



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Desarrollo de aparato para pruebas de abrasión y puesta en punto con
resinas compuestas

Tesis

Que para obtener el título de

Cirujano Dentista

Presenta:

Horacio Usmar Caballero Sánchez

Director de tesis

Dr. Federico Humberto Barceló Santana

Asesores

Ing. Francisco Javier Caballero Sánchez

Ing. Jorge Mario Pérez Santillán

México D.F. 2006





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 esta 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.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres, hermanos, tíos, primos, amigos, compañeros, académicos, a la Facultad de Odontología, a la UNAM, a la Fundación Telmex y a todas aquellas personas que depositaron su salud en mis manos para poder ayudarles a tener una mejor calidad de vida.

Mil gracias por todo.

Índice

- **Portada**
- **Agradecimientos**
- **Índice**
- **Introducción**
- **Resumen**
- **Planteamiento del problema**
- **Antecedentes**
- **Objetivos**
- **Hipótesis**
- **Justificación**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Discusión**
- **Conclusiones**
- **Bibliografía**
- **Otros**

Resumen

El diseño y construcción de un aparato para realizar pruebas de abrasión y puesta en punto con resinas compuestas se debe a la necesidad de contar con los medios requeridos para poder reproducir dicho fenómeno, que tiene lugar durante el ciclo masticatorio. Su desarrollo se caracteriza por establecer las condiciones mediante las cuales un tambor metálico que forma parte de sus componentes realice movimientos cíclicos en sentido longitudinal, haciéndose valer para ello del uso de una leva trasladando de forma excéntrica el movimiento producido por un motor eléctrico, con un intervalo y frecuencia definidos (aparato electromecánico). Además de hacer uso de los cuatro vástagos que conforman la parte activa de la gradilla que se sustenta de los extremos del gabinete, los cuales sirven como medio de sujeción de los especímenes y proporcionan una carga sobre el dispositivo, logrando así que ambas superficies interactúen. Durante la prueba se mantendrá una irrigación continua de los especímenes por medio de un sistema de circulación continua de agua a una temperatura de $37^{\circ}C$.

La importancia en el desarrollo de éste equipo radica en su utilización en el laboratorio de investigación en materiales dentales de la DEPeI de la F.O. para realizar pruebas de abrasión.

I-Introducción

De los mecanismos de desgaste para materiales dentales (abrasión, atrición y erosión), dos principales han sido identificados para el estudio de resina compuesta dental. La abrasión es generada por la acción de deslizamiento de un diente a otro con transmisión de fuerza a través de una capa de alimento que sirve como un tercer cuerpo. La atrición resulta del contacto directo entre dientes que se oponen cuando el nivel de carga es elevado. La acción combinada de estos dos mecanismos es mitigada por la morfología cambiante del antagonista a medida que continúa el desgaste.

El material de restauración ideal será aquel capaz de producir características funcionales similares al esmalte humano. Dicho material deberá desgastarse en la misma proporción y no deberá causar más desgaste al esmalte antagonista del que tuviera él mismo.

El dentista busca proveer un material de restauración que tenga la función y apariencia del esmalte que se está reemplazando, pero la meta ha sido difícil de alcanzar debido a que los materiales, que se asemejan al esmalte en cuanto a su comportamiento físico no asemejan su estética, y los materiales que sí asemejan su estética no necesariamente funcionan como esmalte. Esta disparidad es aparente cuando se considera que las

superficies de esmalte a desgastar son antagonistas de diferentes materiales de restauración.

La necesidad de evaluar la resistencia al desgaste en materiales de restauración “resina compuesta” ha llevado al desarrollo de una amplia gama de máquinas productoras de desgaste.

El desarrollo de una máquina que provea estas condiciones pudiendo ser evaluados los cambios en muestras de resina en las condiciones *in-vitro* de la cavidad oral, fue objetivo de este trabajo.

Antecedentes

En 1971, Tillitson, Craig y Peyton [1] realizaron un estudio sobre fricción y desgaste en materiales dentales de restauración. Este estudio describe la instrumentación experimental para pruebas bajo una diversidad de variables. El instrumento fue diseñado para estudiar un tipo de material en particular ante una condición de prueba.

Como se puede ver en las figs.1 y 2 se seleccionó una superficie hidráulica para proveer el movimiento entre las muestras bajo estudio, la mesa longitudinal puede variar en velocidad de 3 pulgadas a 150 pies por minuto con un recorrido de 23.5 pulgadas y puede ser programada para ajustarse transversalmente en movimiento con un recorrido de 6.75 pulgadas, la superficie de trabajo actual es de 6x18 pulgadas. La mesa puede ser controlada a velocidades tan bajas como 0.002cm/s. Las pruebas de fricción y desgaste pueden realizarse en una pista continua, la cual es irrigada o también puede ser retrasada en pruebas de estudio de efecto de acumulación de partículas de desgaste.

fig.1 vista de los instrumentos de fricción y desgaste

A-mesa B-balance C-pesos

fig.2 acercamiento

A-transductor B-superficie de deslizamiento C-superficie plana

fig.1

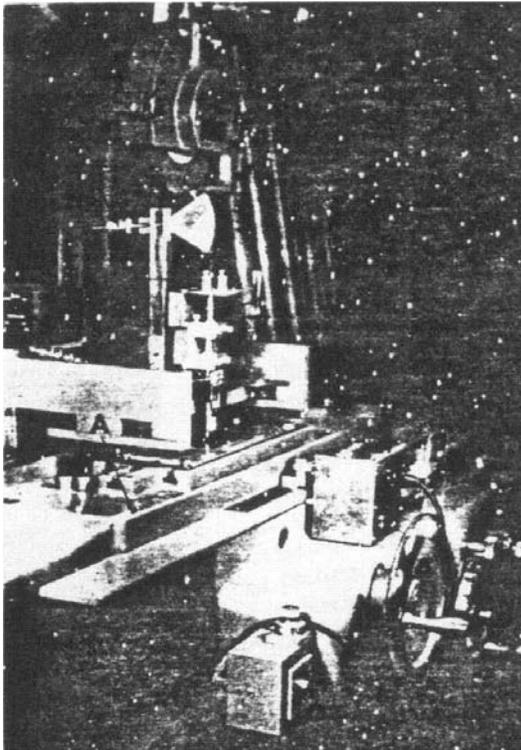
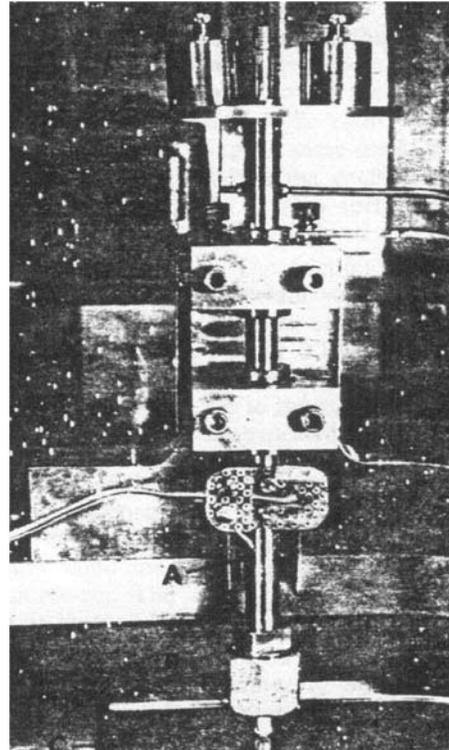


fig.2



En 1979, Fan, Powers y Craig [2] realizaron un estudio sobre desgaste *in-vitro* en resinas compuestas de microrelleno fotoactivado. Cuatro resinas compuestas de microrelleno, una resina compuesta activada con luz visible y una resina compuesta convencional amino-curada fueron sometidas a pruebas de abrasión de dos cuerpos y deslizamiento. Las pruebas fueron realizadas usando una superficie abrasiva, la cual fue irrigada continuamente. Cada espécimen fue sometido a abrasión bajo una carga y esfuerzo de 0.18 MN/m^2 contra papel grano 600 SiC, moviéndose a una velocidad de 2.5 mm/s . El total de recorrido fue de 10 m de distancia en una superficie abrasiva continuamente irrigada. Los detritos de desgaste fueron removidos por medio de una constante irrigación. El espécimen fue medido antes y después de la abrasión por medio de un micrómetro con precisión de 0.001 mm . La información de abrasión fue reportada como el volumen perdido de un material por unidad de recorrido (mm^3/mm).

También se realizaron experimentos de deslizamiento en una sola dirección. Las superficies de los especímenes del material de restauración fueron sometidas a deslizamiento sobre hemisferio diamantado ($360 \mu\text{m}$ de diámetro) a una velocidad de 0.25 mm/s . La carga fue de 1 a 10 N con incrementos de 1 N .

En 1980, Tore Dérand y Lars Ehrnford [3] realizaron una evaluación sobre periodos prolongados de abrasión en resinas compuestas almacenadas en distintas soluciones. Dos resinas compuestas dentales fueron utilizadas. Una con relleno de tamaño regular de cuarzo (Adaptic) y otro con microrelleno de cuarzo (Isoplast). Los especímenes fueron almacenados en agua a 37°C durante 7 días y fueron colocados en soportes de resina acrílica con cavidades redondeadas. El preparado abrasivo consiste

de Al_2O_3 (TPX 120) y perlas de vidrio (limadura de vidrio 1mm) en agua. Los especímenes de la prueba fueron montados longitudinalmente en el brazo giratorio como puede verse en la figs.3 y 4. Se efectuaron ciclos durante 2.5 minutos en cada dirección. A una velocidad de 1.36 m/s. El periodo de corrida fue de 1 h.

En el segundo experimento los especímenes fueron colocados en tres diferentes soluciones: cloroformo, ácido láctico (pH 4.25) y agua.

fig. 3 Deslizador (A) para la fijación de la barra de acrílico con la cavidad del espécimen (B) al eje (C).

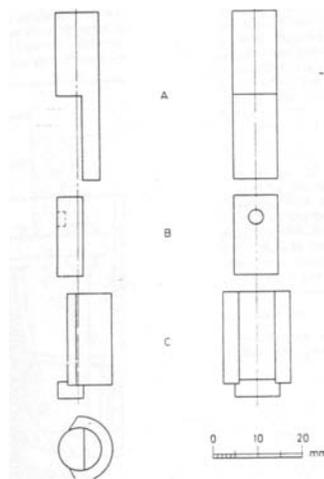
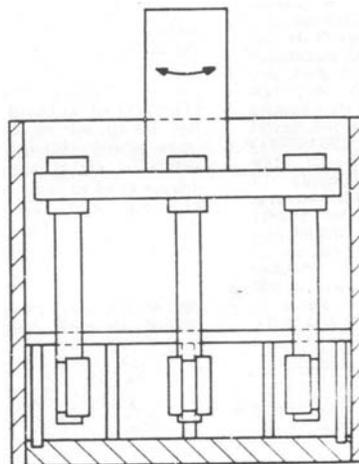


fig.4 Cubilete con preparado de abrasivo de perlas de vidrio y soportes de especímenes fijos a brazos rotatorios.

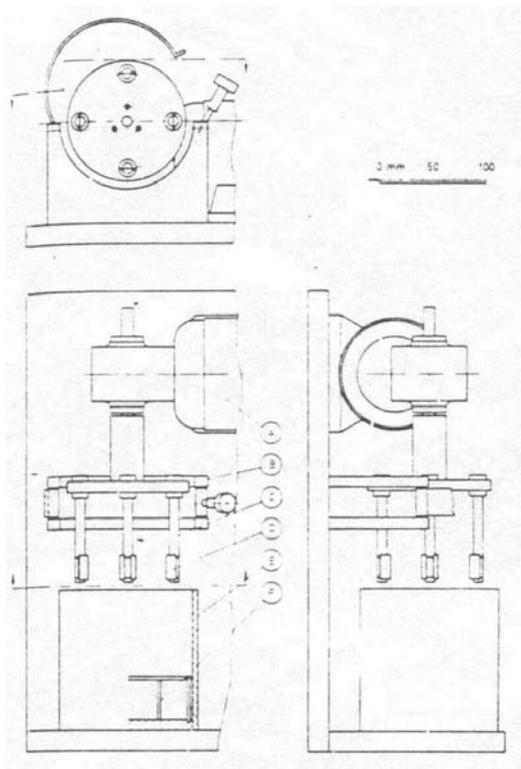


En 1980, Lars Ehrnford, Tore Dérand, Lars-Ake Larsson y Alvar Svensson [4] realizaron una prueba de abrasión en resinas compuestas. El principio básico de esta prueba de abrasión presentada fue el de poner en contacto al espécimen con pequeñas perlas de vidrio. Las perlas de vidrio se deslizaron de manera aleatoria sobre la superficie del espécimen donde lo golpearon. Un preparado fue formulado con limadura, perlas de vidrio de 1mm de diámetro y óxido de aluminio como abrasivo en polvo.

Como puede observarse en la fig.5 fueron construidos soportes para las pruebas de 5x10mm. Se preparó un orificio donde los materiales de prueba fueron colocados. Los soportes fueron entonces puestos verticalmente en cuatro brazos fijos a la periferia de un disco circular. Los brazos fueron entonces colocados en un interruptor de diámetro (112mm) un poco mayor que el del disco circular. Las superficies de los especímenes de prueba fueron vueltas en contra del lado interno del interruptor donde cuatro barras arregladas fueron cementadas. Esto fue hecho para hacer posible un giro de las perlas de vidrio en el preparado. De esta forma atacan la superficie del espécimen de resina compuesta desde varias direcciones. La distancia entre las barras y la superficie de la prueba de especímenes fue de 5mm. Los interruptores fueron rodeados por un baño de agua con temperatura constante. La temperatura del preparado fue de $37(\pm) 2^{\circ} C$. El brazo en el preparado es manejado por inducción del motor. El motor es programado para rotar 2.5 minutos en cada dirección con una pausa de 15s entre cada movimiento. La velocidad del espécimen fue de 1.4m/s y la duración de prueba fue de una hora de ciclo.

La cantidad de abrasión fue expresada como la diferencia en la altura de los especímenes de prueba antes y después de cada prueba de ciclo. Las medidas fueron tomadas con un microcator para determinar el tamaño de partícula eficiente, se hicieron preparados conteniendo 500g de perlas de vidrio, 100g de polvo de óxido de aluminio abrasivo y 120g de agua. Fueron usados polvos de óxido de aluminio con los siguientes números de grano: 800, 400, 240, 120, y 80 (con tamaños de partícula mediana 6.5, 17.3, 44.5, 105, 177 μ). Cada tipo de preparado fue probado en combinación con tres diferentes tipos de material restaurativo: Amalgama (Dentalloy) una resina compuesta (Adaptic) y una resina de polimetacrilato sin relleno (Servitron). Cada espécimen fue hecho de una mezcla separada de material. El experimento fue repetido cuatro veces y el promedio calculado. Un nuevo preparado fue hecho para cada experimento (periodo de cuatro horas). Las resinas fueron mezcladas de acuerdo a las instrucciones del fabricante y empacadas en una cavidad cilíndrica en el soporte estandarizado de acrílico del espécimen. La amalgama fue empacada con una técnica convencional "incremento y secado". La cavidad fue sobreobturada (0.5-1mm) y el excedente fue removido. Finalmente, la superficie fue acondicionada con una banda matriz.

fig.5 Aparato de la prueba que muestra al motor (a), horizontalmente rotando el disco circular (b), brazos verticales (c), y el sitio del soporte (d). El cubilete (e) se provee de las barras (f) cerca de su pared interna.



En 1984, Pilliar, Smith, y Maric [5] realizaron pruebas de desgaste como consecuencia de movimiento oscilatorio en resina compuesta dental. Doce resinas compuestas comerciales para restauraciones convencionales de microrelleno y un material de restauración sin relleno fueron evaluadas usando una prueba *in-vitro* de desgaste. Después de moldear y antes de realizar las pruebas de desgaste, los especímenes fueron envejecidos en agua destilada a $37^{\circ}C$ durante siete días, un mes, seis meses y un año. Un número de cuatro especímenes fueron preparados por cada resina compuesta. La prueba de desgaste usada (OWT) es una modificación de una prueba de abrasión/erosión reportada por Jones (1972) [15] que consiste en colocar las muestras esféricas en un preparado contenido en una cápsula de mezcla de amalgama. La cápsula es vibrada en un amalgamador por periodos observándose pérdida de peso, y son

medidos cambios dimensionales de desgaste por las partículas de silicón. Debido al largo periodo de vibración utilizado durante la prueba, el mezclador de amalgama fue modificado adicionando un motor de manejo más largo (62 joules-s). La frecuencia de vibración fue monitoreada usando un estroboscopio y reajustada manualmente del marcado de voltaje controlando la velocidad del motor que fue usado para mantener la frecuencia de la prueba ($60 \pm 1.3 \text{ Hz}$).

Durante las pruebas, la cápsula fue vibrada por periodos de seis minutos durante los 7 ciclos iniciales (total de 42 minutos) por periodos de 18 minutos usados para ciclos subsecuentes para muestras probadas por 150 minutos. Después de cada periodo de prueba, las muestras fueron removidas de las cápsulas, lavadas, secadas y pesadas. El diámetro de la muestra fue medido después de cada periodo de desgaste. Un nuevo preparado de SiC fue usado después de cada operación de peso y medida, así que la descompostura de SiC abrasivo no fue una variable en la prueba. Debido al efecto reportado de tamaño de abrasivo en tasas de desgaste (Ehrnford et al., 1980)[16]. Tres diferentes tamaños de grano abrasivo 60, 280, y 600 (270, 28, y 15μ) fueron usados y fueron comparadas sus tasas. La grano 60 SiC (aproximadamente 270μ de tamaño) dio las más altas tasas de desgaste, y este rango de tamaño fue usado en todas las pruebas subsecuentes.

En 1984, Rice, Bailey, Wayne y Burns [6] realizaron un estudio comparativo de desgaste por deslizamiento *in-vitro* en resinas compuestas convencionales para restauración de microrelleno fotoactivadas. El comportamiento de desgaste/deslizamiento de un número de resinas compuestas de microrelleno comerciales y resinas compuestas fotoactivadas fue investigado y comparado con las

características de desgaste de resinas compuestas convencionales. El aparato para prueba de desgaste por deslizamiento usado en este estudio fue descrito en detalle por Bailey (1979) [17] similar al usado por el National Bureau of Standards (McKinney, 1982) [18] una cúspide en contacto con un disco rotatorio (dispositivo con cinco estaciones independientes). Cada estación consiste en una capa con muestra conteniendo el material restaurativo para ser probado contra una cúspide con la que el material es desgastado. Agua desionizada a $37^{\circ}C$ constantemente irrigó la muestra de la cúspide en cada estación sirviendo a ambos para lubricar y elevar el desgaste durante la prueba., la rotación del disco con material restaurativo produce una condición relativa de deslizamiento (velocidad 2.06cm/s.) que eventualmente resulta en la formación de desgaste circular teniendo un radio nominal de 6.25mm de profundidad sobre este camino de desgaste (μ) es medido periódicamente (típicamente a intervalos de dos a cuatro horas) de trazos perfilométricos tomados en la dirección de deslizamiento.

En 1989, Kart Leinfelder, Ronald Beudreau y Raquel Mazer [7] idearon un dispositivo *in-vitro* para predecir el desgaste clínico de resinas compuestas utilizadas en obturaciones de dientes posteriores.

Harrison y colaboradores [22] designaron un dispositivo *in-vitro* que simulaba el ciclo masticatorio. Tiempo de contacto, distancia de corte y velocidad fueron controlados. Desafortunadamente, la correlación con los resultados clínicos fue inversamente relacionada.

El aparato de De Gee [19] es un sistema de desgaste de tres cuerpos compuesto de un tambor que rota sobre el cual la muestra es colocada. Una carga es aplicada a su

superficie a través de un preparado de semillas y agua que hace las veces de alimento. La ventaja de este sistema es que no sólo simula la microestructura oclusal, sino que también genera tasas de desgaste que corresponden de alguna manera favorablemente a los resultados clínicos.

El aparato de Roulet [23] consiste de varias puntas metálicas utilizadas para inducir una fuerza controlada a la superficie de restauración. Una fuerte correlación existe entre la degradación microestructural *in-vitro* de las muestras y aquellas obtenidas de restauraciones sometidas a carga y esfuerzo. Por desgracia, el sistema no es capaz de simular el desgaste asociado con resinas compuestas en restauraciones posteriores.

Como se puede ver en la fig. 6 el dispositivo de pruebas de desgaste *in-vitro* designado para este estudio consiste esencialmente de cuatro componentes básicos:

- 1-Un mecanismo cíclico de carga
- 2-Una cinta de polietileno que avanza
- 3-Un sistema termo cíclico de respuesta rápida
- 4-Una fuente de poder variable para controlar la magnitud de carga

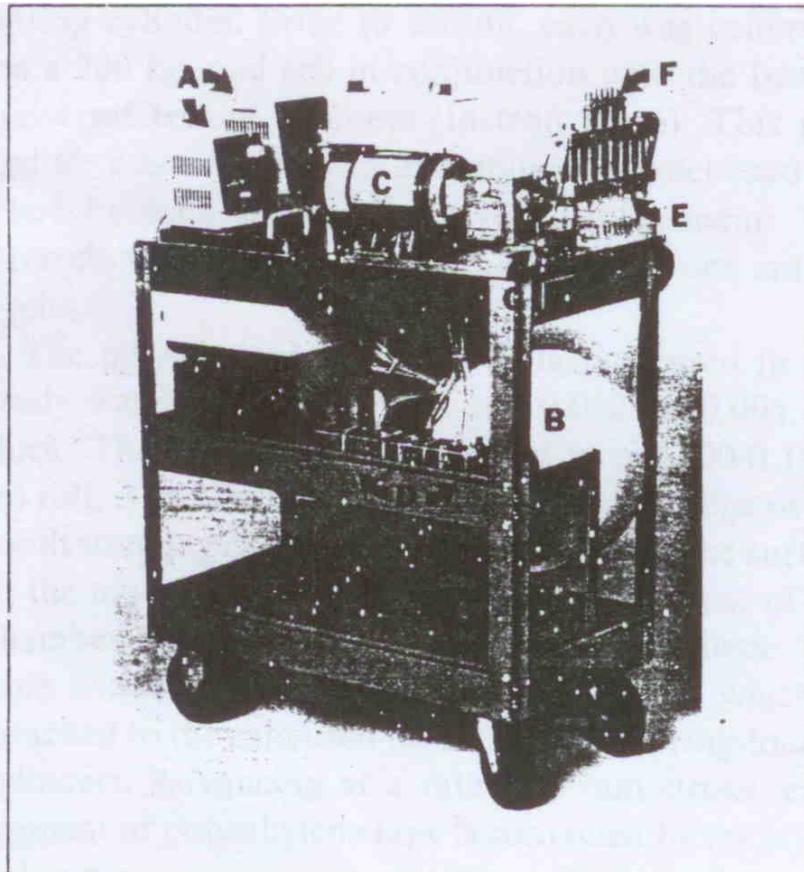
Aunque el componente generador de carga es similar al descrito por Roulet la fuerza es transmitida a través de un sustrato intermedio, consistiendo de una cinta de polietileno. Consecuentemente, puede describir un sistema de desgaste de tres cuerpos.

El mecanismo de carga consiste de un cilindro de 20cm., Un resorte interno y un dispositivo o cúspide. La geometría de la punta de la cúspide en sección vertical es

elíptica. El punto de contacto fue maquinado para que forme un radio de 2mm. La curvatura fue cambiada 3mm debajo de la punta a 3mm de radio. Los resortes fueron fabricados de 0.075in (0.19cm) 22 veces en un 0.25in (0.64cm) un mandril que gira 10 veces por pulgada (un giro por 0.25cm) bajo esta condición cada cable genero una carga o fuerza de 57 libras por pulgada de deflexión. El trabajo máximo de dispositivo fue 0.33in (0.984cm) Por ello la carga máxima bajo esta condición fue 18.8lbs (83.6N). La deflexión del resorte fue medida en milésimas de pulgada y determinado por un indicador de marcado que fue modificado para estar en el máximo de cada resorte de cilindro.

La cinta de polietileno (AIN Plastics) usada en este estudio fue de 4 pulgadas de ancho (10cm) y 0.002 pulgadas (0.005cm) de grueso. La cinta que es provista en 3,000 pies (915m) rollo, es alimentada a través de una guía al frente de la cámara de carga dental. Ésta entonces pasa sobre la superficie de un diente montado bajo una guía a una de las cámaras y arriba entre los rollos de alimentación. La cinta avanza por una rueda que es fijada a la cámara usada para mover el resorte cargado en los cilindros. Avanzando a una tasa de 1mm, cada segmento de cinta de polietileno es contactado por una cúspide una vez.

fig.6 Instrumento de prueba de desgaste *in-vitro*: (a) calefacción y unidades de circulación (b) cinta de polietileno (c) motor (d) bombas de agua, (e) agujas reemplazables, (f) cilindro del resorte-cargador (G).



En 1991, Palmer, Barco, Pelleu y McKinney [8] realizaron un estudio sobre el desgaste del esmalte humano/material cerámico restaurativo. La prueba fue realizada en una máquina para prueba de desgaste en el National Bureau of Standards. Esta máquina produce rotación de los discos similar al deslizamiento unidireccional recomendado por Powell. Nueve pruebas se completaron y cada una incluyó un disco de porcelana, un disco de cerámico modelable glaseado y otro sin glasear. Todos los conos de esmalte fueron probados bajo una carga de 3.015 kg. La prueba de ciclo duró 1 hora y 15 minutos, este periodo de tiempo fue elegido porque produce desgaste medible en los 3

primeros especímenes de esmalte probados sin penetración en la capa que va por debajo de dentina.

Este estudio determina el efecto de la cerámica modelable, con o sin glaseado en el desgaste de esmalte. El desgaste producido por una porcelana dental convencional fue utilizado como un control. Las cúspides de terceros molares humanos extraídos fueron hechos en forma de conos de esmalte aproximadamente de 1mm de largo. Tres grupos de nueve conos fueron sometidos a abrasión contra discos rotatorios de: cerámica glaseada, cerámica sin glasear y cerámica dental convencional. El desgaste de esmalte fue calculado en medidas microscópicas de los conos de esmalte antes y después de la abrasión. La cerámica glaseada no debe ser utilizada en regiones que estarán activas contra dientes naturales.

27 terceros molares humanos fueron extraídos y utilizados. La cúspide más cónica de cada diente fue convertida en un cono y pulida. Las cúspides remanentes fueron cortadas al ras. El pulido fue realizado con tecnología óptica en el National Bureau of Standards. Las raíces de cada diente fueron removidas a la unión cemento-esmalte. Un orificio de 3.2mm x 3.2mm en diámetro alineado con las cúspides cónicas fue taladrado en la parte posterior de cada diente. Acero de 3.2mm de diámetro fue cementado en el agujero con cemento epóxico (Epoxy 330, Huges Associates, Excelsior Minn.) para proveer una asidera alineada con el eje mayor de la cúspide cónica. Antes de la prueba, cada cono de esmalte estaba colocado a 90 grados al eje simétrico del cono. Solo la punta fue colocada para preservar el esmalte necesario para la prueba. El diámetro de cada punta cónica fue medido. Estas cúspides de esmalte fueron entonces probadas contra los discos de porcelana dental convencional y cerámica modelable preparada de

la siguiente manera: Nueve patrones de cera de 1mmx20mm en diámetro fueron colocados con una base de aleación metálica (Pentillium, Penaron Corp., Wallingford, Conn.) Porcelana (Vita Porcelain. Unitek Corp., Monrovia, Calif.) Fue aplicada al disco de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, con la capa opaca y la de esmalte. El disco fue entonces maquinado plano (10 pulgadas EE Tollmaker's Lathe, Monarca, Inc, Sydney, Ohio) con un cuña de punta de corte (Valentine, Madison heights, Mich.). Los discos fueron entonces pulidos a mano con 240-grano seguido por 600-grano papel lija de silicón (Tufbak Kurite, Norton Abrassives, Worcester, Mass). Los discos cerámicos de metal fueron glaseados dos veces de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

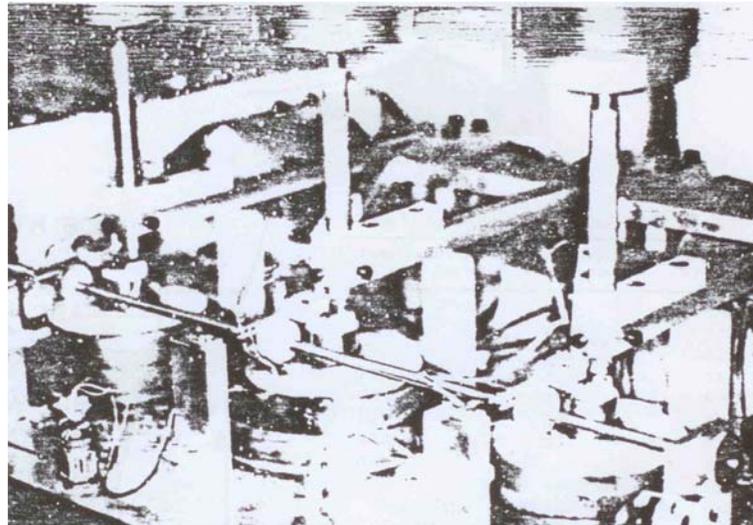
18 discos de cerámica (Dicor) listos para probarse fueron provistos por el fabricante. Cada disco tenía 20mm de diámetro y 3mm de grosor. Nueve de ellos eran cerámicos sin glasear y 9 discos adicionales estaban glaseados.

Cada disco con la parte metálica posterior de porcelana dental convencional o cerámica modelable glaseada fue cementado en una copa de resina acrílica (Impresión Tray Material. Plastodont, Bronx. N.Y.) Con cemento de cianoacrilato (Scotchbond 420, 3M Co., Minneapolis, Minn.). Los discos fueron entonces colocados en un brazo que los sostiene que permite fácil fijación y remoción de la máquina de prueba de desgaste.

Como se puede ver en la fig.7 la prueba fue realizada en una máquina para prueba de desgaste en el National Buerau of Standards. Esta máquina produce rotación de los discos similar al deslizamiento unidireccional recomendado por Powell et al [20]. Nueve pruebas se completaron cada una incluyo un disco de porcelana un disco de cerámico modelable glaseado y otro sin glasear. Todos los conos de esmalte fueron

probados bajo una carga de 3.015 kg. La prueba de ciclo duró 1 hora y 15 minutos, este periodo de tiempo fue elegido porque produce desgaste medible en los 3 primeros especímenes de esmalte probados sin penetración en la capa que va por debajo de dentina.

fig.7 Máquina para probar desgaste



En 1994, Dorota Ratledge, Bernard Smith, y Ron Wilson [9] realizaron un estudio sobre los efectos de materiales restaurativos en desgaste de esmalte humano. El desgaste de esmalte dental humano contra amalgama, resina compuesta (Concise), resina compuesta (Inlay / Onlay SR. Isosit), porcelana glaseada (VitadurN), cerámica (Empresss IPS) sin glasear, y esmalte (control) fue investigado usando máquinas de carga cíclica modificadas. Una máquina eléctricamente manejada que produce ciclos de carga fue usada para abraser especímenes de esmalte contra una variedad de materiales de restauración: La máquina incluye 6 dispositivos conectados a brazos y esto al girar entra en contacto con cámaras excéntricas manejadas por un motor eléctrico. Un movimiento

de reciprocidad vertical de 2mm puede ser producido a un máximo de velocidad de 70 ciclos por minuto.

Las pruebas fueron llevadas a cabo en agua y ácido cítrico (pH 4) / esmalte. Los especímenes fueron sometidos a 25,000 ciclos de desgaste con un máximo de carga de 40N. La reducción del diente fue medida borde/base a intervalos de 5000 ciclos con un programa de análisis de imagen. La profundidad de desgaste en el rayado del material fue analizado con un perfilómetro. Todos los materiales produjeron incrementos en el desgaste de esmalte en ácido. La Porcelana (VitadurN) glaseada fue la más destructiva al someterse a una superficie antagonista/esmalte dental humano, y esto fue seguido de cerca por Empress/esmalte.

Una máquina eléctricamente manejada que produce ciclos de carga fue usada para abraser especímenes de esmalte contra una variedad de materiales de restauración. La máquina incluye 6 émbolos conectados a brazos y esto al girar estaba en contacto con cámaras excéntricas manejadas por un motor eléctrico. Un movimiento de reciprocidad vertical de 2mm pudo ser producido a un máximo de velocidad de 70 por minuto. Seis pares de dientes premolares fueron conseguidos de pacientes adolescentes jóvenes que fueron a tratamiento ortodóncico. Los dientes fueron seccionados mesiodistalmente en el eje longitudinal con una máquina de sección de tejidos duros. Cada corona hemiseccionada fue entonces seccionada transversalmente, produciendo seis secciones semicirculares por diente. Cada sección midió 1mm en espesor y fue asignada acorde a número de par dental y su localización en sección. Bucal o lingual y coronal, media o apical. Un total de 72 secciones fueron preparadas.

Como se puede ver en las figs.8, 9 y 10 los especímenes fueron embebidos en soportes con resina compuesta fotoactivada y un brazo construido y habilitado a precisión de los especímenes de esmalte. El brazo que sujeta al espécimen fue construido con un descanso cuadrado para poder ajustar en los émbolos de la máquina de estrés cíclico. Los cuadrados permiten remover y reposicionar las muestras en la máquina y eliminar el movimiento rotacional indeseado. Los soportes del espécimen fueron asegurados en posición.

Los siguientes materiales fueron probados con el esmalte como control

1-Esmalte dental humano

2-Amalgama (Ivoclar-Vivadent FL 9494., Schaan, Liechtestein)

3-Composite convencional Concise (3M Dental Productos Division, St Paul, Minn)

4-Composite de microrrelleno SR Isosit Inlay/Onlay (Ivoclar-Vivadent)

5- Porcelana glaseada (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany).

6-Cerámica libre de metal sin glasear IPS Empress (Ivoclar-Vivadent) Vitadur-N

Cada espécimen de material fue embebido en el soporte con descanso cilíndrico (10mm en diámetro por 4mm en profundidad) preparado para colocar los especímenes de prueba. Los materiales cerámicos fueron preparados en forma de discos midiendo 10mm en diámetro y 2 de profundidad y fueron provistos por el laboratorio comercial. Estos discos fueron embebidos en el soporte con resina compuesta químicamente activada. Doce muestras de cada grupo fueron preparadas para un total de 72 especímenes de material. Seis contenedores de resina acrílica fueron construidos para habilitar la prueba en un medio fluido. Los especímenes de material fueron colocados en un descanso preparado en acrílico claro montado a un ángulo de 45 grados del plano

horizontal. Este arreglo también permite debridación al caer del espécimen y debido a las limitantes del desgaste de tres cuerpos un mecanismo con un resorte fino fue construido como parte de una compostura permanente al brazo con el émbolo. Permitiendo desplazamiento lateral de las secciones de dientes y su deslizamiento a través de los especímenes de material. El resorte provee una carga de 40N a un máximo de 2mm de desplazamiento. Secciones de esmalte de un diente fueron probadas en agua así como en solución de ácido cítrico amortiguadas a pH 4. Un total de 7mL fue requerido para sumergir cada pareja. Especímenes de esmalte fueron medidos borde/base a intervalos de 5000 ciclos a un máximo de 25000 ciclos. El líquido en los contenedores fue reemplazado después de cada 5000 ciclos.

fig.8 Máquina que completa un ciclo de tensión

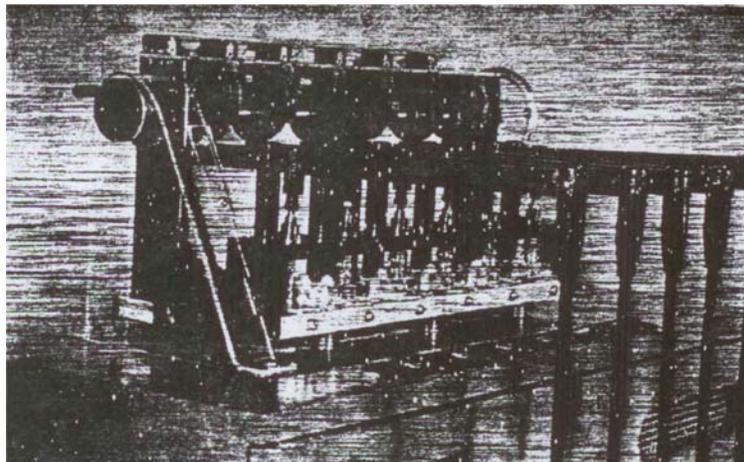


fig.9 Sección del diente que resbala a través del espécimen.

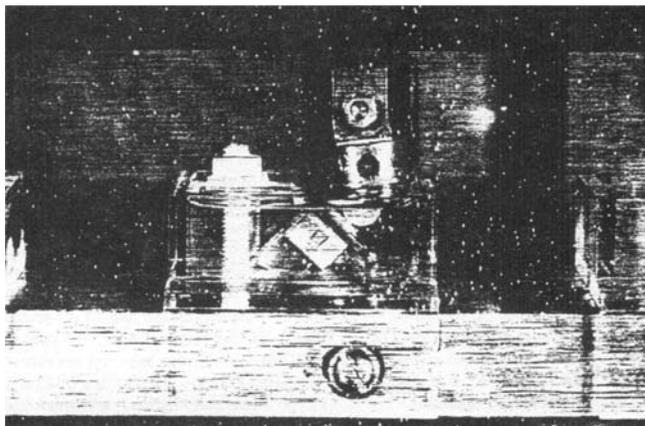
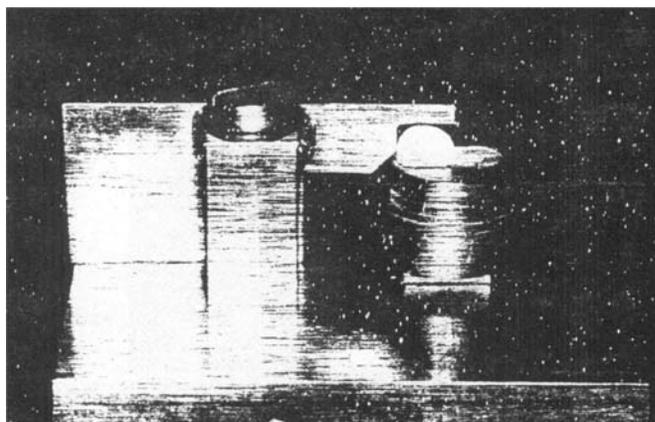


fig. 10 Plantilla de colocación.



En 1995, James Hudson, Gary Goldstein, y Maria Georgescu [10] realizaron un estudio sobre el desgaste del esmalte causado por tres diferentes materiales restaurativos. Tres sistemas restaurativos comerciales fueron utilizados en este estudio: Una aleación tipo III de oro, una porcelana, una resina compuesta tratada (VLHC) clasificada como resina compuesta directa/indirecta. Los especímenes dentales fueron colocados en soportes fijos a la máquina, inmersos en agua por la duración de la prueba. Como se puede ver en las figs.11,12,13 y 14 las muestras restaurativas fueron colocadas sobre las cúspides de las puntas bajo una carga constante de 178.35g. La máquina de desgaste provee

abrasión entre las muestras con un intervalo de 6.0mm en movimientos de vaivén. Las muestras fueron corridas por 2000 o 10,000 ciclos. Las restauraciones material/diente fueron asignados en parejas de manera aleatoria así como las posiciones en la máquina.

fig.11 Muestra preparada del esmalte montado en resina acrílica.

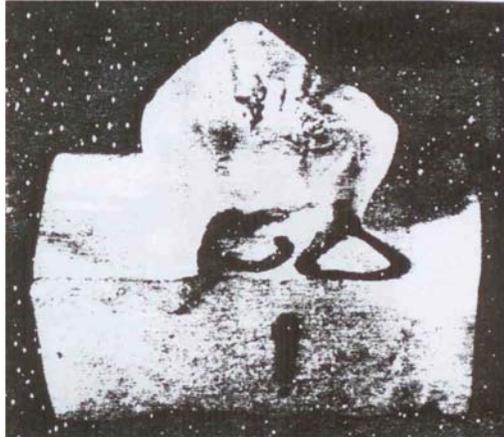


fig.12 Barra cargada (178.35g) con la muestra restaurativa.

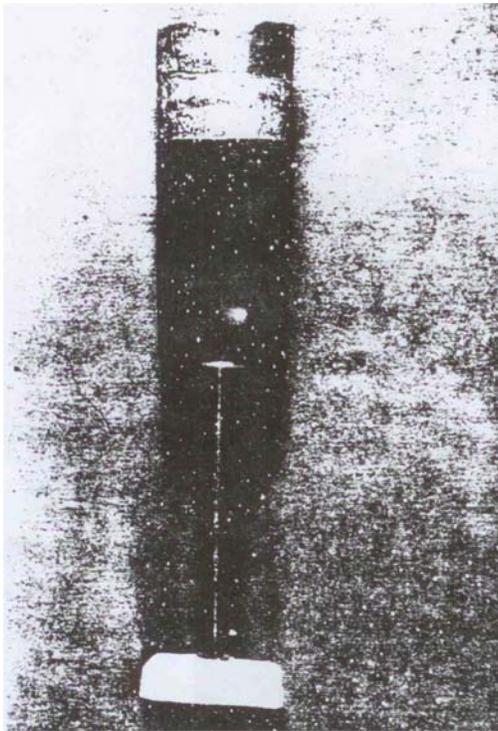


fig.13 Muestra del esmalte preparada montada en resina acrílica.

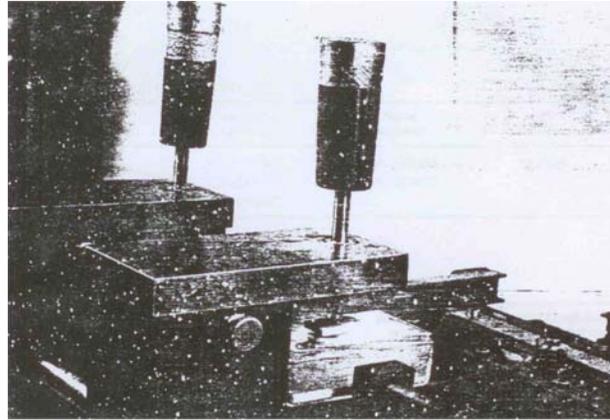
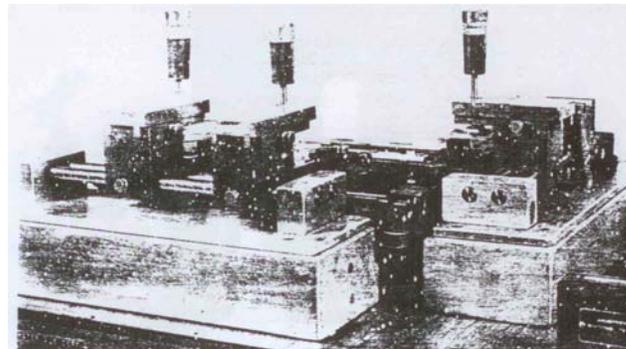


fig.14 Máquina usada en la prueba con las tazas y las barras cargadas en su lugar.

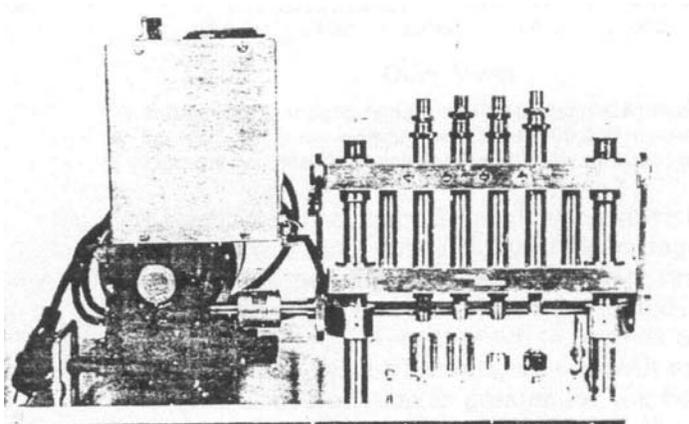


En 1995 Keiji Kawai, y Karl Leinfelder [11] realizaron una evaluación *in-vitro* de resistencia a desgaste en el área de contacto oclusal de resina compuesta en restauraciones posteriores. El propósito de este estudio fue crear desgaste en el área de contacto oclusal por medio de dispositivos de desgaste de tres cuerpos y también desarrollar un simple pero confiable método para calcular la pérdida de material en áreas de contacto oclusal.

Nueve resinas compuestas distintas conteniendo varios tamaños de partículas de relleno. Todas menos una de las resinas compuestas fueron usadas como resinas compuestas en dientes posteriores. La selección de resinas compuestas fue basada en diferencias en tamaño y tipo de relleno, así como los métodos por los cuales hay adhesión con la matriz de resina.

Fueron extraídos y seleccionados molares humanos para las pruebas *in-vitro*. Previo a la preparación, fueron almacenados en formalina para matar cualquier microorganismo que pudiera estar presente durante el almacenaje previo o cuando se extrajo del paciente. Después de limpiar, las raíces fueron removidas usando un disco de diamante. Los dientes fueron entonces colocados en un soporte con resina acrílica. La superficie oclusal se hizo plana usando papel de lija. Se preparó una cavidad de forma cilíndrica de 4mm de diámetro y 4mm de profundidad. Se colocó el adhesivo y la resina compuesta, se fotoactivo por 40s. El espécimen fue almacenado en agua destilada por 72 horas antes de la prueba. Como se puede ver en la fig.15 el espécimen fue insertado en el aparato para pruebas de desgaste, los dientes montados fueron rodeados por un anillo metálico apretado lleno de agua y preparado abrasivo, después un dispositivo hecho de acero endurecido fue posicionado sobre el puerto central de la superficie de la restauración a 2.0 veces por una carga de 75.6N. El procedimiento se realizó 100,000 veces tomando aproximadamente 14 horas de uso continuo. La temperatura del agua fue mantenida a $23\pm 1^{\circ}C$.

fig.15 Máquina de prueba del desgaste *in-vitro* usada en ese estudio.



En 1996, John Condon y Jack Ferracane [12] realizaron una evaluación de desgaste de resina compuesta con un simulador oral de desgaste multifunción capaz de producir desgaste a través de los dos mecanismos bucales principales de abrasión y atrición simultáneamente, ante la acción de un antagonista (esmalte). La exactitud de este dispositivo fue determinada al examinar 11 materiales resinas compuestas y una amalgama. Los especímenes fueron sometidos a desgaste y abrasión de tres cuerpos durante 50,000 ciclos.

La máquina de desgaste ACTA (De Gee y Pallav 1994) [21] produce abrasión de resinas compuestas a tres cuerpos que correlaciona con algunos resultados clínicos, pero su antagonista de acero que impone una fuerza constante no ha mostrado la capacidad de modelar atrición localizada. El desgaste por abrasión y desgaste localizado de resinas compuestas ha sido simulado por Suzuki y Leinfelder (1993), pero su prueba de desgaste no produce ambos modos de desgaste simultáneamente. El sistema servohidráulico desarrollado por DeLong y Douglas (1983) provee una excelente simulación clínica y puede ser reconfigurada para modelar diferentes mecanismos de desgaste. El fenómeno de desgaste no se reproduce simultáneamente. Además, el gasto

y complejidad en el dispositivo limita su disponibilidad a la comunidad de investigación entera.

Una cúspide de esmalte es forzada a entrar en contacto con una muestra de resina compuesta a través de un preparado abrasivo. La cúspide impartirá una carga de 20N a la resina compuesta y se deslizó a través de su superficie por 8mm en rumbo lineal, produciendo desgaste abrasivo. Al final del camino, 70N de carga fue aplicada para producir desgaste por atrición localizado. Esta secuencia es repetida a 1.0Hz por 50,000 ciclos. El patrón de desgaste resultante contiene dos distintas regiones correspondientes a los eventos de abrasión y atrición. El desgaste concurrente de esmalte produce adaptación en el área de contacto oclusal que representa el desgaste *in-vivo*.

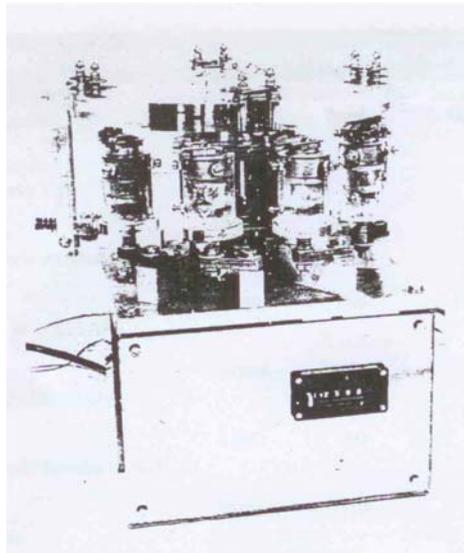
Las 5 compartimientos del simulador de desgaste oral (Oregon Health Sciences University (OSHU)) usado en este estudio consiste de un disco de acrílico de 28cm de diámetro, que rota en el plano horizontal. El disco contiene 4 barras de acero de 19mm de diámetro montadas en el fondo de su de superficie equidistantes a 12cm. Cada barra cargada por un resorte de retroceso montado con el disco. El disco es montado al motor eléctrico a través de un amortiguador que absorbe los impactos. El motor es fijado a una mesa rígida hecha de una hoja de aluminio de 1cm. También fija a la mesa de manera ajustable están los 5 compartimientos individuales. La altura de los compartimientos es ajustada de manera que la rampa de acero que está arriba del pistón sobre el cual el antagonista de esmalte es montado, descansa en el camino de las barras revolvedoras. La rampa está por arriba de un cilindro que se mueve verticalmente con una brocha de bronce. Este movimiento permite al esmalte fijo al antagonista atrapar la capa de

preparado abrasivo conforme se mueve hacia abajo 2mm y hace contacto con el espécimen. La rampa en el tope del cilindro es movida horizontalmente por rieles de acero fijos al cilindro. Resortes de compresión son montados en la cara del fondo del cilindro y son presionados entre el cilindro y el anillo de acrílico. Estos resortes regresan al cilindro a la rampa a su posición original y así se llega al final del ciclo. La rampa retiene un ángulo de 15° y tiene levantado un paso de metal en su parte superior. Es fijado un resorte tensor horizontalmente entre el compartimiento, jala al cilindro al final de su recorrido. El preparado abrasivo queda fijo al aparato contenido en la mitad inferior del compartimiento y en contacto con la superficie del espécimen. Al final del dispositivo hay una cúspide de esmalte de 10mm de diámetro embebido en cemento epoxyco que transmite una carga al espécimen.

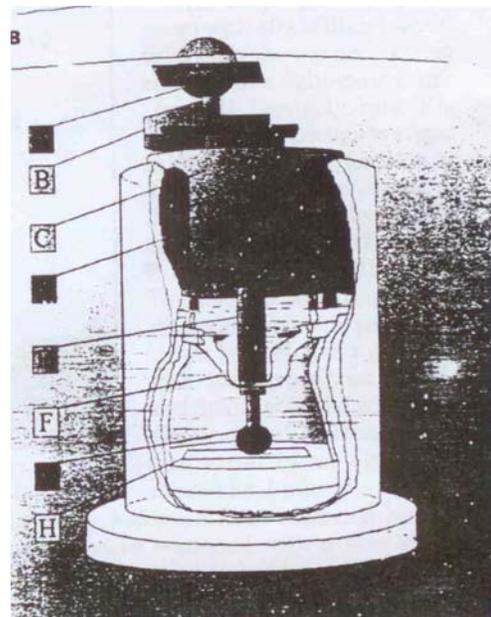
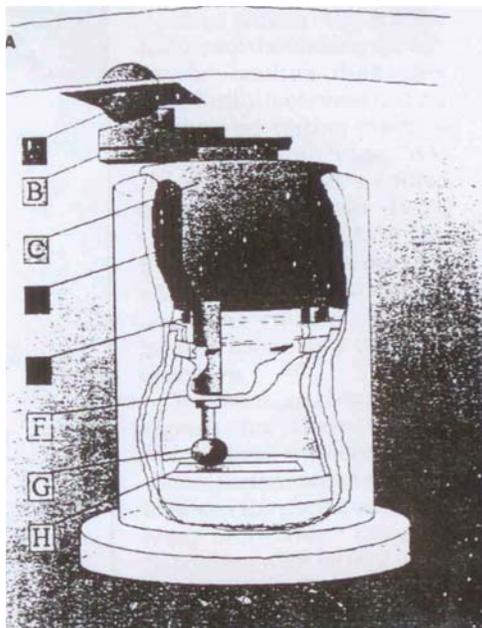
Como se puede ver en las figs.16,17 y 18 la acción del mecanismo de simulación de desgaste es tal que cuando la bola encuentra la rampa el dispositivo y su carga son empujadas abajo hasta que la punta de esmalte contacta al espécimen de resina compuesta, desde que el contenido del dispositivo es jalado por el resorte horizontal, no es presionado horizontalmente por la bola. En vez de ello la bola viaja un poco arriba de la rampa y presiona al resorte de retroceso montado en el disco por 1mm generando 20N de carga que es transmitido a través del dispositivo a la resina compuesta. Cuando la bola encuentra el paso, la fuerza horizontal es suficiente para sobreponer el resorte de retención del dispositivo manejado a través de 8mm de camino hasta transmitir 20N de carga a la resina compuesta. Al final del camino el viaje del dispositivo es limitado, y la bola debe rodar por 2.5mm de camino comprimiendo el resorte de retroceso mucho mas, causando 70N de carga impuesta a través de la cúspide. Como la bola pasa el paso,

el resorte de retención del diente y los resortes de compresión en el fondo de la carga son regresados a su posición original preparándose para el siguiente ciclo.

fig.16 Fotografía del simulador de desgaste.



figs. 17 y 18 Diagramas esquemáticos de un simulador oral de desgaste de cinco compartimientos: a) Situación al principio del rastro del desgaste antes de la abrasión, y b) situación en el extremo del rastro del desgaste durante el agotamiento.



En el año 2001, Michael Mandikos, Glen McGivney, Elaine Davis, Peter Bush y Malcolm Carter [13] realizaron un estudio comparativo sobre la resistencia al desgaste y fuerza de resinas compuestas indirectas. Como se puede ver en la figs.19, 20 y 21 el aparato consiste de un motor eléctrico en el que fue montado un disco de acrílico con 6 pulgadas de diámetro y cuatro contenedores equidistantes en su periferia en los que fue acelerado el cepillado con cabezas (Butler 311 Soft toothbrushes, Hohn O. Butler Co, Chicago, Il) un compartimiento de acrílico formó un reservorio para el abrasivo de tres cuerpos, que consistía de un preparado formado por cantidades iguales. Mezclas de dentífrico y agua destilada. Cuarenta y ocho gramos de Crest Tartar Control Dentifrice (Smooth Mint Gel, Lot No. 6134G., Procter & Gamble, Cincinnati, Ohio) fueron mezclados con 48mL de agua destilada para formar el preparado. El soporte del espécimen fue colocado en el orificio del tope del compartimiento de acrílico para que los cepillos al rotar primero se sumerjan en el preparado y después acarreen hasta coincidir con la superficie del espécimen. Se utilizó un peso de 450g. La rueda rotaba a 66 revoluciones por minuto resultando en aproximadamente 4000 revoluciones o 16000 cepilladas con el por hora. 22 cepilladas dos veces por día por una hora de cepillado simulado, fue estimado a 1 año de cepillado *in-vivo*. 14000-20000 cepilladas por año.

fig.19 El aparato de cepillado dental de Aker produjo desgaste en este estudio.

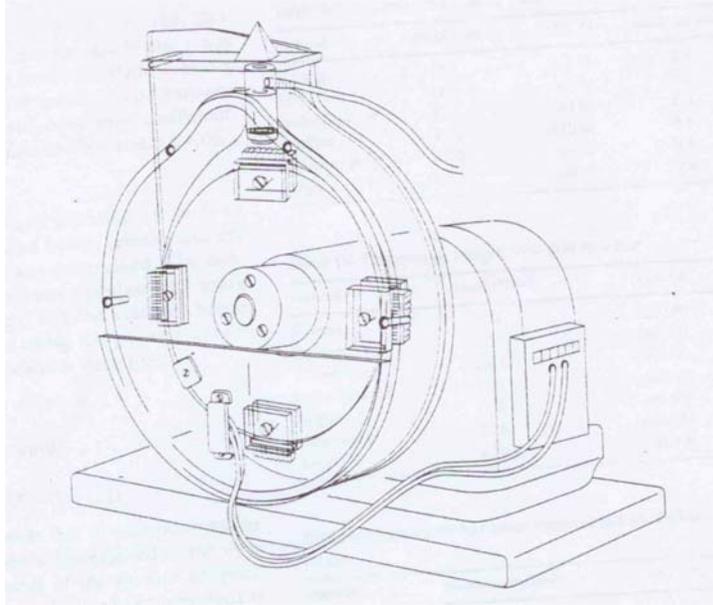


fig.20 Cepillos que rotan movidos a la derecha, pasaron bajo espécimen.

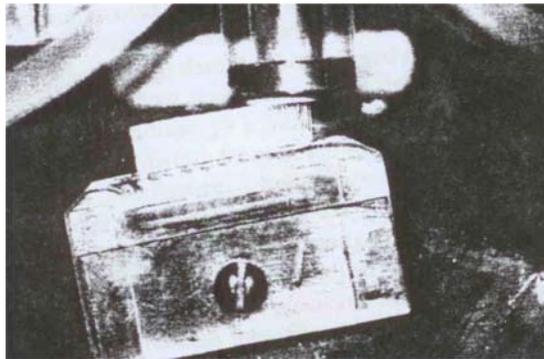
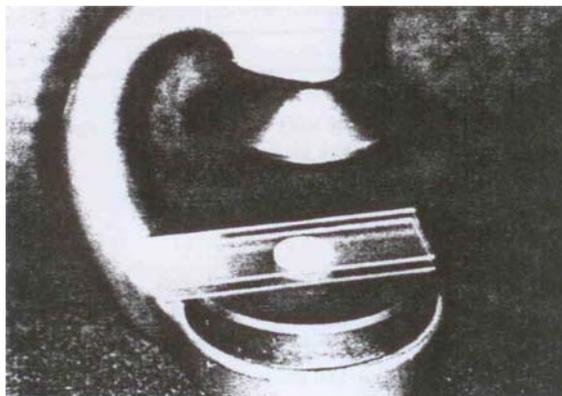


fig.21 La prensa del microscopio establecía superficies planas, paralelas en discos del espécimen.



En el 2002, Rudell, Maloney y Thompson [14] estudiaron el efecto de partículas de relleno (Novel) en cuanto a propiedades mecánicas y de desgaste en resinas compuestas dentales. El propósito de este estudio fue investigar el método de producir partículas de relleno de fibra prepolimerizada modificada para resina compuesta (PP-FFMC) y la efectividad de incorporar estas partículas de relleno novel en resinas compuestas dentales. En este estudio un dispositivo Leinfelder fue usado para simular desgaste. Se realizó simulación de desgaste colocando especímenes de cada composición en un bloque de cerámica (Dicor MGC, Caulk/Dentsply, Milford, USA). Una preparación simulando una cavidad de 4.0mm de diámetro y 3.0 mm en profundidad fue usada. La cerámica fue tratada con primer (scotchbond, 3M St Paul MN, USA) y material sin polimerizar de cada composición fue usado para simular preparaciones cavitarias fotoactivadas por 60s. La superficie fue sometida a abrasión, así que una superficie pulida continua existe a través de la simulación de la preparación. El ensamblado entero que sostiene los bloques cerámicos se realizó dentro de un baño de agua, con preparado desionizado simulando el alimento. Poliacetato de 8.0mm de diámetro fue fijado a cada pistón, cada uno fue entonces cargado verticalmente. Carga de 75N a una velocidad de 1.2 ciclos/s. Cuatro muestras de cada composición fueron sujetas a prueba de desgaste, se tomaron medidas cuantitativas de desgaste usando un perfilómetro de superficie (Surfanalyzer 5000, Producto Federal Providence, USA).

Resumen del tipo de maquinaria y el fenómeno que reproduce en estudios de comportamiento *in-vitro* usados en diferentes materiales de restauración

Máquina	Requerimiento
<p>Transductor de fuerza traccional, soportes de espécimen y medios de contrabalancear la muestra y sus soportes.</p> <p>Una superficie hidráulica fue seleccionada para proveer el movimiento entre las muestras bajo estudio, la mesa longitudinal puede variar en velocidad y puede ser programada para ajustarse transversalmente en movimiento.</p>	<p>Fricción y desgaste de materiales dentales restaurativos</p>
<p>Viaje de 10m de distancia en una superficie abrasiva continuamente irrigada. Cada espécimen fue sometido a abrasión bajo una carga y esfuerzo de 0.18 MN/m^2 contra papel grano 600 SiC, moviéndose a 2.5mm/s.</p>	<p>Desgaste <i>in-vitro</i> de resinas compuestas de microrelleno fotoactivadas</p>
<p>Brazo giratorio. Se efectuaron ciclos por 2.5 minutos en cada dirección. La velocidad fue 1.36 m/s. El periodo de corrida fue de 1 h.</p>	<p>Evaluación de largo termino de abrasión de resinas compuestas</p>
<p>Poner en contacto al espécimen con pequeñas perlas de vidrio. Las perlas de vidrio se deslizaron de manera aleatoria sobre la superficie del espécimen donde lo golpearon. Un preparado fue formulado con limadura , perlas de vidrio de 1mm de diámetro y óxido de aluminio como abrasivo en polvo. Fueron construidos soportes para las pruebas. Las dimensiones fueron</p>	<p>Una prueba de abrasión para resinas compuestas</p>

<p>5x10mm, y la superficie curva. Se preparo un orificio donde los materiales de prueba fueron colocados. Los soportes fueron entonces colocados verticalmente en cuatro brazos fijos a la periferia de un disco circular. Los brazos fueron entonces puestos en un interruptor de diámetro (112mm). Las superficies de los especímenes de prueba fueron vueltas en contra del lado interno del interruptor donde cuatro barras arregladas fueron cementadas. Esto fue hecho para hacer posible un giro de las perlas de vidrio en el preparado. De esta forma atacan la superficie del espécimen de resina compuesta desde varias direcciones. La distancia entre las barras y la superficie de la prueba de especímenes fue de 5mm. Los interruptores fueron rodeados por un baño de agua con temperatura constante. La temperatura del preparado fue de $37(\pm)2^{\circ}$ C. El brazo en el preparado, es manejado por inducción del motor. El motor está programado para rotar 2.5minutos en cada dirección con una pausa de 15s entre cada movimiento. La velocidad del espécimen fue de 1.4m/s la duración de prueba fue de una hora de ciclo.</p>	
<p>Preparado contenido en una cápsula de mezcla de amalgama. La cápsula es vibrada en amalgamador por periodos, el mezclador de amalgama fue modificado adicionando un motor de manejo más largo (62 joules-s). La frecuencia de vibración fue monitoreada usando un estroboscopio y reajustada manualmente del marcado de voltaje controlando la velocidad del motor que fue usado para mantener la frecuencia de la prueba (60 ± 1.3Hz).</p>	<p>Pruebas de desgaste oscilatorio de resinas compuestas</p>

<p>Cúspide en contacto con un disco rotatorio (dispositivo con cinco estaciones independientes). Cada estación consiste de una capa con muestra conteniendo el material restaurativo para ser probado contra una cúspide con la que el material es desgastado. Agua desionizada a 37 ° C constantemente irrigó la muestra de la cúspide en cada estación sirviendo a ambos para lubricar y elevar el desgaste durante la prueba, (velocidad 2.06cm/s) que eventualmente resulta en la formación de desgaste circular teniendo un radio nominal de 6.25mm de profundidad.</p>	<p>Estudio comparativo <i>in-vitro</i> sobre desgaste-deslizamiento de resinas compuestas convencionales, de microrelleno fotoactivadas</p>
<p>1-Un mecanismo cíclico de carga 2-Una cinta de polietileno que avanza 3-Un sistema termo cíclico de respuesta rápida 4-Una fuente de poder variable para controlar la magnitud de carga</p>	<p>Dispositivo <i>in-vitro</i> para predecir el desgaste clínico</p>
<p>Esta máquina produce rotación de los discos similar al deslizamiento unidireccional. Nueve pruebas se completaron y cada una incluyo un disco de porcelana, un disco de cerámico modelable glaseado y otro sin glasear. Todos los conos de esmalte fueron probados bajo una carga de 3.015 kg. La prueba de ciclo duró 1 hora y 15 minutos, este periodo de tiempo fue elegido porque produce desgaste medible en los 3 primeros especímenes de esmalte probados sin penetración en la capa que va por de bajo de dentina.</p>	<p>Desgaste de esmalte humano contra un material restaurativo cerámico</p>

<p>Una máquina eléctricamente manejada que produce ciclos de carga utilizada para someter a abrasión especímenes de esmalte contra una variedad de materiales de restauración: La máquina incluye 6 dispositivos conectados a brazos y esto al girar entra en contacto con cámaras excéntricas manejadas por un motor eléctrico. Un movimiento de reciprocidad vertical de 2mm puede ser producido a un máximo de velocidad de 70 ciclos por minuto.</p>	<p>El efecto de materiales restaurativos en el desgaste de esmalte humano</p>
<p>Los especímenes dentales fueron colocados en soportes fijos a la máquina, inmersos en agua por la duración de la prueba. Las muestras restaurativas fueron colocadas sobre las cúspides de las puntas bajo una carga constante de 178.35g. La máquina de desgaste previo abrasión entre las muestras con un intervalo de 6.0mm en movimientos de vaivén. Las muestras fueron corridas por 2000 o 10,000 ciclos. Las restauraciones material/diente fueron asignados en parejas de manera aleatoria así como las posiciones en la máquina.</p>	<p>Desgaste de esmalte causado por tres diferentes materiales restaurativos</p>
<p>El espécimen fue insertado en el aparato para pruebas de desgaste. Los dientes montados fueron rodeados por un anillo metálico apretado lleno de agua y preparado abrasivo, después un dispositivo hecho de acero endurecido fue posicionado sobre el puerto central de la superficie de la restauración a 2.0 veces por una carga de 75.6N. El procedimiento se realizó 100,000 veces tomando aproximadamente 14 horas de uso continuo. La temperatura del agua fue mantenida a $23 \pm 1^{\circ}$ C.</p>	<p>Evaluación <i>in-vitro</i> de resistencia al desgaste OCA en resinas compuestas posteriores</p>

<p>Las 5 compartimientos del simulador de desgaste oral (Oregon Health Sciences University (OSHU)) usado en este estudio consiste de un disco de acrílico de 28cm de diámetro, que rota en el plano horizontal. El disco contiene 4 barras de acero de 19mm de diámetro montadas en el fondo de su de superficie equidistantes a 12cm. Cada barra cargada por un resorte de retroceso montado con el disco. El disco es montado al motor eléctrico a través de un amortiguador que absorbe los impactos. El motor es fijado a una mesa rígida hecha de una hoja de aluminio de 1cm. También fija a la mesa de manera ajustable están los 5 compartimientos individuales. La altura de los compartimientos es ajustada de manera que la rampa de acero que esta arriba del pistón sobre el cual el antagonista de esmalte es motado, descansa en el camino de las barras revolventoras. La rampa está arriba de un cilindro que se mueve verticalmente con una brocha de bronce. Este movimiento permite al esmalte fijo al antagonista atrapar la capa de preparado abrasivo conforme se mueve hacia abajo 2mm y hace contacto con el espécimen. La rampa en el tope del cilindro es movida horizontalmente por rieles de acero fijos al cilindro. Resortes de compresión son montados en la cara del fondo del cilindro y son presionados entre el cilindro y el anillo de acrílico. Estos resortes regresan al cilindro a la rampa a su posición original y así se llega al final del ciclo. La rampa retiene un ángulo de 15° y tiene levantado un paso de metal en su parte superior. Es fijado un resorte tensor horizontalmente entre el compartimiento, jala al cilindro al final de su recorrido. El preparado abrasivo queda fijo al aparato contenido en</p>	<p>Evaluación de desgaste en resinas compuestas con un nuevo simulador de desgaste oral multifunción</p>
--	--

<p>la mitad inferior del compartimiento y en contacto con la superficie del espécimen. Al final del dispositivo hay una cúspide de esmalte de 10mm de diámetro embebido en cemento epoxyco que transmite una carga al espécimen.</p> <p>La acción del mecanismo de simulación de desgaste es tal que cuando la bola encuentra la rampa el dispositivo y su carga son empujadas abajo hasta que la punta de esmalte contacta al espécimen de resina compuesta, desde que el contenido del dispositivo es jalado por el resorte horizontal, no es presionado horizontalmente por la bola. En vez de ello la bola viaja un poco arriba de la rampa y presiona al resorte de retroceso montado en el disco por 1mm generando 20N de carga que es transmitido a través del dispositivo a la resina compuesta.</p> <p>Cuando la bola encuentra el paso, la fuerza horizontal es suficiente para sobreponer el resorte de retención del dispositivo manejado a través de 8mm de camino hasta transmitir 20N de carga a la resina compuesta. Al final del camino el viaje del dispositivo es limitado, y la bola debe rodar por 2.5mm de camino comprimiendo el resorte de retroceso mucho más, causando 70N de carga impuesta a través de la cúspide. Como la bola pasa el paso, el resorte de retención del diente y los resortes de compresión en el fondo de la carga son regresados a su posición original preparándose para el siguiente ciclo.</p>	
<p>El aparato consiste de un motor eléctrico en el que fue montado un disco que rueda, es de acrílico con 6 pulgadas de diámetro y cuatro contenedores equidistantes en su periferia en los que fue acelerado el cepillado con cabezas (Butler 311 Soft toothbrushes,</p>	<p>Comparación de resistencia al desgaste y dureza de resinas compuestas indirectas</p>

<p>Hohn O. Butler Co, Chicago, Il) un compartimiento de acrílico formó un reservorio para el abrasivo de tres cuerpos, que consistía de un preparado formado por cantidades iguales. Mezclas de dentífrico y agua destilada. Cuarenta y ocho gramos de Crest Tartar Control Dentifrice (Smooth Mint Gel, Lot No. 6134G., Procter & Gamble, Cincinnati, Ohio) fueron mezclados con 48mL de agua destilada para formar el preparado. El soporte del espécimen fue colocado en el orificio del tope del compartimiento de acrílico para que los cepillos al rotar primero se sumerjan en el preparado y después acarreen hasta coincidir con la superficie del espécimen. Se utilizó un peso de 450g. La rueda rotaba a 66 revoluciones por minuto resultando en aproximadamente 4000 revoluciones o 16000 cepilladas por hora. 22 cepilladas dos veces por día por una hora de cepillado simulado, fue estimado a 1 año de cepillado <i>in-vivo</i>. 14000-20000 cepilladas por año <i>in-vivo</i>.</p>	
<p>En este estudio un dispositivo Leinfelder fue usado para simular desgaste de área libre de contacto. Se realizó simulación de desgaste colocando especímenes de cada composición en un bloque de cerámica (Dicor MGC, Caulk/Dentsply, Milford, DE. USA). Una preparación simulando una cavidad de 4.0mm de diámetro y 3.0 mm en profundidad fue usada. La cerámica fue tratada con primer (scotchbond. 3M St Paul MN, USA) y material sin polimerizar de cada composición fue usado para simular preparaciones cavitarias fotoactivadas por 60s. La superficie fue sometida a abrasión, así que una superficie pulida continua existe a través de la simulación de la preparación. El ensamblado entero que</p>	<p>Efecto de partículas de relleno novel en propiedades mecánicas y de desgaste de resinas compuestas</p>

sostiene los bloques cerámicos se realizó dentro de un baño de agua, con preparado desionizado simulando el bolo alimenticio. Poliacetato de 8.0mm de diámetro fue fijado a cada pistón, cada uno fue entonces cargado verticalmente. Carga de 75N a una tasa de 1.2 ciclos/s. Cuatro muestras de cada composición fueron sujetas a prueba de desgaste, se tomaron medidas cuantitativas de desgaste usando un perfilómetro de superficie (Surfanalyzer 5000, Producto Federal Providence, RI, USA).

Objetivos

a) Objetivo general

Desarrollar un aparato electromecánico para realizar pruebas de abrasión

b) Objetivos específicos

- Analizar cuántos y cuáles van a ser los elementos que van a conformar al aparato.
- Analizar la secuencia óptima de pasos que tendrá el aparato.
- Tomar decisiones en cuanto a las posiciones de cada elemento del aparato.
- Desarrollar un diagrama para facilitar la visualización de las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el proceso.
- Probarlo y constatar el correcto funcionamiento del aparato para así poder obtener un resultado tangible.

Hipótesis

Haciendo uso de un aparato electromecánico basado en un mecanismo por el cual se transfiere el movimiento producido por un motor eléctrico a la excentricidad, con el fin de producir movimientos cíclicos regulares a un intervalo fijo y aplicando por medio de un dispositivo de sujeción que mantiene cuatro vástagos metálicos equidistantes una carga definida, con un sistema de reciclado de agua para mantener una irrigación continua y una temperatura constante, se podrán recrear las condiciones mecánicas bajo las cuales se produce el fenómeno de abrasión en órganos dentarios y otros materiales de restauración dental.

Planteamiento del Problema

En el laboratorio de investigación en materiales dentales de la DEPeI de la F.O. Se requiere de un aparato para realizar pruebas de abrasión ya que por el momento no se cuenta con un equipo que reúna dichas características, por lo que es necesario su desarrollo. Este debe ser capaz de producir movimientos cíclicos regulares con un intervalo fijo y soportar una carga máxima de 2kg que no intervenga con su funcionamiento.

Justificación

Con el desarrollo de este equipo se podrán llevar a cabo pruebas de laboratorio sobre materiales de la misma o diferente naturaleza con el fin de mostrar el comportamiento físico de los mismos al ser sometidos a una carga con una frecuencia e intervalo definidos.

Hipótesis

Haciendo uso de un aparato electromecánico basado en un mecanismo por el cual se transfiere el movimiento producido por un motor eléctrico a la excentricidad, con el fin de producir movimientos cíclicos regulares a un intervalo fijo y aplicando por medio de un dispositivo de sujeción que mantiene cuatro vástagos metálicos equidistantes una carga definida, con un sistema de reciclado de agua para mantener una irrigación continua y una temperatura constante, se podrán recrear las condiciones mecánicas bajo las cuales se produce el fenómeno de abrasión en órganos dentarios y otros materiales de restauración dental.

Objetivos

a) Objetivo general

Desarrollar un aparato electromecánico para realizar pruebas de abrasión

b) Objetivos específicos

- Analizar cuántos y cuáles van a ser los elementos que van a conformar al aparato.
- Analizar la secuencia óptima de pasos que tendrá el aparato.
- Tomar decisiones en cuanto a las posiciones de cada elemento del aparato.
- Desarrollar un diagrama para facilitar la visualización de las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el proceso.
- Probarlo y constatar el correcto funcionamiento del aparato para así poder obtener un resultado tangible.

Metodología

Grupo de Estudio

a) Aparato

Aparato electromecánico que requiere de electricidad y lubricación para su correcto funcionamiento. Dicho aparato se abastece de energía por medio de un cable conectado a la fuente de poder. El aparato se enciende accionando un interruptor.

Cuenta con sistema de irrigación de agua u otra solución por medio de sistemas de mangueras alimentadas con una bomba con sistema de reciclado.

b) Espécimen de Prueba

Los vástagos permiten la sujeción de cuatro especímenes “balines de acero inoxidable” que se mantienen fijos en sus compartimientos por medio de resina acrílica, colocados simultáneamente interactuando con sus antagonistas en movimiento. Dichos especímenes “discos de los grupos I, II, III y grupo control” tienen un diámetro de 1.5 cm.

c) Variables, definición y escalas de medición

Frecuencia. En base al número de revoluciones del motor DC

(Incremento en el voltaje=Incremento en las revoluciones por minuto)

Movimiento que por medio de una leva se realizará de manera excéntrica.

Es una constante 117rpm

Carga. En base al peso que se coloque sobre c/u de los cuatro vástagos

Puede ser una variable o una constante

Intervalo. En base al cálculo de la leva.

Se mantendrá constante en todas las pruebas (2cm).

Escalas de medición

Frecuencia. (rpm)

Carga. K (mg)

Intervalo. m (cm)

Características o atributos que deberán observarse en la investigación

Después de ser retiradas las muestras del aparato deberán mostrar un patrón de rallado en las superficies de las mismas.

Dicho desgaste fue medido y sometido a una evaluación en una tabla, y después de haberse realizado en repetidas ocasiones en distintas muestras, se logró tener los elementos suficientes para realizar una tabla capaz de representar la pérdida de material a consecuencia del desgaste físico del mismo.

Medición de atributos

Por medio de un perfilómetro

Por medio de fotografía

Por medio de una sonda

Por medio del rebote de un haz lumínico

Por medio de una báscula

Por medio de un microscopio de medición

d) Método de recolección de datos

Observar, sondear, pesar, o instrumentar y apuntar los resultados en una tabla para así comparar y obtener el promedio de las distintas pruebas.

Métodos experimentales

Haciendo uso de un gabinete de 40x50cm, el motor eléctrico y la leva se fijaron por medio de un soporte metálico en el centro. Dispositivo, limitado en sus extremos derecho e izquierdo por dos paneles perpendiculares perforados a una distancia de 12.5cm fijas a un panel superior, que junto con otras dos laminas de acero inoxidable paralelas entre si con dos perforaciones formaran el trayecto de las guías en sentido longitudinal del gabinete.

Por medio del motor eléctrico se produce movimiento, el cual se transfiere a la excentricidad por medio de una leva, permitiendo que al girar esta se produzcan desplazamientos del tambor en sentido longitudinal, el tambor se mueve deslizándose a través de las dos guías metálicas, las cuales fueron lubricadas para disminuir el coeficiente de fricción. Se produjeron movimientos con un intervalo de (2cm) y una frecuencia de 117 ciclos por minuto.

Una gradilla permaneció fija a los extremos del gabinete, permitiendo que cuatro vástagos de 400g contacten con la superficie en movimiento (Acrílico de 5mm de espesor, con cuatro socavados que permiten por medio de una cuña de resina acrílica la sujeción de los especímenes).

Un recipiente fue colocado en el lugar donde interactúan las superficies en movimiento con el fin de proveer irrigación continua por medio de una bomba y un depósito de 1.5 litros permitiendo la circulación del agua a (37° C) acondicionada con sistema de calentamiento.

Dicho dispositivo se abasteció de corriente con una fuente de 24 volts por medio de un cable de poder, que encendió al accionar el switch de encendido.

Materiales y Equipo

Un gabinete de acero inoxidable de 50 x40cm, una placa de acero inoxidable de 47x39cm, cuatro placas de acero inoxidable de 39x10cm, guías de acero de 55cm de largo, ocho cilindros metálicos de 4cm de largo con un diámetro un poco mayor al de las barras, dos tubos de 30cm de largo, una estructura de lámina plegada, cuatro tubos de 30cm de largo, cuatro roscas de 13pulgadas con vástago, cuatro tuercas metálicas de 110gr c/u, cuatro resortes, una leva hecha de acrílico (5mm), un motor eléctrico, un interruptor, una fuente de 24volts AC, dos cables de poder ,cuatro tornillos largos con tuerca, bomba de agua para pecera, mangueras de distribución, depósito de 1.5litros, cuatro gomas de hule, dos calentadores eléctricos para pecera, un termómetro.

Motor Toshiba, DC Motor CLG-205-2AV, DC24V, 0.65A, 3.5kg.cm, 117rpm, RH7-1028, LOT No. 01132, TOSHIBA CORPORATION, Hecho en Japón

Fuente de Poder, Delta Electronics. INC., AC Adapter, Model: ADP-36XB, INPUT: 100-240V -850mA, 50/60 Hx, Output: 24V - 1500mA, Hecho en Tailandia

Esquema de mecanismo

A) fig.22



B) fig.23



A) Vista superior del gabinete (mecanismo)

Carcasa de 50x40cm perforada en sus extremos, dos láminas paralelas fijas a un panel superior formaran el confinamiento interno del motor y también presentaran dos perforaciones. Otras dos láminas perpendiculares fijas a un panel superior brindaran estabilidad además de estar también perforados. A través de dichas perforaciones dos tubos de 55cm harán juego con ocho cilindros metálicos.

B) Vista superior del gabinete (panel).

Panel al cual están fijas las cuatro láminas

C) fig.24



D) fig.25



C) Confinamiento de la leva. La leva construida con acrílico de 5mm de grosor permitirá trasladar el movimiento del eje del motor a la excentricidad. De esa manera el tambor metálico se desplazara de derecha a izquierda manteniendo un intervalo fijo, siendo el numero de ciclos por minuto de 117.

D) Confinamiento externo (derecho-izquierdo). Estos permitirán que el panel se mantenga en un mismo plano.

Partes del aparato

Tambor metálico figs.26 y 27



fig.28 Motor DC con leva de acrílico



fig.29 Guías metálicas

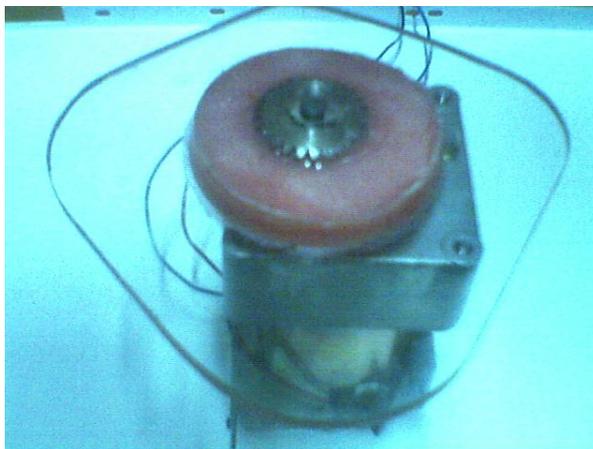


fig.30 Vástago

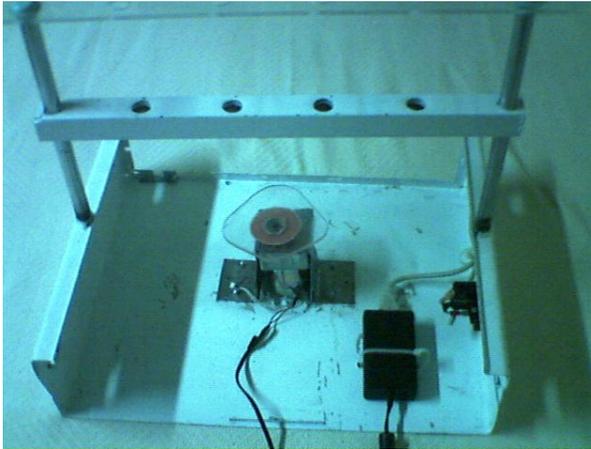


fig.31 Tuercas metálicas



figs.32 y 33

Gabinete: motor eléctrico, leva, soporte metálico, fuente de poder, switch



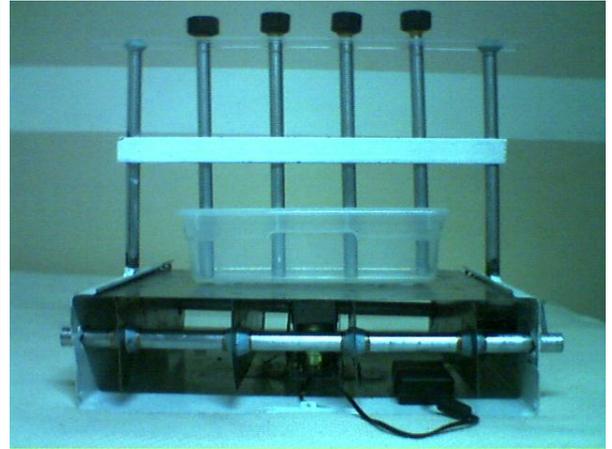
figs.34 y 35

Aparato ensamblado



figs.36 y 37

Aparato utilizado en prueba preliminar



figs.38 y 39

Aparato Terminado



fig.40 Especímenes



figs.41 y 42 Balín de acero inoxidable



fig.43 Aparato encendido (en movimiento).



fig.44

Tornillo insertado en la ranura de cada vástago con el fin de evitar que giren



figs.45 y 46

Recipiente con agua desionizada a 37°C

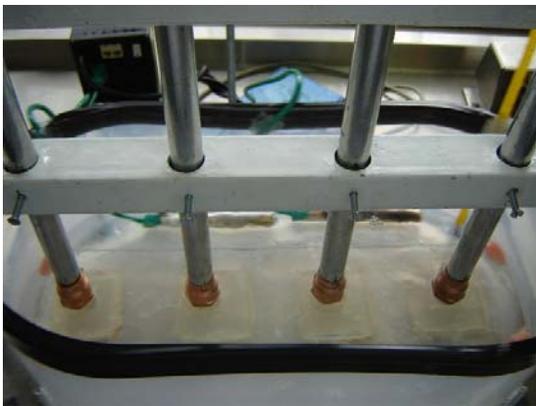


fig.47

Termómetro

Agua desionizada a una temperatura de 37°C



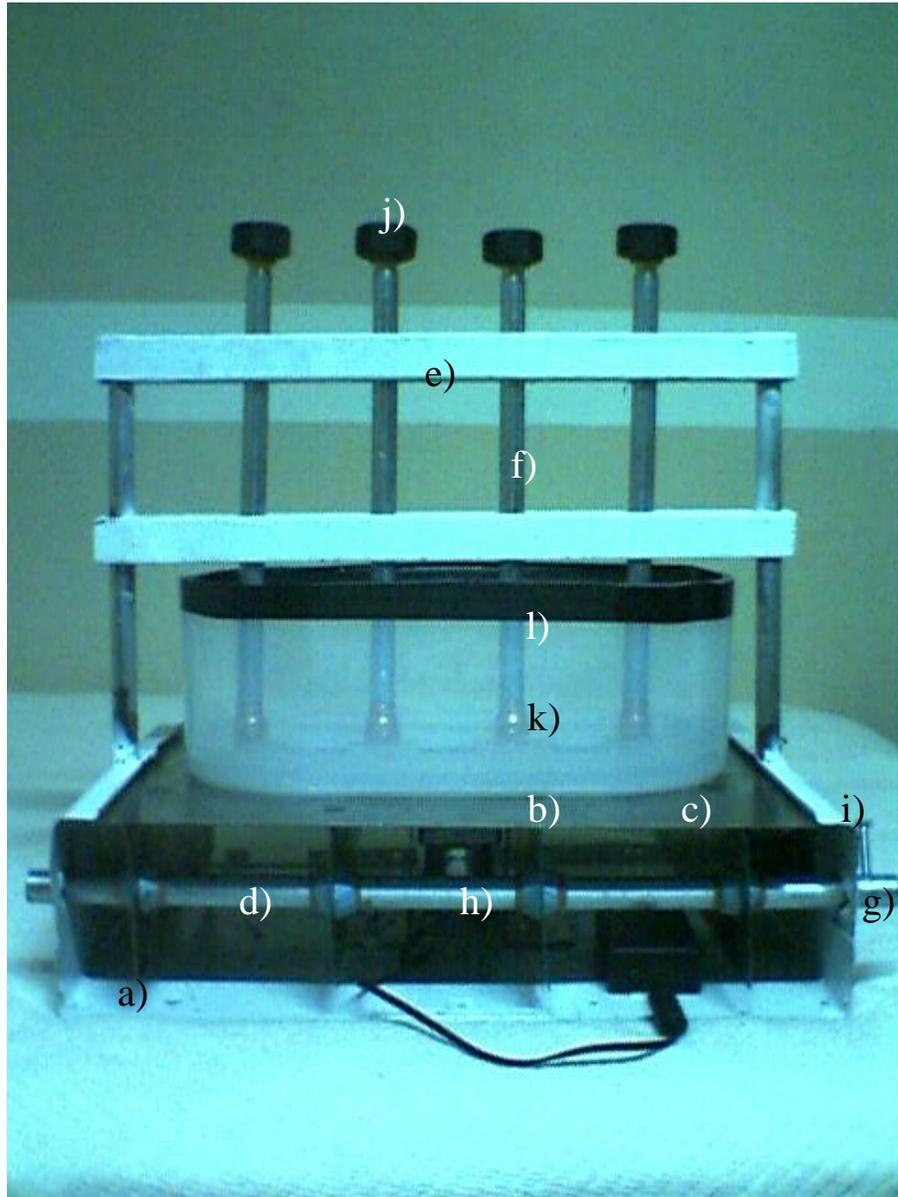
fig.48

Espécimen con ranura que se acopla dentro del socavado de la plantilla por medio de una cuña de resina acrílica (presenta patrón de rayado).



fig.49

Aparato para pruebas de abrasión y puesta en punto con resinas compuestas



- a)Gabinete de acero inoxidable, lamina No 18
- b)Panel superior, lamina No 18
- c)Paneles internos y externos, lamina No18
- d)Guías metálicas, tubos galvanizados
- e)Gradilla
- f)Vástagos metálicos, tubos de acero inoxidable
- g)Tope, tornillo con tuerca
- h)El motor eléctrico y la leva se encuentran en el centro del gabinete metálico
- i)Interruptor de encendido y apagado ubicado en el costado izquierdo de la carcasa abastecido por un cable de poder
- j)Tuercas metálicas de 110grs
- k)Platina para especimenes (acrílico de 5mm).
- l)Recipiente de plástico

Para la prueba comprobatoria y puesta en punto se fabricaron 20 discos de tres distintos materiales de resina compuesta para restauraciones indirectas y un grupo control, los cuales fueron sorteados, de manera que los cuatro especímenes que participaron en cada una de las cinco pruebas lo hicieron de forma aleatoria para ser montadas en cualquiera de los cuatro distintos vástagos.

Los sorteos resultaron de la siguiente manera:

Vástago	1ª prueba	2ª prueba	3ª prueba	4ª prueba	5ª prueba
Primero	15	12	14	10	17
Segundo	2	9	6	8	18
Tercero	5	1	7	3	19
Cuarto	4	13	11	16	20

(1-5 Grupo I, 6-10 Grupo II, 11-15 Grupo III, 16-20 Grupo Control)

Tres distintos materiales de restauración fueron utilizados en la prueba para comprobar el funcionamiento del aparato, por lo que solo se hará mención de su comportamiento al ser sometido a pruebas de 5000 ciclos aplicándoseles una carga de 4N.

Resultados

Etapa 1

Se llevó a cabo la prueba de funcionamiento del aparato. Dicha prueba tuvo lugar en el LIFO (Laboratorio de Investigación de la Facultad de Odontología).

En el transcurso de la prueba se procedió a:

1-Se revisaron todos y cada uno de los componentes.

2-Se procedió a ensamblar, lubricar y conectar el aparato.

3-Se encendió el interruptor de inicio.

Durante un periodo de 5 minutos el tambor del aparato realizó movimientos oscilatorios regulares (117 ciclos por minuto) con un intervalo que se mantenía constante (2cm).

Soportando una carga total de 2kg aplicada sobre el panel a través de los 4 vástagos (150g c/u + 400g en carga). Entrando dos superficies en contacto, que junto con el movimiento y la carga aplicada sobre ellas, dieron las condiciones para que se produjera el fenómeno de abrasión. Se colocó un recipiente en la parte que involucra el contacto de las dos superficies (especímenes montados en los vástagos/especímenes montados en el panel). De esa manera es que se tiene control sobre la irrigación durante la prueba (37 °C) haciendo que el agua circule por medio de una bomba, depositándose esta transitoriamente en un recipiente de 1.5L.

Etapa 2

Se decidió que para esta prueba se utilizaran balines de acero inoxidable de 15mm de diámetro en los vástagos, y 20 discos de 1.5cm de diámetro de tres diferentes materiales (Grupo I, Grupo II, Grupo III y un Grupo Control a ciego).

Una vez puesto en punto el aparato junto con los especímenes se realizaron cuatro pruebas de 5000 ciclos para lo cual el aparato tenía que permanecer encendido por periodos de 30 minutos entre c/u de ellas.

Después de medir transversalmente el registro de desgaste en cada uno de los discos haciendo uso de un microscopio de medición, se logró obtener los siguientes resultados:

Material	Resultados (Promedio)
Grupo I (1-5)	1.36mm
Grupo II (6-10)	1.38mm
Grupo III (11-15)	1.65mm
Grupo Control (16-20)	1.52mm

Discusión

La necesidad de evaluar la resistencia al desgaste en resinas compuestas ha permitido el desarrollo de un amplio grupo de máquinas productoras de desgaste. El estudio sobre el desarrollo del aparato para realizar pruebas de abrasión se realizó a la par de la revisión bibliográfica de 14 artículos, por lo que al integrar la información concerniente al funcionamiento de los mismos se pudo visualizar el principio mediante el cual hacerlo funcionar desarrollando y poniendo en punto con la valoración sobre tres superficies de resinas compuestas para restauraciones indirectas.

A diferencia de la máquina utilizada en 1971 por Tillitson, Craig, y Peyton [1] que utilizaron una superficie hidráulica para proveer el movimiento entre las muestras bajo estudio, se hizo uso de una superficie provista de movimiento por medio de un motor eléctrico, de velocidad constante, actuando sobre una superficie de trabajo de 38cm, haciendo uso de un sistema de irrigación continua por medio de una bomba de reciclado colocada en el depósito de 1.5L abastecida de agua desionizada o simplemente colocando el agua dentro del recipiente ubicado sobre la superficie en movimiento. Los especímenes de prueba tenían forma de discos similares a los utilizados en 1991 por Palmer, Barco, Pelleu y McKinney [8]. A diferencia de las pruebas realizadas en 1980 por Tore Dérand y Lars Ehnford [3] en la que los especímenes fueron almacenados en distintas soluciones, los especímenes se almacenaron en el interior de cuatro recipientes plásticos con agua desionizada para mantenerlos hidratados a una temperatura de 37 ° C. La cantidad de abrasión fue expresada como la diferencia en la distancia transversal del patrón de rayado, aumentando ésta a medida que la superficie es penetrada por el balón de acero inoxidable. En cuanto a los dispositivos encargados de proveer una carga sobre la superficie de trabajo, los vástagos son similares a los que fueron utilizados en 1995

por James Hudson, Gary Goldstein y Maria Georgescu [10] con una diferencia en cuanto al peso utilizado para la prueba, que fue de 4N. Los especímenes fueron asignados de manera aleatoria en número de cuatro discos (tres distintos materiales) por corrida (periodos de 30 min.), así como su posición en la máquina. Al igual que la máquina utilizada en 1994 por Dorota Ratledge, Bernard Smith y Ron Wilson [9] se ideó un medio por el cual el brazo que sujeta al espécimen (vástago) permitiera remover y reposicionar las muestras además de evitar el movimiento rotacional indeseado, ellos utilizaron brazos con un soporte cuadrado, mientras que en este estudio se utilizó una ranura en los tubos a través de la cual entra un tornillo por la parte central de la primer gradilla, el cual se apretará y aflojará según sea el caso (liberar o retener) por medio de un desatornillador de bisel recto.

Después de observar el comportamiento del equipo y en base a las necesidades de las pruebas, éste debe complementarse y afianzarse en varios puntos:

- 1) La leva de plástico puede sufrir desgaste por el roce y golpe constante con las láminas que hacen correr la plataforma, se sugiere fabricarla de alguna aleación con contenido de antimonio ya que aleaciones con este metal son resistentes al desgaste.

- 2) Colocar armazón metálico a todo el cuerpo del aparato con el fin de fijar las láminas perpendiculares y dar mayor solidez al mismo, en este se pueden integrar soportes o patas ajustables para posibles modificaciones de acuerdo a la superficie de la mesa de trabajo.

3) Colocar una cubierta a la parte frontal del cuerpo del equipo con la inclusión de controles de tiempo, temperatura y monitoreo de los movimientos de una manera digital para facilitar el apagado y el control de temperatura automático.

4) Colocar bujes o correderas cilíndricas en el vástago posterior del aparato para facilitar el deslizamiento libre de la plataforma.

5) Colocar un sistema hidráulico individualizado en cada vástago de carga con un irrigante para brindar una lubricación especial, así mismo que el chorro sea intermitente.

6) Charolas individuales para cada vástago que podrán ser montadas comprobando diferentes condiciones de líquidos o sustancias como tercer cuerpo en pruebas de abrasivos.

A partir de estos resultados se puede inferir que con estas adecuaciones en el aparato se le daría el terminado final para estudiar con mayor seguridad aumentando las probabilidades de pruebas y condiciones de medir desgaste. Al mismo tiempo se cumple con la mejora continua para el Laboratorio de Investigación en Materiales Dentales de la DEPeI de la F.O.

Conclusiones

Se logró desarrollar el aparato para pruebas de abrasión demostrando que cumple con las expectativas que de él se requieren al haber obtenido por medio de la experimentación en especímenes de resinas compuestas una diferencia transversal en el patrón de rayado, resultado de la penetración de su superficie por un balín de acero inoxidable. Siendo esta magnitud similar a la obtenida entre c/u de los 5 especímenes de 4 grupos distintos (Grupo I, Grupo II, Grupo III, y un grupo control), los cuales fueron colocados simultáneamente en c/u de los cuatro vástagos de la gradilla de manera aleatoria junto con los de los demás grupos, para confirmar que en cada vástago se llevará a cabo el fenómeno de abrasión bajo las mismas condiciones, siendo la selección de cualquiera de ellos indistinta en la obtención de los mismos resultados.

Referencias bibliográficas

- [1] Tillitson , Craig , and Peyton. Friction and wear of restorative dental materials. Dent Res. 1971,50(1):149-54
- [2] Fan, Powers, and Craig. *In-vitro* wear of microfilled and visible light-cured composites. J Dent Res. 1979,58(11):2116-19
- [3] De'rand Tore and Ehrnford Lars. A long-term evaluation of abrasion of dental composite resins. J Dent Res. 1980,59(4)721-23
- [4] Ehrnford Lars, De'rand Tore, Larsson Lars-Ake, and Svensson Alvar. An abrasion test for composite resins. J Dent Res. 1980,59(4):716-20
- [5] Pilliar, Smith, and Maric. Oscillatory wear tests of dental composites. J Dent Res. 1984,63(9):1166-72
- [6] Rice, Bailey, Wayne, and Burns. Comparative *in-vitro* sliding-wear study of conventional, microfilled, and light-cured composite restoratives. J Dent Res. 1984,63(9):1173-75
- [7] Leinfelder Karl, Beaudreau Ronald, Mazer. An *in-vitro* device for predicting clinical wear. Quintessence Int. 1989,20(10):755-61

[8] Palmer, Barco, Pelleu and Mc Kinney. Wear of human enamel against a commercial castable ceramic restorative material. J Prosth Dent. 1991,65(2):192-95

[9] Ratledge Dorota, Smith Bernard, and Wilson Ron. The effect of restorative materials on the wear of human enamel. J Prosth Dent. 1994,72(1):194-03

[10] Hudson James, Goldstein Gary, and Georgescu Maria. Enamel wear caused by three different restorative materials. J Prosth Dent. 1995,74(6):647-54

[11] Kawai Keiji, Leinfelder Karl . *in-vitro* evaluation of OCA wear resistance of posterior composites. Dent Mat. 1995,11:246-51

[12] Condon John, Ferracane Jack. Evaluation of composite wear with a new multi-mode oral wear simulator. Dent Mat. 1996,12:218-26

[13] Mandikos Michael, McGivney Glen, Davis Elein, Bush Peter, and Carter. Malcolm. J Prosth Dent. 2001,85(4):386-95

[14] Ruddell, Maloney, Thompson. Effect of novel filler particles on the mechanical and wear properties of dental composites. Dent Mat. 2002,18:72-80

[15] Jones, Jones, Wilson. A Simple Abrasion Test for Composites. J Dent. 1972,1:28-

- [16] Ehrnford, Derand, Lars-Ake, Alvar. An Abrasion Test for Composite Resins. J Dent Res. 1980,59:716-720
- [17] Bailey, Johnson, McSparran, Rice, Sheth. Design and Statistical Evaluation of a Sliding-Wear Test Apparatus for *in-vitro* Evaluation of Dental Restoratives. Mat Sci Eng. 1979,41:31-35
- [18] McKinney. Apparatus for Measuring Wear of Dental Restorative Materials. Wear 1982,76:337-347
- [19] De Gee, Pallav, Davidson. Effect of abrasion medium on wear of stress-bearing composites and amalgam *in-vitro*. J Dent Res. 1986,65:654-658
- [20] Powell, Phillips, Norman. *In-vitro* wear response of composite resin, amalgam and enamel. J Dent Res. 1975,54:1183-95
- [21] De Gee, Pallav. Occlusal wear simulation with the ACTA wear machine. J Dent Suppl. 1994,22:S21-S27
- [22] Harrison, Lewis. The development of an abrasion testing machine for dental materials. J Biomed Mater Res. 1975,9:341-353
- [23] Roulet.. Degradation of dental polymers. Karger Press. 1987,pp114-159

Índice de imágenes

Figura 1 Aparato utilizado por Tillitson, Craig y Peyton

Figura 2 Aparato utilizado por Tillitson, Craig y Peyton

Figura 3 Aparato utilizado por Tore Dé rand y Lars Ehrnford

Figura 4 Aparato utilizado por Tore Dé rand y Lars Ehrnford

Figura 5 Aparato utilizado por Lars Ehrnford, Tore Dérand, Lars-Ake Larsson, y Alvar Svensson

Figura 6 Aparato utilizado por Kart Leinfelder, Ronald Baudreau y Raquel Mazer

Figura 7 Aparato utilizado por Palmer, Barco, Pelleu y McKinney

Figura 8 Aparato utilizado por Dorota Ratledge, Bernard Smith, Ron Wilson

Figura 9 Aparato utilizado por Dorota Ratledge, Bernard Smith, Ron Wilson

Figura 10 Aparato utilizado por Dorota Ratledge, Bernard Smith, Ron Wilson

Figura 11 Espécimen del aparato utilizado por James Hudson, Gary Goldstein y Maria Georgescu

Figura 12 Aparato utilizado por James Hudson, Gary Goldstein y Maria Georgescu

Figura 13 Aparato utilizado por James Hudson, Gary Goldstein y Maria Georgescu

Figura 14 Aparato utilizado por James Hudson, Gary Goldstein y Maria Georgescu

Figura 15 Aparato utilizado por Keiji Hawai, y Kart Leinfelder

Figura 16 Aparato utilizado por John Condon y Jack Ferracane

Figura 17 Aparato utilizado por John Condon y Jack Ferracane

Figura 18 Aparato utilizado por John Condon y Jack Ferracane

Figura 19 Aparato utilizado por Michael Mandikos, Glen McGivney, Elaine Davis, Peter Bush y Malcolm Carter

Figura 20 Aparato utilizado por Michael Mandikos, Glen McGivney, Elaine Davis, Peter Bush y Malcolm Carter