavidad de clase II utilizando una fresa cilíndrica de diamante (Shofu PN 0824, ISO 022) con turbina y agua en abundancia, en la pared mesial o distal de los dientes.

Realizamos una impresión de la cavidad con silicona fluida para poder visualizar el volumen total de la preparación. A continuación pasamos a medir las áreas de las superficies libres y de las superficies de adhesión al diente de nuestras cavidades, mediante la lupa estereoscópica MZ12 de Leica a un aumento de 1.0 x.

Por manipulación incorrecta, morfología cavitaria inadecuada, y/o recogida de datos defectuosa, desechamos distintas muestras, quedando 7 útiles para el estudio.

Para la colocación de la banda se siguieron las instrucciones del fabricante. Y una vez colocada, procedimos a la obturación de las cajas proximales y al registro de las deformaciones durante la misma. Para realizar el grabado ácido, aislamos previamente cada diente con dique de goma con el fin de evitar la contaminación con agua del transductor. Grabamos la caja con ácido fosfórico al 37% (Total Etch®) durante 15 segundos. Lavamos y secamos durante otros 15 segundos (sin desecar para facilitar la difusión del adhesivo dentinario, acorde con las técnicas actuales), y procedimos a retirar el dique de goma.

Realizados estos pasos, conectamos el calibrador de tensión al sistema de recogida de datos (Puente de extensometría portátil P-3500, Measurements Group, Inc. North Carolina).

Después colocamos el adhesivo Excite®, aplicando una sola capa y polimerizando durante 20 segundos siguiendo las instrucciones del fabricante. A continuación obturamos con un composite híbrido, el Tetric Ceram®, color A 3,5, polimerizándolo con una lámpara de luz halógena (Optilux 501) durante 40 segundos siguiendo una técnica incremental, y aplicándolo en 4 capas.

El sistema de recogida de datos al que está conectado el calibrador, registraba las microdeformaciones producidas en cada muestra, cada segundo, durante 15 minutos, por lo que se recogieron un total de 900 registros. Se trató que el tiempo que empleába-

TABLA 1.- TIEMPOS DE TRABAJO Y MICRODEFORMACIONES MEDIAS PARA CADA UNA DE LAS FASES DE LA OBTURACIÓN

ACTIVIDADES	TIEMPO MEDIA	(SEGUNDOS) DS	MICRODEFORMACIONES	
			MEDIA	DS
Inicio curado de Adhesivo	36	4,3	-10,8	6,8
Fin curado	56	4,3	91,7	80,9
Inicio curado 1ª capa composite	103	19,8	5,4	53,4
Fin curado	143	19,8	161,7	75,8
2ª capa (inicio curado)	186,2	27,6	56,3	66,9
Fin del curado	226,2	27,6	205,4	103,7
3ª capa (inicio curado)	269	34	67,2	69,6
Fin del curado	309	34	205,4	88,8
4ª capa (inicio curado)	357,2	36,8	86,3	89,5
Fin del curado	397,2	36,8	210,8	102,6
Retorno a la Deformación inicial/basal	535,6	68,84	-7,2	4,07
Fin del registro	900	0	-107,2	67,9

mos en hacer la restauración fuera aproximadamente el mismo. En el diario de operaciones se anotó para cada muestra, la duración promedio en la realización de las restauraciones, y el tiempo en el que se aplicaba tanto el adhesivo, como cada capa de composite (ver tabla 1).

Los datos para cada muestra se recogieron de dos formas: mediante cifras numéricas (microdeformaciones -900 para cada muestra-) en formato Excell, y mediante una gráfica de deformación/tiempo que reproducía el programa utilizado para recoger esos datos (Silmon LaB 3.0).

Seguidamente, las 5 muestras obturadas con composite fotopolimerizable volvieron a ser sometidas de nuevo a un proceso de curado mediante la activación de la lámpara, utilizando los tiempos de trabajo promedios empleados anteriormente, y realizándose al mismo tiempo el registro de las microdeformaciones.

Las 2 muestras restantes se obturaron con el composite autopolimerizable Clearfil®, siguiendo una técnica convencional en bloque, colocando una primera capa del adhesivo dentinario Excite®, y realizando el registro de las microdeformaciones durante el tiempo de polimerización que marca el fabricante. Después se procedió nuevamente, a someter a dichas muestras a un segundo proceso de curado, mediante la activación de la lámpara según los tiempos de trabajo promedio.

Acabada la parte experimental del trabajo, se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos únicamente en los registros de las obturaciones con composite fotopolimerizable mediante un estudio descriptivo e inferencial (ANOVA, Prueba de Correlación de Pearson)

De los otros grupos de registros estudiados, en el momento actual, no nos ha sido posible hacerlo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se han dividido en los siguientes apartados:

■ Registro de deformaciones durante la obturación de las cavidades con composite fotopolimerizable.

Del análisis de las 5 muestras se obtuvieron 5 gráficas, con sus correspondientes tablas de datos, donde se cuantificó la microdeformación producida en cada momento del registro (gráfica 1).

Para una mejor comprensión elaboramos una gráfica promedio que refleja los rasgos comunes de todas las gráficas obtenidas, tanto de los valores de microdeformación como de los tiempos de recogida de datos (gráfica 2).

En esta gráfica se puede observar:

Gráfica 1. Curvas de microdeformación de las muestras estudiadas.

Gráfica 2. Gráfica tipo para todas las muestras del estudio: Adhesivo / Capas de resina compuesta: 1ª capa 2ª capa 3ª capa 4ª capa

- La relación temporal entre cada una de las fases de la obturación (aplicación del adhesivo –amarillo-, su fotopolimerización –ver intervalo de curado-, colocación de las diferentes capas de resina compuesta – en distintos colores- y las diferentes aplicaciones de la lámpara – ver intervalos de curado-) y sus correspondientes valores de microdeformación.
- Los picos (máximas microdeformaciones) y valles (mínima aparición de microdeformaciones) de la curva.
- Que las sucesivas fases ascendentes y descendentes siempre alcanzan valores más altos que las anteriores.
- Fase de obturación donde se produce la máxima microdeformación (B), y fase donde se produce la mínima (A).
- Momentos o períodos de "relajación" del diente (C).

Aunque ya se ha dicho que el tiempo empleado para realizar las restauraciones fue semejante, se anotó para cada muestra la duración promedio, y el tiempo en el que se aplicaba tanto el adhesivo, como cada capa de composite. Estos periodos corresponden a fases de "relajación" posteriores a la polimerización, durante los cuales se coloca la siguiente capa de material. Los tiempos promedio de trabajo y las microdeformaciones medias de todas las muestras del estudio, en cada una de las fases de la restauración, quedan reflejados en la tabla 1.

Tras el análisis estadístico obtuvimos una correlación positiva ($p < 0,01$) en el comportamiento de todas las muestras (Correlación de Pearson). Es decir, que todas las muestras se comportan igual en cada fase de la restauración, existiendo una relación entre la polimerización y la trayectoria ascendente de la gráfica registrada, así como también una relación entre la trayectoria descendente registrada con el "no curado" de la resina.

Sin embargo, estadísticamente, el comportamiento de cada una de las muestras comparadas entre sí resultó diferente.

■ *Registro de deformaciones, una vez finalizada la obturación de las cavidades con composite fotopolimerizable, y sometidas de nuevo al mismo proceso de fotocurado.*

Todas las muestras obturadas con composite fotopolimerizable, se volvieron a someter al mismo proceso de curado, respetándose idénticos tiempos de activación y desactivación de la luz. Obtenemos una nueva gráfica promedio con los nuevos registros, a la que llamamos "gráfica de deformaciones por calor". Esto nos permite hacer un análisis comparativo descriptivo con la gráfica 2 (gráfica 3)

En esta gráfica se puede observar:

- En la gráfica "por calor" se continúan registrando microdeformaciones.
- El trazado de ambas es bastante similar: Aparecen picos (máximas microdeformaciones) y valles (mínima aparición de microdeformaciones).

Gráfica 3. Curvas promedio de microdeformación.

- Las sucesivas fases ascendentes y descendentes de las gráficas siempre alcanzan valores más altos que las anteriores; existen momentos o períodos de "relajación" del diente, que se corresponden a la fase de "no activado" de la lámpara.
- Los valores de microdeformación de la gráfica por "calor" son cuantitativamente más bajos que los de la gráfica 2.

■ *Registro de deformaciones durante la obturación de las cavidades con composite autopolimerizable y posterior aplicación de la lámpara de fotopolimerizar.*

En esta gráfica podemos observar:

- El estrés (microdeformaciones) que haya podido producir la polimerización del composite autopolimerizable no ha sido registrado.
- En ambas curvas sólo se registran microdeformaciones cuando se activa la lámpara de fotopolimerización.

En los trabajos revisados sobre análisis de estrés mediante la utilización de bandas extensométricas (1, 18, 29, 30) sí observamos una gran variabilidad en los resultados obtenidos para cada una de las muestras, que podría quedar justificada por factores como las particularidades anatómicas de cada diente (1) o la dificultad para conseguir dos cavidades exactamente iguales o para controlar el grosor de cada nuevo incremento de material.

Aunque los objetivos de los autores consultados no

Gráfica 4. Curvas promedio de microdeformación.

son los mismos que los nuestros, del análisis de dichos trabajos sí podemos obtener una panorámica de las variables que pueden influir en el método de la Extensometría y que, por tanto, tendremos que controlar durante la experimentación, como son:

☐ Zona y tipo de tejido dentario sobre el que se trabaja.

En nuestro estudio seleccionamos premolares, al igual que el resto de los autores consultados (1, 18, 29, 30). Intentamos que tuviesen todos el mismo tamaño y las mismas características anatómicas. Dientes anatómicamente "más robustos", ofrecerán mayores niveles de resistencia frente al estrés que otros más pequeños.

☐ La técnica de obturación incremental.

Intentamos suprimir diferencias durante la obturación de cada muestra realizando el mismo número de incrementos de material, así como la forma y sitio de aposición de cada uno. Del mismo modo que el grosor de cada incremento vendrá uniformizado por el tamaño uniforme cavitario de las muestras.

☐ Factor de configuración.

Ninguno de los autores revisados hace mención a él, pero nosotros lo consideramos relevante por dos motivos:

- Porque puede ser un elemento de ayuda para la estandarización de cavidades.
- Porque la Extensometría podría permitirnos relacionar si el factor C es predictor del comportamiento tensional de la resina como sostienen Feilzer y cols. (3), pudiendo controlarse el grado de estrés del

composite con el diseño de la cavidad; o por el contrario no lo es, como afirman otros autores (16).

☐ **Presencia de fisuras y/o líneas blancas.**

Aunque no lo hemos contemplado en nuestro estudio, pensamos que puede ser un buen complemento al método propuesto, pues tendría que haber un mayor número de craks en aquellos dientes en donde se hayan registrado las mayores deformaciones. De los artículos consultados sólo uno lo considera a estudio (18).

☐ **Banda extensométrica empleada y dirección en la que se posiciona.**

Todos los artículos revisados (1, 18, 29, 30) utilizan bandas extensométricas de similares características, y también, en todos ellos, se colocan paralelas a la dirección de la deformación principal objeto del estudio. Donde si hemos encontrado diferencias entre los diferentes autores es en la superficie donde se aplica y en el número de bandas a emplear. Así, algunos autores (1, 29) colocan dos bandas, una en la superficies bucal y otra en la lingual de cada premolar; otros (18) colocan una sola banda en la superficie proximal.

Nosotros estudiamos la deformación que el material restaurador ejerce sobre el diente, en concreto en premolares, en cavidades tipo II estándares, donde es frecuente el fenómeno de la deflexión cuspídea. Durante la misma existe una deformación principal, que se corresponde con la deformación longitudinal, que es la significativa, la que define el fenómeno; y otra, que se corresponde con la deformación transversal, que es la deformación mínima. Por tanto si quisiéramos conocer la tensión real que se produce en un punto habría que conocer las dos deformaciones o en su defecto la más significativa (27). Pensamos que para estudiar este fenómeno basta una sola banda colocada en la superficie proximal, pues todo cuerpo sometido a una tensión experimenta una deformación en dos direcciones que forman siempre un ángulo recto (27). Creemos, por tanto, que no es necesario la utilización de dos bandas en las superficies libres de los dientes, pues de esta manera, se está midiendo la deformación mínima del fenómeno y no la máxima.

☐ **Medio de conservación de los dientes:**

Este punto también lo consideramos importante,

pues puede ser un elemento que haga el diente más frágil. Nosotros, al igual que el resto de estudios, lo conservamos en un ambiente húmedo, hasta su posterior utilización. Shimizu y cols.(1) conservan las muestras en formol, y El-Badrawy (29) en agua destilada, como nosotros. Consideramos interesante la posibilidad que queda reflejada en el trabajo de la CRA, 1999, (18) donde tras polimerizar, sumergen el complejo diente-banda en un medio acuoso para reproducir mejor las condiciones bucales.

Con respecto a los resultados obtenidos en nuestro trabajo, a causa de la variabilidad de los valores obtenidos en los registros y a las diferencias encontradas al comparar una gráfica y otra, creemos de mayor interés analizar no las cifras numéricas y absolutas, sino la tendencia observada en las gráficas. Hemos podido observar que, en todas las gráficas y después de la última polimerización, hay un descenso de la trayectoria de la curva, pasando por su nivel de deformación inicial, y llegando a situarse por debajo del mismo. Pensamos que este fenómeno no hace más que reflejar el comportamiento elástico del diente, registrando el "Extensímetro" la recuperación del diente frente al fenómeno de "deflexión". La intensidad de este fenómeno podría estar relacionada con la cantidad de microdeformaciones alcanzada durante la restauración del diente, así como con el tiempo empleado en la misma.

Además, en todas las muestras, se observa un incremento en la deformación a medida que avanzamos en las fases de la restauración. Este fenómeno puede estar explicado porque a medida que avanza el curado del material, la contracción y su "flujo" (capacidad inicial de la resina para deformarse sin daño para su estructura, debido a su viscosidad) disminuiría, aumentando la rigidez de la restauración, de tal forma que aunque sea menor la contracción volumétrica, a medida que avanzamos en las fases de la restauración, ésta ocurriría en el seno de un material más rígido, lo que causaría un aumento del estrés tanto en el material como en el diente (16,17).

A la vista de los resultados se podría apuntar una relación entre el tiempo y el desarrollo de estrés en cada fase de polimerización, pues cuanto más se ha tardado en realizar una nueva polimerización del composite más ha bajado la curva, y más se "ha

relajado" el diente. El pico alcanzado en cada fase de polimerización podría estar condicionado por el valle precedente y viceversa, es decir, cuanto más alto sea el pico, más tiempo tardaría en relajarse. Pensamos, por tanto, que pudiera existir cierta correlación entre ambos fenómenos que tendría que ser estudiado con la prueba estadística correspondiente (Coeficiente de correlación).

También se apunta una relación entre la temperatura y la aparición de deformaciones, aunque tendrá que ser confirmado estadísticamente, para valorar si esta variable tiene suficiente relevancia en el registro de fuerzas de polimerización. Pero lo que parece claro es que la temperatura produce deformaciones, bien sea en la banda, o en el diente. Por el tipo de banda utilizado en nuestro estudio, que está auto-compensada en temperatura, y preparada para resistir temperaturas mucho mayores (de -75°C a 250°C) (27), nosotros pensamos que lo que estamos registrando son las deformaciones que produce la lámpara por la emisión de calor sobre el diente.

Por otro lado, el hecho de que esta técnica no nos permita registrar las deformaciones que el composite autopolimerizable pueda producir sobre el tejido dentario, nos hace cuestionarnos la sensibilidad de la técnica o que la intensidad del estrés que produce el composite autopolimerizable puede que sea muy poca.

CONCLUSIONES

En el momento actual del estudio es una temeridad sacar conclusiones definitivas con respecto a la utilidad cierta de este método para el análisis del estrés de contracción de las resinas compuestas. Aún así, sí podemos realizar algunas conclusiones previas basadas en nuestra experiencia adquirida y en los trabajos de otros autores:

- La extensometría puede ser un buen método para el análisis de tensiones en Odontología Conservadora por ser una técnica de análisis no destructivo, con lo que se elimina el factor de variabilidad entre los distintos especímenes, siendo necesario un pequeño número de muestras para

encontrar resultados significativos, a diferencia de los métodos destructivos, en los que se necesitan mayores tamaños muestrales.

- Permite utilizar el mismo espécimen en distintos estadios, sin necesidad de tener que buscar otros dientes de similares características anatómicas, para observar su comportamiento en otra fase de la restauración, eliminándose por tanto, la necesidad de tener un grupo control (cada diente es su propia referencia).
- Además, los métodos no destructivos, simulan mejor las cargas que se producen en boca, proporcionando información más relevante, por ser más similar a la situación clínica. Por el contrario, los métodos destructivos, se basan en la medida de fuerzas que destruyen el espécimen, siendo necesarias fuerzas de mayor rango. Por lo tanto, ésta técnica podría proporcionar resultados clínicamente más relevantes.
- Debido a la cantidad de variables de difícil control de esta metodología, creemos que, actualmente, es necesario para la lectura de los resultados atender a la coherencia encontrada en las curvas de polimerización. El análisis se debe hacer en base a la tendencia de las tensiones registradas y no tanto a los valores absolutos encontrados.
- La temperatura produce deformaciones registrables por lo que es un factor a tener en cuenta cuando utilizamos lámparas de fotopolimerizar en nuestro estudio.
- Pese a los inconvenientes que presenta esta técnica (coste, complejidad, conocimientos de física eléctrica) creemos que son más sus ventajas, iniciándose un futuro prometedor en este campo con múltiples posibilidades de estudio y nuevas aproximaciones al problema de la contracción de polimerización.

BIBLIOGRAFÍA

1. Shimizu A, Hasegawa M, Kishimoto H, Yoshioka W. An in vitro investigation of the tooth strains

- associated with four different restorations in Class II cavity. *J Prosth Dent*: 309-14. 1996.
2. Condon JR, Ferracane JL. Polymerization contraction stress of comercial composites. *J Dent Res* 77: 639 Abstr# 59. 1998.
3. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* .66 (11): 1636-9. 1987.
4. Carvalho RM; Pereira JC; Yoshiyama M; Pashley. A review of polymerization contraction: The influence of stress development versus stress relief. *Op Dent* . 21: 17-24. 1996.
5. García Barbero J. Problemas de las resinas compuestas. En: *Patología y Terapéutica Dental de J García Barbero*. Ed. Síntesis. p: 436-49. 1997.
6. Calderón García J. Descripción de las Resinas compuestas. En: *Patología y Terapéutica Dental de J García Barbero*. Ed. Síntesis. p: 424 – 433. 1997.
7. García Barbero J, Calderón García J. Restauraciones con resinas compuestas. En: *El Manual de Odontología*. Ed. Masson – Salvat. p: 645-63. 1995.
8. Causton BE, Miller B, Sefton J. The deformation of cusps by bonded posterior composite restorations: an in-vitro study. *Br Dent J*. 159: 397-400. 1985.
9. Pearson GJ, Hegarty SM. Cusp movement of molar teeth with composite filling materials in conventional and modified MOD cavities. *Br Dent J*. 166: 162-5. 1989.
10. Suliman AA, Boyer DB, Lakes RS. Cusp movement in premolars resulting from composite polymerization shrinkage. *Dent Mater*. 9: 6-10. 1993.
11. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Pros Dent*. 59. (3): 297-300. 1988.
12. Miguel A, Saralegui A, De la Macorra JC. Estudio de la porosidad interna en los cementos de resina compuesta. *Av odontest*. 13: 315-21. 1997.
13. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. *J Dent Res*. 69. (1): 36-9.1990.
14. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent*. 25: 435-40. 1997.
15. Taylor DF, Kalachandra S, Sankarapandian M, McGrath JE. Relationship between filler and matrix resin characteristics and the properties of uncured composite pastes. *Biomaterials*. 19: 197-204. 1998.
16. Miguel Calvo A. Estudios sobre el estrés de contracción de los materiales a base de resina compuesta. Tesis Doctoral. UCM. Madrid. 2001.
17. De la Macorra García JC. La contracción de polimerización de los materiales restauradores a base de resinas compuestas. *Odont Cons*. 2. (1): 24-35. 1999.
18. CRA Newsletter. Nuevas lámparas de fotocurado, alta intensidad Vs. Intensidad múltiple. Estado de informe 2. Julio-Agosto 1999.
19. Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strenght measurements. *J Dent*. 17: 61-67. 1989.
20. Fernández Terán A, Villa Vigil MA, Cueto Suárez M, Peña López JM, Suárez Feito RM, Nuño Mateo F. Estudio mediante análisis fotoelástico del estrés mecánico inducido por varios tipos de "pins" roscados. *Arch odontoest*. 12 (2): 62-8. 1996.
21. Kinimoto Y. Photoelastic analysis of polymerization contraction stresses in resin composite restorations *J Dent*. 26 (2): 165-71. 1998.
22. Giner Tarrida LL, Roselló Mayans E, Sabriá Rius J, Espiás Gómez A, Cortada Colomer M, Riera

- Hervás E. Revisión bibliográfica de los distintos sistemas para la medición de las fuerzas de mordida. *Av odontoest.* 13: 465-78. 1997.
23. Magne P, Douglas WH. Optimización del diseño y evolución de la cerámica adherida para la dentición anterior. Un análisis de elemento finito. Quintessence (ed. esp.). 13 (10): 615-25. 2000.
24. Morin DL. Biophysical stress analysis of restored teeth: experimental strain measurements. *Dent Mater.* 4: 41-8. 1988.
25. Morin DL. Biophysical stress analysis of restored teeth: modeling and analysis. *Dent Mater.* 4: 77-84. 1988.
26. Strother GK. Física aplicada a las Ciencias de la Salud. Ed. McGraw-Hill. p: 262-5. 1981.
27. Bravo, MA. Curso de extensometría. Grupo de Medidas Ibérica S.L. Madrid (España). 2001.
28. Vega JM. Propiedades físicas mecánicas de los materiales odontológicos (I): Principios generales sobre ensayos tecnológicos aplicados a los materiales dentales. En *Materiales de Odontología* de JM Vega. Ed. Avances Médico-Dentales. p: 161-75. 1996.
29. El-Badrawy WA. Cuspal Deflection of Maxillary Premolars restored with bonded Amalgam". *Op Dent.* 24: 337-43. 1999.
30. Sakaguchi RL, Ferracane JL. Stress transfer from polymerization shrinkage of a chemical-cured composite bonded to a pre-cast composite substrate. *Dent Mater* 14: 106-111. 1998.