

179  
2e1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGIA

ESTUDIOS SOBRE ALEACIONES DE GALIO  
PARA USOS CLINICOS

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**CIRUJANO DENTISTA**

**P R E S E N T A :**

**ARTURO LUNA RODRIGUEZ**

ASESOR: DR. JORGE MARIO PALMA CALERO

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**  
MEXICO, D. F.

1993





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## ÍNDICE

1. *Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales.*  
- *la. Parte: Propiedades Físicas de las Aleaciones de Galio*
2. *Propiedades Físicas y Químicas y Aplicaciones Clínicas de las Aleaciones de Galio para Restauración.*
3. *Estudio de Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.*  
- *Pruebas de Toxicidad Oral Aguda de Aleaciones de Galio en Ratas y Ratones.*
4. *Estudio de Toxicidad de una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.*  
- *Prueba de Toxicidad Oral Subaguda de Aleación de Galio en Ratas.*
5. *Efectos de una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales en el crecimiento de células cultivadas.*
6. *Pruebas de Mutagenicidad de una Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.*
7. *Pruebas de Sensibilización por Contacto de una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales en Cerdos de Guinea.*
8. *Estudios sobre Evaluación Biológica de Aleación de Galio*  
- *I. Irritación Pulpar en Dientes Primarios.*
9. *Estudio Básico de Aleación de Galio para Restauraciones.*  
- *Respuestas Pulpaes Post Restaurativas.*
10. *Microfiltración en Restauraciones Dentales con Aleación de Galio .*
11. *Evaluación Comparativa de Citotoxicidad en Aleaciones de Galio y Amalgamas en células cultivadas.*
12. *Citotoxicidad de las Aleaciones de Galio Corroídas y Amalgamas Dentales.*  
*Estudio in vitro.*
13. *Pruebas de Des-unión y Microfiltración de las Restauraciones de Aleación de Galio y Amalgamas Restaurativas.*
14. *Retención de Amalgama Adherida y Restauraciones con Aleación de Galio.*

*Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales.*  
*- 1a. Parte: Propiedades Físicas de las Aleaciones de Galio*

**Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales.  
I. Propiedades Físicas de las Aleaciones de Galio.**

**Takashi HORIBE, Yoshizou OKAMOTO y Shigeyasu NARUSE.\***

**(Recibido Diciembre 25, 1985)**

**Palabras clave: Aleación de Galio, Material Restaurativo, Propiedades Físicas.**

**Resumen: Producimos una Aleación de Galio, una parte estuvo en un estado líquido a temperatura ambiente y la otra fué una Aleación de polvo esférica. La Aleación de Galio fué fácilmente producida por trituración de ambas y fué más fácil para obtener la cavidad dental que las amalgamas convencionales y resinas compuestas.**

- (1). El cambio dimensional de la Aleación de Galio fué  $13.0 \mu\text{m}/\text{cm}$  en 5 minutos a 24 horas.
- (2). La resistencia a la compresión fué  $3638 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  después de 24 horas;  $3785 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  después de 7 días. La resistencia tensional diametral fué  $379 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  después de 24 horas.
- (3). La dureza en la escala Vickers fué de 100 después de 1 hora.
- (4). La pérdida de peso de la Aleación en 1% de solución de ácido láctico fué 3 veces mayor que el de la amalgama comercial de alto contenido de Cobre, pero la decoloración en 0.1% en solución Na-S ( $\Delta E$ ) fué la mitad del valor que el de la amalgama.

---

\* Departamento de Materiales Dentales e Inventos, Colegio Dental Fukuoka (Jefe: Prof.T.Horibe.).

\* Grupo de Desarrollo de Material Dental, Tokuriki Honten.

## *Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales.*

### *1a. Parte: Propiedades Físicas de las Aleaciones de Galio*

*Takashi HORIBE, Yoshizou OKAMOTO y Shigeyasu NARUSE.*

*Departamento de Materiales Dentales e Inventos.*

*Colegio Dental Fukuoka (Jefe, Prof. T. Horibe).*

*Grupo de Desarrollo de Material Dental, Tokuriki Honten.*

*(Recibido Diciembre 25, 1985)*

### **INTRODUCCIÓN**

*Las amalgamas de Plata han sido usadas como material de restauración dental cerca de 160 años y por la fractura marginal debido a la corrosión de fase  $\gamma^2$ ,<sup>1)</sup> fué superada por el desarrollo de la aleación dispersa de las amalgamas de alto contenido de Cobre<sup>2,3)</sup> éstas habfan tenido alta aceptación como excelentes materiales plásticos de restauración. Sin embargo, como las amalgamas contienen Mercurio y el contenido de las amalgamas es menor del 50%, éstas requieren especial importancia en su manejo<sup>6)</sup>, en la prevención de evaporación de Mercurio dentro del ambiente del cuarto de tratamiento durante el proceso de obturado<sup>4,5)</sup> y en la disposición de excesos de amalgama y lodo producido por la remoción de empastes. Sin embargo recientemente las resinas compuestas se han usado en lugar de amalgamas para restauraciones dentales, pero estas son mas probables de fracturarse después de un uso prolongado<sup>7)</sup>.*

*Se han hecho varios estudios sobre aleaciones de Galio como sustituto de amalgamas,<sup>8,13)</sup> En el presente estudio, preparamos Ga-Ag-Sn-Cu-Pd-In en aleaciones como materiales plásticos de obturación para molares y se evaluaron seriadamente estimando los cambios en las dimensiones, dureza, resistencia compresiva y tensional diametral, así como sus desventajas a la corrosión y decoloración.*

### **MÉTODOS Y RESULTADOS**

#### *(1) Materiales*

*Las aleaciones de Galio usadas en este estudio<sup>14)</sup> fueron preparadas por Tokuriki HontenCo. Una aleación de Ag-Pd-Sn-Cu fué atomizada para partículas esféricas con un diámetro medio de 21  $\mu\text{m}$  (fig. 1). Dos aleaciones de polvo fueron preparadas, una no conteniendo Zn (P10-A), la otra conteniendo Zn al 1% (P10-B). Una aleación líquida con Ga-Sn-In fué también preparada. Fué ligeramente adhesiva en un sitio templado (fig.2), comenzó a solidificarse a -8.5°C. y una gravedad de 6.33, la cual es cerca de la mitad que la de Mercurio. La composición de la aleación de Galio resultando del mezclado de los polvos y las aleaciones líquidas fueron; 30.3% Ag, 25.61% Ga, 21.06% Sn, 9.09% Cu, 7.88% In y 6 > 06% Pd.*

## (2) Aparatos Experimentales

Los aparatos de medida usados en este estudio fueron un micrómetro eléctrico (Modelo E-MSL, Tokyo Seimitsu), con los cuales los cambios dimensionales durante el endurecimiento fueron evaluados en un incubador a 37°C., un autógrafo (15-5000) para determinación de fuerzas de compresión y fuerzas diametrales de tensión, un microdurómetro (MVK-E, Akashi) para determinación de la dureza, un analizador de color (PMD-100P, Σ 80, Nihon Denshoku) para la evaluación de decoloración.

## (3) Preparación de Piezas de Prueba

P10-A (no conteniendo Zn) y P10-B (conteniendo Zn) fueron tomadas exactamente 1g. en cápsulas de plástico. La aleación de líquidos fué agregada a las cápsulas en 0.1cc., usando una microjeringa de plástico. Las aleaciones fueron mezcladas en un amalgamador (HI MIX VS-III, Jishi) por 10 segundos sin el pistilo, y el resultado de la pasta como aleación de Galio fué transferida a un molde de teflón mostrado en la (fig.3) con la porción de la cuchara de Evans Knife. Esto fué cuidadosamente colocado con un aplicador de amalgama de cabeza plana y después iniciado el endurecimiento, desprendido con un undidor utilizado para la evaluación de expansión y de tensión.

Esto fué también llenado en un molde de teflón (10x5x1mm) por el mismo procedimiento, removido del molde después de iniciado el endurecimiento examinado para la decoloración y pérdida de peso debido a la corrosión.

## (4) Procedimiento Experimental y Resultados

### **I) Expansión y contracción con endurecimiento**

Una pieza de prueba fué montada en el micrómetro 15 minutos después de comenzado el mezclado y éstas expansiones y contracciones en el proceso de endurecimiento fueron automática y continuamente reportados en una tira de papel por 24 hrs. Las diferencias en las dimensiones de la aleación fueron expresadas en  $\mu\text{m}/\text{cm}$  (fig.A) ambas P10-A y P10-B, mostraron expansión inmediatamente después de comenzado el mezclado sin contracción primaria, y una expansión casi obstruida después de 50 minutos en P10-A y después de 40 minutos en P10-B. Los cambios dimensionales después de 24 hrs. fueron 13.0  $\mu\text{m}/\text{cm}$  de expansión en P10-A y 25.3  $\mu\text{m}/\text{cm}$  de expansión en P10-B. Ambas aleaciones fueron compatibles con las NORMAS INDUSTRIALES JAPONESAS (JIS), pero sólo P10-A mostró las normas ADA. P10-B mostró ligeramente mayor expansión.

### **II) Durezas**

La (fig.5) muestra los resultados de durezas medidas en escala Vickers de las aleaciones de Galio 15,30 y 45 min., 1,2 y 3 hrs. después de comenzado el mezclado. Las durezas rápidamente cerca de Hv 100 dentro de 2 hrs. y continuó ligeramente el incremento. Sin embargo para Hv 148 después de 3 días, indicando progresión muy lenta de endurecimiento.

### III) Resistencia Compresiva

La tabla 1 muestra la resistencia compresiva de las aleaciones de Galio (P10-A,B), en un día una semana después de comenzado el mezclado. En general la resistencia compresiva tendió a ser ligeramente mayor en P10-A que en P10-B. La resistencia compresiva en una hora después de comenzado el mezclado fué 92% y 90% de los valores después de 7 días en P10-a y P10-B respectivamente, indicando que el endurecimiento progresó temprano y rápidamente después de mezclado pero que el incremento subsecuente en la resistencia fué inconsiderable.

### IV) Resistencia Tensional Diametral

La tabla 2 muestra la resistencia tensional de las aleaciones determinada por el método diametral, en 1 hora, 1 día y 1 semana después de comenzado el mezclado. La resistencia tensional no fué diferente entre P10-A y P10-B, y fué 63% y 72%, respectivamente, 1 hora después de comenzado el mezclado ya comparado con los valores después de 7 días.

### V) Corrosión y Decoloración

La pérdida de peso ( $\text{mg./cm}^2$ ) y cambios excesivos en la condición de la superficie de P10-A, fueron examinados después de la inmersión total (sin agitación) en 0.05% HCL, 1% de ácido láctico, 1% NaCl, y saliva humana a 37°C por 3 días.

La tabla 3 y fig.6 muestra los resultados de evaluaciones similares en 2 amalgamas comerciales de alto contenido de Cobre (A y B), como referencia. Además, L, a y b fueron determinadas en la superficie de las aleaciones antes y después de 3 días en inmersión en 0.1% Na<sub>2</sub>S y saliva humana a 37°C., y los diferentes colores ( $\Delta E$  NBS) fueron determinados por la diferencia en L ( $\Delta L$ ) un ( $\Delta a$ ) y b ( $\Delta b$ ) (tabla 3 fig.7). El peso perdido de P10-A debido a la corrosión fué ligeramente mayor en 0.05% de HCL 1% de ácido láctico y mostró una pequeña diferencia en 1% NaCl ya comparado con las 2 amalgamas comerciales (L,S), y esto fué insignificante en saliva. Por otro lado, el color diferente ( $\Delta E$ ) en P10-A fué cerca de la mitad esto en las 2 amalgamas.

## DISCUSIÓN

Las amalgamas dentales son consideradas para llegar a ser satisfactorias para uso clínico, por sus propiedades mecánicas y anticorrosivas que han sido notablemente mejoradas recientemente<sup>1,2)</sup>, debido a la desaparición de la fase  $\gamma_2$  la cual fué una causa de la fractura marginal por la adición de eutéctico de un cristal de Ag-Cu o altos niveles de Cu en amalgamas con contenido de Plata. Sin embargo, eliminar el Mercurio ha sido difícil debido a la regularización rígida de los niveles de Mercurio en las aguas negras, alcantarillas, ya que ésto es necesario en Japón por la estrechura de el país y ésto es también como causa de accidentes por el Mercurio<sup>3</sup> la contaminación de clínicas por el mismo<sup>4,6,15)</sup>. Urge el desarrollo de materiales de relleno plástico libres de Mercurio.



Por ésta razón, las aleaciones de Galio, las cuáles tienen un punto de fusión (29.79°C.), sólo próximo al Mercurio (38.8°C.) ha atraído la atención y varias aleaciones de Galio tales como Ga-Au<sup>8,17)</sup>, Ga-Pd<sup>18)</sup>, Ga-Pd-Sn<sup>9,10,18)</sup>, Ga-Cu-Sn<sup>19,20)</sup>, Ga-Ni<sup>9,21)</sup>, Ga-Ag-Pd-Sn<sup>22)</sup>, y Ga-Sn-Pt-Ag-Cu<sup>12,13)</sup>, han sido evaluadas. A través de éstas evaluaciones, las aleaciones de Galio mostraron ser superiores en propiedades mecánicas<sup>9,10)</sup>, velocidad de endurecimiento<sup>10)</sup>, adhesividad al esmalte<sup>9,10)</sup>, sellado marginal<sup>9,10)</sup> y resistencia al calor que las amalgamas de Plata, pero éstas son consideradas a ser clínicamente inferiores ya que los problemas como dificultad de manejo, excesiva expansión durante el endurecimiento<sup>9,10)</sup>, pobre resistencia a la corrosión<sup>8,10,18)</sup>, irritación pulpar<sup>10,22)</sup> y reacciones de inducción tisulares<sup>17)</sup>.

Aunque la aleación líquida usada en éste estudio tuvo un punto de fusión de 9°C., pero está además en un semiestable estado líquido aún a -8.5°C., fué también altamente adhesivo ya sugerido por la apariencia mostrada en la fig.2 (derecho). El polvo de la aleación tuvo una composición básica de Ag-Pd-Sn-Cu y la aleación de Galio obtenida por el mezclado de ellas, tuvo una compleja composición de Ag-Ga-Sn-Cu-In-Pd, las cuales son considerablemente diferentes a la composición de las aleaciones dentales convencionales.

El método de mezclado de polvo y las aleaciones líquidas, son tan fáciles como en la preparación de amalgamas de Plata. Sin embargo, a causa de la rapidez de la reacción entre el polvo y el líquido puede generar calor y la reacción puede darse demasiado rápido haciendo difícil el subsecuente proceso de obturación y deteriorando las propiedades físicas, si un pistilo es usado en la cápsula para el mezclado o si el mezclado fué prolongado por 10 seg. o más.

Las propiedades físicas de las resultantes aleaciones de Galio (P10-A,B) son mostradas en las fig. 4-6 y tablas 1-3. P10-A fué compatible con ADA y las normas 150 con la expansión considerada por la dureza ( $\pm 20\mu\text{m}/\text{cm}$ ) y fuérza compresiva una hora después del mezclado (407.9 kgf/cm<sup>2</sup> o arriba 40M-Pa), pero la expansión de P10-B excedió los límites de las normas. la corrosión y decoloración fueron examinadas en comparación con las amalgamas comerciales de alto contenido de Cobre ya que no hubo pruebas de normas. La pérdida de peso de P10-A debido a la corrosión no fué diferente en 1% de NaCl pero si 1.6 veces mayor en 0.05% HCL y 3 veces mayor en 1% ácido láctico comparadas con amalgamas de alto contenido de Cobre, indicando ligeramente menor resistencia al ácido de P10-A. Sin embargo, ésta pérdida de peso en saliva fué mínima en m-0.17 Mg/cm<sup>2</sup> contrariamente la aleación de Galio mostró menores cambios de color con  $\Delta E$  siendo mitad o menor que en amalgamas de Plata. De una manera muy marcada, el HCL solución llegó a ser ligeramente azul, después de la inmersión de la aleación de Galio pero no fueron observados como cambios de color en otras soluciones corrosivas. De otra manera la solución HCL llegó a ser azul, y la Na<sub>2</sub>S solución llegó a ser cercanamente negra después de la inmersión de amalgamas de alto contenido de Cobre (L,S), y una delgada capa de CuS fué observada en sus superficies (fig.6).

No han habido estudios comparativos de aleaciones de Galio y resinas compuestas para molares. En propiedades mecánicas únicamente la resistencia compresiva fué 3,466-3,296 kg/cm<sup>2</sup> en aleaciones de Galio y 3,098-2,531 kg/cm<sup>2</sup> en resinas compuestas<sup>23)</sup> una

hora después del mezclado, y 3.638-3.638 kg/cm<sup>2</sup> y 3.659-2. 014 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo ligeramente mayor en aleaciones de Galio. Sin embargo la fuerza tensional fué 393-379 kg/cm<sup>2</sup> en aleaciones de Galio y 567-412 kg/cm<sup>2</sup> en resinas compuestas <sup>23)</sup> siendo ligeramente menor en el anterior.

Las propiedades físicas de las aleaciones de Galio son comparadas con las amalgamas de alto contenido de Cobre y resinas compuestas. Investigaciones adicionales sobre mejoramiento en las propiedades físicas por modificación de las reacciones de endurecimiento, composición y distribución del tamaño de la partícula están en preparación.

### CONCLUSIONES

Aleaciones de Galio libres de Mercurio (Ag-Ga-Sn-Cu-In-Pd), fueron preparadas como materiales de obturación plástica para restauraciones de molares y los cambios dimensionales, dureza, resistencia compresiva resistencia tensional fueron examinadas. Su resistencia a la corrosión y decoloración fueron también evaluadas en comparación de las amalgamas comerciales de alto contenido de Cobre.

(1) La expansión por endurecimiento un día después de la preparación fué 13.0 µgm/cm en P10-A no conteniendo Zn pero 25.3 µm/cm en P10-B conteniendo Zn, ambas expandieron sin contracción primaria y sus volúmenes estuvieron estabilizados en una hora.

(2) Las durezas se incrementaron rápidamente hasta después de 2 horas y continuó el incremento gradualmente.

(3) La resistencia a la compresión de P10-A y P10-B se incrementaron rápidamente endureciendo al aumento 92% 90% respectivamente después de 1 hora ya comparadas con los valores de 7 días después, el incremento en las resistencias compresivas después de mas de 1 día fueron insignificantes.

(4) La resistencia tensional diametral de P10-A y P10-B mostraron cambios similares a la resistencia compresiva y los valores después de 1 hora fueron 63% y 72% respectivamente de aquellos después de 7 días.

(5) La pérdida de peso por corrosión de P10-A y P10-B fueron ligeramente mayores que a las amalgamas de alto contenido de Cobre en 0.05% HCl y 1% de ácido láctico, pero los cambios de color de las aleaciones de Galio fueron menores que en las amalgamas. La pérdida de peso de P10-A en saliva fué insignificante.

Tabla 1. Resistencia Compresiva de la Aleación de Galio

Ejemplo No.	Resistencia Compresiva		
	1 hora	1 día	7 días
P-10-A	34.66 (3.62)	36.38 (5.75)	37.85 (2.04)
P-10-B	32.96 (5.55)	36.24 (6.60)	36.72 (2.49)

Tabla 2. Resistencia Tensional Diametral de la Aleación de Galio

Ejemplo No.	Resistencia Tensional		
	1 hora	1 día	7 días
P-10-A	3.29 (0.11)	3.79 (0.63)	5.22 (0.91)
P-10-B	3.88 (0.65)	3.93 (0.70)	5.42 (0.71)

Tabla 3. Pérdida de Peso y Decoloración por Corrosión de Aleación de Galio y Amalgamas Dentales.

Ejemplo No.	Pérdida de Peso				Diferencia de Color	
	0.05 % HCl	1 % NaCl	1 %	Saliva	0.1 % Na2S	Saliva
P-10-A	-1.10	-0.46	-3.21	-0.17	6.53	7.86
A	-0.61	-0.55	-0.88	-	12.03	-
B	-0.68	-0.38	-1.32	-	12.50	-

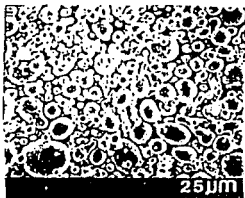


Fig.1. Polvo esférico de Aleación de Ga. como material de restauración dental.

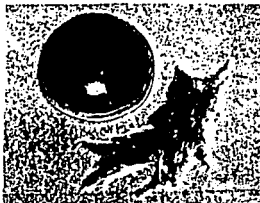


Fig.2. Multicomponente del líquido de la Aleación de Ga. Ga,25.615; Sn, 21.065; Cu,9.095; In, 7.885 y Pd, 6.065.

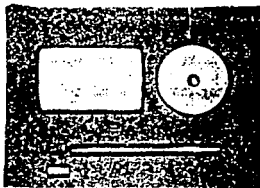


Fig.3. Molde de teflón.

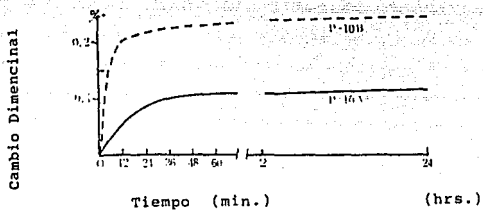
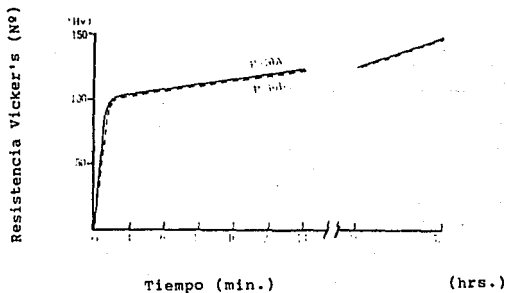


Fig. 4. Cambio dimensional de la Aleación de Ga.



Resistencia de la Aleación de Ga. en Microvicker's

15. Wada, S. *Metales y humanos p. 100-103, Asakura Shoten, Tokio, 1985. (en Japonés).*
16. Morita, N. *Acciones psicológicas de los metales pesados- metabolismo de los metales pesados. En: Fuwa, K. (ed), Organismos vivos y metales pesados. p. 143-162. Koudansha, Tokio, 1982. (en Japonés).*
17. Mori, M. *Causticos y astringentes. En: Ogura, H. y Ogura, Y. (eds), Farmacología Dental Moderna, p. 201-206, Ishiyaku Shuppan, Tokio, 1980. (en Japonés).*
18. Hodge, H. C. y Sterner, J. H. *Tabulación de clases de toxicidad. Amer. Ind. Hyg. Assoc. Quarterly. 10:93-96, 1949.*

***Propiedades Físicas y Químicas y Aplicaciones Clínicas de  
las Aleaciones de Galio para Restauración.***

# PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS Y APLICACIONES CLÍNICAS DE LAS ALEACIONES DE GALIO RESTAURATIVAS

Takashi Horibe Yoshizou Okamoto Shigeyasu Naruse

## RESUMEN

Las aleaciones líquidas de Galio libres de Mercurio y aleaciones de polvo de Plata, fueron recientemente desarrolladas como material de obturación para restauraciones de molares. Las aleaciones líquidas son fluidos y tienen alta propiedad de mojado a temperatura ambiente. Cuando una aleación líquida de Galio y aleación de polvo de Plata fueron mezcladas y endurecieron la resistencia compresiva y la resistencia tensional fueron excelentes tempranamente después del endurecimiento. La expansión del endurecimiento 24 hrs. después del mezclado, estuvo dentro del límite 150. Además, mostraron una excelente propiedad anticorrosiva en varias soluciones. Estos resultados indicaron que estas aleaciones pueden reemplazar a las aleaciones de amalgama de Plata, las cuales han sido usadas como material de obturación para restauraciones de molares.

## INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de Galio para restauraciones, fueron desarrolladas como materiales de obturación libre de Mercurio. Sus propiedades Físico-Químicas (1-3), propiedades Biológicas (4-6) y datos clínicos han sido reportados basados en el estudio de forma y de tamaño de grano de aleaciones de polvo. Modificamos el método de fabricación para las aleaciones de Galio y se consiguió reduciendo el porcentaje de polvo-líquido a 1:0.55. En esta nueva aleación encontramos excelentes propiedades Físico-Químicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.-Materiales

Tres aleaciones de Ag-Pd fueron producidas por el método de atomización. Sus composiciones están mostradas en la tabla 1. La composición de las aleaciones líquidas de Galio son mostradas en la tabla 1. Las aleaciones líquidas de Galio fueron fluidas y tuvieron una alta propiedad de mojado en una temperatura ambiente. Otra aleación de Galio (GF) y una comercialmente disponible aleación-amalgama de alto contenido de Cobre (S-D) sirvieron como control.

### 2.-Preparación de las muestras de ensayo

Una aleación de polvo de Plata y otra de Galio líquido, fueron mezcladas en porcentajes de 1:0.55 y trituradas con un amalgamador (HIMIX VS-III,GC) por 10 seg. Entonces, las muestras fueron preparadas de acuerdo al procedimiento de pruebas para amalgamas de 150. Las muestras para la prueba corrosiva (de pérdida de peso) y de coloración fueron preparadas usando un molde con dimensiones de 10 x 20 x 1mm.



### 3.-Métodos de prueba

#### 1) Observación bajo un microscopio analizador electrónico (SEM).

Las aleaciones de polvo fueron observadas bajo un microscopio analizador electrónico (EMT-20, Nippon Denshi) de agrandamiento de 350 y 2000 X.

#### 2) Cambio dimensional

Usando un micrómetro eléctrico (Tokio Seimitsu), cambio dimensional ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ ) de los especímenes de prueba fueron examinados por 24 hrs., iniciando 5 minutos después el final de triturado.

#### 3) Resistencia compresiva

La fuerza compresiva de las muestras de ensayo fué determinada 1 hora, 1 día y 7 días después del final de trituración. El sistema de medición se realizo con un autógrafa Shimazu 15-500. la velocidad de carga fué de 1mm/min.

#### 4) Resistencia Tensional

La resistencia tensional fué determinada 1 hora, 1 día y 7 días después de terminada la trituración en una forma similar a la medida usada con la resistencia compresiva.

#### 5) Pérdida de peso por corrosión

Las muestras de ensayo fueron totalmente sumergidas en varias soluciones (0.05% de HCL, 1% de ácido láctico, medio salino o saliva artificial) por 3 días a 37°C., la pérdida de peso por corrosión ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) fué medida posteriormente.

#### 6) Lavado de iones

La cantidad de iones metálicos lavados dentro de las soluciones fueron determinadas con un analizador ICP-VI012P.

#### 7) Decoloración

Las muestras de ensayo fueron pulidas bajo agua corriente a un nivel de # 1000, y entonces sumergidos en 0.1% de solución  $\text{Na}_2\text{S}$ , por 3 días a 37°C. Subsecuentemente el cambio de color (E) fué medido con un colorímetro dental, PMD-100E80.

#### 8) Pruebas Biológicas

##### i) Toxicidad Aguda

$\text{LD}_{50}$  fué determinado por el método integral en ratas machos y hembras Sprague-Dawley y ratones ddy.

#### *ii) Toxicidad Subaguda*

*Las ratas machos y hembras Sprague-Dawley fueron tratados con 100 o 1000 veces del monto del metal lavado para pruebas hematológicas subsecuentemente pruebas bioquímicas de suero, autopsia, medidas de peso de cuerpo, órganos y examen histopatológico.*

#### *iii) Mutagenicidad*

*Varias muestras de ensayo de aleaciones de Galio y amalgamas de alto contenido de Cobre fueron sujetas a una rec-prueba usando bacilos sustitutos (M45, H17) una prueba de Ames usando salmonela typhimurium (TA1535, TA1538, TA98, TA100).*

#### *iv) Irritación Pulpar*

*En 11 perros jóvenes las cavidades superiores e inferiores bilaterales en dientes caducos (Dc, Dp3 y Dp4) fueron obturadas con las aleaciones de Galio en perros de control, las cavidades de los mismos dientes fueron obturadas con amalgamas de alto contenido de Cobre. Los animales fueron sacrificados en 1, 3, 7, 14 o 35 días después de las obturaciones. En los animales sacrificados, la pulpa fué examinada histopatológicamente por el método de Stanleys y Browns.*

#### *9) Prueba Clínica*

*Cavidades clase I simple fueron obturadas con aleaciones de Galio. Los dientes obturados fueron observados inmediatamente, 3 y 4 años después del obturado.*

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. Análisis por el microscopio electrónico**

*Las figuras a, b, c y d muestran al micrografo electrónico las aleaciones de polvo. Las partículas de GF tienen una ligera forma irregular globular, mientras GF-N y GF-3P tiene una aproximada forma globular uniforme.*

### **2. Cambio Dimensional**

*GF, GF-N y GF-3P se expandieron sin mostrar contracción primaria y sus formas fueron aproximadamente estabilizadas de 40 a 90 minutos mas tarde. Por otro lado la amalgama de alto contenido de Cobre, mostró contracción primaria. El cambio dimensional de los materiales de obturación restauradores pueden afectar el sellado en la cavidad. Las amalgamas de Galio parecen ser excelentes en términos de sellado de las cavidades ya que se expanden después del obturado.*

### **3. Resistencia Compresiva**

*La tabla 2 muestra la resistencia compresiva de GF,GF-N,GF-3P y la amalgama de alto Cobre determinada a 1 hora, 1 día y 7 días después del triturado. A 1 hora las aleaciones de Galio tuvieron mayor resistencia compresiva que la amalgama de alto contenido de Cobre, indicando que las aleaciones de Galio muestran excelente endurecimiento inicial.*

### **4. Resistencia Tensional**

*La fuerza de tensión diametral de GF-GF-N,GF-3P y la amalgama de alto contenido de Cobre a 1 hora, 1 día y 7 días fué medida. Las aleaciones de Galio mostraron alta resistencia tensional en todas las ocasiones de medición.*

### **5. Pérdida de Peso por Corrosión**

*La tabla 3 muestra la pérdida de peso por corrosión de la aleación de Galio y amalgama de alto contenido de Cobre en varias soluciones. Cuando se sumergieron en solución ácida como HCl y solución de ácido láctico, las aleaciones de Galio mostraron corrosión. En soluciones de sal neutra (saliva y saliva artificial) la cual asemeja el medioambiente oral, la pérdida de peso por corrosión de las aleaciones de Galio fueron comparables a las amalgamas de alto contenido de Cobre.*

### **6. Lavado Iónico**

*La tabla 4 muestra la cantidad de iones metálicos lavados de aleaciones de Galio y amalgamas de alto contenido de Cobre en varias soluciones. En soluciones ácidas, Ga-In,Sn y Zn fueron lavados de aleaciones de Galio, mientras Zn-Sn y Cu fueron lavados para amalgamas de alto contenido de Cobre. En solución salina muy pocas cantidades de Sn y Zn fueron lavadas para amalgamas de alto contenido de Cobre.*

### **7. Decoloración**

*La tabla 3 muestra los cambios de color de las muestras de ensayo en 0.1% de sulfato de Sodio. Los cambios de color de las aleaciones de Galio fueron pequeñas y comparables por las mostradas por las amalgamas de alto contenido de Cobre.*

### **8. Seguridad Biológica**

*i) La Toxicidad aguda de la aleación de Galio fué "ordinaria" de acuerdo a la clasificación de la Ley Japonesa sobre Drogas.*

*ii) En las pruebas de toxicidad subaguda, las ratas no mostraron anomalía en peso ganado y tampoco anomalía en órganos.*

*iii) Las pruebas de Ames y Rec revelaron no mutagenicidad en las aleaciones de Galio.*

*iv) La irritación pulpar causada por las aleaciones de Galio fué comparable o menor de la que causaron las amalgamas de alto contenido de Cobre.*

*Estos resultados sugieren que las aleaciones de Galio son clínicamente aplicables como material de obturación para restauraciones molares.*

*Estudio de Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para  
Restauraciones Dentales.*

*- Pruebas de Toxicidad Oral Aguda de Aleaciones de Galio  
en Ratas y Ratones.*

*Traducción para*

*Diario de Salud Dental, Vol,37 (#3), 361-371 (1987)*

*Estudio sobre Toxicidad de Una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.*

- *Pruebas de Toxicidad Oral Aguda de Aleación de Galio en Ratas y Ratones.*

*Taizo MASUHARA, Yasunori NAKAMURA y Haruhiro Kuwashima*

*Departamento de Farmacología Dental*

*Escuela de Odontología en Niigata, Universidad Dental Japonesa*

*1-8 Hamaura-cho, Niigata 951, Japón*

*Palabras clave: Aleación de Galio, Toxicidad Aguda, Restauración Dental, Ratas y Ratones.*

*Revisado Mayo 15, 1987; aceptado Junio 8, 1987.*

**Resumen:** Una prueba sobre Toxicidad aguda de una nueva aleación de Galio se llevó a cabo por administración oral, el método fue una solución de ensayo de la aleación de Galio para ratas y ratones. La dosis letal del medio ( $LD_{50}$ ) fue estimada y observaciones histopatológicas fueron desarrolladas.

Los resultados obtenidos fueron como siguen:

1. Los valores  $LD_{50}$  obtenidos por un método probado fueron 580 mg/kg para ratas machos, 493 mg/kg para ratas hembras, 377 mg/kg para ratones machos 430 mg/kg para ratones hembras. Estos valores indican que la aleación de Galio tiene baja toxicidad y pertenece a la categoría de "materiales comunes" descritas en las Leyes Farmacéuticas de Japón.

2. Mayores signos de toxicidad aguda fueron observadas en todas las ratas y ratones excepto en el grupo de menor dosis donde hubo pérdida de actividad espontanea y apariencia cianótica. Algunos individuos mostraron también síntomas de diarrea y hematuria.

3. En Autopsias y exámenes histopatológicos, varios grados de congestión fueron observados en órganos de las ratas que murieron durante el período de prueba. En las ratas que sobrevivieron al período agudo, fue evidente el daño en los túbulos de los riñones, pero signos de restablecimiento de las lesiones inflamatorias fueron observados en los riñones y otros órganos.

4. Parece de que los datos de análisis obtenidos, que la toxicidad de la aleación de Galio es debido primero al Cobre y luego al Galio.

## INTRODUCCIÓN

*Las amalgamas han sido utilizadas como material de obturación dental no han perdido su importancia en uso clínico hasta ahora. Sin embargo el uso incontrolado del Mercurio ha presentado socialmente serios problemas como: Contaminación Ambiental y desórdenes en la salud de los trabajadores que manejan el Mercurio, desde que el agente causante de la enfermedad "Minamata Discase" ha sido probado ser el Mercurio. De acuerdo a esta secuela en el uso del Mercurio, los dentistas son también requeridos para prevenir la difusión del vapor del Mercurio bajo condiciones controladas de seguridad. Sin embargo, hay algunos problemas no resueltos del Mercurio en usos dentales como dificultad en la difusión de los residuos de amalgama removida del diente o preparado excesivo para pacientes, acumulación de Mercurio en cañerías, lodo y sistemas de drenaje y en partes de sillas dentales y mias.*

*La temperatura de fusión de Galio es de alrededor de 30°C siguiendo el Mercurio - 29°C.*

*Por lo tanto, algunos estudios enfocados en el desarrollo de nuevos materiales dentales de obturación conteniendo Galio han sido desarrollados. El Galio ha sido reportado a no presentar o presentar pequeños efectos citotóxicos en células cultivadas (4). Aunque la administración oral de los compuestos de Galio han demostrado exhibir extremadamente débil toxicidad en relación con los animales experimentales, su fuerte toxicidad relativa ha sido demostrada cuando los compuestos de Galio fueron inyectados hipodérmicamente o intravenosamente (5,6).*

*En experimentos de implante las aleaciones de Galio (Au-Ga y Pd-Ga) provocaron daño histológico circundando tejidos blandos (7) y una aleación consistente de Ga-Pd-Sn mostró una acción de estimulación de pulpa (8).*

*La aleación de Galio examinada en este estudio estuvo constituida por Ga-Ag-Sn-Cu-Pd-In-Zn y fué nuevamente desarrollada por Horibe y col. (9) y cooperativamente Tokuriki Honten Co. Ltd. (10). Esta aleación de Galio tiene características Físico-Químicas requeridas para restauraciones dentales y son esperadas para reemplazar a las amalgamas como un nuevo material dental de obturación.*

*Por lo tanto, las propiedades de toxicidad de la aleación de Galio fueron requeridas antes de su aplicación en usos clínicos. Intentamos examinar la toxicidad aguda de la aleación de Galio en relación de Ratas Ratonos y los resultados obtenidos están descritos.*



## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Preparación de la solución de ensayo

La solución de prueba administrada para los animales experimentales fué preparada de una nueva aleación de Galio (Ga-Ag-Sn-Cu-Pd-In-Zn) producida por Tokuriki Honten Co. Ltd., como sigue: Los bloques de la aleación fueron arenadas y pasadas a través de un arenero de 250 enlases. 10 grs del polvo obtenido de esta forma fué colocada al fondo de un matraz redondo con un condensador refrescante, 50 ml de 6N HCl fueron agregados al matraz. La mezcla fué hervida por 1 hora en un baño de arena y entonces filtrada. El residuo obtenido por secado del filtrado fué disuelto en 100 ml de agua destilada de 80 a 90°C por 1 hora en un baño filtrado nuevamente. Alícuotas del filtrado preparado de esta manera fué sujeto a un análisis elemental con un Inductor Espectrómetro Acoplado de Emisión de Plasma (Shimazu Co.) y 5 elementos aun metálicos (Ga, In, Cu, Sn y Zn) pero no Pd fueron detectados en el filtrado. Las concentraciones y porcentajes de estos metales fueron: Ga, 17.35 mg/ml (65.4%), In 5.67 mg/ml (21.4%), Cu 2.54 mg/ml (9.6%), Sn 0.37 mg/ml (1.4%) y Zn 0.58 mg/ml (2.2%). Sobre la base de este dato la solución de ensayo dada para animales experimentales fué preparada usando metales en forma de cloruros. GaCl<sub>3</sub> (99.99% puro) CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (grado especial) SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (grado especial), ZnCl<sub>2</sub> (grado especial) fueron comprados en Kanto Chemical Co. Estos químicos fueron separadamente disueltos en agua destilada y fueron mezclados para dar las siguientes concentraciones (mg/ml), de los elementos metálicos: Ga 39.6; In 12.9; Cu 5.8; Sn 0.8 y Zn 1.3. Esta mezcla fué apartada como el tronco de solución. Toda la preparación de la aleación de Galio, solubilización, análisis químicos y preparación de la solución de ensayo mencionada antes fueron desarrolladas por Tokuriki Honten Co. Ltd. El valor del pH de la solución fué ajustada a 2, con lo cual los metales no fueron precipitados por agregamiento de hidrogenocarbonato de Sodio antes de la administración de los animales experimentales.

### 2. Animales experimentales y condiciones creadas

Ratas machos y hembras Sprage-Dawley de 4 semanas de edad ratones ddy fueron adquiridos. Después de acondicionados por una semana los animales saludables fueron escogidos y utilizados para experimentos. Un grupo experimental constituido de 10 animales machos o hembras. En su momento los animales fueron divididos en grupos experimentales para dar una igual proximidad en cuerpo y peso. El peso promedio ( $\pm$ SD) de los grupos experimentales en el principio de los experimentos fueron: ratas machos 131 $\pm$ 9g; ratas hembras 116 $\pm$ 7g; ratones machos 20 $\pm$ 0.9g y ratones hembras 18 $\pm$ 0.9g. 3 de 4 ratas fueron mantenidas en cada caja hecha por alambre nítido, mientras 5 ratones fueron mantenidos en 1 caja con piso de aluminio y madera con hoyuelos esterilizada. Estas cajas fueron dejadas a 23 $\pm$ 2°C y una humedad relativa de 55 $\pm$ 10% bajo 12 horas de luz y 12 horas de obscuridad. Píldoras de dieta (Oriental Yeast Co.) y agua fueron dadas diariamente durante un período experimental de 2 semanas. Los animales fueron aligerados de 16 a 18 horas antes de la administración oral de la solución de ensayo. En el caso de los ratones estos fueron transferidos a las cajas de alambre nítido para prevenir que se comieran la madera durante el período de aligeramiento.

### 3. Dosis y Métodos de la Administración Oral

En base a los resultados obtenidos de las pruebas preliminares las dosis (mg/elementos metálicos/kg de peso corporal) usados en este estudio fueron determinados como sigue: 6 dosis fueron usadas para ratas machos y hembras alineando de 335 a 833 con un rango multiplicador de 1.2. 7 dosis con rangos de 301 a 532 para ratones machos y de 331 a 586 para ratones hembras con un factor múltiple de 1.1 fueron usadas. La prueba de solución preparada como antes fué oralmente administrada a las ratas, mientras 2 porciones de dilución de ésta prueba de solución fueron preparadas para los ratones. En consecuencia los 2 volúmenes de la solución administrada requerida para dar la dosis fueron: 0.55-1.38 ml/10 g. de peso corporal para las ratas, 0.099-0.176 ml/10 g. de peso corporal para ratones machos y 0.109-0.94 ml/10 g. de peso corporal para ratones hembra. La solución de ensayo fué directamente introducida dentro del estómago de los animales de experimento con catéteres estomacales. Ratas y ratones en los grupos de control recibieron oralmente solución de Hidrógeno clorhídrico (pH2) de los cuales los volúmenes fueron iguales a los volúmenes de dosis altas.

### 4. Observación general e histológica

En los grupos de control y experimentos los animales fueron observados 2 semanas, y el número de sobrevivientes con cualquier comportamiento inusual fueron reportados diariamente. El valor de LD<sub>50</sub> con 95% del límite de confiabilidad fué calculado por un método probado. El peso corporal fué medido diariamente durante la primer semana del periodo experimental, y cada tercer día durante la segunda semana. Los animales que murieron durante el periodo experimental fueron sujetos a autopsia, estómago, intestino delgado (intestino vacío), hígado, riñón, timo y vaso fueron extirpados inmediatamente. Tan pronto como fué posible y fijados en una solución al 10% de formalina neutralizada para exámenes histológicos. Al final del periodo experimental, los animales sobrevivientes fueron anestesiados con éter etílico y desangrados. Los órganos viscerales fueron similarmente extirpados y entonces fijados, partes de los órganos viscerales así preparados fueron embebidos en parafina y delgadas secciones de éstas preparaciones fueron teñidas con Hematoxylina-eosina (HE) y observadas bajo un microscopio de luz.

## RESULTADOS

### 1.- Tiempo de muerte y LD<sub>50</sub>

La mortalidad de ratas y ratones que recibieron oralmente dosis de la solución de ensayo, esta presentada en las tablas 1 y 2 respectivamente. Los valores de LD<sub>50</sub> son también mostrados en las tablas un macho y una hembra de las ratas murieron hasta 3 a 4 hrs. después de la administración de dosis altas de la solución de ensayo. Sin embargo más casos de muerte fueron encontrados al pasar de 6 a 10 hrs. y de 10 a 24 hrs. después de la administración en ratas hembras y machos respectivamente, y no hubo casos de muerte en 2 a 12 días después de la administración. Hay una clara relación inversa entre la dosis y el tiempo de sobrevivencia, y el número de animales muertos se incremento en una dosis de manera dependiente. Los valores de LD<sub>50</sub> calculados por el método probado fueron: 580

mg/kg de peso corporal (con 530-637 mg/kg del 95% del límite confidencial) para ratas machos y 493 mg/kg (444-544 mg/kg del 95% del límite de contabilidad para ratas hembras, sugiriendo alta susceptibilidad de ratas machos.

En ratones, 2 machos y 1 hembra que recibieron la dosis alta murieron inmediatamente después de la administración de la solución de ensayo. Más casos de muerte ocurrieron de 10 a 24 hrs. y de 1 a 2 días después de la administración en ratones hembras y machos respectivamente. Hubo 3 casos de muerte ocurriendo de 2 a 3 días después de la administración en ratones hembras. El tiempo de sobrevivencia de ratones fue reduciéndose por incremento de la dosis administrada, como observamos con ratas. Los valores  $LD_{50}$  fueron calculados por un método probado como siguen: 377 mg/kg contabilidad de 360-395 mg/kg para ratones machos y 430 mg/kg peso corporal con un 95% del límite de contabilidad de 410-453 mg/kg para ratones hembras.

## 2.- Observación general

Los comportamientos característicos observados con ratas que recibieron relativamente dosis altas fueron depresión de movimiento espontáneo y respuestas retardadas a estímulos externos. Muchas de las ratas que mostraron este comportamiento murieron durante el período experimental de 2 semanas. Cuando estas ratas murieron fue observada cianosis y caída de la temperatura sin convulsión. Diarrea o ablandamiento de heces fue observada con algunas ratas que murieron en los estadíos tempranos del período experimental. En el primer día de observación fue encontrada hematuria en algunas ratas muertas y con la mitad de las sobrevivientes. En estas ratas que mostraron hematuria, decoloración del ojo y cianosis en el frente, patas traseras y cola. 2 de estas ratas macho y hembra de c/1 murieron en el día 2, pero otras se recobraron gradualmente de los desórdenes después de 3 días. La pérdida de la cola debido a la mortificación fue observada con una rata hembra y 2 machos que recibieron una dosis de 482 mg/kg pero sobrevivieron. Cualquier comportamiento inusual o síntomas no fueron encontradas con ratas en el grupo de control.

La fig.1 muestra cambios en el aspecto del peso corporal de ratas machos y hembras que recibieron diferentes dosis de la solución de ensayo. En ratas machos una disminución en el peso corporal fue observada con los grupos que recibieron una dosis de 833 o 649 mg/kg.

El peso corporal de otro grupo dosificado no se incrementó inmediatamente después de la administración de la solución de ensayo pero se incrementó paralelamente con un incremento del peso corporal de las ratas en control. Los pesos corporales de los grupos experimentales estuvieron cerca ligeramente menores que los del grupo de control. En contraste una disminución del peso corporal no fue observada en ratas hembras en ningún grupo dosificado. Sin embargo una depresión en el incremento del peso corporal fue inducido relativamente en los grupos de alta dosificación (694,579 y 482 mg/kg.), y continuó hasta el estado medio en el caso más severo.

En el caso de ratones, sus comportamientos y apariencias fueron muy similares a los observados en ratas. Los ratones que mostraron continua depresión a movimientos espontáneos, murieron en el estado temprano del período experimental, exhibiendo cianosis

y una caída de la temperatura corporal. Los ratones sobrevivientes se recobraron de una represión de movimientos espontáneos después de 4 días y sus comportamientos y apariencias no fueron diferentes a esas ratas del grupo de control. Hematuria y pérdida del final de la cola debido a la mortificación, como en el caso de las ratas, no fué observado en ratones.

Cambios en el peso corporal común de los ratones en diferentes grupos dosificados, fueron mostrados en la fig. 2. Una disminución del peso corporal fué observada inmediatamente después de la administración en los grupos de animales recibiendo dosis tan altas como 400mg/kg., en ratones machos y 440 mg/kg., en ratones hembras. El peso corporal volvió a incrementarse posteriormente, excepto en el grupo de hembras con una dosis de 484 mg/kg., en las cuales una disminución en el peso corporal continuo hasta el día 4. Además, el peso corporal de los grupos experimentales pareció ser más bajo que el del grupo de control.

### 3.- Exámenes y Autopsia

Con ratas que murieron de 3 a 4 hrs. después de la administración de la solución de ensayo, el estómago fué llenado con solución de ensayo azul pálido y las membranas mucosas del estómago fueron teñidas por fuera en algunos casos. El píloro fué fuertemente contracto y regiones del intestino desde el duodeno al ileo fueron hinchadas. Proteína coagulada pálida amarillenta como contenido sobrante en el duodeno y el yeyuno. Cambios claros no se encontraron con otros órganos viscerales. Con ratas que murieron de 6 a 10 hrs. después de la administración el volumen de savia remanente en el estómago, se incrementó dependiendo la dosis, siendo de 2 a 8.5 ml., la savia fué vuelta a su color en ese tiempo. En suma lo cambios observados en ratas que murieron inmediatamente después de la administración, hinchamiento y hemorragia en el ciego fueron observados en 9 de los 25 casos. El color de la superficie del hígado fué encontrado desigual en 10 casos. Con ratas que murieron de 10 a 24 hrs., después de la administración, distensión del estómago se encontró y el volumen de savia en el estómago fué 14 ml. lo máximo, dando un porcentaje de 9 ml. Cambios causados en el intestino fueron parecidos a los encontrados en ratas que murieron de 6 a 10 hrs. después de la administración. Decoloración parcial del hígado, adyacente al estómago y desigualdades de color en el riñón fueron encontrados en la mitad de las ratas. Ligera hemorragia en el timo, hemorragia interna en los testículos hemorragia en remanentes de orina en el conducto urinario fueron encontrados en 11, 2 y 1 ratas respectivamente. Además de los cambios descritos arriba, adelgazamientos de las paredes intestinales y obscurecimiento en riñones fueron observados con ratas que murieron entre 1 y 2 días después de la administración. En contraste cualquier cambio de gruesa apariencia de órganos viscerales no fueron observados con ratas que sobrevivieron hasta el fin del período de observación, exceptuando 1 rata que recibió una dosis de 579 mg/kg. y mostró desigualdad en el color de los riñones, las ratas en los grupos de control no mostraron cambios aparentes en los órganos viscerales.

Los cambios causados en los órganos viscerales de ratones fueron parecidos a los observados en ratas: pelamiente exterior de las membranas del estómago, hinchazón del intestino delgado, remanentes como contenido de proteína/coagulada en el intestino, desigualdad de color en el hígado riñón, decoloración parcial en el hígado en ratones que murieron en la temprana etapa (dentro de las 24 hrs.) e hinchamiento del estómago y adelgazamiento de las paredes intestinales en ratones que murieron en el estado tardío

Tabla 1 Mortalidad y valores LD<sub>50</sub> de ratas machos y hembras observados en la prueba de toxicidad aguda con la solución de ensayo de Aleación de Galio

Sexo	Dosis	Número de Muertes					Mortalidad	LD <sub>50</sub> , mg/kg
		0-0.2	0.2-0.4	0.4-1	1-2	2-14 (Dfa)		
Machos	335	0	0	0	0	0	0/10	580 (530-637)
	402	0	1	1	0	0	1/10	
	482	0	1	1	0	0	2/10	
	579	0	1	3	1	0	5/10	
	694	0	1	7	0	0	8/10	
833	1	3	5	1	-	10/10		
Hembras	335	0	0	0	0	0	0/10	493 (444-544)
	402	0	0	2	0	0	2/10	
	482	0	2	2	2	0	6/10	
	579	0	5	3	0	0	8/10	
	694	0	5	4	0	0	9/10	
833	1	6	3	-	-	10/10		

Tabla 2 Mortalidad y valores LD<sub>50</sub> de ratones machos y hembras observados en la prueba de toxicidad aguda con la solución de ensayo de Aleación de Galio

Sexo	Dosis	Número de Muertes						Mortalidad	LD <sub>50</sub> , mg/kg
		0-0.2	0.2-0.4	0.4-1	1-2	2-3	2-14 (Dfa)		
Machos	301	0	0	0	0	0	0	0/10	377 (360-395)
	331	0	0	0	1	0	0	1/10	
	364	0	0	0	4	0	0	4/10	
	400	0	0	2	6	0	0	8/10	
	440	0	1	3	5	0	0	9/10	
	484	0	1	6	3	-	-	10/10	
532	2	2	6	-	-	-	10/10		
Hembras	331	0	0	0	0	0	0	0/10	430 (410-453)
	364	0	0	0	0	1	0	1/10	
	400	0	0	0	2	0	0	2/10	
	440	0	0	3	3	1	0	7/10	
	484	0	1	5	2	0	0	8/10	
	532	0	1	5	3	1	-	10/10	
586	1	2	7	-	-	-	10/10		

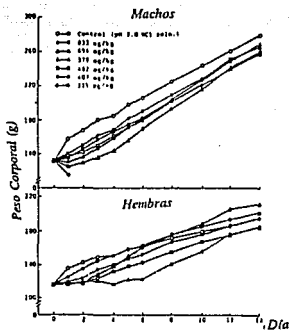


Fig. 1 Cambios en el transcurso del tiempo del peso corporal de ratas machos y hembras observados en la prueba de toxicidad aguda con la solución de prueba de Aleación de Galio.

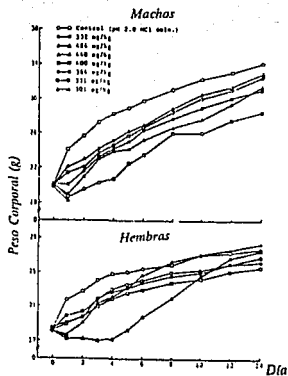


Fig. 2 Cambios en el transcurso del tiempo del peso corporal de ratones machos y hembras observados en la prueba de toxicidad aguda con la solución de prueba de Aleación de Galio.

(después de 24 hrs.) Además, hemorragia en el yeyuno, obscurecimiento de vasos sanguíneos, localizados bajo membranas serosas del estómago y acumulación de savia parda en el yeyuno fué observada con la mayor parte de ratones que fueron sucumbiendo con la administración de la solución de ensayo en el estado tardío. Estos cambios fueron característicamente encontrados en ratones, pero no en ratas. Inversamente hemorragia en el timo, ciego y testículos no se observaron en ratones. Con ratones que sobrevivieron hasta el final del período de observación, solo ligera contracción y desigualdad de superficies del riñón fueron encontradas, pero no se observaron cambios en otros órganos vicerales.

#### 4.- Patología

Atrofia del extracto granuloso de la epidermis, extirpación del extracto córneo de la epidermis y congestión bajo la capa mucosa fueron inducidos en el principio de la región estomacal de ratas que murieron entre el período experimental de 2 semanas. En la región glandular estomacal de las ratas, necrosis y extirpación del epitelio, congestión y cambio cristalino en túnica propia, irregularidades, pérdida de la lámina-mucosa muscular fueron encontrados al ser inducidos (fig.3). En el intestino delgado extirpación del epitelio fué causado mientras muchas células epiteliales estuvieron bajo división nuclear. La túnica propia fué manchada debido a la exudación de eosinófilos, neutrófilos y linfocitos, y una moderada inflamación fué causada (fig.4). Congestión en venas, exudación de macrófagos alrededor de los ductos hepáticos, degeneración y pimeiosis de células hepáticas fué observado en el hígado (fig.5). En suma ligera reacción inflamatoria fué también observada en algunos casos. Aunque, no se encontraron cambios inflamatorios claros en el riñón, ligera congestión fué observada en capilares glomerulos (fig.9), además, congestión en venas curvas y médula.

El vaso y el timo, también mostraron signos de congestión. Por otro lado, cambios patológicos en ratas que sobrevivieron en el período experimental de 2 semanas fueron también observados. Proliferación de células epiteliales fué observado en regiones de la parte delantera del estómago. Células epiteliales bajo células de división y exudación de eosinófilos, dentro de la lámina mucosa muscular, pero no congestión ni edema fueron claros en regiones glandulares del estómago. Congestión y edema en túnica propia fueron muy ligeros en el intestino delgado, pero un número de eosinófilos, linfocitos células plasmáticas, fueron encontradas en la región, se encontró ligera congestión en el hígado, pero no pimeiosis.

La congestión en médula renal, fué más evidente que en las regiones de la corteza, y el grado de congestión dependió de la dosis. Otros cambios en el riñón fueron, hemorragia en la pelvis, (a ratas a las que se les administro 1 dosis de (694 mg/kg.), necrosis degenerativa y calcificación de túbulos renales (579 mg/kg.) (fig.11) exudación de linfocitos y monositos, de los túbulos renales y cistitis 402 mg/kg.. No fué encontrado ningún cambio no usual en timo ni en el vaso. En ratas de los grupos de control, que recibieron HCL solución, se encontraron cambios histopatológicos en el estómago (fig.6), intestino (fig.7), e hígado (fig.8), que fueron muy similares a los observados en ratas que recibieron la solución de ensayo, pero sobrevivieron a través del período experimental.

Aunque la congestión en el riñón fué ligeramente causada, no fueron encontrados cambios hispatológicos (fig. 12 y 13).

*Los cambios hispatológicos causados en ratones por la administración de la solución de ensayo fueron muy similares a los observados con las ratas: Necrosis degenerativa en el epitelio, congestión en túnica propia y edema en la lámina muscular mucosa en el estómago; necrosis en el epitelio e inflamación en túnica propia del intestino delgado; congestión en venas hepáticas y pimetosis en el hígado y congestión en el riñón.*

*Los cambios patológicos encontrados en ratones sobrevivientes estuvieron también muy cerca a éstos descritos anteriormente con las ratas sobrevivientes. Sin embargo destrucción periódica y atrofia deutrónica de los túbulos renal es causada por degeneración de la epidermis, fueron encontrados en algunos casos (fig.14). Como observamos con las ratas en los grupos de control, no fueron encontrados claros cambios patológicos en órganos viscerales en ratones de los grupos de control.*

*Estos resultados obtenidos con ratas y ratones sobrevivientes sugieren que sus víceral, excepto el riñón recobraron el daño histológico causado por la solución de ensayo para algunas áreas. Una recuperación similar del daño causado por la solución HCL en pH 2 fué observado con ratas y ratones en los grupos de control.*

## DISCUSIÓN

*Este estudio fué dirigido para aclarar la toxicidad oral aguda de una nueva aleación de Galio con respecto a ratas y ratones.*

*La muestra de ensayo usada en éste estudio no fué la aleación de Gálio sola, pero una solución mezclada constituida por 5 diferentes elementos metálicos en forma de cloruros. Las razones para el uso de las soluciones de ensayo en provecho de la aleación de Gálio son como siguen: El sitio de la aplicación de la aleación es en molares y los iones metálicos liberados de las superficies de la aleación aplicada, son considerados como contribuyentes a la toxicidad. Así, el uso de suspensiones de aleaciones de Gálio en polvo fueron excluidas primero de éste estudio.*

*Así pues, de manera preliminar examinamos toxicidad de una solución preparada para disolver la aleación de Galio en solución HCL, como describimos en preparación de solución de ensayo. Sin embargo las concentraciones de los elementos metálicos en ésta solución estuvieron también bajos para causar toxicidad aguda. En conformidad preparamos una solución de ensayo mezclando 5 elementos metálicos en fórmula de cloruros. Las concentraciones de cada elemento metálico en ésta solución de ensayo fueron 2.2 el doble que esas soluciones mencionadas antes preparadas para disolver la aleación de Gálio en solución HCL.*

*Los valores LD<sub>50</sub> de los metales en la solución de ensayo fueron 580 mg/kg de peso corporal para ratas macho, 493 mg/kg para ratas hembra, 377mg/kg a ratones macho y 430 mg/kg para ratones hembra, mostrando mayor susceptibilidad en ratones que en ratas. Sin embargo la susceptibilidad pareció ser independiente sobre la diferencia de sexos siendo mayor en ratas hembra que en los ratones machos. La razón de este resultado queda obscuro.*



No hay información disponible en los valores de LD<sub>50</sub> de las aleaciones de Galio desafortunadamente. Por lo tanto, evaluamos los grados de participación de cada elemento metálico observado en relación de toxicidad aguda en ratas por seguimiento de hipótesis, como se mostró en la tabla 3 (columna A-E). La columna A muestra los valores pT<sub>50</sub> de la administración oral metálica para ratas reportada por Wada (11).

El pT<sub>50</sub> es definido como '-log (LD50 expresado en mol/kg)', los valores LD<sub>50</sub> de los metales muestran en la columna B, que fueron calculados de los valores de pT<sub>50</sub> en la columna A. Los valores muestran en la columna C que son los pesos de los metales en mg/ml de solución/100g de peso corporal requerido para dar LD<sub>50</sub>. Aquí, usamos el promedio de los valores LD<sub>50</sub> obtenido para machos (580 mg/kg) y para ratas hembra (493 mg/kg), dando 53.7mg de metales/ml solución/100g de peso corporal. El contenido de los 5 elementos metálicos en la solución de ensayo fué determinado como se menciona en la preparación de solución de ensayo. Así, la suma de los 5 elementos metálicos de cada porción en el total de la suma de 53.7 mg fueron calculados como se muestra en la columna B. Aquí tenemos 2 hipótesis, la toxicidad de los metales depende de sus cantidades, y no hay sinergismo o antagonismo de interacción entre los metales. Sobre las bases de estas hipótesis, los valores en la columna D fueron divididos por estos en la columna C, como se muestra en la columna E, indicando cantidades relativas de cada metal. Como se ve en la columna E, los valores son 17% de Ga 4% de In 41% de Cu, 12% de Sn y 7% de Zn. El orden de los metales para aportar el grado de toxicidad de la solución de ensayo es Cu Ga Sn Zn In. Estos resultados sugieren que Cu es relativamente mas cercano a la toxicidad de la solución de ensayo y entonces la contribución por Ga y Sn es notada para alguna área reducida. Hay un escrito publicado (11) reportando 2.43 de los valores de pT<sub>50</sub> en ventaja de 3.30 usados aquí. Cuando nosotros usamos el valor alternativo 2.43, dió alrededor de una séptima parte del valor LD<sub>50</sub> que obtuvimos con el valor 3.30. Así, la cantidad relativa de Sn 12% mostrada en la columna E que fué reducida a 1.6% sugiriendo una ligera contribución de Sn en la toxicidad entre los metales. Esto ha sido bien reconocido que la toxicidad del elemento metálico esta alterado adicionalmente, sinérgicamente o antagonisticamente por coexistencia de los elementos metálicos. Estos factores entorpecen exactamente la estimación de la toxicidad de cada elemento metálico contenido en la solución de ensayo utilizado en este estudio. Realmente una interacción antagonista entre Zn y Cu (13,14) ha sido reportada. la presencia del antagonismo ha sido bien documentada (15) cuando la porción Zn/Cu en los órganos de los tejidos es menor que 1/10 o mayor que 10. En nuestro estudio reportado no tenemos cantidades precisas en los tejidos de los órganos. Sin embargo, la porción Zn/Cu en la solución de ensayo fué cerca de 1/4 y la absorción para el de Zn es reportada para ser varias veces mayor que el de Cu (16). Considerando este dato la proporción Zn/Cu en los tejidos usados en nuestro estudio es supuesto a ser mayor que 1/4 pero no exceder de 10. Así, la interacción antagonista entre estos 2 elementos parecen ser excluidas. Las interacciones entre otros elementos que pueden causar toxicidad no son claros a falta de información disponible.

Los cambios causados en varios órganos por la administración de la solución de ensayo fué supuestamente debido a la absorción de los elementos metálicos (inhibición de enzimas y así sucesivamente) y también debido a la estimulación local y cauterización.

Una represión de movimientos espontáneos, cianosis, congestión severa en órganos vitales y daño histológico en el hígado y riñón parecen ser inducidos principalmente por la absorción de los elementos metálicos. La eficiente absorción de los elementos metálicos

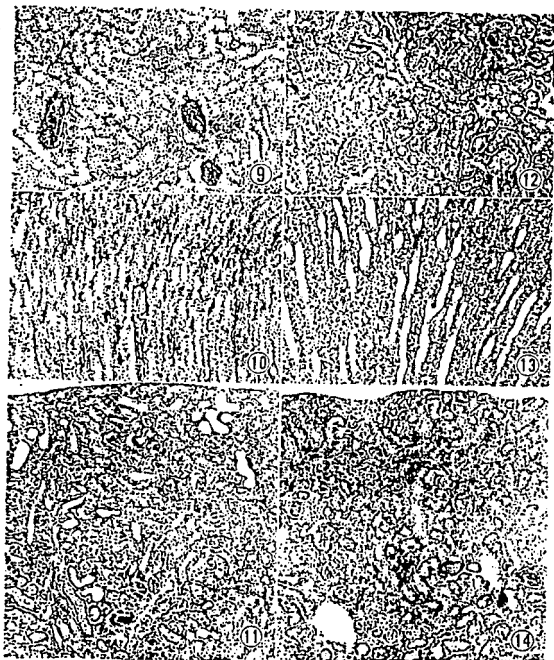
por los órganos digestivos ha sido reportado como 40% Zn, 10-40 de Cu, menos del 1% Sn, Ga, y In (16). Por lo tanto, la toxicidad de la solución de ensayo, como se menciona antes, la contribución de Zn a la toxicidad fué asumida a ser 1/6 de la de Cu. Este resultado puede permitirnos concluir que la toxicidad de la solución de ensayo, es predominantemente debido al Cu. Sin embargo no podemos excluir la toxicidad del Ga. Este elemento mostró fuerte toxicidad cuando se introdujo intravenosamente, dando 1/70 parte de valores de  $LD_{50}$  obtenida por administración oral. Así, a pesar de la baja eficiente de absorción a la contribución de el Ga con respecto a la solución de ensayo no deberá ser excluida.

Los daños encontrados en las membranas de los órganos digestivos de los animales muertos es supuestamente causado por la acción directa de la solución de ensayo. Ciertamente, cuando el estómago y el intestino delgado fueron incididos, y expuestos a las gotas de la solución de ensayo, blanqueamiento de las membranas de los órganos y coagulación de las proteínas de las membranas, fueron causados inmediatamente. En contraste la solución HCL, ajustada a pH2 causo muy ligera decoloración de las membranas del estómago ligero blanqueamiento en las membranas del intestino. La fuerza cauterizante entre los tejidos son reportados a ser Sn, Cu, Zn (17) aunque no hay datos disponibles para Ga e In. Las cantidades relativas de estos metales en la solución de ensayo fueron: Sn: Cu: Zn: T = 0.14: 1: 0.22. Por lo tanto, parece difícil evaluar la acción de cauterización de la solución de ensayo sobre la base de las cantidades de cada elemento.

Los resultados obtenidos en este estudio, muestra que la toxicidad en la solución de ensayo que refleje la composición química de las recientemente desarrolladas aleaciones de Galio, fué predominante debido a la absorción, estimulación local y cauterización por los elementos metálicos. Además, pudo haber adición, sinergismo y/o efectos antagónicos entre los metales. El Cu y el Ga, entre los 5 metales en la solución de ensayo, fueron sugeridos a ser relacionados mas íntimamente a la toxicidad. La solución de ensayo deberá ser incluida en la categoría de: "materiales comunes", pero no a "materiales tóxicos" o "materiales drásticos", agrupado por la ley farmacéutica de Japón. Hodge (18), ha recomendado las sig. 6 categorías para la evaluación de toxicidad, "extremadamente alta", "alta", "moderada", "baja", "prácticamente atóxica" y "atóxica". El material probado en el estudio es indicado a ser incluido en "moderado", o "bajos materiales".



Paridades de las glandulas del estómago (Fig.3), intestino delgado (Fig.4), e hígado (Fig.5) de una rata macho de los grupos administrados 833mg/Kg. Paridades de las glandulas del estómago (Fig.6),intestino delgado (Fig.7) e hígado (Fig.8) de una rata macho del grupo de control. Todas las figuras: x 150.



Corteza.(Fig.9) y médula (Fig.10) del riñón de una rata macho muerta de los grupos administrados 833mg/kg. Corteza,(Fig.12) y médula (Fig.- 13) del riñón de una rata macho del grupo de control. Riñón (Fig.11) de una rata hembra de los grupos administrados 579mg/kg. Riñón (Fig.- 14) de un ratón hembra del grupo administrado 364mg/kg. Todas las figuras: x 150.

Tabla 3

<i>Elementos</i>	<i>A</i> <i>pT50</i>	<i>B</i> <i>LD50(mg/kg)</i>	<i>C</i> <i>mg/ml</i>	<i>D</i> <i>mg/ml</i>	<i>E</i> <i>D/C(%)</i>
<i>Ga</i>	<i>1.53</i>	<i>2060</i>	<i>206</i>	<i>35.2</i>	<i>17</i>
<i>In</i>	<i>1.59</i>	<i>2950</i>	<i>295</i>	<i>11.5</i>	<i>4</i>
<i>Cu</i>	<i>2.70</i>	<i>127</i>	<i>12.7</i>	<i>5.16</i>	<i>41</i>
<i>Sn</i>	<i>3.30</i>	<i>60</i>	<i>6.0</i>	<i>0.71</i>	<i>12</i>
<i>Zn</i>	<i>2.61</i>	<i>160</i>	<i>16.0</i>	<i>1.15</i>	<i>7</i>

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a Tokuriky Honten Co. Ltd., por su bondadosa aportación del material de prueba y al Prof. Takashi Horibe y al Dr. Yoshizo Okamoto del Departamento de Ciencias y Materiales Dentales del Colegio Dental Fukuoka, por su útil soporte. Deseamos también agradecer al Dr. Masahiro Fukushima del Departamento de Patología, de la Escuela Dental de la Universidad de Niigata, por su orientación en la observación histológica y al Dr. Shigeji Aoki del Instituto General de Investigación Dental de la Universidad de Niigata de Japón y al Dr. Sumie Yamanaka del Departamento de Higiene Dental del Colegio Dental de Tokio, por la discusión de los resultados.

## REFERENCIAS

1. Nishimura, M. Mercurio: En relación con la salud de los Dentistas y características de la práctica Dental. Japón Shika Hyouron 449:95-108, 1980. (en Japonés).
2. Nishimura, M. Disposición de desechos. Shika Igaku Zasshi 1:50-89, 1982 (en Japonés).
3. Yamanaka, S., Tanaka, H. y Nishimura, M. Contaminación Ambiental por Mercurio a través del agua de deshecho en la práctica dental. Bull. Tokio Dent. Coll. 23:75-82, 1982.
4. Kawahara, H., Ochi, S., Taneya, K., Katoh, K., Isogai, M., Mizuno, Y., Yamamoto, H. y Yamagami, T. Prueba Biológica de los materiales dentales: efectos de los metales puros sobre fibroblastos subcutaneos de ratones, células tipo L en cultivo tisular. J. Jpn. Soc. Dent. Appar. Mater. 4:65-75 1963 (en Japonés).
5. Dudley, H. C. y Levine, M. D. Estudios de toxicidad por la acción del Galio. J. Farmacología. Exp. Ther. 95:4087-493, 1949.
6. Ishihara, M. Chapter X. Galio. In: Gotoh, S., Ikeda, M. y Hara, I. (eds), Sangyou Chudoku Binran, p. 245-248. Ishiyaku Shuppan Co., Tokio, 1986 (en Japonés).
7. Lyon, H. W., Waterstrat, R. M. y Paffenbarger, G. C. Leve respuesta tisular a implantes de aleación de Galio y a aleaciones de amalgama de Plata. J. Amer. Dent. Assoc. 72:659-664, 1966.
8. Saito, C. Un estudio básico sobre el uso dental de la aleación de Galio. J. Stomatol. Soc. Jpn. 39:578-596, 1972 (en Japonés).
9. Horibe, T., Okamoto, Y. y Naruse, S. Aleación de Galio para restauraciones dentales. 1a. parte. propiedades físicas de las aleaciones de Galio. J. Fukuoka Dent. Coll. 12:198-204, 1986 (en Japonés)
10. Horibe, T., Okamoto, Y., Yamamoto, H., Nara, T., Naruse, S., Inage, S. y Daigo, P. Aleación de Galio para restauración dental. U. S. Patente No. 746, 883 (1985).
11. Wada, S. Metales y humanos. p. 41-42. Asakura Shoten, Tokio, 1985 (en Japonés).
12. Morita, N. Acciones psicológicas de los metales pesados - Toxicidad y envenenamiento. en: Fuwa, K. (ed), Organismos vivos y metales pesados, p. 162-176, Koudansha, Tokio, 1982 (en Japonés).
13. Wada, S. Metales y organismos vivos-Antagonismo e interacción de metales en vivo. Metabolismo 12:219-227, 1975. (en Japonés).
14. Yamane, Y. Aspectos toxicológicos de contaminantes ambientales-químicos inorgánicos-interacciones minerales y toxicidad. Kawakuno Ryouiki, Suppl. No. 126:32-45, 1980 (en Japonés).

*Estudio de Toxicidad de una Nueva Aleación de Galio para  
Restauraciones Dentales.*

*- Prueba de Toxicidad Oral Subaguda de Aleación de Galio  
en Ratas.*

**Estudio sobre Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.**

**Prueba de Toxicidad Oral Subaguda de una Aleación de Galio en Ratas.**

Taizo MASUIHARA\*, Yasunori NAKAMURA\* y Haruhiro KUWASHIMA\*

Recibido Mayo 15, 1987 aceptado Mayo 29, 1987.

Resumen: Una nueva aleación de Galio para restauración Dental fué sujeta a un estudio de Toxicidad subaguda usando ratas por 28 días. Ratas S.D. fueron oralmente administradas con la solución de la aleación de Galio en dosis de 0.04 mg 0.4 mg/kg/día, que fueron determinadas de acuerdo al método de preparación de dosis de corto tiempo para pruebas de toxicidad de materiales de obturación dental.

Los resultados fueron como siguen:

1. No fueron observados síntomas o muertes en ningún grupo de prueba y el peso corporal ganado de los grupos de prueba fué tan bueno como el del grupo de control.
2. Cada valor hematológico y serológico de ambos grupos estuvo dentro del rango normal de los valores psicológicos.
3. Apariencia, tamaño y color de varios órganos observados por autopsia de las ratas de prueba fueron normales y el peso de los órganos no fueron diferentes a las ratas del grupo de control.
4. En los hallazgos histopatológicos de ambos grupos de prueba, no fueron observados signos tóxicos en ningún tejido u órganos examinados.

Estos resultados sugieren que la dosis de 0.4 mg/kg/día de la aleación de Galio será segura aun si se aplica clinicamente.

Palabras clave: Aleación de Galio, Toxicidad subaguda, Restauración dental, Rata.



## **Estudio sobre Toxicidad de una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales**

### **Prueba de Toxicidad Oral Subaguda de una Aleación de Galio en Ratas.**

**Taizo MASUHARA\*, Yasunori NAKAMURA\* y Haruhiro KUWASHIMA\***  
**Departamento de Farmacología Dental, Escuela Dental de Niigata,**  
**de la Universidad Dental Japonesa.**

**Recibido Mayo 15, 1987 aceptado Mayo 29, 1987.**

#### **INTRODUCCIÓN**

Estudios para el desarrollo de aleaciones conteniendo Galio que reemplacen a la amalgama como material de obturación dental fueron comenzados por Smith y col. 1), y han aparecido algunos reportes desde entonces sobre este campo. En esos reportes, las aleaciones de Galio, estuvieron indicando tener problemas en la aplicación clínica, como irritación pulpar y pobre resistencia a la corrosión en comparación con las amalgamas. Recientemente, Horibe y col. 3), y Tokuriki Honten Co. 4), conjuntamente desarrollando una aleación de Ga-Ag-Sn-Cu-Pd-In y Zn, que es considerablemente diferente en composiciones dentales convencionales.

Es reportada por tener ligeramente menor resistencia al ácido, pero no muestra cambios pequeños de color y no a causado daño a la pulpa cuando fué aplicada a los dientes caducos de lo perros jóvenes 5).

De estos resultados como los resultados de los ensayos clínicos actualmente en progreso, ésta nueva aleación esta considerada a ser material para restauración dental. Por lo tanto, examinamos esta nueva aleación de Galio, considerando a la toxicidad, que es la mayor importancia en la aplicación clínica, y en definido acuerdo con las disposiciones de las Leyes de Asuntos Farmacéuticos, como un material común en las bases de valor de LD50 determinado en el previo estudio de toxicidad aguda 6). En el presente estudio la seguridad del uso de la aleación en la cavidad oral fué evaluado por soluciones de ensayo administrado oralmente iones metálicos preparados en las bases de limpieza profiláctica de la aleación de Galio en un estudio de corrosión 3) en 28 días consecutivos.

#### **MATERIALES Y MÉTODOS.**

##### **1.- Especímenes de Prueba.**

La solución de ensayo, usada en el estudio fué idéntica a la utilizada en el estudio previamente reportado de toxicidad aguda 6). Fué una mezcla de soluciones en fórmula de cloruros de metales conteniendo, 39.6 mg/ml de Ga, 12.9 mg/ml de In, 5.8 mg/ml de Cu, 0.8 mg/ml de Sn y 1.3 mg/ml de Zn. Esta solución de ensayo fué preparada por Tokuriki Honten Co., en el estudio previo.

## 2.- Animales y condiciones de crianza.

Ratas Sprage-Dawley machos y hembras de 5 semanas de edad fueron aclimatados por una semana después de adquiridas las ratas hembras y machos saludables, fueron divididos en 2 grupos tratados y uno de control, cada grupo consistió de 15 animales. El peso corporal al principio de la administración fué, 152-184 gr para machos y 127-162 gr para hembras y ambos fueron distribuidos de tal manera que la apariencia del peso corporal de los 3 grupos llevo a ser tan igual como fué posible. El período de crianza, fué de 29 días durante los cuales estuvieron 3 animales dentro de una caja de malla metálica y un animal por cuarto, mantenidos a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $55 \pm 10\%$  de humedad, con 12 horas de iluminación por día. Se les estuvo dando una sólida ración de comida (NF, Oriental Yeast) y una tapa de agua Ad libitum.

## 3.-Preparación y administración de la solución de mercurio.

La dosis de la solución de ensayo fué determinada de acuerdo a la dosis del método de preparación para corto tiempo de pruebas de toxicidad de materiales de obturación dental descritas por Sato y Tobe 7). La cantidad de los metales lavados de la superficie de un gramo de la aleación de ensayo que sirva como base para calcular la dosis por este método fué obtenido por el estudio de lavado de Horibe y col.

Específicamente, un gramo de la aleación de Galio estuvo suspendido en 0.05% de solución de HCL a  $37^\circ\text{C}$  por 3 días, y la cantidad total de metal lavado determinado por este método fué 1.162mg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a el lavado diario de 0.387 mg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de lavado en saliva humana fué estimado 50 µg/cm<sup>2</sup>/día por el lavado diario multiplicado en solución HCL por el coeficiente de lavado entre HCL y saliva (13/100). Cuando ésta aleación de Galio fué asumida para ser obturada en 0.1 cm<sup>2</sup> de c/4 molares superiores e inferiores, 20 µg son consideradas a ser lavadas en saliva por día para los valores arriba descritos. Por lo tanto, el porcentaje diario comprendido de la aleación de Galio por un adulto de (50 kg de peso corporal) es considerado a ser 0.4 µg/kg. Por multiplicación ésta captación diaria para los coeficientes de seguridad de 10(2) y 10(3), las dosis a ser usadas en este estudio fueron determinadas en 0.04 mg/kg 0.4 mg/kg. La tabla de abajo resume el proceso del cálculo de la dosis.

Lavado diario en 0.05% HCL perdida de peso por corrosión 1.162 mg/cm<sup>2</sup>: 3 días  
= 0.387 mg/cm<sup>2</sup>/día

Lavado diario en saliva humana (convertida) 0.387 mg/cm<sup>2</sup>/día X 13/100 = 0.05  
mg/cm<sup>2</sup>/día = 50 µg/cm<sup>2</sup>/día

Area de la superficie obturada por la aleación en un molar humano (4 piezas) 0.1  
cm<sup>2</sup> X 4 piezas = 0.4 cm<sup>2</sup>

Lavado diario estimado para un molar humano obturado por la aleación. 50  
µg/cm<sup>2</sup>/día X 0.4 cm<sup>2</sup> = 20 µg/día

Lavado estimado por kg de peso corporal en una persona pesando 50 kg. 20 µg/día:-  
50 kg = 0.4 mg/kg/día

Multiplicado por un coeficiente de seguridad de 10(2) (dosis bajas).  $0.4 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$   
 $10(2) = 0.04 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$

Multiplicado por un coeficiente de seguridad de 10(3) (dosis alta)  $0.4 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$   
 $10(3) = 0.4 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$

La solución original de los metales fué diluida con agua destilada a una concentración de 0.16 mg/ml para la dosis alta y 0.016 mg/ml para la dosis baja y 0.25 ml de cada solución fué administrada por 100 g de peso corporal. Las diluciones fueron administradas una vez al día por 28 días, usando involuntariamente un tubo estomacal. El grupo de control fué administrado una solución de HCL, pH3.0, que fué el pH de la solución de metal para la dosis alta. El pH de la dilución para la dosis baja fué 3.3, pero fué usada sin ajustes.

#### 4.- Observación y detalles evaluados.

**Detalles evaluados.** Durante el período de administración, la apariencia de la condición general y el peso corporal de los animales fueron examinados diariamente en cada grupo. El consumo de comida y admisión de agua fueron determinados 2 veces a la semana.

**Exámenes Hematológicos.** Al final del período de la administración los animales de los 3 grupos fueron anestesiados con éter, y la sangre fué desvainada del corazón. Hematocitos (Hct), sangre roja de células contadas (RBC), sangre blanca (plasma), de células contadas (WBC), sangre grabada con volumen de apariencia corpuscular (MCV), apariencia de hemoglobina corpuscular (MCH), apariencia de concentración corpuscular de hemoglobina (MCHC), concentración de hemoglobina (Hb) y plaquetas contadas (plat), fueron determinados en parte de la sangre en el Laboratorio Central Nigata.

**Exámenes Séricos Bioquímicos.** La sangre remanente fué centrifugada a 3.500 rpm. por 5 min. y el suero separado fué ensayado para la proteína total (TP), Albumina (Alb), Glucosa (Glu), colesterol total (T-Chol), GOT, GPT, Fosfato alcalino (Al-P), Calcio (Ca), Fósforo inorgánico (P), Mg, Zn, Cu, y Fe, usando Maltistat III Plus (instrumentación de laboratorio).

**Autopsia y Órganos pesados.** Después de la colección de las muestras de sangre, las ratas fueron autopsiadas para laparotomía. El timo, estómago, hígado, vaso, riñones y glándula adrenal fueron disecados, sus pesos (absolutos) fueron determinados, y el peso de los órganos por 100 g de peso corporal (relativo) fueron calculados.

**Exámenes Histopatológicos.** Después de pesados, varios órganos y partes del páncreas y yeyuno fueron preparados con 10% de formol neutral, embuidos en parafina y cortados en secciones para el procedimiento de rutina. Estos especímenes, fueron examinados bajo el microscopio de luz con hematoxilina eosina pintura.

## RESULTADOS

### 1. Condición general.

En el tiempo de la administración de la solución de ensayo o en el período de la administración, no fueron observadas anomalías en el comportamiento o la apariencia de los animales en ninguna de las dosis (alta-baja) de grupo y no hubo diferencia comparada con el grupo de control. No se observaron muertes en ninguno de los 3 grupos.

### 2. Consumo de comida, admisión de agua peso corporal.

No se observaron diferencias marcadas en el consumo diario de comida o admisión de agua entre los 3 grupos. El consumo de comida de los machos de los 3 grupos fué 16-20 g/día en el principio del período de la administración y 20-25 g/día en la mitad o al final del período de administración, la media del consumo de comida en hembras fué alrededor de 5g menor que la de los machos durante todo el período de la administración. La admisión de agua mostró cambios similares a los de consumo de comida en machos y hembras. El peso corporal de ambos, mostraron buenos aumentos en la dosis alta y dosis baja de los grupos así como en el grupo de control (fig. 1).

### 3. Exámenes hematológicos.

La tabla 1 muestra los resultados de los exámenes hematológicos. No se observaron diferencias significativas en la dosis alta o dosis baja de grupo ya comparadas con el grupo de control.

### 4. Exámenes Bioquímicos del suero.

Las diferencias significativas comparadas con el grupo de control fueron observadas en la dosis alta o baja del grupo de control en el TP (disminución) en machos y T-Chol (disminución) Mg (disminución, y Alb (disminución) en hembras del grupo de la dosis baja, no se observaron diferencias significativas en otros detalles.

### 5. Hallazgos de Autopsia en peso de órganos.

Los Hallazgos en la autopsia incluyeron ligera congestión de los pulmones en partes de algunos de los animales de todos los grupos incluyendo el grupo de control, pero no fueron notadas anomalías en otros órganos. Los resultados de medida de los órganos son mostrados en la tabla 3 (peso de órganos absoluto) y la tabla 4 (peso de órganos relativo). El peso absoluto de los órganos no tuvo diferencia absoluta significativa, en los grupos tratados ya comparados con el de control pero el peso relativo fué significativamente reducido en el riñón y glándulas suprarrenales de los machos en el grupo de la dosis alta, y en el hígado de las hembras en el grupo de la dosis baja.

### 6. Hallazgos histopatológicos.

Al microscopio preparados los especímenes revelaron las siguientes anomalías en los órganos del estómago y riñón. En el estómago, fueron observados cambios cuarrales en parte del mucocépitelio, en ambos de los grupos tratados y en el grupo de control. En el

*rión, congestión media fué notada mas frecuentemente en hembras en el grupo de la dosis alta que en el de dosis baja, una frecuencia similar en machos de los 2 grupos tratados, y en unos pocos machos y hembras en el grupo de control. En el epitelio tubular fueron notados quistes en un macho de 1 grupo de dosis baja, fué observado catarro en una hembra en el grupo de dosis baja. Sin embargo, éstos Hallazgos renales fueron registrados como cambios naturales. No fueron notadas anomalías particulares en otros órganos (hígado, vaso, páncreas, timo, intestino delgado, glándulas subadrenales).*

## DISCUSIÓN

*En este estudio, sobre toxicidad oral equivalente a un estudio de toxicidad subaguda fué llevado a cabo en ratas para evaluar la seguridad de una nueva aleación de Galio de material de obturación. Estudios de toxicidad subaguda de drogas son usualmente llevados por administración de la prueba de drogas a la dosis máxima 1/5-1/4 de los LD50 determinado en un estudio de toxicidad aguda 8). Sin embargo, la metodología para la evaluación de toxicidad de los materiales metálicos dentales no han sido establecidos a causa de la validez relativa del método aplicado para medicamentos así como, los medicamentos dentales, que son usados solo para obturación de dientes. Recientemente una guía de evaluación tóxica de los materiales dentales fué presentada por Sato y Tobe 7). De acuerdo a ésta guía el contenido del material de ensayo lavado en saliva cuando ésta ha sido usada en la dosis clínica máxima, y los metales son oralmente administrados en dosis 10(2) para 10(3) veces, ésta cantidad es un estudio de toxicidad de corto tiempo de aleación en materiales de obturación.*

*Sin embargo, actualmente el estudio de lavado no fué hecho en saliva, pero el contenido de lavado en ácido u otros extractos es convertido al contenido en saliva. En el presente estudio los compuestos de la aleación de Galio fueron administrados en dosis de (0.4 y 0.04 mg/kg/día) determinados por el método descrito en la sección 3 de materiales y métodos. La dosis alta de 0.4 mg/kg/día, fué menor que 1/1000 de la LD50 determinada en el estudio previo sobre toxicidad oral aguda.*

*En cuanto a la condición general de los animales administrados con la solución de ensayo no encontramos anomalías en su apariencia externa considerando los hallazgos síntomas de envenenamiento, o muerte, fueron notados en todos los grupos. La curva de peso corporal (fig 1) la cual es un importante indicio de toxicidad fué normal. Por lo tanto, la solución de ensayo esta considerada a tener pequeños efectos en los animales. En los exámenes hematológicos (tabla 1) no fueron notadas anomalías en ningún detalle examinado en el grupo tratado. En exámenes del suero Bioquímico (tabla 2) la proteína total, albúmina, colesterol, Magnesio y Zinc fueron significativamente incrementados o disminuidos en comparación con el grupo de control. Los cambios en estos 3 elementos (T-Chol, Mg, y Zn), fueron dependientes de la dosis en hembras y pudo haber sido debido a la toxicidad de la solución de ensayo, sin embargo, estos cambios estuvieron todos dentro del alcance normal de ratas.*

*Los siguientes cambios catarrales fueron observados en parte del estómago en los 3 grupos examinados. La solución de ensayo tuvo un efecto corrosivo sobre tejidos ya demostrados en el estudio de toxicidad aguda 6), pero la erosión en el tracto digestivo fué considerado desigual en el presente estudio, en el cual la solución de ensayo se administro*

oralmente en concentración ion-metal como menor que 1-100 (grupo de dosis baja) de estos usados en el estudio de toxicidad aguda, en realidad no hubo cambios de coloración, coagulación o lisis de la proteína en la mucosa gástrica intestinal, no fueron observados cambios apreciables (tablas 3 y 4) y tampoco dependencia de dosis fué notada en los cambios catarrales del estómago. Por estas razones, estos cambios son considerados debido a la irritación local por el ácido de la solución de ensayo o de la solución HCL (grupos de control) y el estrés, asociado con la administración diaria mas que el efecto corrosivo del material de ensayo.

Ya que no fueron encontrados hallazgos anormales de interés toxológico la aleación es considerada no tóxica oralmente bajo las condiciones de este estudio. Esta conclusión fué esperada del hecho en que la dosis en este estudio fué menor que 1/1000 de la LD50 del material de ensayo pero nuestro estudio confirmo ésta espectación. La toxicidad de esta aleación de Galio será necesariamente cuestionada en el futuro en la aplicación clínica pero nuestros resultados son considerados a dar datos básicos sobre éste problema.

### CONCLUSIONES

Los metales fueron oralmente administrados en 0.04 y 0.4 mg/kg/día que fueron dosis determinadas de acuerdo a las bases del método de estudio de preparación sobre toxicidad para corto tiempo de materiales de obturación, en 28 días consecutivos en ratas para confirmar la seguridad de la aleación de Galio para restauraciones en molares. Fueron obtenidos los siguientes resultados.

1. En la observación de las condiciones generales, no observamos anomalidades, fueron observados apariencias y síntomas, de envenenamiento y muerte y el peso corporal fué normal.
2. Ninguno de los resultados de exámenes generales hematológicos o bioquímicos mostraron cambios en comparación a los fisiológicos.
3. En autopsia no fueron notadas anomalidades en la forma, talla o color de varios órganos. No fueron notados anomalidades en el peso de los órganos pesados.
4. Exámenes histopatológicos descubrieron lesiones no consideradas debido a la administración oral de la solución de ensayo.

De estos resultados la aleación de Galio es considerada como no tóxica oralmente en las condiciones de este estudio. Por lo tanto, el uso clínico de la aleación en el nivel de exposición menor que a la dosis en este estudio esta considerado a no requerir importancia en medidas de seguridad.

La donación del material de ensayo y asistencia de Tokuriki Honten Co., son sinceramente agradecidos. Los autores están endeudados por la consistente cooperación del Prof. Takashi Horibe y del conferencista Yoshizo Okamoto, del Depto. de Ciencia y Tecnología Dental. Colegio Dental Fukuoka, y a la guía de exámenes histopatológicos por el Prof. Yoshihiro Fukushima, Depto. de Patología Oral, Universidad Dental de Niigata. También a la cooperación de Mutsuko Yoshiwara de nuestro Depto.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Sr. S Nanuse de Tokuriki Honten Co. Ltd por suministrar el material de prueba usado en éste estudio.

## REFERENCIAS

1. Langan, D. C., Fan, P. L. y Hoss, A. A.: El uso de Mercurio en Odontología: Un Exámen Crítico de la Literatura Moderna. *J Amer Dent Assoc* 115:867-880.
2. Lorscheider, F. L. y Vimy, M. J.: Carta para el Editor. *J Dent Res* 70:233-237, 1991.
3. Smith, D. L., Caul, H. J. y Sweeney, W. T.: Algunas Propiedades Físicas de Aleaciones de Galio-Cobre-Estaño. *J Amer Dent Assoc* 53:677-685, 1956.
4. Waterstrat, R. M.: Evaluación de Aleaciones de Galio-Paladio-Estaño para Restauraciones Odontológicas. *J Amer Assoc* 78:536-541, 1969.
5. Yoshida, T.: Estudios para Aplicaciones Dentales de las Aleaciones de Galio parte 1, No. 1. Algunas Propiedades Físicas de las aleaciones de Galio para uso de metales puros y selección de metales adicionados para descendencia del punto de fusión del Galio. *Shigaku* 66:342-361, 1978 (en Japonés).
6. Yoshida, T.: Estudios para Aplicaciones Dentales de las Aleaciones de Galio parte 1, No. 2. Algunas Propiedades Físicas de las aleaciones de Galio para formar el Mercurio, Galio-Estaño Eutéctico, Galio-Zinc Eutéctico para Partícula Esférica Aleaciones de Plata y Oro. *Shigaku* 66:953-974, 1979 (en Japonés).
7. Saito, C.: Un estudio Básico sobre el uso dental de la Aleación de Galio. *Bull Tokio Med Dent Univ*, 39:578-596, 1972 (en Japonés).
8. Ogura, H.: Estudios de la Aleación de Galio basados sobre 80 wt% Sn-20 wt% Cu como materiales plásticos de obturación. 1a parte. Los efectos de Platino, Paladio y Plata añadidos sobre las propiedades Físicas y Químicas *J J Dent Mater* 1:381-396, 1982 (en Japonés).
9. Ogura, H.: Estudios de la Aleación de Galio basados sobre 80 wt% Sn-20 wt% Cu como materiales plásticos de obturación. 2a parte. Dureza en Vicker's Resistencia Compresiva e interpretación de las fases creadas y sus cambios con el tiempo. *J J Dent Mater* 1:397-415, 1982 (en Japonés).
10. Horibe, T., Okamoto, Y. y Nanuse, S.: Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales. 1a parte Propiedades Físicas de las Aleaciones de Galio. *J Fukuoka Dent Coll*. 12:198-204, 1986 (en Japonés).
11. Ozawa, M., Ushiki, A., Okamoto, T., Ibaraki, Y., Takamizu, M y Kohno, A.: Estudios sobre una Aleación de Galio para uso Dental 1a parte. Resistencia compresiva de la Aleación de Galio. *Turumi Dent J*, 12:217-223, 1986 (en Japonés).
12. Standford, J. W.: Prácticas estandard recomendadas para evaluaciones Biológicas de materiales dentales. *Int Dent J* 30:140-186, 1980.
13. Motokawa, W., Kubo, Y., Soejima, Y., Joujima, H., Yoshida, Y y col.: Estudios sobre evaluación Biológica de Aleación de Galio. 1. Irritación pulpar en dientes primarios. *J Fukuoka Dent Coll* 14:249-257, 1987. (en Japonés).
14. Yoshida, H., Tsuji, M., Chang, H., Higashimura, S., Tominaga, Y. y col.: Estudio Básico sobre una Aleación de Galio para Restauración.-Respuestas pulpares post-restaurativas. *J J Conserv Dent* 31:1004-1012, 1988 (en Japonés).

15. Masuhara, T., Nakamura, Y. y Kuwashima, H.: Estudio sobre Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.- Prueba de Toxicidad Oral Aguda de Aleación de Galio en ratas y ratones. *J Dent Health* 37:361-371, 1987 (en Japones).
16. Masuhara, T., Nakamura, Y. y Kuwashima, H.: Estudio sobre Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.- Prueba de Toxicidad Oral Subaguda de Aleación de Galio en ratas y ratones. *J Dent Health* 37:372-378, 1987 (en Japones).
17. Kaminishi, H., Hagihara, Y., Horibe, T., y Naruse, S.: Pruebas de Mutagenicidad de una Aleación de Galio para Restauración Dental. *Medicina y Biología* 121:213-215, 1990 (en Japonés).
18. Ishii, K., Ktnoshita, K., Osaki, M., Ichiki, K., Naruse, S. y col.: Pruebas de Irritación primaria sobre piel humana de Aleación de Galio. *J Fukuoka Dent Coll.* 14:96-102, 1987 (en Japonés).
19. Marmary, Y., Brunette, D. M. y Heersche, J. N. M.: Diferencias in vitro entre células derivadas del ligamento periodontal y piel de Macacos. *irus. Arch Oral Biol* 21:709-716, 1976.
20. Tyas, M. J.: Un método para probar la Toxicidad de los materiales restaurativos dentales in vitro. *J Dent Res* 56:1285-1290, 1977.
21. Kaga, M., Seale, N. S., Hanawa, T., Fferracane, J. L., Waite, D. E. y Okabe, T.: Citotoxicidad de Amalgamas, Aleaciones y sus elementos y fases. *Dent Mater* 7:68-72, 1991.
22. Kawahara, H., Yamagami, A. y Nakamura, M.: Pruebas Biológicas de los materiales dentales por apariencias de tejidos de cultivo. *Int Dent J* 18:443-467, 1968.
23. Kim, H. W., Yada, I., Osaki, M., Tsukamoto, S., Yoshira, Y., y col.: Observación Clínica de una Aleación de Galio como un nuevo material restaurativo dental para dientes primarios. *J Fukuoka Dent Coll.* 14:395-400, 1988 (en Japonés).
24. Yamashita, T., Itoh, K., y Wakumoto, S.: Evaluación Clínica de restauraciones con Galio. Resultados a los 6 meses de la Aleación de Galio. *J Showa Univ Dent Soc* 7:207-212, 1987 (en Japonés).
25. Yamashita, T., Itoh, K., y Wakumoto, S.: Estudio Clínico de una Aleación experimental conteniendo Galio. *Dent Mater J* 8:135-140, 1989.



***Efectos de una Nueva Aleación de Galio para  
Restauraciones Dentales en el crecimiento de células  
cultivadas.***

# **Efectos de una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales en el crecimiento de células cultivadas**

**Hideront Kaminishi, Yoshisato Hagihara, Takashi Horibe  
y Shigeyasu Naruse**

**Departamento de Microbiología Oral y Materiales Dentales e Inventos,  
Colegio de Desarrollo Dental Fukuoka, y Tokuriki Honten Co., Ltd., Tokio.**

## **INTRODUCCION**

Los materiales dentales para restauraciones son usadas en contacto directo con la mucosa oral, tejido periodontal, dientes y tejidos de la pulpa dental por un largo período. Por lo tanto, su seguridad deberá ser adecuadamente evaluada. En años recientes las aleaciones de Galio han sido desarrolladas como materiales de obturación (1,2). Estudios sobre las propiedades físicas de las aleaciones de Galio y pruebas pre-clínicas (3) han sugerido su aplicabilidad clínica. Estudiamos los efectos de una nueva aleación de Galio en el crecimiento de células cultivadas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Metales**

Una aleación de Galio (producida por trituración de polvo de Ag, Pd, Sn, Cu y Zn y a una aleación líquida de Ga, In y Sn en un porcentaje en peso de 1:0.65), amalgama (Esférica-D, Shofu), níquel (99.9% de pureza), titanio (99.9%) y Cobre (99.9%) fueron usados. Estos metales fueron hechos en placas (aleación de Galio 2x10x10mm. Los otros metales, 0.2x10x10mm). Las placas de ensayo fueron pulidas, lavadas, sumergidas en alcohol etílico puro, ultrasonificadas por 2 minutos lavados nuevamente, secados y esterilizados con gas de oxido de etileno.

### **2. Resina**

Clearfil F2 (Kuraray Co. Ltd.) fué endurecida y formada dentro de 2mm x 15mm0 y usada sin esterilización a que los procesos de esterilización no son posibles para la resina. Sin embargo, todos los instrumentos usados para el mezclado y formación de la resina fueron esterilizados.

### **3. Extracción de las placas de ensayo**

Cada placa de ensayo estuvo colocada en un vaso de vidrio y en un medio de suero fetal bovino al 10% (5mlxcm2 de la placa de ensayo) fué agregado como extractor reactivo. La extracción fué realizada por el método de Johnson y col. (4), con un incubador de 5% de CO2 a 37°C por 4 días.

#### 4. Cultivo celular

Fueron utilizadas, ATCC-CCL74 (fibroblastos) y ATCC-CC131 (neuroblastomas). Estas células fueron subcultivadas por el método común y cultivadas en MEM medio suplementado en 10% de suero fetal bovino en un incubador con 5% de CO<sub>2</sub>.

#### 5. Efectos del extracto de varias placas de ensayo en las células de cultivo

El experimento fue realizado por el método de Johnson y col. En el método de densidad usando 74 células CCL, una suspensión ajustada a una concentración de  $1.0 \times 10^3$  células/ml, fueron colocadas sobre un plato de 24 divisiones ( $18\text{mm} \times 17.8\text{mm} \times 0.5\text{ml/división}$ ) cultivadas en un incubador en 5% de CO<sub>2</sub> a 37°C por 24 horas. La capa flotante fue removida y las células fueron lavadas con Dulbecco PBS (pH, 7.0) y cultivadas por 72 horas con 1 ml de varias diluciones del extracto obtenido en 3) y después de la sustitución del extracto fueron cultivadas por otras 72 horas. Después de que la capa flotante fue removida las células fueron fijadas teñidas y la observación y medida se desarrolló bajo un microscopio. El método de alta densidad celular usando células CCL131, suspensión ajustada a la concentración de  $2.0 \times 10^4$  células/ml fue precultivada por el método ya mencionado y después de reemplazar el medio de cultivo por 1ml de extracto obtenido en 3), fueron cultivadas otra vez por 72 horas. Después del cultivo las células fueron fijadas teñidas y observadas de una manera similar. Así, el control del extracto MEM un medio suplementado con 10% de suero fetal bovino fue usado. El porcentaje del número de células que proliferaron en el extracto de ese medio de control fue calculado.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Varios métodos para evaluar la seguridad de afinidad biológica de los materiales dentales han sido desarrollados. Evaluamos los efectos de los extractos obtenidos de una aleación de Galio, amalgama, titanio, níquel, Cobre y resinas en el crecimiento de células cultivadas por el método de Johnson y col., usando 2 tipos de células. Como fue esperado, el titanio tuvo solo ligeros efectos adversos sobre las células en proliferación. Por otro lado, los extractos obtenidos del Cobre y resina inhibieron marcadamente el crecimiento de las células.

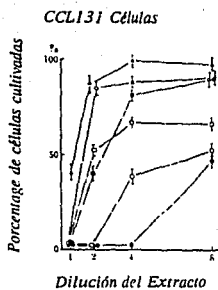
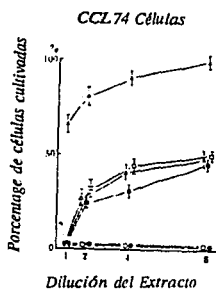
*La citotoxicidad de las amalgamas ha sido largamente conocida (5).*

Esta toxicidad es debido al lavamiento del Mercurio que constituye el 50% de la amalgama (6), por otro lado las aleaciones de Galio han sido desarrolladas como materiales de obturación para restauraciones dentales no conteniendo Mercurio. En 1/8 de dilución del extracto de la nueva aleación de Galio inhibió cerca del 50% de células en crecimiento (CCL74), el efecto inhibitorio fue similar al de la amalgama. Esta dilución también inhibió alrededor del 15% de células en crecimiento (CCL131), pero el grado de inhibición fue menor que el mostrado por la amalgama. Los metales (ppm) que se lavaron de la aleación de Galio dentro del medio de cultivo fueron: Ga (63.0), In (6.0), Sn (3.0), Cu (0.73) y Ag (0.062). Si la inhibición observada del crecimiento celular fue debida al Galio no se puede determinar a una actualmente.

*La inhibición del crecimiento de células por la nueva aleación de amalgama para restauración dental, fué similar o ligeramente menor que al de la amalgama. Además, desde que la aleación de Galio no contiene Mercurio, puede ser clínicamente aplicable.*

### **CONCLUSIÓN**

*La inhibición del crecimiento de células por la nueva aleación de Galio evaluada en éste estudio fué similar o ligeramente menor a la de la amalgama, que es usada excesivamente como material de obturación. Por lo tanto la aleación de Galio es clínicamente aplicable.*



■ Aleación de Gallo   ○ Resina   □ Amalgama   ▲ Titanio   ● Cobre   △ Niquel

Fig. 1. Efectos de varios extractos metálicos y resina en el crecimiento de células cultivadas

Tabla 1 Hallazgos hematológicos de ratas machos y hembras Administradas con la solución de aleación de Ga por 28 días

Sexo	Dosis (mg/kg/día)	No. de Ratas	RBC ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ )	Hb (g/dl)	Ht (%)	MCV ( $\text{MC}^3$ )	MCH (PG)
Machos	Control	15	843.8±21.9	15.7±0.3	46.9±1.5	55.4±1.0	18.7±0.3
	0.04	15	817.0±16.7	15.5±0.3	45.0±0.7	55.2±0.8	18.9±0.3
	0.40	15	766.2±56.4	14.4±1.0	41.5±3.0	54.2±0.7	18.8±0.3
Hembras	Control	15	853.4±17.7	16.0±0.3	45.7±1.2	53.6±0.5	18.8±0.1
	0.04	15	819.4±32.6	15.5±0.6	43.7±1.5	53.4±0.5	18.9±0.1
	0.40	15	835.8± 7.0	15.8±0.2	45.3±0.3	54.2±0.7	18.9±0.2

MCHC (%)	WBC ( $\times 1/\text{mm}^3$ )	Hemograma (%)						Plat ( $\times 10^9/\text{mm}^3$ )
		St	Seg	Ly	Mo	E	B	
33.6±0.4	5300±1087	0.2±0.2	10.8±1.8	87.6±1.8	0.2±0.2	1.2±0.5	0.0±0.0	49.6±1.5
34.4±0.4	5740±1023	0.2±0.2	07.4±0.9	90.8±1.5	0.0±0.0	1.6±0.8	0.0±0.0	48.6±1.1
34.6±0.7	5100±1335	0.2±0.2	09.8±3.3	87.6±3.7	0.8±0.4	1.6±0.7	0.0±0.0	46.0±4.0
35.0±0.3	6920±1456	0.0±0.0	12.0±2.2	86.8±1.6	0.2±0.0	1.0±0.5	0.0±0.0	50.0±1.0
35.4±0.4	7240±1393	0.0±0.0	14.6±1.9	83.6±1.3	0.0±0.0	1.8±0.8	0.0±0.0	47.8±2.3
34.8±0.4	7480±1528	0.2±0.2	09.6±2.0	88.2±2.2	0.6±0.2	1.4±0.5	0.0±0.0	49.8±0.9

significado  $\pm$  S.E.

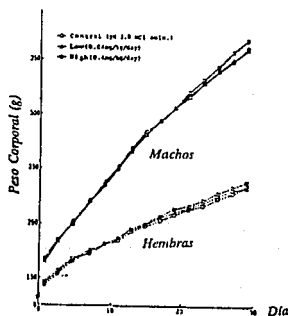


Fig. 1 Cambios en el transcurso del tiempo del peso corporal de ratas machos y hembras administradas oralmente con la solución de prueba de Aleación de Galio por 28 días.

Tabla 2 Hallazgos bioquímicos del suero de ratas machos y hembras Administradas con la solución de aleación de Ca por 28 días

Sexo	Dosis (mg/kg/día)	No. de Ratas	T-P (g/dl)	Alb (g/dl)	Glú (mg/dl)	T-Chol (mg/dl)	Al-P (IU/l)
Machos	Control	15	7.86±0.13	4.16±0.12	251±14	76.4±5.9	100±12
	0.04	15	8.00±0.23	4.22±1.13	261±24	69.6±6.2	94±09
	0.40	15	7.30±0.10	3.84±0.08	251±30	83.0±8.8	74±06
Hembras	Control	15	8.88±0.34	4.90±0.17	227±18	113±12	126±16
	0.04	15	7.88±0.14	4.46±0.09	237±08	95±04	146±13
	0.40	15	8.02±0.38	4.48±0.23	25±11	88±05	165±43

Ca (mg/dl)	P (mg/dl)	Cu (µg/dl)	Zn (µg/dl)	Fe (µg/dl)	Mg (mg/dl)
30.8±2.1	485±69	11.6±0.3	11.4±0.5	134±14	61.4±1.6
31.1±0.9	467±36	13.4±0.3	10.4±0.5	124±07	58.5±3.0
32.4±2.2	470±34	13.2±0.7	10.6±0.3	122±06	59.1±2.8
28.5±1.4	304±30	13.2±0.6	8.85±0.81	189±15	37.9±1.1
32.0±1.9	276±16	12.4±0.3	8.58±0.52	190±04	39.0±1.5
29.7±1.5	244±22	12.6±0.5	9.16±0.62	185±10	41.8±1.1

significado < 5.E Diferente significado de los grupos de control, \*p<0.05

Tabla 3 Pesos absolutos de los órganos de ratas machos y hembras Administradas con la solución de aleación de Ca por 28 días

Sexo	Dosis (mg/kg/día)	No. Ratas	Peso corp. (g)	Tiemo (g)	Hígado (g)	Estómago (g)	Vaso (g)	Riñones (g)	Adrenales (g)
Machos	Control	15	362.4 ± 0.3	0.79 ± 0.02	17.04 ± 0.51	1.56 ± 0.05	0.62 ± 0.02	2.85 ± 0.09	0.045 ± 0.002
	0.04	15	360.3 ± 7.4	0.76 ± 0.03	17.09 ± 0.52	1.54 ± 0.05	0.57 ± 0.03	2.92 ± 0.11	0.045 ± 0.002
	0.40	15	368.4 ± 6.2	0.77 ± 0.02	17.54 ± 0.39	1.50 ± 0.04	0.60 ± 0.02	2.73 ± 0.05	0.041 ± 0.002
Hembras	Control	15	235.1 ± 4.4	0.53 ± 0.02	10.79 ± 0.32	1.09 ± 0.03	0.49 ± 0.02	1.80 ± 0.04	0.055 ± 0.002
	0.04	15	234.5 ± 4.8	0.51 ± 0.02	10.11 ± 0.29	1.11 ± 0.03	0.49 ± 0.02	1.75 ± 0.05	0.052 ± 0.002
	0.40	15	238.1 ± 5.0	0.55 ± 0.02	10.64 ± 0.32	1.16 ± 0.04	0.52 ± 0.03	1.86 ± 0.05	0.057 ± 0.003

significado < 5.E

Tabla 4 Pesos relativos de los órganos de ratas machos y hembras Administradas con la solución de aleación de Ca por 28 días

Sexo	Dosis (mg/kg/día)	No. Ratas	Peso corp. (g)	Tiemo (g/100g)	Hígado (g/100g)	Estómago (g/100g)	Vaso (g/100g)	Riñones (g/100g)	Adrenales (g/100g)
Machos	Control	15	362.4 ± 0.3	0.17 ± 0.01	4.70 ± 0.07	0.43 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.013 ± 0.000
	0.04	15	360.3 ± 7.4	0.16 ± 0.01	4.74 ± 0.07	0.43 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.013 ± 0.000
	0.40	15	368.4 ± 6.2	0.16 ± 0.01	4.75 ± 0.07	0.41 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.74* ± 0.01	0.011 ± 0.000
Hembras	Control	15	235.1 ± 4.4	0.21 ± 0.01	4.58 ± 0.08	0.46 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.76 ± 0.01	0.023 ± 0.001
	0.04	15	234.5 ± 4.8	0.21 ± 0.01	4.30 ± 0.07	0.47 ± 0.01	0.22 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.022 ± 0.001
	0.40	15	238.1 ± 5.0	0.22 ± 0.01	4.47 ± 0.09	0.49 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.024 ± 0.001

significado < 5.E Diferente significado de los grupos de control, \*p<0.05

## REFERENCIAS

1. Staninec, M. y Holt, M. Adhesión de la amalgama a la estructura del diente: Pruebas de adhesión tensional y microfiltración. *J. Prosthet Dent.* 59(4):397-402 1988.
2. Staninec, M. Retención de las restauraciones de amalgama: cortes profundos versus adhesividad. *Quintaescencia Internacional* 20:347-351, 1989.
3. Torii, Y., Staninec, M., Kawakimi, M., Imazato, S., Torii, M. y Tsuchitani, Y. Inhibición de caries alrededor de las restauraciones de amalgama por amalgama adherida. *J Dent Res* 67:308, Resumen #1562, 1988.
4. Leclawat, C, Schref, W, David, S, Vijayaraghavan, T, Schulman, A. Adición de una amalgama fresca para la amalgama existente: Un estudio SEM. *J Dent Res* 70:300, Resumen # 274, Abril 1991
5. Cooley, R. y Tseng, E. Resistencia del adhesivo dentinal y microfiltración del 4-META para amalgamas y resinas compuestas. *J Dent Res* 70:395, Resumen #1035, Abril 1991.
6. Ben-Amar, A, Urstein, M, Serebro, L, y Liberman, R. Efecto de un nuevo sellador alrededor de las restauraciones Clase V. *J Dent Res* 69(4):1036, Abril 1990.
7. Eakle, WS, Staninec, M, y Lacy, AM. Efecto de amalgama adherida sobre la resistencia de fractura del diente. *J Prosthet Dent.* en presión
8. Christensen, GJ, Hunsaker, KJ, Bangerter, V. y Christensen, R. Influencia de amalgama adhesiva en la resistencia de la fractura de cúspide de un molar. *J Dent Res* 70:300, Resumen #279, Abril 1991.
9. Roth, D. y Boyer, D. Resistencia a la fractura de un diente con amalgamas adhesivas. *J Dent Res* 70:300 Resumen #278, Abril 1991.
10. Yoshida, H, y Col., Estudio básico de una aleación de Galio para restauraciones: respuesta pulpar post-restaurativas. *Japonés J de Diente Conservativo* 31(4):1002-1012, 1988.
11. Masuhara, T, Nakamura, Y, y Kuwashima, H. Estudio sobre toxicidad de una nueva aleación de Galio para restauraciones dentales: pruebas de toxicidad oral subaguda de aleación de Galio en ratas. *El J de Salud Dental* 37(3):372-378, 1987.



***Pruebas de Mutagenicidad de una Aleación de Galio para  
Restauraciones Dentales.***

## **Una Prueba de Mutagenicidad de una Aleación de Galio para Restauraciones Dentales.**

**Hideroni Kaminishi, Yoshisato Hagihara, Takashi Horibe  
y Shigeyasu Naruse**

**Departamento de Microbiología Oral y Materiales Dentales e Inventos,  
Colegio de Desarrollo Dental Fukuoka, y Tokuriki Honten Co., Ltd., Tokio.**

### **INTRODUCCION**

*En el tratamiento del campo dental, varias aleaciones como las de oro, Plata, paladio, níquel, cobalto y amalgama son usadas. Entre ellas la amalgama es la mas usada frecuentemente como una aleación para obturación, sin embargo, desde que las amalgamas contienen Mercurio (cerca del 50%), restricciones y atención son requeridas para su manejo debido a efectos adversos en el cuerpo y contaminación ambiental. Recientemente aleaciones de Galio han sido desarrolladas como materiales de obturación sin contener Mercurio. Como parte de estudios en la seguridad biológica de las aleaciones de Galio, desarrollamos una prueba AMES utilizando Salmonella typhimurium.*

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1. Materiales**

*Una aleación de Galio proporcionada por Tokuriki Honten Co. Ltd., fué utilizada, esta aleación fué producida por trituración en polvo (Ag-Pd-Sn-Cu-Zn) y una aleación de Galio líquida (Ga-In-Sn) a una proporción en peso de 1:0.65, usando un amalgamador por 10seg. seguido por endurecimiento. La aleación endurecida fué dejada al medio ambiente por 1 semana y se redujo a polvo, 1 g fué disuelto en ácido hidroclofórico, concentrado y secado por evaporación. La aleación lavada fué re-disuelta en 10 ml de agua destilada y neutralizada con 10 N KOH. El sedimento fué removido por succión y filtración usando un filtro de vidrio. La capa flotante fué untada y secada por evaporación mientras calentó. El material secado fué disuelto en 10 ml de agua destilada, pasada a través del filtro de 0.2 µm y utilizada.*

#### **2. Prueba AMES**

*La prueba Ames (3) fué desarrollada por el método de placa. La cepa bacteriana de ensayo fué Salmonella typhimurium TA98, TA100, TA1535, TA1538. Medio glucoso mínimo mezcla S-9 fueron obtenidos de Wako Junyaku Co. como control positivo de mutagenes, 2-(2-furyl)-3-(5-nitro-2-furyl)-acrylamide (AF-2), 4-nitro-quinoline-N-oxide (4 NQO), 2-aminoanthracene, y N-metil-N'-nitro-N-nitrosoquinidine (MNNG) (Sigma, Co., Ltd.) fueron utilizadas.*

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*La mutagenicidad de la aleación de Galio fué evaluada por la prueba Ames. La aleación fué diluida a 10(0) para 10(-4) con agua destilada y 100 µl de la 10(0), 10(-2) y 10(-4). Estas diluciones fueron añadidas a cada placa. Como los controles positivos, AF-2 fueron añadidos a TA98, y TA100, MNNG para TA1535, y 4NQO para TA1538. Como el control positivo el sistema de activación del metabolismo fué usado, 2-amino-antraceno. 2 placas fueron usadas para 1 prueba de material. La prueba fué realizada por triplicado, el número aparente de colonias y el patrón estándar fueron calculados.*

*La aleación de Galio en cada concentración no causó aparición o incremento de colonias invertidas de *S typhimurium* TA98, TA100 o TA1535 aún en presencia del sistema activador del metabolismo (tabla 1).*

*Para evaluar la seguridad de los nuevos materiales dentales, la Asociación Dental Americana 4) y la Asociación Dental Internacional 5), recomiendan algunos tipos de pruebas de seguridad. Una de ellas es la prueba de mutagenicidad. La mutagenicidad se asocia muy cercanamente con carcinogenicidad, y muchos estudios han sugerido su correlación 6). Por lo tanto es necesario para evaluar los efectos de las recientes aleaciones de Galio desarrolladas en genes.*

*Estudios detallados se han desarrollado sobre la citotoxicidad y mutagenicidad de la amalgama convencional, de la cual el Mercurio se desprende o se evapora. Estudios sobre amalgamas mas seguras están también en desarrollo 7-8). La aleación de Galio probada en este estudio que no contiene Mercurio no fué mutagénica puede ser una aleación de obturación segura.*

## CONCLUSIÓN

*La nueva aleación de Galio para restauración dental no fué mutagénica.*

TABLA 1 PRUEBA AMES POR EL METODO DE PLATO

Sistema de Activación Metabolica (S-9 mix)	Concentración del material de prueba	Número de colónias Reventadas			
		TA 100	TA 1535	TA 98	TA 1538
-	Control	92 ± 7 <sup>1)</sup>	17 ± 3	28 ± 4	31 ± 1
	10 <sup>0</sup>	81 ± 4	26 ± 8	39 ± 3	31 ± 1
	10 <sup>-2</sup>	80 ± 4	18 ± 5	37 ± 3	23 ± 2
	10 <sup>-4</sup>	79 ± 3	14 ± 2	34 ± 4	31 ± 4
+	Control	75 ± 9	11 ± 4	25 ± 1	47 ± 2
	10 <sup>0</sup>	70 ± 3	14 ± 1	31 ± 2	46 ± 7
	10 <sup>-2</sup>	68 ± 9	13 ± 6	32 ± 5	57 ± 10
	10 <sup>-4</sup>	64 ± 3	10 ± 2	30 ± 6	42 ± 2
Control Positivo	- Agente de Concentración <sup>2)</sup>	AF-2	MNNG	AF-2	4NQO
		0.15	10	0.15	0.25
	795 ± 39	> 2,000	694 ± 33	> 2,000	
+	Agente de Concentración <sup>2)</sup>	2-aminoanthracene			
		1	2	0.5	0.5
		816 ± 51	> 2,000	785 ± 26	> 2,000

1): Número de colónias ± SD/plato

2): µg/plato

***Pruebas de Sensibilización por Contacto de una Nueva  
Aleación de Galio para Restauraciones Dentales en Cerdos  
de Guinea.***

## **Pruebas de Sensibilización por contacto de una Nueva Aleación de Galio para Restauraciones en Cerdos de Guinea**

**Yasunori Nakamura, Haruhiro Kuwashima, Shigeyasu Naruse  
Takaji Daigo y Hironobu Yamamoto**

**Departamento de Farmacología Dental, Escuela Dental de Niigata,  
Universidad Dental Japonesa, Departamento de Desarrollo Dental y  
Departamento Técnico de Niigata, Tokuriki Honten Co., Ltd., Tokio.**

### **INTRODUCCION**

*En años recientes, las aleaciones de Galio (1) han sido desarrolladas como materiales plásticos para obturación dental y su utilización es esperada basadas en sus propiedades físicas (2) y resultados de pruebas clínicas.*

*Sin embargo, dermatitis de contacto es causada por algunos materiales metálicos como el níquel, cromo, Estaño, oro y platino usados en el tratamiento dental (3-5). Previamente a la aplicación clínica de la nueva aleación de Galio realizamos una prueba de sensibilización por contacto de esta aleación en cerdos de Guinea.*

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

*Preparación de la solución para la administración: (1) Material de ensayo: la misma solución acuosa de cloruros metálicos (concentración de metal 6.04%), como la usada en nuestros previos de toxicidad (6) fueron usados.*

*Esta solución contenía, Galio, Indio, Cobre, Zinc, Estaño a concentraciones de 39.6, 12.9, 5.8, 1.3, y 0.8 mg/ml respectivamente. Para su administración esta solución fue diluida en 1/30 en agua destilada (concentración de metal 0.2%). (2) Campo auxiliar emulsificado: auxiliar completo Freund's (FCA) fue emulsificado con el mismo volumen de agua destilada y utilizada. (3) Emulsión del metal de ensayo y FCA: FCA fue emulsificado con el mismo volumen del material de ensayo para obtener la concentración final de metal de 0.2%.*

*Sensibilización e interpretación: 21 cerdos machos de Guinea Hartley pesando alrededor de 450 g fueron usados. El pelo de la parte trasera de los puercos fue cortado y rasurado. Como muestra el protocolo en la fig. 1. A cada uno, 0.1 de la solución de ensayo de la porción dorsal izquierda y derecha de la piel, como primer paso de sensibilización, (fig.2). Después de 1 semana como segundo paso de sensibilización, un papel de filtro (2x4cm), impregnado con 0.2 ml de solución de ensayo, sobre los sitios inyectados, preparados con cinta quirúrgica vendados. Después de 2 días la fijación y los papeles de filtro fueron removidos. Después de 12 días el pelo del lado derecho del cuerpo fue cortado y rasurado y papeles de filtro con solución de ensayo fueron fijados en esta área por un método similar al del segundo paso. Al día siguiente, la fijación y el papel de filtro fueron removidos y después de 24 horas el estado del área de la piel fue observado para evaluar las reacciones de sensibilidad por contacto. Estos procedimientos consecutivos, de evaluación*

y juicio, fueron desarrollados conforme a la guía para la prueba de sensibilización reportada por Magnusson y Kligman (1969).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El material de ensayo utilizado en este estudio, no fué polvo de aleación de Galio pero un mezclado de solución de cloruros metálicos que contenían metales en el mismo porcentaje de aquellos metales obtenidos por la extracción con ácido hidrocloreídrico de la aleación de Galio.

Esta solución fué usado como material de ensayo ya que las aleaciones de Galio son aplicadas a molares y debido a la alergia de esta aleación, si es que ocurre, puede ser causada por varios iones metálicos lavados de la superficie del diente por saliva. Aunque la concentración del material de ensayo es 5% en el método de Magnusson y Kligman, nosotros usamos 0.2%. Desde que el material de ensayo fué una solución ionizada de alta concentración como 5%, quizás cause toxicidad metálica y tiene marcada acción irritante y corrosiva sobre tejidos de la piel.

En una prueba preliminar, desarrollamos una inyección intradérmica y una prueba de parche de varias concentraciones del material de ensayo en cerdos de Guinea y encontramos que al 0.2% fué la mas apropiada.

Esta concentración metálica es ligeramente menor que la prueba de parche metálica clínica pero quizás no presente problema ya que este método es considerado a ser altamente sensitivo. En cada sitio de la inyección una rojiza inflamación fué observada por algunos días después de la inyección, una costra formada y después exfoliada, la epidermis llegó a ser unida. Tales hallazgos fueron los mas marcados con solución (3), siguiendo en orden por (2) y (1). En el día final de experimento (23 días después de la inyección), estos hallazgos aumentaron en mas animales inyectados con la solución (3), pero ligera depresión quedó en algunos animales inyectados con (2), y depresión moderada en algunos inyectados con (3), (fig. 2). El peso corporal generalmente tendió a incrementarse pero el peso ganado fué inhibido en asociación con cada paso (I, II, III) de sensibilización e interpretación (fig. 1). Esta inhibición pudo haber sido causada por disminución y consumo de comida y agua asociada con la acción irritante de ácido ionizado (pH 2.3) de la solución de ensayo stress debido a la fijación. Un análisis externo al final del día de los experimentos mostraron; color rojo en las aurículas, sin embargo, no fué observada reacción sensitiva en el sitio de prueba de la sensibilización de este animal, este descubrimiento pudo no haber sido causado por el material de ensayo. Tabla 1 muestra los resultados de sensibilización con esta aleación de Galio. No fué observada reacción en 20 de 21 animales. El otro mostró alguna banda roja como parche (cerca de 3 mm de ancho). Este hallazgo pudo haber sido causado por diferente ligadura debido al venaje sustituido durante la fijación, pero fué graduado como 1 porque se sospecho de una reacción de hipersensibilización. El porcentaje de sensibilización fué de 4.8%. Esta fig. correspondió a "promedio de sensibilización" 0.8%, Clase I; "intensidad débil" conforme a la tabla de evaluación de Magnusson y Kligman.

Aunque el porcentaje de sensibilización fué bajo en este estudio la habilidad de sensibilización de cada metal contenido en este material de ensayo fueron en orden de concentraciones de mayor a menor: Galio, Indio, Cobre, Zinc y Estaño, entre ellos Cobre, Zinc

y Estaño son conocidos por tener la habilidad de sensibilización (3,5) y su contribución al porcentaje de sensibilización es considerado en este estudio. Sin embargo, el grado de contribución de los 3 metales no es clara. Desde la relación dosis-respuesta, entre la cantidad de los metales expuestos el grado de daño en el cuerpo en general observado, la toxicidad metálica puede no ser aplicada al experimento sobre reacciones de alergia, el Cobre que esta contenido en mayor cantidad en este material de ensayo, no siempre contribuye muy grandemente. Por lo tanto, es posible que la sensibilización observada en este experimento fué debido a 2 o 3 metales, entre el Cobre, Zinc y Estaño.

Por otro lado, no hay reportes de actividad de sensibilización del Galio e Indio, Nakayama (9), evaluó la estructura metálica de los metales con conocida habilidad de sensibilización y sugirió que el número de electrones en la última órbita es 0, o incluso numerados en metales con habilidad de sensibilización, pero frecuentemente impar sin esta habilidad. Basado en esta suposición, en ambos el número de electrones en la órbita 4s del Galio y a órbita 5s del Indio son 0 los 2 metales tiene habilidad de activación. Sin embargo esto queda en especulación.

El bajo porcentaje de sensibilización en este estudio, sugiere débil habilidad de sensibilización en esta aleación de Galio bajo las presentes condiciones experimentales. Sin embargo, para la aplicación clínica de esta nueva aleación, se deberá poner también atención a la presencia del Cobre, Zinc y Estaño con habilidad de sensibilización en esta aleación.

### CONCLUSIÓN

El bajo porcentaje de sensibilización al contacto de esta aleación de Galio en éste estudio junto con los resultados químicos básicos de esta aleación sugieren que es clínicamente aplicable.



Fig. 1.

Curva del peso corporal durante el periodo de prueba.

- I: 1er. paso de sensibilización
- II: 2º. paso de sensibilización
- III: Estimulación.
- IV: Evaluación de la reacción sensitiva

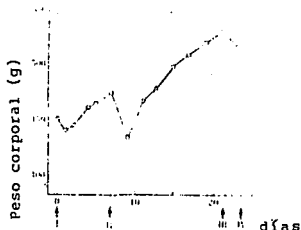


Fig. 2.

(1), (2), y (3) indican los sitios de la inyección 23 días después del primer paso de sensibilización. Las flechas muestran el sitio de las reacciones evaluadas.

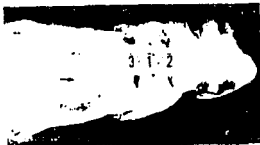


Tabla 1. Resultados de las reacciones de evaluación de la Aleación de Galio.

Criterio de evaluación	Nº de Animales
0: No reacción	20
1: Eritema ligero o precipitado	1
2: Eritema moderado difuso	0
3: Marcados eritema y edema	0

*Estudios sobre Evaluación Biológica de Aleación de Galio*

*- I. Irritación Pulpar en Dientes Primarios.*

## *Estudios sobre Evaluación Biológica de Aleación de Galio*

### *Irritación pulpar en dientes primarios*

*Wataru Motokawa, Youichi Kuba, Yoshio Soejima  
Hiroshi Joujima, Yutaka Yoshida, Yoshizou Okamoto\* y Takashi Horibe\**  
*Departamento de Pedodontics, Colegio Dental Fukuoka*  
*(Jefe: Prof. Y. Yoshida)*

*\* Departamento de Materiales Dentales e Inventos, Colegio Dental Fukuoka*  
*(Jefe: Prof. T. Horibe)*

*(Recibido: Septiembre 21, 1987)*

*Palabras Clave:* *Aleación de Galio, Irritación Pulpar, Dientes caducos de perros*

*Resumen:* *Este estudio histopatológico fué para emprender la investigación de la respuesta pulpar de la aleación de Galio comparada con la amalgama Esférica-D como un control en 132 dientes caducos de once perros jóvenes. Los intervalos post-operativos fueron 1, 3, 7, 14 y 35 días.*

*Los resultados fueron:*

*1. Varios cambios patológicos fueron observados de 1 a 3 días después de los intervalos post-operativos en ambos grupos (aleación de Galio y amalgama de Plata), pero estos disminuyeron con el tiempo. Por otra parte, el grado de respuesta fué ligera, que pareció ser causada por irritación mecánica después de la preparación de la cavidad.*

*2. En comparación con ambos grupos, no fueron observados diferencias significativas en las respuesta pulpar. Esto pareció indicar que la aleación de Galio como objeto principal en este experimento fué un material sin ningún efecto dañino para la pulpa de los dientes caducos de perros en mas de 0.05-0.07 mm en la existencia del grosor de la dentina remanente.*

## **Estudios sobre Evaluación Biológica de Aleación de Galio**

### **Irritación pulpar en dientes primarios**

**Wataru Motokawa, Youichi Kuba, Yoshio Soejima  
Hiroshi Joujima, Yutaka Yoshida, Yoshizou Okamoto\* y Takashi Horibe\***  
Departamento de Pedodontics, Colegio Dental Fukuoka  
(Jefe: Prof. Y. Yoshida)

\* Departamento de Materiales Dentales e Inventos, Colegio Dental Fukuoka  
(Jefe: Prof. T. Horibe)

### **INTRODUCCIÓN**

En 1956 Smith y col. (1) comenzaron estudiando el desarrollo de las aleaciones de Galio libres de Mercurio para reemplazar a las amalgamas de Plata. Sin embargo, éstas aleaciones de Galio, no fueron puestas dentro de uso clínico por su alta susceptibilidad a la corrosión y efectos adversos en tejidos blandos y pulpa dental. Recientemente, una nueva aleación de Galio fué conjuntamente desarrollada por el departamento de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Fukuoka y Tokuriki Honten Co. Esta aleación de Galio mostró excelentes propiedades no solo en estudios básicos sino también en estudios de corta duración clínica, conducidos por el departamento de Odontología Pediátrica de nuestra Universidad. (2) Llevamos a cabo un estudio histopatológico de esta aleación en pulpas dentales de perros el cual fué emprendido para valorar el efecto de esta aleación de Galio en la pulpa de dientes caducos.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1. Materiales**

Fueron utilizados 11 perros mestizos de entre 2 y 3 meses de edad. En cada perro, fueron probados 12 dientes (superiores e inferiores bilaterales DC, DP3, y DP4). La respuesta de estos dientes a la aleación de Galio fué examinada en comparación a las respuestas con un material de obturación de amalgama Esférica-D (Shofu) como grupo de control.

#### **2. Métodos**

Bajo anestesia general con Somunopencil (0.05-0.55 mg/kg) una cavidad clase 5 de Black, fué elaborada con una fresa de carburo #34 en la cara bucal de las piezas superiores e inferiores bilaterales DC, DP3 y DP4, mientras se aplicaba agua con una turbina de aire. Durante la elaboración de la cavidad, la profundidad de la misma fué monitoriada con un medidor de caries para evitar una profundidad diferente entre el diente de un lado y el diente correspondiente del lado opuesto tanto como fué posible.

*El experimento completo fué desarrollado por el mismo individuo, las cavidades de las piezas superiores e inferiores izquierdas fueron obturadas con aleación de Galio y las cavidades superiores e inferiores derechas fueron obturadas con amalgama Esférica-D, sin cubrir o forrar la pulpa. Los animales fueron sacrificados en 1, 3, 7, 14 y 35 días después de la operación. Ambos maxilares fueron inmediatamente removidos de los animales sacrificados y fijados en formalina neutra al 10% seguida por descalcificación con ácido fórmico. Entonces, los maxilares fueron completamente lavados en agua y fueron fijados por secciones en parafina por el método de rutina, las muestras fueron teñidas con hematoxilina y eosina para observarlas al microscopio.*

#### **Juicio de evaluación hispatológico.**

*De acuerdo al método de Stanley (3,4) y Brown y Co. (5), las muestras fueron examinadas histopatologicamente para: (1) Línea traumática de Calcio, (2) alteración en predentina, (3) alteración en odontoblasto (atrofia, vacuolización, adaptación desequilibrada o desaparición), (4) alteración en pulpa bajo la capa de odontoblastos (circulación desequilibrada, filtración alrededor de células o formación de abscesos), (5) formación de dentina reparativa. El grado de cada alteración fué anotada en una escala graduada en 4 (0 a 3) o en una escala graduada en 5 (0 a 4). El total de anotaciones para dientes removidos en cada ocasión fueron promediadas. Además, el grosor de la dentina remanente (RTD) en el fondo de la cavidad (donde el grosor fué menor) fué determinado con un micrómetro Olympus.*

## **RESULTADOS**

### **1. Un día después de la operación.**

#### **1) Grupo de aleación de Galio (animal #15, superior izq. DP 4)**

*La línea traumática de Calcio no fué claramente visible y no fueron vistos cambios en la predentina. Sin embargo, cuerpos en forma de varilla fueron notados. La capa odontoblástica mostró desorden, atrofia, vacualización, congestión, sangrado e infiltración de células redondas. Todos estos cambios fueron leves y no se notaron cambios marcados en la pulpa bajo la capa de odontoblastos. Estos hallazgos fueron obtenidos en 10 de 11 animales de este grupo (fig. 1 A). En el otro animal fueron notados sangrado congestión en la pulpa bajo la capa de odontoblastos.*

#### **2) Grupo de amalgamas de Plata (#15 superior derecho DP4).**

*Cuerpos alargados en forma de varilla fueron detectados a los vistos en el grupo de aleación de Galio, la capa odontoblástica mostró solo ligeros cambios inflamatorios acompañado por infiltración alrededor de las células. Cambios marcados no fueron visibles en la pulpa bajo la capa de odontoblastos. Estos hallazgos fueron obtenidos en todos los animales de este grupo. (fig. 1 B).*

## 2. Tres días después de la operación.

### **1) Grupo de aleación de Galio (#16 inferior izq. DP3).**

Una clara línea Calcio-traumática fué visible inmediatamente bajo la cavidad acompañada por hipertrofia de la predentina e incrustamiento de un número pequeño de células cilíndricas en esta región. La capa odontoblástica mostró desequilibrio, atrofia y degeneración vacuolar. Todos estos cambios fueron ligeros, hubo infiltración alrededor de las células. La pulpa bajo la capa de odontoblastos mostró congestión pero no un cambio marcado. Estos hallazgos fueron obtenidos en 6 de 10 animales en este grupo. Los 4 animales restantes no mostraron hipertrofia de la predentina.

### **2) Grupo de amalgama de Plata (#16 inferior der. DP3).**

Los hallazgos de este grupo fueron aproximadamente iguales a los mostrados en el grupo de aleación de Galio. La línea Calcio-traumática e hipertrofia en predentina fueron claramente visibles. La capa odontoblástica mostró disposición desequilibrada, vacuolación y congestión. Todos estos cambios fueron ligeros. La vacuolación de la capa odontoblástica fué mas marcada en este grupo que en el grupo de la aleación de Galio, aunque el número de incrustamiento de células fué menor en este grupo. Estos hallazgos fueron obtenidos en 5 de 11 animales (fig. 2 B). Los 6 animales restantes exhibieron todos estos descubrimientos excepto hipertrofia en predentina.

## 3. Siete días después de la operación.

### **1) Grupo de aleación de Galio (# 13 superior izq. DT3).**

Una diferente línea Calcio-traumática fué notada. Formación de dentina reparativa fué vista bajo la cavidad inmediatamente. La disposición de los odontoblastos fué ligeramente desequilibrada, pero la pulpa bajo estas células no mostró marcadas anomalías, aunque estas mostraron congestión. Estos descubrimientos fueron obtenidos en 5 de 10 animales. Los 5 animales restantes no mostraron cambios en la capa de odontoblastos (fig. 3 A).

### **2) Grupo de amalgama de Plata (#13 superior der. DP3).**

Una distinta línea Calcio-traumática fué observada. Como en el grupo de aleación de Galio, formación de dentina reparativa fué ligeramente visible. Predentina de la dentina reparativa fué mas marcada en este grupo que en el grupo de aleación de Galio. Los odontoblastos mostraron dispersión desequilibrada, como vimos en el grupo de aleaciones de Galio, pero no fueron observados otros cambios en los odontoblastos. La pulpa bajo la capa de odontoblastos no mostró cambio marcado. Estos descubrimientos fueron obtenidos en 6 de 10 animales. 4 de éstos 6 animales mostraron ligera formación de dentina reparativa (fig. 3 B). Los 4 animales restantes no mostraron cambios en los odontoblastos.

#### 4. Catorce días después de la operación.

##### **1) Grupo de aleación de Galio (#11 superior izq. DP3).**

*La formación de inclusión de celulares, dentina reparativa irregular fué inmediatamente perceptible bajo la cavidad. En esta área la disposición de odontoblastos fué relativamente regular y la pulpa bajo la capa de odontoblastos estuvo normal. Estos hallazgos fueron obtenidos en todos los animales de este grupo (fig.4 A).*

##### **2) Grupo de amalgama de Plata (#11 superior der. DP3).**

*Como en el grupo de aleación de Galio fué marcada la formación de dentina reparativa. El grosor de la capa de odontoblastos en esta área fué mas pequeño que en las otras áreas. No fueron observados cambios en la pulpa. Estos hallazgos fueron obtenidos en 8 de 10 animales (fig. 4 A). Los 2 animales restantes mostraron estos descubrimientos excepto la formación de dentina reparativa.*

#### 5. Treinta y cinco días después de la operación.

##### **1) Grupo de aleación de Galio (#7 inferior izq. DC).**

*Comparadas a las muestras obtenidas 14 días después de la operación, las muestras obtenidas 35 días después de la operación mostraron formación de una gruesa dentina reparativa con una estructura mas regular inmediatamente bajo la cavidad. Los odontoblastos estuvieron también restaurados a una morfología normal y la pulpa bajo estos fué normal. Estos descubrimientos fueron obtenidos en todos los animales de este grupo (fig.5 A).*

##### **2) Grupo de amalgama de Plata (#7 inferior izq. DC).**

*Como en el grupo de aleación de Galio fué marcada la reparación de dentina reparativa. El grosor de la dentina reparativa fué mayor que la registrada 14 días después de la operación. Estos descubrimientos fueron obtenidos en todos los animales de esta grupo (fig.5 B).*

### **RESULTADOS**

*La tabla 1 resume los resultados. En ambos grupos , tanto en el de aleación de Galio como la amalgama de Plata, la capa de odontoblastos mostró de leves a moderadamente severos cambios inflamatorios de 1 a 7 días después de la operación, y estos cambios disminuyeron con el tiempo. En el día 3 después de la operación, formación de dentina reparativa comenzó en ambos grupos. En el 14o día no fueron vistos cambios inflamatorios iguales o leves de la capa de odontoblastos, y el incremento de reparación indicando una tendencia para la reparación. En el 35o día fué mas marcada la formación de dentina reparativa, y la capa de odontoblastos y la pulpa bajo el extracto fueron normales.*

*La comparación del grupo de la aleación de Galio y el grupo de Plata en cada ocasión después de la operación reveló una ligera diferencia intergrupar en formación de dentina reparativa en el 14o. Esta diferencia pareció ser atribuida a la diferencia en el grosor común de la dentina en el piso de la cavidad. En términos de los otros parámetros o aspectos, no fué observada marcada diferencia entre los 2 grupos. Esto significa que cuando el grosor de la dentina remanente en el piso de la cavidad fué 0.05-0.07 mm o mas, la pulpa dental no fué adversamente afectada por la aleación de Galio o la amalgama de Plata.*

## **DISCUSIÓN**

*Las amalgamas de Plata han sido usadas mayormente como material de obturación en odontología en el pasado siglo. Al mismo tiempo, sin embargo, el posible efecto tóxico del Mercurio contenido en la amalgama de Plata en trabajadores dentales y pacientes ha sido discutido (6-10).*

*Bajo tales circunstancias los materiales de obturación libres de Mercurio fueron deseados e investigaciones en aleaciones de Galio fueron iniciadas alrededor de 1956 en Estados Unidos y mas tarde en Japón. (1-11-16). Sin embargo, por la alta susceptibilidad a la corrosión y toxicidad a los tejidos, las aleaciones de Galio no fueron puestas dentro del uso clínico. Recientemente, una nueva aleación de Galio fué desarrollada conjuntamente por el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Fukoka y Tokuriki Honten Co. Esta aleación tiene mejor resistencia a la corrosión que las aleaciones de Galio convencionales y sus propiedades como material de obturación son comparables a las amalgamas de alto contenido de Cobre comercialmente disponibles y a las resinas compuestas para molares (16).*

*En el presente estudio estudiamos histopatologicamente el efecto de esta aleación de Galio en la pulpa de los dientes caducos de perro, usando amalgama de Plata como control. Después discutiremos, los descubrimientos patológicos bajo la respuesta de la pulpa de dientes caducos para esta aleación de Galio basados en los resultados de este estudio con referencia a la literatura. Sin embargo, primero discutiremos los hallazgos patológicos de dientes obturados con amalgama de Plata como material de obturación de los cuales datos histopatológicos han sido publicados por muchos investigadores.*

### **1. Efectos de las Amalgamas de Plata en pulpa dental**

*La pulpa de los dientes obturados con la amalgama de Plata, mostraron circulación deteriorada, disminución en odontoblastos y ligeros cambios inflamatorios tales como acumulación leucocitaria. Conforme a estos estudios previos, la dentina reparativa comenzó a ser formada inmediatamente bajo la fractura del túbulo dentinal varias semanas después del obturado (17-30).*

*OZAKI, condujo un estudio clinicopatológico de amalgamas de Plata en dientes caducos humanos 21.*

*En ese estudio, la pulpa lesionada tendió a sanar espontáneamente, pero severas lesiones de la pulpa fueron observadas en el período temprano después del obturado de la*



amalgama de Plata y algunos casos mostraron persistencias de lesiones traumáticas por un largo período relativamente.

Considerando la causa de lesión pulpar en dientes obturados con amalgamas de Plata, Braennstroem 22 normó el involucrimiento de la preparación de la cavidad o irritación química causada por amalgama y estimó filtración marginal en lesión pulpar, basado en el experimento en el cual los dientes permanentes humanos fueron obturados con amalgama a la alta conductividad térmica de la amalgama.

Swerdlow y Stanley (24) obturaron dientes permanentes humanos con amalgama de Plata después de la elaboración de la cavidad clase 5 con una pieza de alta velocidad bajo aplicación de agua y reportaron que los cambios de los dientes obturados con amalgama son de alguna manera atribuidos a estimulación mecánica asociados con el obturado. Apuntaron la necesidad de proteger los túbulos dentinarios expuestos con un forro o base para cavidad.

En el presente estudio, ninguno de los dientes obturados con amalgamas de Plata mostraron severas lesiones pulpares. Apoyando la inspección de Moeller y Granath 25) que la amalgama de Plata irrita a la pulpa dental muy poco y es un seguro material de obturación.

## 2. Efectos de la aleación de Galio en la pulpa dental.

Swerdlow y Stanley (26) estudiaron la respuesta de la pulpa dental a una aleación de paladio-Estaño (fórmula Watersrat's) en dientes permanentes humanos. En este estudio una respuesta similar a la de la amalgama de Plata convencional, fué observada en muchos casos pero fueron observados marcados cambios en el 5% de todos los dientes. Langeland y col. (27), compararon la respuesta de dientes de monos a los ya mencionados de la aleación de Galio-paladio-Estaño y a la de la amalgama de Plata.

En este estudio fueron observados, cambios crónicos inflamatorios en la pulpa en dientes obturados con aleación de Galio y unos cuantos monos desarrollaron granuloma apical después de la obturación de aleación de Galio, haciendo contraste con los dientes obturados con amalgamas de Plata en los cuales la inflamación aguda desapareció pronto. En un estudio clínico de la aleación de Galio (fórmula Watersrat's) por Saito (12), 4 de los 14 casos mostraron respuesta de la pulpa a la aleación de Galio (i.e., apariencia de síntomas tales como; molestia oclusal, dolor oclusal, dolor con agua fría de 1 a 3 meses después de la obturación). Incluyendo varios casos severos con la pulpa necrosada casi completamente en 3 meses. Sin embargo, ninguno de estos reportes anteriores, no refieren la causa a estas respuestas pulpares a la aleación de Galio de fórmula Watersrat's. Como establecimos arriba. Braennstroem estimó que la filtración marginal es responsable de las respuestas pulpares por amalgama. En estudios pasados de la aleación de Galio con fórmula Watersrat's, la filtración fué menor que aquella de la amalgama. Así pues una posible causa de las respuestas pulpares para esta aleación es estimulación química.

La respuesta de la pulpa para nuestra aleación de Galio, fué marcada menor que la de la aleación de Galio de fórmula Watersrat's. Esta diferencia puede ser asociada con la diferencia en la composición de aleaciones de Galio.

### 3. Análisis Comparativo

En el presente estudio, ambos grupos con obturaciones de aleación de Galio y grupos de obturaciones de amalgama de Plata, mostraron unas cuantas respuestas de 1 a 3 días después de la operación. Algunos dientes para ambos grupos mostraron formación de dentina reparativa incrementada con el tiempo, indicando una tendencia a la reparación. Los análisis detallados de estos cambios, revelan que los cambios son completamente similares a los característicos cambios transitorios causados por el uso de alta velocidad, en presencia de suficiente grosor de dentina remanente (0.05-0.07mm o más). En esta conexión, Bernier y Knapp (28) reportaron que la formación de la cavidad con alta velocidad resultó respuestas en tejidos como disminución en formación de dentina, destrucción o necrosis de odontoblastos e inflamación de la pulpa.

Swerdlow y Stanley (24) observaron leve respuesta en estados tempranos después de la elaboración de la cavidad con alta velocidad. En Japón, Yamashita y col. (29) y Goto (30) estudiaron las respuestas en pulpas de dientes caducos para dientes cortados con una turbina de aire. En este estudio, alteración de dentina, menos odontoblástica pérdida o atrofia e inflamación e infiltración alrededor de células fueron frecuentemente vistas dentro de 1 semana y fué más marcado en el 3er. día; éstos cambios se asientan gradualmente después del 7o.día.

En todos nuestros estudios histopatológicos previos, en estimulación de pulpas de dientes caducos por varios materiales restaurativos (32-34), respuestas leves a moderadas y severas de la pulpa o cavidad fueron observadas en el estado temprano después de la restauración del diente, y todas estas respuestas fueron iguales a esas observadas en el presente estudio. Por lo tanto los leves a moderadamente severos cambios inflamatorios observados del 1er.día al 7o. después de la operación en el presente estudio, son atribuidos a la estimulación mecánica por la alta velocidad. En el presente estudio, intensas respuestas de la pulpa fueron observadas cuando el grosor de la dentina remanente en el piso de la cavidad reducido a 0.05-0.07mm. En nuestros previos estudios en (resinas compuestas) Clearfil-SC y Estilux, en dientes caducos de perros, intensas respuestas de la pulpa fueron observadas donde el grosor de la dentina remanente fué tan bajo como 0.25mm. En un estudio en Clearfil-F (material de obturación) por Matsumara y col. (35), intensas respuestas de la pulpa fueron vistas cuando el grosor de la dentina era 0.15mm. Estos hallazgos indican que las amalgamas de Plata y nuestra aleación de Galio, son menos irritantes sobre la pulpa dental que las resinas compuestas. En el presente estudio elaboramos una cavidad tan profunda como fuera posible porque James (36) y Mjoer (37) indicaron que la necesidad de una cavidad profunda para evaluar los efectos de los materiales de obturación sobre la pulpa. Este procedimiento puede ser asociado con la temprana y completa aparición de dentina reparativa en el presente estudio. Excepto por una ligera diferencia en el grado de formación de dentina reparativa en el 14o. día, no hubo marcada diferencia entre el grupo de aleación de Galio y el grupo de amalgamas de Plata.

Estos resultados indican o sugieren que si el grosor de la dentina remanente del piso de la cavidad es 0.05 - 0.07 mm, o más, nuestra aleación de Galio no tiene casi efecto sobre la pulpa de dientes caducos, como es el caso de las amalgamas de Plata.

## CONCLUSIÓN

*El efecto de una aleación de Galio sobre la pulpa de dientes caducos fué examinada histopatologicamente por obturación de una cavidad artificialmente elaborada para 132 dientes caducos en 11 inmaduros perros meizos con la aleación de Galio. Amalgama Esférica-D fué usada como control.*

*1. En ambos grupos de aleación de Galio amalgamas y de Plata, unos cuantos cambios patológicos fueron observados de 1 a 3 días después de la operación. Todos estos cambios fueron ligeros y aminoraron con el tiempo. Parecieron haber sido causados por estimulación mecánica durante la elaboración de la cavidad.*

*2. Respecto a las respuestas pulpaes no hubo marcada diferencia entre los 2 grupos. Estos resultados indican que nuestra aleación de Galio casi no tiene efectos en la pulpa de dientes caducos si el grosor de la dentina remanente en el piso de la cavidad es 0.05-0.07 mm o mas.*

Tabla 1 Respuesta pulpar de la aleación de Ga y Amalgama

Tiempo de intervalo Postoperativo	Material	No. de especímenes	Grosor común de la dentina remanente (mm)	Promedio de la predentina desvanecida (0-3)	Promedio de la respuesta superficial inflamatoria (0-4*)	Promedio de la respuesta profunda inflamatoria (0-4*)	Promedio de la formación de dentina reparativa (0-4)
1 día	Ga.	11	0.17	0.64	2.27	0.09	0.00
	Am.	12	0.16	0.67	1.92	0.00	0.00
3 días	Ga.	10	0.19	0.85	1.90	0.00	0.30
	Am.	11	0.15	0.64	1.45	0.00	0.23
7 días	Ga.	10	0.22	0.60	0.73	0.00	0.64
	Am.	10	0.26	0.60	0.60	0.00	0.40
14 días	Ga.	9	0.19	0.00	0.00	0.00	2.22
	Am.	10	0.23	0.20	0.00	0.00	1.40
35 días	Ga.	12	0.20	0.00	0.00	0.00	3.17
	Am.	15	0.17	0.00	0.00	0.00	3.20

Ga.: Aleación de Galio  
 Am.: Amalgama (Shofu Spherical-D)  
 \* : Formación de Abscesos

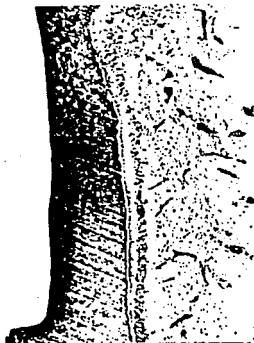


Fig.1A; Aleación de Ga., 1 día después; grosor de dentina remanente, 0.17mm (x25).

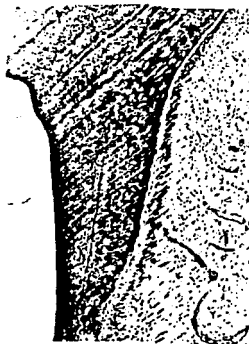
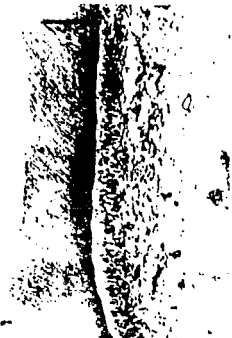


Fig.1B; Amalgama 1 día después grosor de dentina remanente, 0.14mm (x25).



Aleación de Ga. después de 3 días;  
grosor de dentina remanente, 0.10mm.  
Fig. 2A.



Amalgama después de 3 días;  
grosor de dentina remanente  
0.13mm. Fig. 2B



Aleación de Ga. después de 7 días  
grosor de dentina remanente, 0.19mm.  
Fig.3A

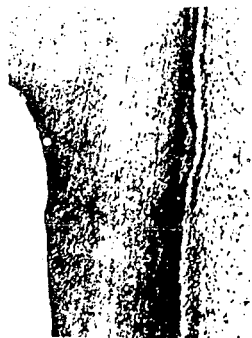


Amalgama después de 7 días;  
grosor de dentina remanente;  
0.20mm. Fig. 3B.

Todas las figuras x 40.



Aleación de Ga. después de 14 días;  
grosor de dentina remanente, 0.10mm.  
Fig. 4A.



Amalgama después de 14 días;  
grosor de dentina remanente  
0.10mm. Fig. 4B.



Aleación de Ga. después de 35 días;  
grosor de dentina remanente, 0.31mm.  
Fig. 5A.



Amalgama después de 35 días;  
grosor de dentina remanente,  
0.43 Fig. 5B.

Todas las figuras x 40.

*Estudio Básico de Aleación de Galio para Restauraciones.*

*- Respuestas Pulpaes Post Restaurativas.*

## **Estudio Básico sobre una Aleación de Galio para Restauración Respuestas Pulpares Post Restaurativas**

**Harushi YOSHIDA, Mūsuru TSUJI, I Hung CHANG, Setsuo HIGASHIMURA Yohsuke  
TOMINAGA, Hisako KINOSHITA, Masahiro KAWAGUCHI, Hiroshi MATSUMOTO  
Haruo OKABE+**

**Departamento de Endodoncia y Operatoria Dental  
Universidad de Odontología Nagasaki  
(Jefe: Prof. Hiroshi MATSUMOTO)**

**Departamento de Patología, Universidad de Odontología de Nagasaki  
(Jefe: prof. Haruo OKABE)**

### **INTRODUCCIÓN**

Como materiales plásticos para restauraciones dentales de molares, las aleaciones de amalgama de Plata han sido excesivamente usadas por largo tiempo, las resinas compuestas para molares han sido también usadas cada vez mas en años recientes. Sin embargo, desde que los primeros contienen Mercurio, el material sobrante después de lo obturado o removido, debería ser cuidadosamente recobrado. Los segundos requieren ácido grabador y complican los procedimientos y aplicación del material de unión y los procedimientos, como el ácido grabador y aplicación de un material de unión presenta problemas como baja resistencia a la abrasión y fractura marginal. De otra forma, las aleaciones de Galio como sustitutos de estos materiales han sido estudiados en varios aspectos. En el presente estas aleaciones no son usadas como materiales dentales debido a problemas como el complicado procedimiento, baja resistencia a la corrosión e irritación pulpar<sup>1-3</sup>. La aleación de Galio, desarrollada recientemente como un ensayo por Horibe y col. y Tokuriki Honten Co. Es prontamente mezclada en un sitio templado y ha mejorado a la resistencia por la corrosión e intensidad mecánica. Esta aleación de Galio es esperada para ser un material dental de fácil manejo. Sin embargo, no hay estudios sobre las características biológicas de esta aleación, especialmente a respuestas pulpares. Para la aplicación clínica de varios materiales, la FDI y el Ministerio de Salud y Bienestar, requiere varias pruebas básicas. Entre ellas realizamos la prueba de irritación pulpar<sup>1-3</sup>.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **1. Materiales**

##### **1). Animales y Dientes.**

Los caninos y premolares superiores e inferiores de las mandíbulas de 11 perros mestizos adultos (peso corporal 7-15 kg) fueron utilizados.



## **2). Materiales para restauración.**

*El seguimiento de 4 materiales para restauración fueron usados. Los números de fabricación están mostrados en la tabla 1.*

### *(1) Ensayo de aleación de Galio (Tokuriki Honten Co.)*

*Una aleación de polvo y una aleación líquida relación de peso 1:0.65 fueron mezcladas cerca de 10 segundos, usando un amalgamador HLMIX VS-3 (Shichi Co.), removido por la cápsula e inmediatamente insertada dentro de la cavidad usando un porta amalgama (Grupo GF).*

### *(2) Resina Compuesta.*

*Clearfil F II New Bond (Co. Kuraray) fué usada de acuerdo a las instrucciones de fabricación el grabador ácido fué realizado por el método grabado total la resina fué lavada y después aplicado el material de unión, cuidadosamente insertada dentro de la cavidad usando una jeringa CR (Grupo RF).*

### *(3) Aleación de Amalgama de Plata.*

*Esférica-D (Co. Shofu) fué usada. La aleación líquida la aleación de polvo fueron pesadas usando una báscula adaptada al contenido. La aleación fué insertada dentro de la cavidad por un método similar al de la aleación de Galio (Grupo AF).*

### *(4) Cemento de Oxido de Zinc-eugenol.*

*Eugedain (Co. Showa Yakuin Kako) fué mezclado en el polvo/líquido, En proporción generalmente usada para sellado temporal y cuidadosamente insertado dentro de la cavidad (Grupo EZ).*

## **2. Métodos.**

*Antes del experimento fué colocada anestesia general por inyección intravenosa de Thiopental sódico (20 mg/kg) dentro de la pata delantera. Después de limpiar la superficie dental, el diente de prueba fué aislado con el dique de hule. Una cavidad circular fué preparada en un sitio de 1 mm. arriba del margen gingival en la parte labial de cada diente de ensayo bajo irrigación con agua. Los dientes fueron cortados por el mismo operador con una velocidad de rotación del micromotor de 5000 rpm, de tal forma que la presión del cortado en la base de la cavidad se mantuvo constante.*

*El tamaño de la cavidad fué hecha tan similar como fué posible, usando el mismo tamaño de la fresa como norma (# 702) para terminado final. El grosor de la dentina en la base de la cavidad fué también hecha tan similar como fué posible, midiendo la impedancia entre la base de la cavidad y la mucosa oral usando un medidor de caries modelo N(40K). La cavidad fué lavada obturada uniformemente con uno de los materiales de restauración sin forro cavitario.*

Los animales fueron sacrificados por excesiva administración de Thiopental sódico a los 7 días, 14 días y un mes después de la restauración. Los dientes de prueba fueron removidos por tallado en la parte media de la raíz dental usando un disco de diamante bajo infusión de agua, fijados en formalina neutra al 10%, descalsificados con solución limitada rápida Plank-Rychlo's, enbebidas en parafina, cortados dentro de secciones sucesivas de 6 a 7 mm teñidas con hemataxilina eosina e histológicamente observadas. El grosor de la dentina basal fué medida usando un micrómetro visual (Nikon Co.) en la dirección del túbulo y el mínimo valor fué usado.

## RESULTADOS

En la evaluación de los cambios patológicos en la pulpa, casos mostrando exposición de pulpa o un grosor de la dentina basal de mas de 1 mm. fueron excluidos de análisis.<sup>5)</sup> Como resultado, el número de casos mostrados en la tabla 2 fueron evaluados en cada grupo durante cada período experimental.

El grosor común mínimo y máximo de la dentina basal en cada grupo de acuerdo al período experimental, son mostrados en la tabla 3. El grosor común de la dentina basal 0.2 a 0.6 mm. en cada grupo y fué menor en el grupo RF que en los otros grupos.

No fueron observados cambios inflamatorios marcados en ningún caso. Fueron notados neutrófilos en un caso de cada grupo de GF, RF y AF, pero no necrosis del tejido pulpar o defecto parenquimal en ningún caso fué visto. Los hallazgos patológicos fueron evaluados en términos de congestión, aparición de células de inflamación crónica como linfocitos y neutrófilos y formación de la segunda dentina de acuerdo al criterio mostrado en la tabla 4 (Tabla 4 fig.s 1-3).

### 1. Hallazgos histológicos una semana después de la restauración.

#### 1) Grupo GF.

Congestión extensiva fué notada en 6 de 10 casos. Células de inflamación crónica fué observada en la capa profunda en dos casos, y alrededor de la capa odontoblástica en 1 y muy escasamente en 4 (Fig. 4).

#### 2) Grupo RF.

Todos los 4 casos mostraron congestión extensiva. Pocas células de inflamación crónica estuvieron presentes en un solo caso. Odontoblastos inmediatamente bajo la base de la cavidad estuvieron desordenados y degenerados (Fig. 5).

#### 3) Grupo AF.

3 de los 4 casos mostraron congestión extensiva. Células de inflamación crónica estuvieron presentes en la capa profunda en 2 casos alrededor de la capa odontoblástica en 1, y fué escasamente observada en otro (1) (Fig. 6).

#### 4) Grupo EZ.

*Congestión extensiva en 2 de los 3 casos y células de inflamación crónica alrededor de la capa odontoblástica en 2. No hubo otros cambios inflamatorios marcados (Fig. 7).*

#### 2. Hallazgos histológicos 2 semanas después de la restauración.

##### 1) Grupo GF.

*Congestión extensiva fué aun observada en 8 de los 10 casos. La incidencia de células de inflamación crónica fué similar a la mostrada después de una semana (Fig. 8). Estuvieron presentes neutrófilos en 1 caso mostrando muy delgada dentina basal.*

##### 2) Grupo RF.

*Congestión extensiva fué observada en 2 de 4 casos. Siendo la incidencia ligeramente menor que en la mostrada en la de 1 semana. Sin embargo, 2 casos mostraron infiltración de células de inflamación crónica en la capa profunda, siendo la incidencia ligeramente incrementada (Fig. 9). Neutrófilos estuvieron presentes en 1 caso.*

##### 3) Grupo AF.

*Fué observada congestión en la capa profunda en 1 caso y localizado en la capa odontoblástica en otro, las incidencias fueron ligeramente menores que las mostradas en la primera semana. Infiltración en células de inflamación crónica fué notada en la capa profunda en 1 caso, siendo la incidencia ligeramente disminuida. 2 casos mostraron ligera formación de dentina secundaria.*

#### 4) Grupo EZ.

*Congestión extensiva fué observada en 2 casos, pero no fueron notados otros cambios inflamatorios marcados (Fig. 10).*

#### 3. Hallazgos histológicos 1 mes después de la restauración.

##### 1) Grupo GF.

*Fué observada congestión en solo 2 casos, los cuales mostraron congestión extensiva. La incidencia de células de inflamación crónica fué marcadamente disminuida; inflamación localizada en la capa odontoblástica y pocas células de inflamación fueron observadas en solo 1 caso, la dentina secundaria estuvo formada en 2 casos (fig.11).*

##### 2) Grupo RF.

*Fué observada congestión extensiva en 3 casos, mostrando persistencia en este descubrimiento. Sin embargo, células de inflamación crónica estuvieron presentes en la capa profunda en solo 1 caso y escasamente en otro. 2 casos mostraron formación de dentina secundaria. No hubo otros cambios inflamatorios marcados (fig.2).*

### 3) Grupo AF

Fué observada ligera congestión y células de inflamación crónica en solo 1 caso y formación de dentina secundaria en 2 casos (fig.13).

### 4) Grupo EZ

Fué observada congestión extensiva en 2 casos e inflamación crónica de células alrededor del extracto odontoblástico en 1 caso. No hubo cambios inflamatorios marcados (fig.14).

## DISCUSIÓN

La aleación de Galio desarrollada por Horibe y col. y Tokuriki Hoi,ten Co., tiene un bajo punto de fusión de 10°C y solo requiere un simple proceso de mezclado similar al de la amalgama convencional de Plata. Esas propiedades físicas han sido estudiadas en detalle por Horibe y col., en términos de endurecimiento, colocación, resistencia compresiva y resistencia tensional. Además esta aleación fué reportada a ser menos resistente al ácido, pero mas resistente a la decoloración que la amalgama comercial de alto contenido de Cobre.(4).

Masuhara y col., desarrollaron una prueba de toxicidad aguda de esta aleación por administración oral en ratones y ratas y mostraron que la toxicidad de esta aleación esta clasificada como sustancias comunes de acuerdo a Las Leyes y Asuntos Farmacéuticos<sup>7)</sup>. Estos resultados, junto con los problemas ambientales en tratamientos dentales presentados por la amalgama de Plata, sugieren la necesidad de re-evaluación de las pruebas de las aleaciones de Galio como materiales dentales.

En este estudio evaluamos los efectos de una aleación de Galio en pulpa para observar cambios histológicos en la pulpa de dientes caninos premolares en perros como prueba.

#### 1. Condiciones de la preparación cavitaria.

Los factores que afectan la reacción pulpar para el tratamiento de la restauración, incluye estimulación por el material restaurativo, tamaño de la cavidad, velocidad de rotación para el tallado y el grosor de la dentina basal.

En general la velocidad del tallado y el área de cortado son incrementados por una rotación del instrumento de corte, resultando un marcado daño pulpar<sup>8)</sup>. Seleccionamos una fresa # 72 como instrumento de tallado mínimo para la formación de cavidades, que permitan la inserción de varios materiales restaurativos sin dificultad haciendo el tamaño y morfología de la base de la cavidad tan uniforme como fué posible.

Se sabe que la velocidad de rotación del instrumento de corte es un factor que provoca efectos de reacciones pulpares y por lo tanto debería mantenerse constante cuando las reacciones pulpares del tratamiento restaurativo sea evaluado. Preparamos cavidades con

una velocidad de rotación de 5000 rpm., que requiere ligera presión cortante y permite el manejo estable con la piza de mano bajo infusión de agua.

La FDI recomienda un grosor de la dentina basal de alrededor de 1.0 mm o menor en evaluación biológica para materiales dentales 5).

Ishikawa y col., reportaron que el grosor mencionado puede ser cercano a 1.0 mm. en aquellos experimentos sin marcadas diferencias entre los grupos experimentales. Por otro lado, Shibata y col., estimaron el grosor de la dentina basal midiendo la impedancia de la capa basal mucosa 9), y sugirieron su correlación. En el presente estudio la preparación de la cavidad fué continuada que la impedancia fué de 40 K. Como resultado, el grosor de la dentina fué de 1.0 mm. en la mayoría de los casos. Sin embargo, que el tallado fué desarrollado sin medida, algunas veces cavidades profundas fueron producidas. El grosor mencionado de la dentina basal fué : 0.4 a 0.6 mm. en todos los casos excepto en el Grupo RF, mostrando aproximada distribución. En el Grupo RF, el valor mencionado de la dentina fué cerca de 0.2 a 0.4 mm. siendo ligeramente menor comparada con los otros grupos. Esto pudo haber causado ligeros cambios inflamatorios marcados en éste grupo.

## 2. Cambios histológicos en la pulpa en los grupos de control

Cuando los cambios pulpares fueron evaluados, los efectos de varios estímulos físicos durante la preparación de la cavidad además del material de obturación debieron ser considerados. Sin embargo, éstos estímulos son difíciles de eliminar. Por lo tanto, en una prueba de irritación pulpar los resultados con el material de prueba, son generalmente comparados con esos materiales ya conocidos. Como controles usamos, Cementos de Oxido de Zinc-Eugenol, que es considerado el mas seguro bioquímicamente entre todos los materiales de obturación <sup>8)</sup>, Amalgama de Plata que ha sido usada por largo tiempo como material para restauraciones de molares y Resina Compuesta que se ha estado usando cada vez mas en años recientes para dientes anteriores y molares.

El Cemento de Oxido de Zinc y Eugenol ha sido reportado por tener muy pocos efectos estimulatorios sobre la pulpa, causando leve pulpitis parcial en la pulpa basal <sup>8)</sup>. En este estudio, tampoco ningún caso tratado con este material mostró marcados cambios inflamatorios o células de inflamación crónica en la capa profunda. Sin embargo, un mes después de la restauración, fué observada congestión extensiva en mas del 50% de los casos y células de inflamación crónica localizada en algunos casos. Esta recurrencia de cambios inflamatorios pudieron haber sido causados por resistencia inadecuada de éste material que después de un periodo fijo, pudo admitir transmisión de varios estímulos en la cavidad oral para la pulpa.

La Amalgama esta considerada por tener el menor efecto sobre la pulpa entre los materiales de obturación permanente. Aun cuando las cavidades profundas son obturadas con este material, cambios inflamatorios son ligeros o moderados y mejoran rápido. <sup>8)</sup> En éste estudio, fué observada congestión extensiva en mas casos y células de inflamación crónica en la capa profunda en algunos casos una semana después de la restauración. Estos cambios mejoraron con el tiempo lo cual concuerda con los estudios previos.

En cuanto a las Resinas Compuestas, la discusión ha continuado sobre el grabador ácido para aumentar la adhesión entre la resina compuesta y el diente desde que Branstrom

reportó ligera filtración después de la restauración con este material. Inokoshi observó solo ligera reacción tisular para el grabado total ácido desaparición de las reacciones inflamatorias dos meses después de la obturación <sup>11</sup>.

Fujitani sugirió que la estimulación por el ácido grabador de la dentina es transitorio y no es un factor que afecte el pronóstico <sup>12</sup>. En contraste Takamori y col., reportaron que la restauración con la Resina Compuesta combinada con el tratamiento de grabado total ácido de la cavidad irrita la pulpa y los daños una vez inducidos persisten por largos períodos <sup>13</sup>. Tales resultados inconsistentes pueden ser asociados con las diferencias en tipos de resinas, animales, morfología de la cavidad y margen de la misma y técnica de obturación. En nuestro estudio, inflamación crónica e infiltración de células al extracto profundo fué observado en 2 de 4 casos 2 semanas después de la restauración y en 1 de 6 después de 1 mes. Cambios inflamatorios fueron ligeramente mas marcados en el grupo tratado con resinas compuestas que en los otros 3 grupos. Sin embargo, el bajo grosor de la dentina basal ya mencionado arriba, pudo haber contribuido para estos resultados. Los cambios inflamatorios tendieron a disminuir con el tiempo como en los otros grupos.

Así, los resultados de restauración con los 3 materiales conocidos en este estudio, fueron similares a los reportados en estudios previos.

### 3. Cambios histológicos después de la restauración con la aleación de Galio.

En cuanto las características biológicas de la aleación de Galio convencional, Lyon y col., implantaron subcutáneamente bloques de una aleación de Oro-Galio una aleación de amalgama de Plata y observaron una marcada reacción ante cuerpo extraño por la 1a y una mínima reacción por la ultima <sup>14</sup>. Langeland y col. reportaron marcada reacción pulpar en dientes de monos <sup>2</sup>. Estudios clínicos por Swerdlow y Saito, mostraron marcadas reacciones pulpares en algunos casos. En este estudio, observamos severa degeneración regresiva, como necrosis y defectos parenquimales o cambios inflamatorios tales como, formación de abscesos post obturación con la aleación de Galio de prueba, fueron observados neutrófilos en solo 1 caso, 2 semanas después de la restauración. Aunque extensiva congestión fué frecuentemente observada 2 semanas después de la restauración, la incidencia de células de inflamación crónica fué similar a la mostrada en el grupo de resinas compuestas o aleaciones de amalgamas de Plata. Así no hubo descubrimientos significativos marcados de reacciones pulpares por esta aleación de Galio. Ya que la composición de esta aleación de Galio de ensayo, no había sido publicado, es difícil identificar las causas de las diferencias en las reacciones pulpares basadas en esta composición. Sin embargo, la aleación líquida es una terciaria aleación de Galio caracterizada por alta afinidad con otros metales y bajo punto de fusión.

Comparada con Galio solo, y aleaciones binarias, la aleación terciaria muestra mas energía libre y un alto porcentaje de difusión dentro de otros metales y aleaciones y así puede tener alta resistencia a la corrosión. Waterstrad reportó, decoloración y corrosión en la superficie de las aleaciones de Galio convencionales, ambas en agua destilada a temperatura ambiente y en los dientes de ratas y perros <sup>2</sup>. Por el otro lado, los resultados de el estudio mencionado antes por Horibe col. sugirieron mejoramiento en la resistencia a la corrosión en esta aleación de Galio de ensayo <sup>4</sup>. La citotoxicidad del Galio es originalmente menor que la del Mercurio pero esta aleación de Galio restaurativa causo mas reacciones pulpares marcadas que la aleación de amalgama. Esto puede ser explicado por

los 4 siguientes mecanismos posibles. (1) El adecuado mezclado pudo no haberse ejecutado debido a las dificultades operacionales, el Galio lavado dentro de la pulpa debido a la baja resistencia a la corrosión comparada con la aleación de amalgama. (2) El adecuado sellado marginal pudo no haberse ejecutado debido a la deterioración del material mismo. (3) Una abertura formada debido a la diferencia en el coeficiente de expansión. Para evaluar estos mecanismos, estudios mas detallados son necesarios, como la medida del lavado del Galio dentro de la pulpa y observación de la morfología marginal por el analizador del microscopio electrónico.

### CONCLUSIÓN

Restauramos cavidades en el cuello de los caninos y premolares de perros mestizos adultos con una aleación de Galio de ensayo, una resina compuesta una amalgama de Plata un cemento de Oxido de Zinc y eugenol y evaluamos los cambios histológicos en la pulpa después de 1 semana, 2 semanas y 1 mes.

1. En el grupo tratado con la aleación de Galio fué observada congestión en mas del 50% de los casos y células de inflamación crónica en el extracto profundo, en algunos casos 1 semana después de la restauración. Estos cambios disminuyeron con el tiempo y no fueron observados marcados cambios inflamatorios.

2. En los grupos tratados con la resina compuesta, amalgamas de Plata o cemento de Oxido de Zinc-eugenol, los cambios inflamatorios fueron también ligeros y disminuyeron con el tiempo.

3. Los cambios histológicos en el grupo tratado con la aleación de Galio de ensayo, fueron similares a aquellos del grupo de control.

### AGRADECIMIENTOS

Expresamos profundo agradecimiento al Prof. Takashi Horibe al Conferencista Keizo Okamoto de el Departamento de Materiales e Inventos, al Colegio Dental Fukoka por su valioso informe al Sr. Shigeyasu Naruse de Tokuriki Honten Co. por su cooperación. Este experimento fué realizado en los animales de experimento de la Institución afiliada a la Facultad de Medicina, de la Universidad de Nagesaki agradecemos al Staff de esta institución por su asistencia.

**TABLA 1 MATERIALES DE RESTAURACION  
USADOS EN EL EXPERIMENTO**

Materiales	Constitución	Número de fabricación	Fabricante
Aleación de Galeo	Polvo	Ttrial	Tokuriki Honten Co.
	Líquido	Ttrial	
Clearfil F II	Grabador Acido	ET 373	Claro
New Bond	Material Adhesivo		
	Universal	NU 435	
	Catalizador	NC 335	
	Pasta de Resina		
	Universal	FU - 1224	
Esférica - D	Polvo	108286	Shofu Co.
	Líquido	108281	
Eugenol	Polvo	3022Q	Showa Yakuhin
	Líquido	3022Q	Kako Co.



Tabla 2. Número de casos

Grupo	Periodo Experimental		
	1 Semana	2 Semana	1 Mes
Grupo GF	10	10	8
Grupo RF	4	4	6
Grupo AF	5	3	4
Grupo EZ	3	4	3

Tabla 3 Grosor de la Dentina basal

Grupo	Periodo Experimental		
	1 Semana	2 Semana	1 Mes
Grupo GF	0.42 0.27 - 0.64	0.29 0.04 - 0.64	0.48 0.18 - 0.95
Grupo RF	0.22 0.04 - 0.55	0.42 0.27 - 0.73	0.27 0.09 - 0.64
Grupo AF	0.43 0.27 - 0.73	0.56 0.27 - 0.73	0.64 0.55 - 0.73
Grupo EZ	0.58 0.36 - 0.73	0.36 0.09 - 0.64	0.46 0.18 - 0.64

Cada figura muestra el valor común Min.-Max.

Tabla 4. Hallazgos Patológicos de cada grupo

Grupo	Periodo Experimental	Congestión				Células de inflamación Crónica				Neutrófilos			Formación de dentina secundaria		
		-	+	+	++	-	+	+	++	-	+	+	-	+	+
Grupo GF	1 Semana	4	0	0	6	3	4	1	2	10	0	0	10	0	0
	2 Semanas	2	0	0	8	5	2	1	2	9	0	1	10	0	0
	1Mes	6	0	0	2	6	1	1	0	8	0	0	6	0	2
Grupo RF	1 Semana	0	0	0	4	3	1	0	0	4	0	0	4	0	0
	2 Semanas	2	0	0	2	1	1	0	2	3	0	1	4	0	0
	1Mes	1	2	0	3	4	0	1	1	6	0	0	4	0	2
Grupo AF	1 Semana	1	0	0	4	1	1	1	2	4	1	0	5	0	0
	2 Semanas	1	0	1	1	2	0	0	1	3	0	0	1	2	0
	1Mes	3	1	0	0	3	1	0	0	4	0	0	2	0	2
Grupo EZ	1 Semana	1	0	0	2	1	0	2	0	3	0	0	3	0	0
	2 Semanas	2	0	0	2	4	0	0	0	4	0	0	4	0	0
	1Mes	1	0	0	2	2	0	1	0	3	0	0	3	0	0

**Congestión y Células de inflamación Crónica**

--:Ausencia

+-:Ligera

++:Células localizadas alrededor de la capa odontoblástica

++:Extensiva

**Neutrófilos, formación de dentina secundaria**

--:Ausencia

+-:Ligera

++:Presente

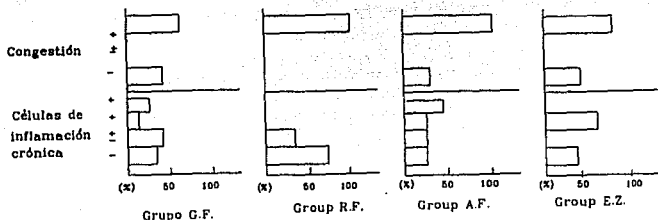


FIG. 1 Hallazgos Histológicos una semana después de la restauración

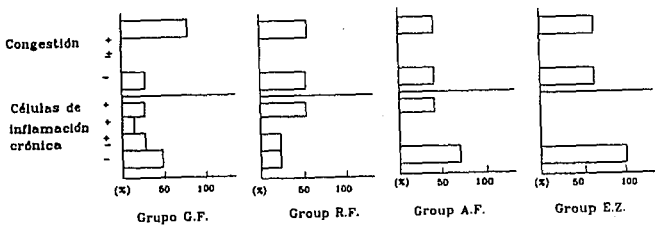


FIG. 2 Hallazgos Histológicos dos semana después de la restauración

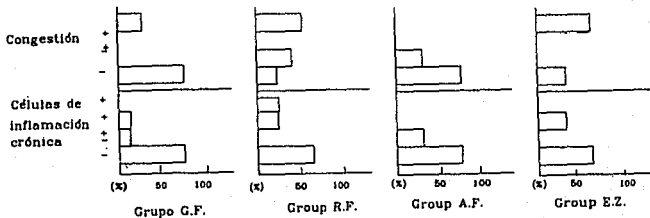


FIG. 3 Hallazgos Histológicos un mes después de la restauración



Fig. 4. Un caso en el grupo GF, 1 semana después de la restauración. (x100).



Fig.7. Un caso en el grupo EZ; 2 semanas después de la restauración. (x100).



Fig.5. Un caso en el grupo RF; 1 semana después de la restauración. (x100).



Fig.8. Un caso en el grupo GF; 2 semanas después de la restauración. (x100).



Fig.6. Un caso en el grupo AF; 1 semana después de la restauración. (x100).



Fig.9. Un caso en el grupo RF; 2 semanas después de la restauración. (x100).



Fig.10. Un caso en el grupo EZ;  
2 semanas después de la restauración. (x100).



Fig.11. Un caso en el grupo GF;  
1 mes después de la restauración. (x100).



Fig.12. Un caso en el grupo RF;  
1 mes después de la restauración. (x100).



Fig.13. Un caso en el grupo AF;  
1 mes después de la restauración. (x100).



Fig.14. Un caso en el grupo EZ;  
1 mes después de la restauración. (x100).

## REFERENCIAS

1. T. Horibe, Y. Okamoto y S. Naruse: Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales, *J Fukuoka Dent Coll*, 198-204, 1986.
2. Y. Okamoto y T. Horibe: Aleaciones Líquidas de Galio para Obturaciones metálico-plásticas, *Br Dent J*, 170:23-26, 1991.
3. Y. Okamoto, Y. Fukaura, T. Horibe y S. Naruse: Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales, Congreso Internacional de Transacciones sobre materiales dentales, Encuentro colectivo ADM y JDMD, 301, 1989.
4. T. Masuhara, Y. Nakamura y H. Kawashima: Estudio sobre Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales-prueba de Toxicidad Aguda de Aleación de Galio en ratas y ratones-, *J Dent Health*, 37:361-371, 1987.
5. T. Masuhara, Y. Nakamura y H. Kawashima: Estudio sobre Toxicidad de una nueva Aleación de Galio para Restauraciones Dentales-prueba de Toxicidad Subaguda de Aleación de Galio en ratas-, *J Dent Health*, 37:372-378, 1987.
6. H. Kaminishi, Y. Hagiwara, T. Horibe y S. Naruse: Pruebas de Mutagenicidad de Aleaciones de Galio para Restauraciones Dentales, *Igaku para Seibusugaku*, 121:213-215, 1990.
7. W. Motokawa, Y. Yoshida, Y. Okamoto y T. Horibe: Estudios en Evaluación Biológica de Aleación de Galio I. Irritación pulpar en dientes primarios, *J Fukuoka Dent Coll*, 14:249-257, 1987.
8. H. W. Kim, I. Yada, S. Tsukamoto, Y. Yoshida, Y. Okamoto y T. Horibe: La Observación Clínica de Aleaciones de Galio como un nuevo material de Restauración para dientes primarios, *J Fukuoka Dent Coll*, 14:395-400, 1988.

***Microfiltración en Restauraciones Dentales con  
Aleación de Galio .***



***Microfiltración en Restauraciones Dentales con Aleación de Galio***

***Kenya Kawano, Sakiko Ogihara, Takuya Akutagawa,  
Koji Hanaoka, Toshio Teranaka, Tsugio Iwamoto***

***Departamento de Restauración Dental  
Colegio Dental Kanagawa***

***82, Inaoka-cho. Yokosuka, Kanagawa 238. Japón***

## **Microfiltración en Restauraciones Dentales con Aleación de Galio**

### **Objetivos:**

Los objetivos de éste estudio fueron evaluar los efectos de períodos de pulimiento y condiciones iniciales de almacenamiento sobre sellado marginal de restauraciones con aleaciones de Galio.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Materiales:** Aleación de Ga, Gf, Dispersallo Esférica-D (tabla 1). Premolares humanos extraídos fueron usados en esa investigación. Cavidad Clase V, 3.5 x 3.0 x 2.0 (2.0 de profundidad), fueron preparadas en las superficies bucal y lingual usando una fresa FG #56 (fig.1). Cada uno de los materiales fueron obturados dentro de la cavidad de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

#### **Experimento 1 (fig.2)**

El objetivo del experimento 1 fué evaluar el efecto de los períodos de pulido en el sellado marginado. Las muestras fueron divididas en 2 grupos, uno fué pulido después de 15 min. y el otro lo fué después de 24 hrs. del obturado.

#### **Experimento 2 (fig.3)**

La influencia de la inmersión en una solución corrosiva sobre sellado marginal de la restauración de la aleación de Galio fué evaluada en el experimento 2. El grupo experimental fué sumergido en una solución salina y el grupo de control fué almacenado en DW por 7 días a 37°C respectivamente.

#### **Experimento 3 (fig.4)**

El efecto del stress térmico a 4°C y 60°C en agua sobre sellado marginal de la aleación de Galio fué examinado en el experimento 3. Los ciclos de termociclado fueron 20, 40 y 60 pruebas de penetración de tintura; Después de cada prueba, los especímenes fueron sumergidos en una solución de fúsin al 0.2 % y seccionados mesio-distalmente usando sierra isométrica. Los grados de microfiltración fueron anotados en ambas paredes, oclusal y cervical y fueron analizadas por análisis Ridit.

#### **Categoría de penetración de tintura (fig.5)**

0: No hubo penetración de tintura.

1: Penetración de tintura hasta la unión esmalte-dentina.

2: penetración de tintura del lado de la pared.

3: penetración de tintura hasta la pared axial (piso de la cavidad).

## **Resultados y Descubrimientos**

### **Experimento 1 (tabla 2 fig.6)**

*Para la aleación de Ga, no se encontraron significantes diferencias ( $p < 0.05$ ). En las líneas de microfiliación entre el grupo pulido 15 min. después y el grupo pulido después de 24 hrs.*

*Esto sugirió que la aleación de Ga pulida 15 min. después tiene la habilidad similar de sellado de cavidad como el de las amalgamas de alto contenido de Cu pulidos después de 24 hrs. Sin embargo, pareció que algunas dificultades fueron encontradas en el proceso de pulido después de 15 min. porque la fresa pudo desprender porciones del material debido a la insuficiente cristalización.*

### **Experimento 2 (tabla 3 fig. 7)**

*El sellado marginal de la pared oclusal de las aleaciones de Ga y Dispersalloy fueron significativamente mejoradas después de la inmersión en solución salina por 7 días. La misma tendencia fué encontrada en la pared cervical en ambos materiales. Sin embargo, la habilidad del sellado marginal en ambas paredes para la Esférica-D mostró una tendencia a decrecer. Estos hallazgos podrían indicar que los productos de corrosión fueron formados entre la aleación de Ga y las paredes cavitarias y como hubo filtración marginal. El sellado marginal de los 3 materiales después de la inmersión en DW para 7 días mostró una tendencia similar a la mostrada en inmersión salina.*

### **Experimento 3 (tabla 4 fig. 8)**

*Como el incremento de los ciclos térmicos, el sellado marginal en la pared cervical fué significativamente disminuido para la aleación de Ga a 40 y 60 ciclos y para la Esférica-D a 60 ciclos. Aunque no fué encontrada disminución para Dispersalloy, una tendencia al decremento al sellado marginal fué indicada.*

*Esto sugiere que la aleación de Ga y Esférica-D fué prontamente influenciada por el stress térmico mientras no fué para la Dispersalloy.*

## **CONCLUSIONES**

*El seguimiento de los resultados fueron obtenidos para los 3 tipos de pruebas de filtración in vitro.*

*1. Fué sugerido que el sellado marginal de la aleación de Ga no fué influenciada por el momento de pulido (15 min y 24 hrs)*

*2. El sellado marginal de la aleación de Ga después de salina y almacenamiento de DW por 7 días mostró un grado similar de Dispersalloy.*

*3. El efecto del sellado marginal de la aleación de Ga en contra de la tensión térmica fué similar a la de Esférica-D.*

*En conclusión el comportamiento del sellado marginal desarrollado por la aleación de Ga se asemeja al de las aleaciones de face dispersa. Sin embargo, los productos usados en este estudio tienen problemas con su resistencia a la corrosión.*

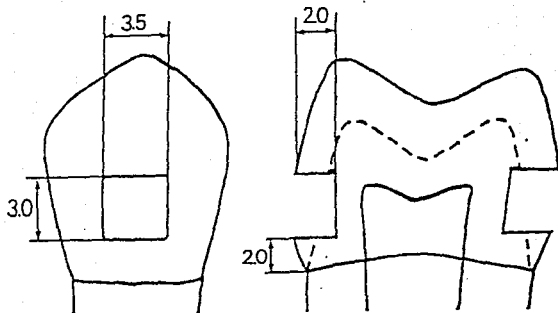


FIGURA 1.

UNIDAD: mm.

## Procedimiento Experimental I

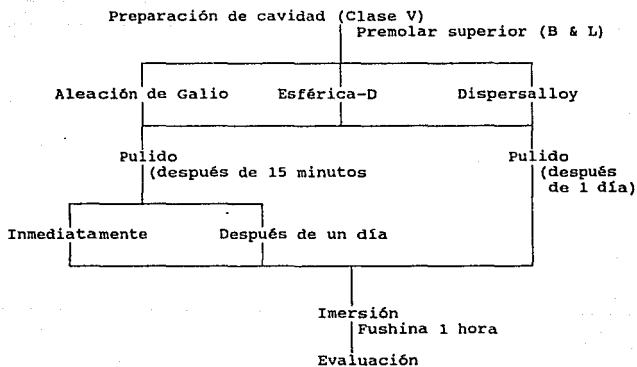


Fig. 2

## Procedimiento Experimental II

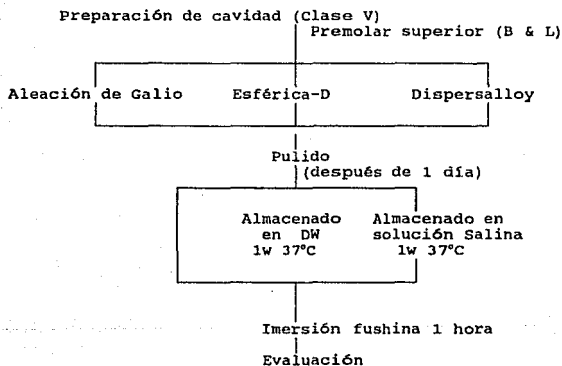


Fig. 3

## Procedimiento Experimental III

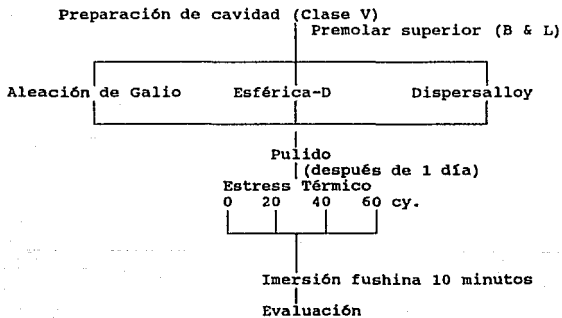


Fig. 4



## *Marcas de Filtración*

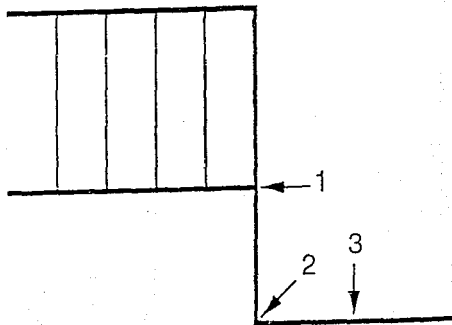


Fig. 5

## Análisis Ridit

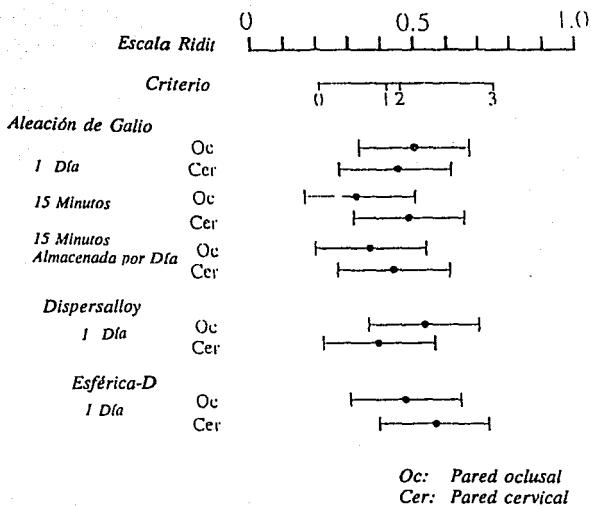


Fig. 6

## Análisis Ridit

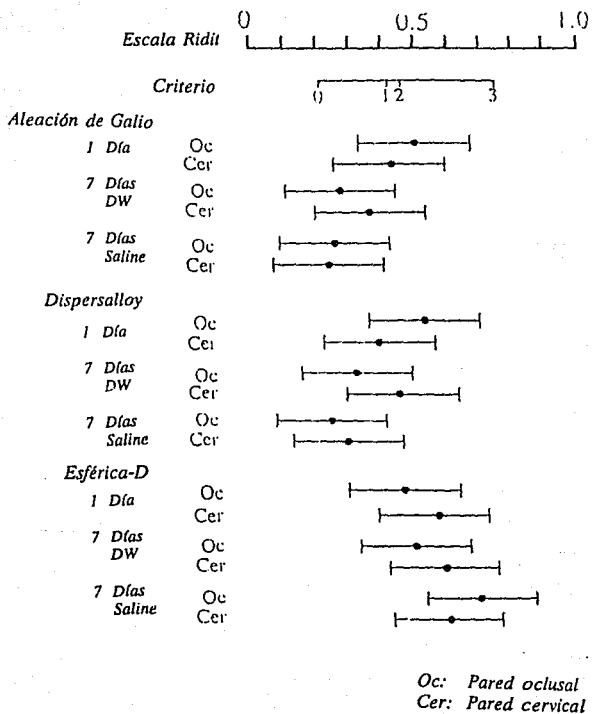


Fig. 7

# Análisis Ridit

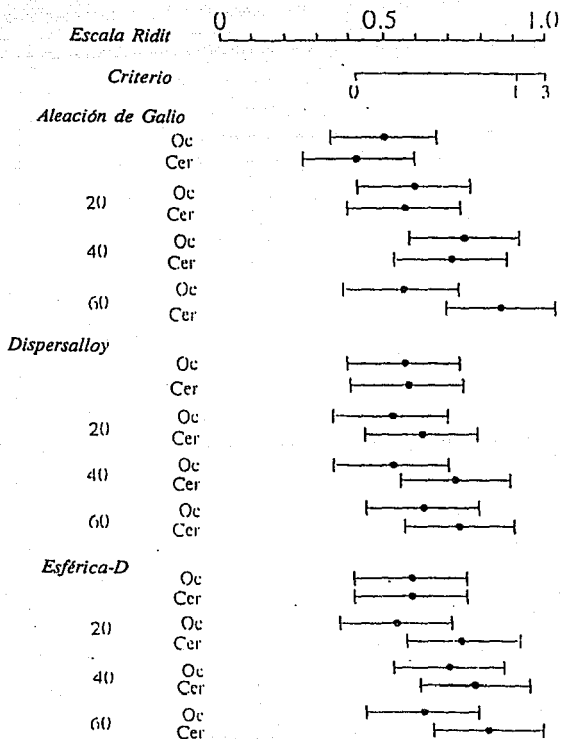


Fig. 8

Oc: Pared oclusal  
 Cer: Pared cervical

*Tabla 1*  
*Materiales Usados*

<i>Material</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Lote No.</i>
<i>Aleación de Galio GF</i>	<i>Tokuriki Honten</i>	<i>9043011026</i>
<i>Dispersalloy</i>	<i>Johnson &amp; Johnson</i>	<i>06KJ</i>
<i>Esférica-D</i>	<i>Shofu</i>	<i>019199</i>

**Tabla 2**

**Resultados de Microfiltración en Función a los Periodos de Pulido**

		1 día				15 minutos				15 min. 1 día almacenamiento			
Marca		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Aleación de Galio GF	Oclusal	5	0	1	6	9	0	1	2	8	1	0	3
	Cervical	5	0	4	3	5	0	2	5	8	0	2	4
Dispersalloy	Oclusal	5	0	0	7								
	Cervical	4	0	8	0								
Esférica-D	Oclusal	6	0	1	5								
	Cervical	4	0	1	7								

*Los especímenes fueron sumergidos en solución de fushina por 1 hora (n=12)*

*Tabla 3*

*Resultados de Microfiltración después de sumergidos en DW o Solución Salina por 7 días*

	Marca	DW				Solución Salina			
		0	1	2	3	0	1	2	3
<i>Aleación de Galio GF</i>	<i>Oclusal</i>	9	0	3	0	11	0	0	1
	<i>Cervical</i>	7	0	3	2	11	0	1	0
<i>Dispersalloy</i>	<i>Oclusal</i>	7	0	5	0	11	0	1	0
	<i>Cervical</i>	4	0	5	3	8	2	2	0
<i>Esférica-D</i>	<i>Oclusal</i>	6	0	0	6	0	0	3	9
	<i>Cervical</i>	4	0	0	8	1	0	5	6

*Los especímenes fueron sumergidos en solución de fushina por 1 hora (n=12)*

**Tabla 4**

**Resultados de Microfiltración después del Termociclado**

Marca		Control	20 cy.	40 cy.	60 cy.
		0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3
Aleación de Galio GF	Oclusal	10 2 0 0	8 3 0 1	5 3 1 3	9 2 0 1
	Cervical	12 0 0 0	9 1 0 3	6 1 1 4	3 1 3 5
Dispersalloy	Oclusal	9 2 0 1	10 1 1 0	10 1 1 0	8 1 0 3
	Cervical	9 0 3 0	6 1 3 2	6 1 3 2	6 0 3 3
Esférica-D	Oclusal	9 1 1 1	10 1 0 1	6 4 1 1	8 1 1 2
	Cervical	9 0 0 3	6 0 3 3	4 1 5 2	4 1 2 5

*Los especímenes fueron sumergidos en solución de fushina por 1 hora (n=12)*



***Evaluación Comparativa de Citotoxicidad en Aleaciones de Galio y Amalgamas en células cultivadas.***

***Evaluación Comparativa de Citotoxicidad en Aleaciones de Galio y Amalgamas en Células Cultivadas***

***Masayuki Kaga, Takahiro Sakai, Michiyasu Fujita y Haruhisa Oguchi***

***Departamento de Pediatría Dental, Universidad de Hokkaido,  
Escuela Dental Kita 13 Nishi 7, Kita-ku Sapporo 060, Japón.***

***Correspondencia para Masayuki Kaga, Departamento de Pediatría Dental,  
Universidad de Hokkaido.,  
Escuela Dental de Kita 13 Nishi 7 Kita-ku, Sapporo 060, Japón.***

## **Evaluación Comparativa de Citotoxicidad en Aleaciones de Galio y Amalgamas en Células Cultivadas**

### **SINOPSIS**

*Por medio del cultivo celular, se determinaron las citotoxicidades relativas de la aleación de Galio GF, las amalgamas, y sus elementos constitutivos. De la misma magnitud fué la citotoxicidad de la aleación de Galio GF y la Esférica-D (amalgama libre de Zn). La aleación Dispersalloy presentó una toxicidad del doble o mas a la de la Esférica-D y aleación de Galio GF. Entre los metales puros probados, las citotoxicidades del Cobre y Zinc fueron las mayores. Las citotoxicidades de la Pata, el Indio y el Mercurio fueron 2 o 3 veces menores a las del Cobre y Zinc. El Galio presentó una leve toxicidad; el Estaño y el Paladio no presentaron efectos citotóxicos. Por medio del efecto combinado de los elementos ligeramente liberados, se indicó la ocurrencia de la toxicidad en la aleación de Galio GF y Esférica-D. La gran citotoxicidad de la aleación Dispersalloy fué preferentemente ocasionada por la liberación del Zinc. Este estudio demostró que la aleación de Galio GF y sus elementos constituyentes son tan Biocompatibles como las amalgamas.*

*Palabras clave:* Aleación de Galio, Amalgamas y Citotoxicidad

### **INTRODUCCIÓN**

*Han habido algunas opiniones sobre la toxicidad del Mercurio en la utilización de la amalgama en restauración dental <sup>1)</sup>. Con el desarrollo de aparatos altamente avanzados y exactos, se ha hecho mas fácil y precisa la medición y detección del Mercurio en la cavidad oral con restauración de amalgama. Y a que el Mercurio es absorbido hacia la mucosa oral o ciclo respiratorio y daña a algunos órganos del cuerpo, La vaporización del Mercurio de la amalgama se ha convertido un tema de discusión <sup>2)</sup>, y la pregunta que ha surgido es la siguiente Se acepta la amalgama como un material de obturación para la restauración dental? Diversos investigadores han estudiado un nuevo material de obturación que contiene Galio en lugar del Mercurio en la amalgama. Se aceptó para restauración dental la composición desarrollada por Horibe y col. <sup>10)</sup>, y, en la actualidad, esta aleación de Galio, como material de obturación, está comercialmente disponible en Japón.*

*Federation Dentaire Internationale (Federación Dental Internacional) ha recomendado muchas pruebas de biocompatibilidad para los materiales dentales recientemente desarrollados <sup>12)</sup>. Por medio de las pruebas de irritación de la pulpa de Mokotawa y col. <sup>13)</sup> y Yoshida <sup>14)</sup>, las pruebas de toxicidad agudas y subagudas de Masahara y col. <sup>15,10)</sup>, las pruebas de parche para mutagenicidad de Kaminishi y col. <sup>17)</sup> y las pruebas para alergias de Ishii y col. <sup>18)</sup>. Ninguna de estas pruebas demostró que la aleación de Galio GF era inaceptable biocompatiblemente.*

*El propósito de este estudio fué el de comparar la citotoxicidad relativa de la aleación de Galio GF y las amalgamas dentales en términos de una rápida y sensitiva prueba de cultivo celular, empleando fibroblastos gingivales humanos.*

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Materiales de prueba*

*En la tabla se muestran las composiciones de la aleación de Galio GF y las amalgamas usadas en este estudio y presentadas por la información del fabricante. En este estudio, se emplearon también los elementos constitutivos de Galio, Indio, Plata, Cobre, Estaño, Zinc y Paladio con purezas por encima de 99.9% (Wako ¥) con el objeto de comparar la magnitud de la citotoxicidad para encontrar cuales eran los elementos que contribuyeron en gran medida a las citotoxicidades de la aleación de Galio GF y las amalgamas. Inmediatamente después de mezclar la aleación de Galio GF y las amalgamas, se realizó la prueba.*

### *Cultivo celular*

*Las células empleadas en este estudio fueron obtenidas de una excrecencia de un explante del tejido gingival humano. Se prepararon los fibroblastos gingivales humanos de la gingival (encla) del diente superior impactado de un niño de 8 años de edad <sup>19</sup>, y fueron cultivados de acuerdo a la técnica de Marmary y col.. En un medio esencial mínimo de Eagle, complementado con suero fetal de borrego al 10% (FCS, según sus siglas en Ingles), penicilina (100 U/ml), se cultivaron los fibroblastos. En una incubadora de CO<sub>2</sub>, a una temperatura de 37°C y a una atmósfera humidificada del 5% de CO<sub>2</sub> en el aire, se llevo a cabo el cultivo celular.*

### *Procedimiento de la prueba de citotoxicidad*

*En éste estudio, se modificó y empleó el procedimiento de la prueba de citotoxicidad desarrollado por Tyas <sup>20</sup>. Sobre un tubo esterilizado (24mm x 24mm) en una placa de cultivo celular (35mm x 15mm de profundidad) se siembran de manera uniforme los fibroblastos (2ml de  $1 \times 10^5$  células/ml en un medio esencial mínimo de Eagle); durante 24 hrs, en una incubadora de CO<sub>2</sub> al 5% a 37°C, los cultivos son incubados. El fondo de un tubo de vidrio (4mm de diámetro interno x 1mm de altura) relleno con el material de prueba cubierto por un filtro millipore, esta adherido a una barra suspendida de vidrio y en contacto con la superficie del medio. 24 hrs. después de la incubación de las placas de cultivos de prueba (fig.1), se removió la cubierta de vidrio se tiñó con toluidina azul para diferenciar las áreas de las células afectadas y las no afectadas que se encuentran por debajo de los materiales de prueba. Por medio de un analizador de imágenes, se analizaron los tamaños de las áreas afectadas para los diferentes materiales para determinar la magnitud de la citotoxicidad. Con cada espécimen, se llevaron a cabo 6 prueba.*

## RESULTADOS

*Por un lado, las células que viven normalmente en el tubo se adhirieron a éste y adquirieron una excelente tinción con la aplicación de la toluidina azul; por otro lado, las células muertas o destruidas afectadas por los materiales de prueba, se separaron y eliminaron de la cubierta durante el proceso de tinción. Es transparente la zona que consta de las células muertas o destruidas, debido a la falta de tinción. De este modo, se pudo*

*distinguir claramente el límite entre la zona transparente afectada y la zona teñida no afectada. En la fig. 2, la muestra de los tubos. En un artículo previo, se discutió la exactitud de esta medida por medio del analizador de imágenes.*

*En las fig. 3 y 4 se muestran las citotoxicidades de las aleaciones de Galio GF, las amalgamas y sus elementos constitutivos. La Dispersalloy fué mucho mas citotóxica que la Esférica-D y la aleación de Galio GF. De la misma magnitud fué tanto la citotoxicidad de la aleación de Galio GF como la de la amalgama Esférica-D.*

*En cuanto a las citotoxicidades de los metales puros, entre los metales puros probados, las del Cobre y el Zinc fueron las mayores. La Plata, Indio y Mercurio presentaron citotoxicidades significativamente menores, 2 o 3 veces mas bajas que las del Cobre o Zinc. La zona de las células afectadas por el Galio fué significativamente menor a la afectada por la Plata. El Galio presentó una leve citotoxicidad. El Estaño y el Paladio no presentaron efectos citotóxicos.*

---

*\* Aleación de Galio GF, Tokuriki Honten Co. Ltd, Tokyo, Japón y Wako, Pure Chemical Industry Ltd., Osaka Japón*

*Y Esférica-D, Shofu Inc., Kyoto, Japón*

*# Dispersalloy, J&J, N.J., E.U.A.*

*+ Forma científica, Model 3158, Ohio, E.U.*

## DISCUSIÓN

Los elementos liberados de la superficie del material de prueba dentro del medio de cultivo celular afectaron la actividad y crecimiento celular normal. En este proceso, se presentó un daño y respuesta citotóxica en las células. Los materiales de prueba que presentaron grandes áreas de células afectadas en éste estudio, fueron considerados como los mas citotóxicos. Sin embargo, esto no necesariamente quiere decir que los elementos o compuestos liberados tuvieran una mayor efectividad en la destrucción de las células, o que una alta concentración del elemento liberado, presente en el medio estuviera siempre relacionada a una mayor citotoxicidad.

Este estudio demostró que el Cobre y el Zinc puros presentaron mayores citotoxicidades, que la Plata, el Indio y el Mercurio presentaron efectos citotóxicos mas bajos, y que el Galio fué 5% ligeramente citotóxico. Ni el Estaño ni el Paladio presentaron indicios de citotoxicidad. Estos resultados van de acuerdo con el reporte previo de Kawahara y col., a excepción del hecho que reportaron que el Mercurio era tan citotóxico como el Cobre o el Zinc, y que el Indio no era citotóxico. Los elementos constitutivos del polvo de la aleación de Galio GF no fueron diferentes a los de la amalgama.

En cuanto a la citotoxicidad del polvo de la amalgama, nuestro reporte previo reveló claramente que los polvos de las aleaciones fueron significativamente citotóxicos, lo cual depende de la composición de la aleación. Es interesante el hecho de que en la amalgama, la magnitud de la citotoxicidad del polvo de la aleación fué similar a la de la amalgama <sup>21</sup>. Esto sugirió que posiblemente el polvo de la aleación de Galio GF fué significativamente citotóxico; el Indio presentó la misma citotoxicidad que la Plata y el Estaño no fué citotóxico. Con base en estos resultados, en el líquido de la aleación de Galio GF compuesto por Galio, Indio y Estaño, posiblemente las citotoxicidades de los 2 primeros se vieron reducidas u ocultadas por el Estaño no citotóxico. Sin embargo, la aleación triturada de Galio GF, presentó una significativa citotoxicidad tan grade como la del Indio y la Plata. Esta magnitud de citotoxicidad fué igual que la de la amalgama de alto contenido de Cobre libre de Zinc y sus polvos <sup>21</sup>. Aun si las composiciones de polvo fuéran similares en la aleación de Galio GF y amalgamas y las citotoxicidades de estos materiales fuéran similares, sería muy difícil comparar o hablar de la citotoxicidad de ambas al mismo nivel, debido a la presencia o ausencia de los contenidos de Mercurio, Galio o Indio, los cuales contribuyen a la formación de las capas superficiales de oxidación de la aleación de Galio GF y amalgamas. En la aleación de Galio GF, la magnitud de la citotoxicidad del polvo de la aleación debe ser la misma a la de la aleación triturada de Galio GF, debido a que fué la misma a la de las amalgamas libres de Zinc.

En éste estudio, no se obtuvieron otros indicios en cuanto al elemento que compone la aleación de Galio GF que juega un papel importante en la apariencia de la citotoxicidad, pero al parecer, la citotoxicidad de ésta fué provocada por los efectos combinados del Indio, Plata y Galio ligeramente liberados. Además, no se encontró ninguna razón para omitir el uso de la aleación de Galio GF que en su mayoría consiste, en Galio, Plata y Estaño como un sustituto de las amalgamas desde el punto de vista de la citotoxicidad.

La observación clínica de 3 meses de duración de la aleación de Galio GF, empleada para las 35 cavidades clase I en los dientes caducos no revelaron irritación de la pulpa, caries secundarias, fracturas marginales o decoloración de los dientes <sup>21</sup>. Sin embargo,

*en el caso de los dientes permanentes, la observación a los 6 meses de la aleación de Galio empleada para las 17 cavidades clase I indicó una decoloración y un desajuste marginal a la mitad de las restauraciones <sup>12)</sup> se observó una rugosidad superficial y una desintegración marginal en todas las restauraciones en 12 meses <sup>25)</sup>. Es necesario una mayor investigación sobre la aleación de Galio GF para mejorar su resistencia a la corrosión de propiedades mecánicas para el posible reemplazo de la amalgama de alto contenido en Cobre.*

### **CONCLUSIÓN**

*Al investigar la biocompatibilidad de la aleación de Galio GF recientemente desarrollada, por medio de una rápida y sensitiva prueba de cultivo celular, usando fibroblastos gingivales humanos, se determinaron comparativamente las citotoxicidades de la aleación de Galio GF, las amalgamas y sus elementos constitutivos. Los resultados demostraron que la citotoxicidad de la aleación de Galio GF presentó la misma que la de la amalgama libre de Zinc y menor a la de la amalgama que contiene Zinc. Desde el punto de vista citotóxico, la aleación de Galio GF, que en su mayoría consta de Galio, Plata y Estaño, podría ser sustituto de las amalgamas como material de obturación.*

### **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores desean agradecer al Sr. S. Naruse de Tokuriki Honten Co. Ltd. por proporcionar el material de prueba usado en este estudio.*

**TABLA DE COMPOSICIONES DE ALEACIONES DE GALIO GF Y AMALGAMAS (wt %)**

Materiales de Prueba		Ga	In	Hg	Ag	Sn	Cu	Zn	Pd	Otras
Aleación de Galio GF (Tokuriki, Tokio)	Líquido	65	18.95	-	-	16	-	-	-	0.05
	Polvo	-	-	-	50	25.7	15	-	9	0.30
	Obturación	32.5	9.48	-	25	20.85	7.5	-	4.5	0.17
Dispersalloy (J&J, N.J)	Polvo	-	-	-	69.4	17.2	12.8	0.6	-	-
	Amalgama	-	-	45.9	37.6	9.3	6.9	0.3	-	-
Esférica-D (Shofu, Kyoto)	Polvo	-	-	-	60.0	27.0	13.0	-	-	-
	Amalgama	-	-	44.2	33.5	15.1	7.2	-	-	-



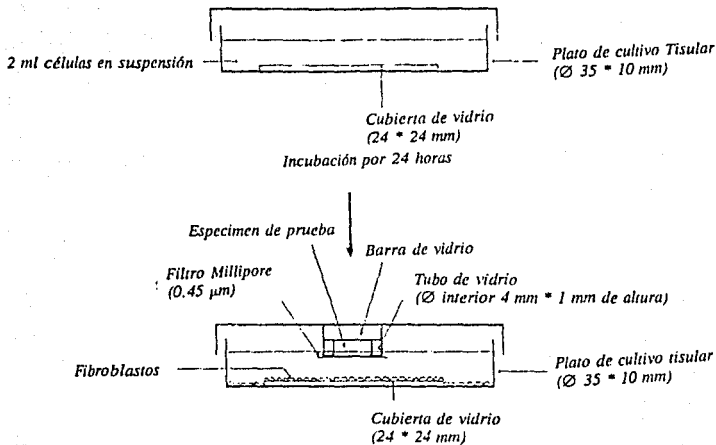
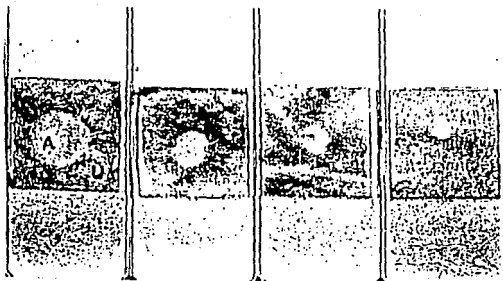


Fig. 1 Procedimiento de prueba de Citotoxicidad y Aparatos

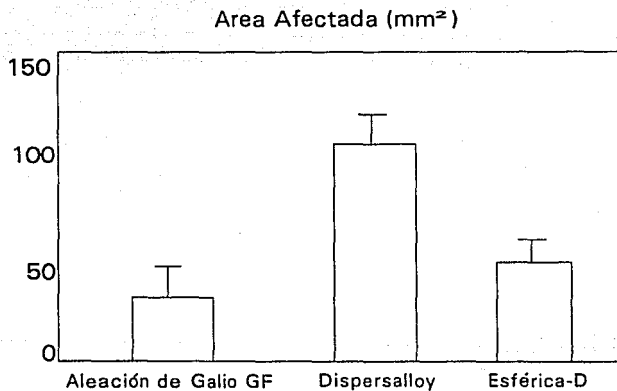


Especímenes de vidrio cubiertos, mostrando áreas afectadas y áreas no afectadas, indicando la magnitud de la citotoxicidad.

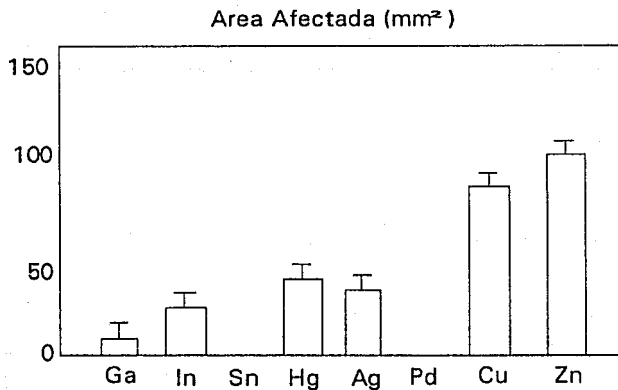
A: Área afectada.

U: Área no afectada.

*Fig. 2*



**Fig.3** Las áreas afectadas de fibroblastos que muestran la magnitud de la citotoxicidad por los elementos que componen la aleación de Galio GF y amalgamas. Las barras representan un error de la desviación standar de seis especímenes.



**Fig.4** Las áreas afectadas de fibroblastos que muestran la magnitud de la citotoxicidad por los elementos que componen la aleación de Galio GF y amalgamas. Las barras representan un error de la desviación standar de seis especímenes.

***Citotoxicidad de las Aleaciones de Galio Corroídas y  
Amalgamas Dentales.***

***Estudio in vitro.***

## **CITOTOXICIDAD DE LAS ALEACIONES DE GALIO CORROIDAS Y AMALGAMAS DENTALES**

### **Un estudio in vitro**

**Vassilios Psarras, Alf Wennberg y Tore Dérand**

**Departamento de Odontología Protésica, Departamento de Endodóncia y Departamento de Tecnología y Materiales Dentales, Facultad de Odontología, Universidad Lund, Malmö, Suecia.**

*Psarras V, Wennberg A, Dérand T. Citotoxicidad de las aleaciones corroídas de Galio (GA) y de amalgamas dentales. Un estudio in vitro. Acta Odontológica: 1992; 50:31-36. Oslo. ISSN 0001-6357.*

*En un sistema de cultivo celular, se valoró la citotoxicidad de una aleación de Galio (GA) y de 3 diferentes aleaciones de amalgamas dentales. Se utilizaron 2 métodos de evaluación: el método de extracción y el de filtración. Antes de que fueran introducidas a pruebas, se almacenó para corrosión a las especímenes de las aleaciones en una solución de Cloruro de Sodio NaCl al 0.9% durante 1 y 10 semanas, respectivamente. Las aleaciones presentaron diferentes grados de citotoxicidad, desde leves hasta marcados. Se encontraron algunas diferencias en los 2 métodos de prueba; sin embargo, en la mayoría de los casos no se encontraron grandes diferencias en la citotoxicidad entre la aleación de Galio y las amalgamas. Los resultados alentaron la realización de estudios posteriores y al desarrollo de la aleación de Galio, que es el Mercurio libre.*

*Alf Wennberg, Departamento de Endodóncia, Escuela de Odontología, Carl Gulavs väg 34, S-214 21 Malmö, Suecia.*

*La amalgama dental es una aleación de Mercurio, Plata, Estaño y Cobre con o sin Zinc. Diversos informes in vitro han indicado que las obturaciones de amalgamas liberan vapor de Mercurio en la cavidad oral después de que se colocan (1-4). Diversos factores influyen en la cantidad de vapor, y aun no esta claro el significado clínico de la liberación. Estudios in vitro han indicado que las amalgamas corroídas tienen un significativo efecto citotóxico (5). En un informe de la Secretaría de Salubridad y Asistencia Sueca se preguntó si la amalgama es un material de obturación recomendable, y se sugirió que se deben hacer algunos esfuerzos para desarrollar nuevos materiales de obturación.*

*Una atractiva alternativa podría ser un material metálico que tenga las ventajas de una amalgama sin ningún contenido de Mercurio. En los años 20s, para reemplazar al Mercurio, se sugirió el uso del Galio (Ga). Sin embargo, se realizaron algunos intentos para producir aleaciones de Galio (Ga) satisfactorios, pero no tuvieron éxito alguno hasta que Smith y col. (8,9) mostraron que las aleaciones de Paladio-Galio y las de Oro-Galio tienen propiedades físicas y mecánicas similares o menores que las de la amalgama de Plata. Por medio de la implantación subcutánea, se realizaron pruebas biológicas del material, las cuales resultaron en una fragmentación y desintegración de los especímenes y en una severa reacción ante-cuerpo extraño (fibrosis) (10). Recientemente, se indicó en Japón la producción comercial de una aleación de Galio mejorada. Un estudio clínico reportó una disminución en la estabilidad marginal y en la resistencia a la corrosión del material después de 1 año de uso (11).*

La biocompatibilidad de un material está influenciada por su resistencia a la corrosión en un ambiente biológico, y calidad y cantidad de iones liberados. La aleación de Galio (Ga) contiene porcentaje de Galio (Ga) e Indio (In) Existen indicadores de que diversos compuestos de Galio puede provocar efectos citotóxicos locales y sistémicos (12), en donde el Indio (In) puede provocar cambios marcados en el metabolismo celular en los principales órganos con que reaccionan (13).

Para la evaluación in vitro de la citotoxicidad de diversos materiales dentales, se han empleado diversas técnicas; para revisión remítase a Wennberg (14). Los métodos utilizados para la valoración de materiales insolubles en agua son, por ejemplo, el método de filtración (15) y las técnicas de extracción (14).

El objetivo de éste estudio fué el de determinar el potencial efecto citotóxico de un grupo de especímenes de aleaciones de Galio completamente endurecidas almacenado en una solución salina durante 1 y 10 semanas, y se comparó con los efectos citotóxicos de diferentes aleaciones de amalgama con diversas composiciones. Se emplearon dos diferentes métodos de evaluación de citotoxicidad: El método de filtración y el de extracción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se emplearon tres aleaciones de amalgama (una convencional y dos con altas concentraciones de Cobre  $\tau_2$ ) y una de Galio (Ga) (Tabla 1). De acuerdo con las instrucciones del fabricante, se prepararon las aleaciones y fueron condensadas manualmente en anillos de plexiglás (diámetro, 8 mm; altura, 1.5 mm). Se prepararon siete especímenes de cada aleación; se mantuvo durante una hora a los especímenes en el aire, y después de su remoción de los anillos de plexiglás, fueron cuidadosamente pulidos con papel húmedo de carburo de silicio menor de 600 (Buehler Ltd.,EUA). De una a diez semanas, se almaceno a los especímenes en vasos de vidrio (recipiente empleado en química), que contenían una solución de cloruro de sodio NaCl al 0.9% con un pH de 6, y fueron mantenidos a la temperatura de la sala de pruebas. Para propósitos de control, algunos de los especímenes de prueba que habían presentado un efecto citotóxico, fueron sometidos a pruebas una vez mas después de que se les volvió a pulir con el objeto de revelar una superficie limpia no corroída.

### Método de Filtración

En un filtro Millipore (diámetro, 47 mm; tamaño del poro 0.45  $\mu\text{m}$ , Millipore SA, Francia) se estableció una monocapa celular (L929). El filtro fué colocado de agar con el cultivo celular abajo. Se enjuagó a los especímenes con agua potable y se colocó a los cuatro especímenes, uno de cada aleación, en la parte superior de cada filtro. Dos horas después, se removió a los especímenes de prueba, y durante tres horas y a 37°C los, filtros fueron incubados para la demostración citotóxica de la actividad de deshidrogenasa de succinato en las células. La respuesta celular condujo a cambios en la intensidad de tinción de la monocapa celular, la cual se evaluó en una escala de 4 puntos (16): 0 = no citotóxica; no se presentan cambios en la intensidad de tinción en el área de contacto del material celular; 1 = citotoxicidad leve: menor tinción a zona desteñida con un diámetro

mas pequeño que el del espécimen ( $< 8$  mm); 2 = citotoxicidad moderada de 8-11 mm; 3 = citotoxicidad marcada: zona desteñida mayor a los 11 mm. Se dan los resultados como el valor promedio de 10 paralelos. Para propósitos de control, se incluyeron en la prueba filtros Millipore sin monocapa celular. Para mayores detalles sobre el método de prueba, ver Wennberg (16).

#### *Método de Extracción*

Se obtuvieron los extractos separando a los especímenes de prueba del medio mínimo esencial Eagle (MEM). El radio entre el área de la superficie y el volumen del medio fué de un  $\text{cm}^2$  con 10 ml (17). Se colocó el espécimen de prueba en un placa de cultivo Millicell - HA (Millipore SA), que consta de un filtro Millipore (diámetro 12 mm; tamaño del poro 0.45  $\mu\text{m}$ ) junto con un arillo de poliestireno adherido (altura, 10.5 mm). Se niveló la Millicell en el medio de cultivo, la cual, fué continuamente agitada por un agitador magnético. Después de los períodos de extracción de 24 hrs. o 7 días, se depuso el medio de extracción y se valoró para las sustancias potencialmente citotóxicas de acuerdo con un método descrito por Borenfreund & Puerner (18). El principio de este método estriba en que el tinte rojo neutro es absorbido solamente por las células viables. Durante 24 hrs., crecen las células (L929) en contacto con el extracto del material de prueba. Subsecuentemente, se añade el tinte rojo neutro al medio de cultivo; 3 hrs después, se remueve el tinte no incorporado y se extrae el tinte intracelular. Por medio de la espectometría y los resultados expresados en términos de porcentajes de los cultivos de control (Philips, PU 8630 Pye Unicam Ltd., Reino Unido), se valoró la porción del tinte incorporado, la cual era un indicador de crecimiento celular. En cada grupo de prueba se realizaron cinco pruebas paralelas. Para mayores detalles sobre el método de prueba, ver Borenfreund & Puerner (18).

#### *Análisis Estadístico.*

Por medio de la prueba de Scheffe y ANOVA, se analizaron los resultados obtenidos del método de extracción. Se aceptó el significado estadístico al nivel de probabilidad.

## **RESULTADOS**

#### *Método de filtración*

Todas las aleaciones examinadas tenían un efecto citotóxico en las células. Después de un período de corrosión de 1 semana, la aleación de Galio (Ga) indicó un efecto tóxico de leve a moderado, y en el caso de las aleaciones de amalgama, su citotoxicidad fué de leve a marcada. Cuando se permitió que los especímenes se corroyeran durante 10 semanas, todas las aleaciones mostraron un efecto citotóxico predominante moderado (tabla 2). La aleación de Galio (Ga) fué la única aleación examinada que no mostró una citotoxicidad marcada en ningún caso.



Tabla 1 Tipos y composición química (wt%) de las aleaciones probadas

Aleación	Código	Tipo	Ag	Sn	Cu	Zn	Ga	In	Pd
Royal <sup>a</sup>	R	Convencional	70	25	4	0.7	-	-	-
Dispersalloy	D	Mezclada	70	17	12	0.7	-	-	-
Sybralloy <sup>m</sup>	S	Líquido único	40	30	30	-	-	-	-
Aleación de Ga <sup>d</sup>	Ga								
Polvo			50	26	15	<0.2	-	-	9
Líquido			-	16	-	-	65	19	-

- <sup>a</sup> Amalgbolaget, Sweden.  
<sup>m</sup> Johnson & Johnson, USA.  
<sup>n</sup> Kerr Manufacturing, USA.  
<sup>d</sup> Tokuriki Honten Co., Japan.

Tabla 2 Citotoxicidad de amalgamas y aleaciones de Galio dentales después de una y 10 semanas, almacenadas en solución NaCl al 0.9%. Citotoxicidad medida por diferentes métodos de filtro y expresados de acuerdo al sistema de los resultados predeterminados explicado en el texto (n=10)

Aleaciones	Corroídas por una semana (marcas)				Corroídas por 10 semanas (marcas)			
	0	1	2	3	0	1	2	3
G	-	2	8	-	-	-	10	-
R	-	1	4	5	-	1	8	1
D	-	2	4	4	-	-	9	1
S	-	2	3	5	-	-	9	1

Tabla 3 Citotoxicidad de extractos solubles en agua de amalgamas y aleaciones de Galio dentales después de una y 10 semanas de almacenamiento en solución NaCl al 9%. La Citotoxicidad fue medida por diferentes ensayos neutrales rojos y expresados como el porcentaje de células en crecimiento del control. Las diferencias de los 5 experimentos; desviación estándar en el paréntesis.

Aleaciones	Corroídas por una semana		Corroídas por 10 semanas	
	Extracción (24h)	Extracción (una semana)	Extracción (24h)	Extracción (una semana)
Ga	95.6(2.4)	92.1(2.2)	84.0(3.0)	82.1(2.8)
R	96.2(2.2)	96.4(2.2)	81.6(1.8)	90.2(3.0)
D	98.1(2.5)	94.3(6.0)	80.8(3.8)	77.6(3.8)
S	101.3(1.8)	100.4(2.6)	81.9(2.5)	93.1(3.9)

### **Método de Extracción**

*Después de un período de corrosión de 1 semana y 1 de extracción de 24 hrs., S y D no presentaron ninguna toxicidad comparada con los de control, donde el Ga y R mostraron una toxicidad leve. El Ga y R eran significativamente mas citotóxicos que S. No se encontró ninguna diferencia entre el Ga, R y D. Cuando se utilizó un tiempo de extracción de una semana, solamente el Galio era mas citotóxico que S, y no se encontró ninguna otra diferencia significativa.*

*Cuando los especímenes fueron corroídos durante 10 semanas y extraídos durante 24 hrs., el Ga mostró una toxicidad ligeramente menor a todas las demás aleaciones, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Cuando se empleó un tiempo de extracción de 1 semana, el Ga y D eran mas citotóxicos que S y R. No se encontraron diferencias entre las últimas aleaciones o entre el Ga y D (tabla 3).*

### **DISCUSIÓN**

*En el caso de las amalgamas con alto contenido de Cobre, cuando se compararon con las convencionales en la relación a la ausencia de la fase de corrosión  $\tau_2$  (Estaño-Mercurio), ya se habían reportado este tipo de amalgamas con una mas alta resistencia a la corrosión (19). Sin embargo, se ha indicado que estas amalgamas también se corroen, aún mas que las amalgamas convencionales cuando son colocadas en un medio corrosivo (20). Se esperan algunas diferencias en la intensidad de la corrosión y en la composición de los productos de corrosión entre las diversas amalgamas, dependiendo de la composición de la aleación y las condiciones experimentales (21). Los productos de corrosión liberados son, en su mayoría, el Estaño, Cobre y Zinc (cuando están presentes en las aleaciones) (20,22). Una fracción de estos productos es retenida en la superficie, formando una capa de corrosión, y la otra fracción se disuelve en la solución corrosiva.*

*A pesar de que la parte principal de las aleaciones de amalgama consta de Mercurio, Plata, Estaño, y en el caso de las aleaciones no  $\tau_2$ , el Cobre, una parte apreciable de la capa de corrosión de la superficie consta de óxidos de Zinc o hidróxidos para las amalgamas que contienen Zinc. Los óxidos de Estaño son mas prominentes en las aleaciones libres de Zinc, y en el caso de las amalgamas con altas concentraciones de Cobre también existen diversos compuestos de Cobre en la superficie (23). Se ha reportado que el Zinc y el Cobre puro son significativamente mas citotóxicos que el Mercurio y la Plata pura, y que el Estaño no presenta toxicidad (24). Kawahara y col. (25) reportaron resultados similares, a excepción de la citotoxicidad que encontraron tanto en el Mercurio como en el Cobre y Zinc.*

*Las aleaciones probadas en este estudio eran citotóxicas en la mayoría de los casos, aunque fueron establecidas por completo y corroídas arriba de las 10 semanas. Se encontraron diversos grados de citotoxicidad, dependiendo de las aleaciones, su tiempo de corrosión y el método de prueba empleado. Esto concuerda con los resultados presentados por Milleding y col. (5), en donde las capas de corrosión de las superficies que se corroyeron arriba las 28 semanas tuvieron un efecto citotóxico.*

*Se sumergió a los especímenes en una solución de Cloruro de Sodio al 0.9%. Se han*

presentado diversos informes que indican que se ha corroído a las amalgamas en una solución salina o saliva artificial. Okabe y col. (26) llegaron a la conclusión que es posible utilizar una solución salina como medio de corrosión para estudiar la disolución de los elementos de las amalgamas incluso si a el promedio de corrosión sea mayor a la de la saliva humana.

Después de la corrosión, y antes de las pruebas de toxicidad, se enjuagó con agua potable a los especímenes de prueba. Concebiblemente, el efecto citotóxico se deba a que los productos de corrosión no estaban disueltos en el medio corrosivo o removidos durante el enjuague. En el método de filtración, el cual valora tanto los componentes solubles en agua como los insolubles, todas las aleaciones de amalgama mostraron una citotoxicidad moderada después de 10 semanas de corrosión. Un resultado digno de mención fué el comportamiento similar de todas las amalgamas, independientemente de que si estaban libres de Zinc (S), que tuviesen Zinc (R,D) o del tipo con altas concentraciones de Cobre (D,S) o convencional (R). Se puede explicar la toxicidad de D y R por el hecho de que ambos contienen Zinc, aunque sea en bajas concentraciones. (0.7%). Ya que S no contiene Zinc, su contenido de Cobre puede ser una posible explicación de su toxicidad.

Ninguno de los especímenes de Ga tuvieron resultados que indicaran mas que una moderada toxicidad después de la corrosión durante 1 semana. Esto puede deberse a la baja concentración de Zinc en esta aleación. No se encontraron diferencias entre los especímenes de Galio y las amalgamas después de 10 semanas (en cuanto a la corrosión). En un estudio previo (22), se mostró que dentro de los 12 días a partir del momento de la trituración, se removió el Zinc de las superficies de amalgama, y por consiguiente, se disolvió en el medio corrosivo. Esta podría ser la razón de la toxicidad reducida de D y R, pero no puede explicar el comportamiento similar de que S que no contiene Zinc. Existe la posibilidad de que la contribución inicial del Mercurio a la toxicidad de las amalgamas no sea insignificante. Se ha indicado que la concentración de Mercurio de la superficie después de la trituración es sumamente alta (27); esta concentración disminuye mas rápido durante el envejecimiento de las aleaciones, al igual que en el caso de la citotoxicidad de las amalgamas (52,28).

Se obtuvieron diferentes resultados con el método de extracción, el cual valoró solamente la citotoxicidad de productos solubles en agua de la capa de corrosión. En la mayoría de los casos, las amalgamas no eran mas citotóxicas que la aleación de Galio. Además, ninguna de las amalgamas mostró citotoxicidad marcada, y cuando se examinó a S y a D después de 1 semana de corrosión, se encontró que no eran tóxicos. En el caso de las aleaciones, se notó un incremento en la toxicidad después de la corrosión durante 10 semanas. El mayor grosor de la capa de la superficie de la corrosión y por lo tanto una mayor cantidad de productos solubles en agua que puedan separarlos, puede ser una posible explicación de estos hallazgos.

En el método de filtración, la principal contribución del efecto citotóxico posiblemente fué la presencia de los productos de corrosión retenidos en las superficies de los especímenes, mientras que en el método de extracción, los productos de corrosión que se extrajeron por lavado de la pulpa de la citotoxicidad. Los diferentes resultados obtenidos con los 2 métodos de prueba apoyan los primeros resultados de que tanto la solución de los productos de corrosión como sus diferencias reales en la toxicidad son factores determinantes en la citotoxicidad de las aleaciones corroídas (5).

*Ante las limitaciones de este estudio in vitro, al parecer, la aleación de Galio no era mas citotóxica que las aleaciones de amalgamas probadas. Este resultado alienta la realización de mayores estudios sobre su biocompatibilidad. El hecho de que esta aleación no contiene Mercurio crea una interesante alternativa en las amalgamas dentales. Sin embargo, se deben realizar mayores desarrollos de la aleación de Galio, ya que su resistencia a la corrosión es baja y existen problemas relativos a las propiedades de manejo.*

***Pruebas de Des-unión y Microfiltración de Restauraciones  
de las Aleación de Galio y Amalgamas Restaurativas.***

Presentación # 44, 12 de Marzo de 1992

## **Pruebas de Microfiltración y de Desunión de las Regeneraciones de la Aleación de Galio y de la Amalgama Adhesiva**

**M. KAWAKAMI, M. STAINEC, (Universidad Osaka, Facultad de Odontología, Japón; Universidad de California, San Francisco, E.U.A.).**

### **INTRODUCCIÓN**

La venta de los cementos de resina adhesivos, capaces de adherirse químicamente a los metales, ha conducido al uso de estos cementos para pegar a la amalgama recién mezclada a la estructura dental en la técnica adhesiva de la amalgama (Shimizu y col., 1986, Varga y col. 1986, Staninec & Holt, 1988). Por medio de experimentos in vitro, se ha mostrado que esta técnica tiene muchas ventajas: se reduce enormemente la microfiltración (Shimizu y col., 1987, Varga y col. 1986, Staninec & Holt, 1988); se pueden inhibir las recurrencias de caries (Torrii y col., 1989); se puede obtener la retención por medio de la adhesión sin cories similares o mejores a la técnica tradicional (Staninec, 1989, Torrii & Staninec, 1989); y se puede fortalecer la estructura dental restante (Eakle y col., 1990, Christensen y col., 1991). Las fuerzas de adhesión de las amalgamas que están unidas al esmalte se han aproximado al de las resinas compuestas (Staninec & Holt, 1988). Recientemente, se han introducido resinas adhesivas que se unen al metal como a la dentina. La amalgama de Plata sigue siendo el material mas popular para las restauraciones directas de los dientes posteriores en los Estados Unidos, pero debido a las preocupaciones sobre el contenido de Mercurio en la amalgama de Plata, se ha estado vendiendo en Japón una aleación de Galio libre de Mercurio, como un sustituto para la amalgama.

### **PROPÓSITO**

El propósito de este estudio fué el de examinar la capacidad de la resina adhesiva recientemente introducida para unir la amalgama y la aleación de Galio a la dentina, e inhibir la microfiltración in vitro.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los materiales empleados fueron:

- AB,LF (ALL-BOND 2, Liner F, Bisco, Downers Grove, Ill. E.U.A.);
- PA (PANAVIA EX, Kuraray Co., Ltd, Osaka Japón);
- Am (Dispersalloy J & J New Brunswick, N.Y., E.U.A.)
- Ga (Aleación de Galio, Tokuriki Honten Co., Ltd, Tokio, Japón).

De acuerdo a las instrucciones del fabricante, se manejaron y mezclaron los materiales.

### **Prueba de Desunión.**

Se utilizaron 36 dientes molares humanos, libres de caries, restauraciones u otros defectos, y fueron almacenados en agua durante 6 meses después de la extracción. Se removió el esmalte de la superficie oclusal, y las superficies expuestas de dentina fueron seccionadas con papel de carburo de silicón húmedo de 600. Se cortó la raíz del diente con un aparato de diamante enfriado por agua (Isomet). Los bloques de dentina fueron sumergidos a los sostenedores metálicos con un yeso. La dentina fué ligeramente revestida con papel de arenilla de 600 antes de los procedimientos adhesivos para remover cualquier contaminante. La zona de adhesión fué limitada por una matriz de fuerza Mylar (0 = 5.0 mm) y un tubo de polietileno, cuyo diámetro interno era de 5.0 mm, que estaba fijado a ésta con cerca. Se dividió a esos especímenes en 3 grupos: los materiales fueron colocados así:

#### **Grupo 1. AB, LF, Am**

- 1) Durante 15 seg., con el All-Eich, se grabó la superficie de la dentina.
- 2) Fueron lavados durante 15 seg. y lentamente secados.
- 3) Se mezcló el 1er A y B y se aplicó 5 capas a la superficie condicionada, y se deja secar la última capa durante 30 seg.
- 4) Se aplicó Liner F.
- 5) Inmediatamente se condensó la Dispersalloy.

#### **Grupo 2. AB, LF, GA**

- 1) Durante 15 seg., con el All-Eich, se grabó la superficie de la dentina.
- 2) Fueron lavados durante 15 seg. y ligeramente secados.
- 3) Se mezcló el 1er A y B y se aplicó 5 capas a la superficie condicionada, y se deja secar la última capa durante 30 seg.
- 4) Se aplicó el Liner F.
- 5) Inmediatamente se condensó la Aleación de Galio.

#### **Grupo 3. PA, Am**

- 1) Durante 40 seg., con el GRABADOR K, se grabó la superficie de la dentina.
- 2) Se lavaron durante 15 seg. y se secaron durante 30 seg.
- 3) Se aplicó el Panavia EX recién mezclado a la dentina.
- 4) Inmediatamente se condensó la Dispersalloy.

El espécimen resultante fué un cilindro de amalgama o aleación de Galio de 2.5mm de altura y 5.0mm de diámetro, que estaba adherido a la superficie plana de la dentina. Se almacenó a los especímenes en una zona humidificada al 100% a la temperatura del cuarto de experimentos durante 24 hrs. antes de la prueba. Después de la remoción del tubo de polietileno y matriz de Mylar, por medio de una prueba de corte en una máquina de prueba Instron, a una velocidad de 0.5 mm/min, se determinaron las fuerzas del enlace de acción. Se aplicó la fuerza con un filo paralelo a la interfase adherida, muy cerca de la dentina (fig. 1). La fuerza media del enlace fué calculada y expresada en Mpa (según sus siglas en

ingles). Se compararon los resultados con un análisis de variación con  $p < 0.05$ . Se examinaron las superficies separados con un pequeño microscopio que se utiliza para este tipo de casos.

#### **Prueba de Microfiltración**

Se utilizaron 20 dientes premolares humanos, almacenados en agua durante 6 meses después de la extracción. Se prepararon las cavidades Clase V en forma de caja con márgenes cervicales terminados o debajo de la unión cemento-esmalte. Los dientes fueron preparados con 3 diferentes restauraciones adhesivas y amalgama o aleación de Galio, y son:

##### **Grupo 1. AB, LF, Am**

- 1) Durante 15 seg., con un All-Etch, se grabó la superficie dental.
- 2) Son enjuagados durante 15 seg. y ligeramente secados.
- 3) Se mezcló el 1er A y B y se aplicó 5 capas a la superficie condicionada, y se deja secar la última capa durante 30 seg.
- 4) Se aplicó el Liner F.
- 5) Inmediatamente se condensó la Dispersalloy.

##### **Grupo 2. AB, LF, GA**

- 1) Durante 15 seg., con el All-Etch, se grabó la superficie dental.
- 2) Fueron enjuagados durante 15 seg. y ligeramente secados.
- 3) Se mezcló el Elemental A y B y se aplicó 5 capas a la superficie condicionada, y después se coloca la última capa.
- 4) Se aplicó el Liner F.
- 5) Inmediatamente se condensó la Aleación de Galio.

##### **Grupo 3. PA, Am**

- 1) Durante 40 seg., con el GRABADOR K, se grabó la superficie dental.
- 2) Son lavados durante 15 seg. y ligeramente secados.
- 3) Se aplicó a la dentina el Panavia EX recién mezclado.
- 4) Inmediatamente se condensó la Dispersalloy.

##### **Grupo 4. Am**

- 1) Se condensó la Dispersalloy.

##### **Grupo 5. Ga**

- 2) Se condensó la Aleación de Galio.



### PRUEBAS DE DESUNION

Grupo (N)	Resistencia a Desunión $\pm$ SD en MPa
AB-LF-Am (12)	10.4 $\pm$ 1.4
AB-LF-Ga (12)	11.5 $\pm$ 1.8
PA-AM (12)	1.3 $\pm$ 1.4

Las barras verticales no indican diferencia significativa

### PRUEBAS DE MICROFILTRACION

Grupo (N)	Profundidad de penetración de Tintura (mm) $\pm$ SD	
	Pared Oclusal	Pared Gingival
AB-LF-Am (5)	0.000 $\pm$ 0.000	0.024 $\pm$ 0.054
AB-LF-Ga (5)	0.004 $\pm$ 0.001	0.004 $\pm$ 0.001
PA-Am (5)	0.252 $\pm$ 0.220	0.835 $\pm$ 0.313
Ga (5)	1.294 $\pm$ 0.536	1.128 $\pm$ 0.356
Am (5)	1.510 $\pm$ 0.121	1.174 $\pm$ 0.098

Las barras verticales no indican diferencia significativa

*Durante 24 hrs. se almacenó a cada diente restaurado en agua destilada a 37°C. Por medio de discos Soflex, fueron pulidas las restauraciones, y cada diente, a excepción de la ventana ancha de 0.5mm que rodea a la restauración, fué cubierto con barniz. Después, los dientes fueron termociclados a 200 ciclos en agua con duración de tiempo de 60 seg. Después del ciclado, los dientes fueron sumergidos en solución básica de fushina al 0.5% por 24 hrs. usando un cortador de diamante, los dientes fueron seccionados por dentro de las restauraciones y examinados bajo un stereomicroscopio entre las aplicaciones fueron comparadas por una forma de análisis de variación  $p < 0.05$ . Solo la filtración entre el Liner y dentina fué medida. La ligera filtración que se observó entre las aleaciones y el Liner no fué de cuidado.*

*En los grupos con All. Bond y Liner F. La falla fué variable, algunas veces en las líneas de interfase de la dentina, otras en las líneas de interfase de la aleación, con algunas partículas metálicas, en las líneas. En el grupo de amalgama de Panavia, la falla ocurrió mas entre la Panavia y la dentina.*

## DISCUSIÓN

*Los resultados de las pruebas de Des-unión indican que la resistencia del adhesivo con el grosor de la dentina es comparable con otra 3a generación de adhesivos de dentina que puede obtenerse con el ALL-BOND y sistema de LINER F, usando ya sea la amalgama o la aleación de Galio para el grosor de la restauración. Solo se probaron los enlaces de dentina, y debido a que el Panavia no es un buen agente de unión con la dentina los resultados obtenidos no fueron tomados en cuenta. En este estudio no se realizaron pruebas de adhesión del esmalte, pero de acuerdo con resultados previos podríamos decir que existe una comparabilidad aproximada entre el Panavia y ALL-BOND. El estudio # 217, presentado en esta reunión, comparo la retención de las restauraciones de amalgama y aleación de Galio, usando el ALL-BOND con el Liner F y PANAVIA y los resultados fueron comparables en las cavidades con paredes de esmalte en su mayoría.*

*En el caso de las cavidades donde hay poco esmalte que adherir, el ALL-BOND con el LINER F podría proporcionar una retención superior. Los resultados de la aleación de Galio fueron estadísticamente similares a los de la amalgama, indicando que en términos de su capacidad de adhesión a las superficies dentales, la aleación de Galio es un buen sustituto de la amalgama. nuestros resultados sobre la amalgama adherida a la dentina con el PANAVIA son un poco mas bajos a los reportados por Covey y Moon, (1991). La diferencia puede deberse parcialmente a las variaciones en los método de prueba, ya que no son estandarizados.*

*Los resultados de filtración indican que mientras que ambos adhesivos redujeron la filtración, ALL-BOND con el LINER F fué mas efectivo con las restauraciones de amalgama y aleación de Galio. Tanto en las paredes del esmalte como en las dentinarias se observo esta diferencia, pero fué mas pronunciada en las paredes dentinales. Posiblemente la ausencia dental virtual de la filtración en las restauraciones unidas con ALL-BOND con el LINER F, este relacionada no solo con las buenas propiedades adhesivas de este material, sino también al hecho de que la amalgama no se contrae al momento de la colocación como las resinas compuestas, y en realidad la aleación de Galio se expande. Un previo estudio de*

*(Staninec, Wada y Wafanabe, 1988) comparó la amalgama y la resina compuesta adheridas ambas con PANAVIA en cavidades clase II. En este estudio la resina compuesta presentó una mayor filtración, probablemente debido a la contracción de la polimerización. Otra fuerza que pudo alterar la interfase y acrecentar la filtración es la contracción térmica del grueso del material restaurado.*

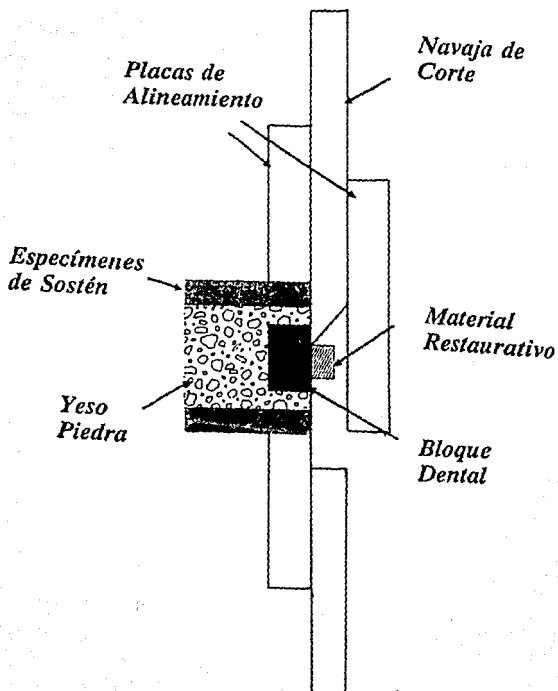
*Al parecer las aleaciones fueron adheridas con el ALL-BOND y el LINER F para resistir esta fuerza. Tanto éste como estudios previos in vitro han indicado que las restauraciones de amalgama pueden verse beneficiadas en gran medida con las técnicas adhesivas de colocación, al igual que las resinas compuestas y otros materiales. Se ha descrito la técnica clínica (Shimizu y col., 1987, y Lacy y Staninec, 1990), pero son sumamente necesarias las pruebas clínicas que comparen el adhesivo con las restauraciones de amalgama adicionales.*

### CONCLUSIONES

- 1. La amalgama y la aleación de Galio se desarrollaron de manera similar en la resistencia del enlace con respecto a las pruebas de microfiltración y dentina.*
- 2. El ALL-BOND con el LINER F es más efectivo que PANAVIA al adherir la amalgama y las aleaciones de Galio a la dentina.*
- 3. Tanto el PANAVIA como el ALL-BOND con el LINER F reducen significativamente la microfiltración que se presenta alrededor de la amalgama y aleación de Galio, pero es más efectivo el ALL-BOND con el LINER F.*

Fig. 1

## GUIA DE CORTE



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## REFERENCIAS

1. Svare C, Peterson L, Rainhardt J y col. Los efectos de las amalgamas dentales con niveles de Mercurio desprendido en el aire. *J Dent Res* 1981., 60:1668-71.
2. Abraham J, Svare C, Frank C. Los efectos de los niveles de una restauración dental de amalgama con Mercurio en sangre. *J Dent Res* 1984., 63:71-3
3. Berglund A, Pohl L, Olsson S, Bergman M. Determinación del promedio de liberación del vapor de Mercurio infra-oral de amalgama. *J Dent Res* 1988., 67:1235-42.
4. Vimy M, Lorscheider F. Mercurio infra-oral liberado de la amalgama dental. *J Dent Res* 1985., 64:1072-5.
5. Milleding P, Wennberg A, Hasselgren G. Citotoxicidad de amalgamas dentales de Plata corroidas y no corroidas. *Scand J Dent Res* 1985., 93:76-83.
6. Kvicksilver/amalgama Hälsoresker. Stockholm: Socialstyrelsen redovisar 1987., 10:28-40.
7. Puttkammer A, amalgama libre de Mercurio? *Zahnaerztl Rundsch* 1928., 35:1450-4.
8. Smith DL, Caul HJ. Aleaciones de Galio con metales de polvo como posible reemplazo de las amalgamas dentales. *J Am Dent Assoc* 1956., 53:315-24.
9. Smith DL, Caul HJ, Sweeney AB. algunas propiedades físicas de Aleaciones de Galio-Cobre-Estaño. *J Am Dent Assoc* 1956., 53:667-85.
10. Lyon H, Waterstrat R, Paffenbarger G. Leves respuestas tisulares a implantes de Aleaciones de Galio y amalgamas de Plata. *J Am Dent Assoc* 1966., 72:659-64.
11. Yamashita T, Itoh K, Wakumoto S. Estudio Clínico de una Aleación experimental conteniendo Galio. *Dent Mater J* 1989., 8:135-40.
12. Carter DE, Bellamy WT. Toxicología del grupo III-IV semiconductor intermetálico, Galio-Arsénico. In: Clarkson T, Friberg L, Norberg G, Sager P, Editores. *Monitoreando la toxicidad Biológica metálica*. N.Y.: Plenum press, 1988 :455-68.
13. Foulter DA. Mecanismos del Indio-Talio-Arsénico Relación de Toxicidad en las células y daño Biológico. In: Clarkson T, Friberg L, Norberg G, Sager P, Editores. *Monitoreando la toxicidad Biológica metálica*. N.Y.: Plenum press, 1988 :469-71.
14. Wennberg A. Evaluación Biológica de materiales dentales en células cultivadas: Revisión. *ATLA* 1986., 13:194-202.
15. Wennberg A, Hasselgren G, Tronstad L. Un método de Toxicidad usando biomateriales en células cultivadas en un filtro millipore. *J Biomed Mater Res* 1979., 13:109-20.
16. Kaga M, Scale MS, AnawaT, Terracane JL, Okawa T. Citotoxicidad de amalgamas *J Dent Res* 1988., 67:1221-4.

*Retención de Amalgama Adherida y Restauraciones con  
Aleación de Galio.*

Resumen AADR # 217

**Retención de las Restauraciones de Aleación de Galio y  
Amalgama Adherida**

W.S. Eakle, M. Staninec, R.L. Yip, M.A. Chavez.  
Departamento de Odontología Regenerativa  
Apartado postal 0758  
Universidad de California  
707 Parnassus Avenue  
San Francisco, California 94143

**INTRODUCCIÓN**

*Las restauraciones con amalgama han sido tradicionalmente usadas en las preparaciones de las cavidades en forma de retención, incluyendo las ranuras y colas de milano interproximales. La remoción de la caries especialmente en la pequeña lesión interproximal, no siempre da como resultado una retención y resistencia suficiente en las cavidades para sostener a la amalgama en los bordes oclusales. Así, se debe remover la estructura dental para laborar una preparación de retención cavitaria.*

*Recientemente, una técnica de adhesión de amalgamas en la estructura dental con un liner adhesivo de resinas ha presentado una resistencia similar a la de las resinas compuestas adheridas (1). Al parecer la retención de las amalgamas adheridas es comparable o superior a la retenida por los cortes profundos (2).*

*En los últimos años, se ha vendido la aleación de Galio en Japón como un sustituto de la amalgama. El propósito de este estudio fué comparar la capacidad de las 3 resinas adhesivas para adherir las amalgamas y aleaciones de Galio en las preparaciones proximales no retentivas y comparar también la retención de estas restauraciones con las convencionales de Clase II retenidas en las ranuras proximales y colas de milano oclusales cuando se colocan en los bordes oclusales simulados.*

**MATERIALES Y MÉTODOS**

*Para este estudio, se extrajeron 150 dientes superiores de aproximadamente del mismo tamaño, libres de caries u otros defectos. Después de la extracción y entre los procedimientos restaurativos y de prueba, se almacenaron a todos los dientes en agua a la temperatura del cuarto de experimentos. En la superficie mesial, utilizando una fresa de carburo # 245 de alta velocidad equipada con spray de agua, se preparo la cavidad proximal de cada diente. En la preparación se redondearon los ángulos lineales con la fresa,*

sin indicios de retención ni cortes profundos y una zona central ligeramente mas profunda, (Fig.1). Usando instrumentos manuales y fresas para medir la profundidad y anchura, el operador procedió a elaborar la preparación de las cavidades con un mismo tamaño y forma.

Después de que todas las preparaciones fueron cortadas, se dividió al azar a los dientes en 10 grupos de 15 dientes cada grupo. En la preparación básica no retentiva, los dientes preparados en 2 grupos recibieron otras modificaciones por la adición de una cola de milano ranuras de retención proximales, lo cual lo hizo similar a una preparación convencional Clase II (fig.2). De esta manera las preparaciones en 8 grupos fueron idénticas sin cortes profundos para retener las restauraciones. Con el objeto de restaurar a 2 grupos de dientes, se utilizó una amalgama (tytin) sin un liner de resina: 1 grupo no retentivo y 1 grupo de preparación convencional con cola de milano y ranuras de retención. Para la restauración de 2 grupos similares, se utilizó una aleación de Galio (aleación de Galio GF) sin un liner de resina. Se enjuagaron con agua y se secaron por 15 segundos con aire libre de impurezas a los 4 grupos. Se colocó una banda matriz con un retenedor Tofflemire, de acuerdo a las instrucciones del fabricante (Wig-I-buc, Crescent Dental Mfg.Co.Chicago, Ill), se trituró la amalgama o la aleación de Galio se condensa en la preparación usando una presión vertical y lateral. Con un cortador A-1, se procedió a cortar a la aleación hacia el contorno anatómico, pero la ondulación marginal fué ligeramente mas abultada de lo usual para ayudar a las pruebas. En los 6 grupos restantes con cajas no retentivas, se utilizaron liners de resina para adherir la amalgama o aleación de Galio a la dentina y esmalte. Se utilizaron 3 diferentes liners de resina:

1. Panavia EX (Kuraray Co.; Ltd; Osaka, Japón)
2. ALL-BOND (Bisco, Downers Grove, Illinois)
3. Amalgama Adhesiva (Parkell, Farmingdale. N.Y.)

Cada liner fué utilizado para adherir amalgama en 1 de los 3 grupos y aleación de Galio otro de los 3 grupos. En todos los grupos con liners adhesivos de resina, la aleación fué colocada antes del endurecimiento de la resina.

En el caso de los grupos de amalgama aleación de Galio adheridos con Panavia, en cada preparación el esmalte y la dentina fueron grabados con 37% de ácido fosfórico durante 30seg., enjuagados con agua durante 30seg. y secados durante 15seg. con aire libre de impurezas. Con un fino cepillo, en las paredes de la cavidad se esparció una ligera capa de Panavia EX. Una banda matriz con un liner Tofflemire fué colocado en el diente, y la amalgama y la aleación de Galio fueron condensadas y cortadas de la misma manera que en los otros grupos. Después de la remoción de la banda matriz y los cortes, las restauraciones en el grupo de la amalgama fueron cubiertas con gel de alcohol polivinílico (Oxiguard, Kuraray Co.), durante 6 minutos para eliminar el oxígeno y permitir una completa polimerización de la resina en el margen.

Antes de colocar la amalgama o la aleación de Galio, y siguiendo las instrucciones del fabricante, se llevaron a cabo las técnicas de colocación, de grabado de tiempo y materiales para el All-BOND y Amalgama Adherida. En el grupo ALL-Bond, se utilizó el liner F para adherir las aleaciones. Al igual que en los grupos previos las aleaciones fueron colocadas y grabadas.



En estos grupos no se requirió gel de alcohol de polivinilo. Después de la restauración, todos los grupos fueron almacenados en agua durante 48 horas antes del termociclado. Con un tiempo de vida de 30seg. y en cada ciclo y a temperaturas entre los 5 y 55°C, los dientes pasaron por un termociclado de 600 ciclos. Antes de la prueba, durante 5 días se reintegraron los dientes al agua a la temperatura del cuarto de experimentos.

Para probar la retención de las restauraciones, los dientes restaurados fueron montados en bloques de acrílico (resina ortodóntica, L.D. Caulk Co., Milford, DE), después fueron colocados en una máquina de prueba Instron y las restauraciones fueron cargadas con una fuerza oclusal simulada en contra del borde marginal a 45°C, usando un punto de prueba despuntado de acero inoxidable (fig.3). Se aplicó la carga a una velocidad entre cruzada de 5mm/min. hasta que la restauración fué desplazada del diente. Se registró tanto la velocidad en kilogramos necesaria para desplazar la restauración, como el tipo y localización del defecto.

## RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas entre la tytin y las aleaciones de Galio en cada 1 de los 5 métodos de retención empleados (ANOVA de 2 vías,  $p < 0.05$ ). Las aleaciones colocadas en las cajas no retentivas sin liners de resina fueron significativamente menos retentivas que todos los demás grupos ( $p < 0.05$ ). Cuando se empleo la tytin, no se encontraron diferencias en la retención entre las restauraciones retenidas con Panavia, ALL BOND, o una cola de milano oclusal y ranuras de retención ( $p < 0.05$ ), pero la amalgama adherida fué menos retentiva que los otros 3 métodos. Cuando se utilizó la aleación de Galio tanto en Panavia como el ALL BOND fueron mas retentivos que las cavidades con cola de milano y las ranuras de retención ( $p < 0.05$ ), pero la amalgama adhesiva fué comparable a la cola de milano y a las ranuras. En la tabla 1 se muestra las fuerzas necesarias para desplazar las restauraciones de la tytin y la aleación de Galio.

	Caja	Entrecierre	Panavia	ALL-BOND	Amalgama Adhesiva
TYTIN	1.4±3.9	26.6±10.7	26.4±9.4	27.5±9.6	17.6±8.6
GALIO	2.3±6.1	23.1± 8.2	29.5±8.6	33.9±10	17.7±5.6

Las aleaciones de las cajas no retentivas sin liners de resina fueron completamente desplazadas de las preparaciones; la gran mayoría de las aleaciones cayeron durante el termociclado. Las aleaciones retenidas con cola de milano o ranuras de retención fueron fracturadas en el mismo. Las aleaciones de resina adherida presentaron uno de los siguientes comportamientos:

1. Fueron totalmente desplazadas.
2. Toda la aleación fué desplazada, pero las porciones de esmalte fueron arrancadas de las paredes de preparación.

### 3. La aleación fué fracturada con una porción adherida a la preparación.

En el grupo de la amalgama adherida, todas las restauraciones fueron totalmente desplazadas.

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que los liners adhesivos de resina pueden acrecentar en gran medida la retención de la amalgama o aleación de Galto en las preparaciones de las cavidades, donde no existe retención mecánica. Se estableció que las resinas se adhieren al esmalte grabado y existe una menor adhesión con la dentina. El PANAVIA y ALL-BOND proporcionaron una mejor retención que la amalgama adherida, y fueron por lo menos comparables en la retención a las colas de milano y ranuras de retención. En el caso de la aleación de Galio, la amalgama adherida fué también comparable a la cola de milano y a las ranuras. Estos resultados son significativos ya que implican que se pueden desarrollar nuevos diseños para tomar ventaja de la retención de la resina y disminuir la pérdida de la estructura dental reducida para elaborar una retención mecánica. En algunos estudios, se ha demostrado que las amalgamas adheridas reducen el grado de las microfiltraciones e inhiben la aparición de caries, otros estudios han indicado también el potencial para volver a adquirir parte de la fuerza de los dientes, la cual se perdió debido a la preparación de la cavidad al adherir las aleaciones a los dientes. Sin embargo, al igual que en la mayoría de los estudios de laboratorio, se pueden confirmar estos resultados con pruebas clínicas controladas a largo plazo. No se sabe gran cosa sobre la durabilidad, integridad marginal y efecto de la corrosión de la aleación en la fuerza de las restauraciones adheridas después de un período de tiempo en la boca. Sin embargo, debe ser similar la unión inicial obtenida in vitro ya que presumiblemente gran parte de la fuerza se deriva de la unión con el esmalte.

En este estudio, la aleación de amalgama no proporcionó tanta retención de las aleaciones como el PANAVIA y el ALL-BOND. En un estudio previo sobre la amalgama adherida, usando PANAVIA, examinamos las secciones por medio de las restauraciones adheridas y dientes, y se encontró que la amalgama estaba entremezclada con el liner de resina en la interfase entre la aleación y el diente. Este entrecierre de amalgama y resina posiblemente sea el responsable de la gran parte de retención entre las 2, y no lo es de cualquier enlace químico que pudiera presentarse. En este estudio, encontramos que la aleación de amalgama se adhiere con mayor rapidez que otras resinas empleadas. A pesar de que intentamos colocar las aleaciones de manera rápida antes de que las resinas pudieran adherirse, por medio del ALL-BOND, es posible que se presente un incremento en la viscosidad o adhesión inicial y no permita el grado de entrecierre con la aleación que ocurrió con el PANAVIA y el ALL-BOND.

Por lo general, la débil unión entre la restauración y el diente es el liner de resina. Sin embargo, en algunos de los especímenes de este estudio, el esmalte se fracturó y permaneció adherido a la restauración- Tal y como se esperaba, las aleaciones retenidas en la cola de milano oclusal y en las ranuras de retención resultaron fracturadas en el istmo, la débil porción de la restauración, donde la tensión es mas fuerte.

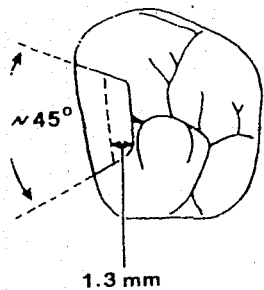
*En este estudio con aleaciones adheridas, la aleación de Galio se desarrolló tan bien como la titán. Los estudios sobre biocompatibilidad de la aleación de Galio en animales de laboratorio realizados en Japón, muestran que ésta no fué significativamente diferente a la amalgama y resina constitutiva en la respuesta pulpar que invoca. Las pruebas sobre toxicidad oral subaguda en ratas también sugieren que posiblemente sean seguras cuando se utilicen clínicamente. La aleación de Galio puede probar que es una alternativa viable a la amalgama, en cuanto a las alergias de Mercurio o en los pacientes fóbicos.*

### **CONCLUSIÓN**

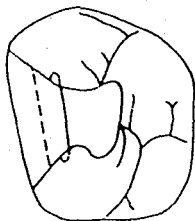
*La adhesión de la amalgama y las aleaciones de Galio en la estructura dental con liners adhesivos de resina puede acrecentar la retención en la parte proximal, lo cual es comparable al uso de una cola de milano oclusal y ranuras proximales de retención. Se pueden desarrollar nuevos diseños de preparación que tengan la ventaja de la retención de resinas y preserven la estructura dental, que, por lo general se tendría que remover para proporcionar una retención mecánica.*

## REFERENCIAS

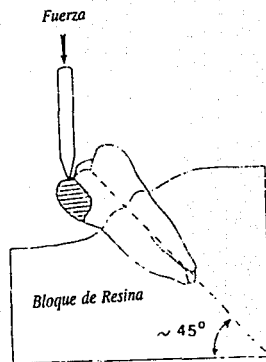
- 1.- Covey, D.A. y Moon, P.C. Resistencia de enlace de la amalgama adherida a dentina. *Am. J. Dent.* 1991; 4: 19-22.
- 2.- Christensen, G. J; Hunsaker, K. J; Banherter, V. y Christensen, R. Influencia de una Amalgama Adherida en la Resistencia de Fractura sobre la cúspide Molar. *J. Dent Res.* 1991, IADR Resumen # 279, 70:300.
- 3.- Eakle, W. S., Staninec, M., Lacy, A. M. y Clark, E. J.: Efectos de una Amalgama Adhesiva MOD Sobre la Resistencia de Fractura del Diente. *J. Dent. Res.* 1990, Resumen # 1429, 69:287.
- 4.- Lacy, A. M. y Staninec, M.: La Restauración de Amalgama Adherida. *Quintaescencia Internacional* 20:521-524.
- 5.- Shimisu, A., Ui, T. y Kawakami, M. Resistencia Adhesiva entre Amalgama y Tejidos duros del Diente con aplicación de Fluor, Cemento de Ionómero de Vidrio y un Cemento de Resina compuesta en varias combinaciones. *Dent. Mater. J.* 1986; 5:225-232.
- 6.- Shimisu, A., Ui, T. y Kawakami, M. Microfiltración de Restauraciones con Amalgamas, Cemento de Resina Adhesivo, Cemento de Ionómero de Vidrio base y tratamiento de Fluor. *Dent. Mater. J.* 1986; 6:64-69.
- 7.- Shimisu, A., Ui, T. Kawakami, M. y Tsuchitani, Y. Restauración de Amalgama Adhesiva con Sellador de Cemento de Resina. *Técnica Básica y 3 casos Clínicos. Jpn. J Diente Conservado.* 1987; 30 (4): 1192-1119.
- 8.- Staninec, M. y Holt, M.: Adhesividad de Amalgama a la Estructura Dental: Pruebas de Tensión Adhesión y Microfiltración. *J. Prosth. Dent.* 1988; 59 (4): 397-402.
- 9.- Staninec, M. Retención de las Restauraciones con Amalgama: Cortes Profundos vs Adhesividad. *Quintaescencia Internacional* 20: 347-351.
- 10.- Staninec, M; Wada, C. S. y Watanabe, L.: Efecto de Contracción por Polimerización sobre Filtración de Restauraciones Clase II. *J. Dent. Res.* 1988, Resumen # 667, 67: 196.
- 11.- Torii, T., Staninec, M., Kawakami, M., Imazato, S., Torii, M. y Tsuchitani, Y.: Inhibición de caries alrededor de las Restauraciones con Amalgama por Amalgama Adhesiva In vitro. *Oper. Dent.* 14: 142-148.
- 12.- Torii, Y. y Staninec, M.: Eficacia de varios Adhesivos y efectos de Termociclado sobre Retención en Restauraciones con Amalgamas Adheridas *Transacciones, Congreso Internacional de Materiales Dentales, 1989, pp 243-244*
- 13.- Varga, J., Matsunara, H. y Masuhara, E. Amalgama Adherida a la cavidad del Diente Obturado con Resina Adhesiva. *Dent. Mater. J.* 5 (2): 158-164, 1986.



**Fig. 1**  
Preparación con caja  
no Retentiva.



**Fig. 2**  
Caja Proximal con Ranuras y  
Cola de Milano Adherida.



**Fig. 3**  
Diente montado bajo simulada  
Carga Oclusal