

## Ultimos avances en el área de las amalgamas dentales

---

DRA. LILIAN F. IBORRA \*  
DR. JAIME E. ALVAREZ \*\*

---

Palabrasclaves: Amalgamas-AltocontenidoCobre

---

### SUMARIO

Se analizan las diversas aleaciones existentes para la amalgama dental y su evolución. Se desarrolla específicamente el estudio de aleaciones con alto porcentaje de cobre, con la intención de explicar las modificaciones en su composición y relacionar su micro-estructura con las propiedades físicas, químicas y su manipulación.

A pesar de estas limitaciones respecto a la resistencia y la estética y aunque nuevos materiales han aparecido, se ha mantenido su uso con muy pocas modificaciones en su composición desde 1896, año que Green Vardiman Black propuso la fórmula quinaria de la aleación para amalgama. Por esta razón, probablemente ningún otro material restaurador ha sido objeto de tantas investigaciones clínicas y de laboratorio, como la aleación para amalgama dental. En las dos últimas décadas, nuevos avances importantes se han realizado, tanto en su composición, como en la forma y tamaño de sus partículas.

### INTRODUCCION.

La amalgama dental es un aceptable material restauratriz; constituye hoy aproximadamente el 80% de las restauraciones realizadas en la cavidad oral<sup>(1)</sup>. Será quizás, modificada o sustituida en el futuro, por una sustancia más estética y resistente, pero actualmente continúa siendo utilizada en restauraciones que deben soportar tensiones no excesivas y en zonas donde la estética no juega un papel primordial.

Es bastante corriente observar restauraciones de amalgama en la cavidad oral que han fracasado; no solamente por una incorrecta selección del caso clínico, por un defectuoso tallado cavitario o por una inapropiada manipulación, sino por problemas inherentes a la propia composición de la aleación. Prueba de ello son: la corrosión, fracturas de la masa de amalgama terminada y el deterioro marginal en la interfase amalgama diente, causa de caries recurrente o secundaria.

---

\*Profesora Directora (Interina) Cátedra de Técnica de Operatoria Dental.

\*\*Profesor Adjunto Cátedra de Técnica de Operatoria Dental.

Recibido para publicar: octubre 1979

Por estas observaciones, las investigaciones y estudios que constantemente se realizan, intentan mejorar las propiedades físicas de la amalgama, variando el tamaño y forma de las partículas de sus aleaciones, modificando su fórmula y las técnicas de manipulación.

Como resultado de estas investigaciones se han desarrollado una gran variedad de nuevas aleaciones, que nos llevan a reunir e interpretar la nutrida información que sobre ellas existe.

## 1) ALEACIONES CONVENCIONALES

a) **Aleaciones de corte fino.**- Son aleaciones que poseen partículas tipo limaduras, que se obtienen por corte o desgaste del lingote con instrumental apropiado. Su fórmula cuaternaria es la siguiente: Plata 65% como mínimo; Estaño 25% a 27%; Cobre 4 a 6% y Zinc 2% como máximo.

Las amalgamas realizadas con este tipo de aleaciones generalmente tienen una relación mercurio-aleación de 8/5 o de 6/5. Durante la trituración, el mercurio difunde en las partículas de limadura, produciéndose una contracción inicial, debida a la reducción de volumen. Luego comienza la formación de las fases  $\gamma$  y  $\gamma_2$ ; cuando estas fases cristalizan, crecen en forma de dendritas, lo que trae como consecuencia una expansión de fraguado. Por consiguiente, toda manipulación que favorezca la formación de ambas fases, da por resultado una mayor expansión.<sup>(2)</sup>

De esto se desprende que disminuyendo la formación de alguna de estas fases, la amalgama tendrá contracción, como ocurre en las nuevas aleaciones que usan una relación aleación-mercurio menor y que pretenden eliminar la formación de fase  $\gamma_2$ . Se ha calculado que en una amalgama normalmente triturada la cantidad de fase  $\gamma_2$  es de un 13%.<sup>(3)</sup>

b) **Aleaciones de Micro-corte.**- Reduciendo aun más el tamaño de las partículas de la aleación por molido, se logró modificar algunas de las propiedades finales de la amalgama que se encuentran mejoradas con respecto a las realizadas con las aleaciones anteriormente citadas.-

Se logró un escurrimiento o flow menor, una resistencia inicial mayor y un tiempo de endurecimiento más corto. Sin embargo, como la velocidad de reacción de las pequeñas partículas con el mercurio es muy rápida, puede dar por resultado más porosidad conforme se condensa la amalgama, reteniéndose mayor porcentaje de mercurio residual, a consecuencia de la mayor velocidad de reacción. Estos factores pueden ser la causa de valores de corrimiento o creep más altos y comportamiento clínico inferior al de las amalgamas realizadas con partículas esféricas.<sup>(1)</sup>

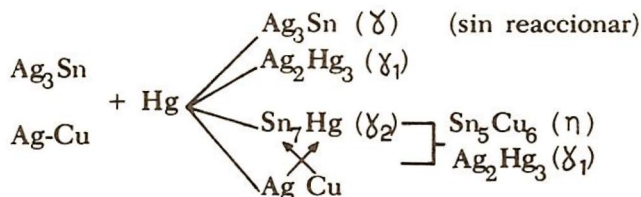
c) **Aleaciones de partículas esféricas.**- En 1960, con la introducción de aleaciones con partículas esféricas, se logró una resistencia prematura mayor (25% más alta) que las aleaciones convencionales tipo limadura, así como una mayor resistencia final y mejor integridad marginal. Si bien exhi-

ben una expansión reducida e incluso una pequeña contracción, ésta se encuentra dentro de los valores aceptados por la A.D.A., que son de  $\pm 20\mu/cm^2$ .

**II) ALEACIONES DE FASE DISPERSA.-**

En la década del 40, John Anderson (químico) preconizó realizar mezclas de: Amalgamas de cobre y Amalgamas convencionales, en un intento de mejorar propiedades. Fue el verdadero precursor de las amalgamas actuales; aunque se consideró, en su momento, un procedimiento poco científico.

En 1963, Youdelis e Innes<sup>(4)</sup>, combinando partículas esféricas de una aleación eutéctica de 72% de Plata y 28% de Cobre, con otra aleación de tipo convencional, obtuvieron una masa de amalgama que poseía mejores propiedades físicas que todas las otras conocidas hasta el momento. Esta mezcla de aleaciones contiene como promedio un 12% de Cobre en su composición. La aleación eutéctica de Ag-Cu, constituye la "fase dispersa" y actuaría como relleno o fortalecedor para reforzar la aleación. A estas amalgamas se les llamó "aleaciones de dispersión" o "amalgamas de fase dispersa". Ejemplo de ellas son las conocidas comercialmente con el nombre de Dispersalloy, Luxalloy y otras. Su fórmula es la siguiente:



A las aleaciones de fase dispersa se les atribuye una serie de propiedades mejoradas. A una mayor estabilidad dimensional, por las características físicas de sus partículas, se agrega una alta resistencia a la compresión, obtenida a la hora de su inserción en la cavidad, lo que disminuye las posibles fracturas que se producirían en la masa de amalgama al someterla

tempranamente a los esfuerzos masticatorios.

Eames y Mac Namara<sup>(5)</sup> aseguran que "como la corrosión de la amalgama está ligada a la fase Sn<sub>7-8</sub>Hg (gamma<sub>2</sub>), la adición de esferas de eutéctico Ag-Cu reemplaza el 40% del Sn. Durante la amalgamación, el cobre atrae y encierra virtualmente

todo el Sn responsable de la corrosión"; es decir que se elimina así la fase  $\gamma_2$ .

Phillips <sup>(1)</sup> y posteriormente otros investigadores (Mahler, Terkla y Reibick en 1970) encontraron bajos valores de corrimiento estático (creep), lo que se traduciría en una elevada resistencia marginal.

La característica más importante entonces, de estas aleaciones de fase dispersa, es la eliminación de la fase  $\gamma_2$ , que se realiza paulatinamente en la masa de amalgama terminada, porque es "consumida" a través de las otras reacciones finales. A su vez exhiben una menor sensibilidad a las variables de manipulación, tan crítica en las amalgamas de tipo convencional. El desarrollo de las aleaciones de fase dispersa es verdaderamente un paso significativo en el estudio de la Historia de la Amalgama dental.

### III) ALEACIONES CON EL AGREGADO DE OTROS METALES.

En 1970 Mahler y col. publicaron resultados de estudios clínicos en los que demostraron que restauraciones de amalgama realizadas con variaciones en la fórmula y composición de la aleación (agregado de otros metales), tenían mejor integridad marginal y menor corrosión que las restauraciones realizadas con aleaciones convencionales. <sup>(6)</sup>

a) **Aleaciones áuricas.**- Al relacionar la corrosión y la destrucción marginal de las amalgamas con la fase  $\gamma_2$ , se hizo un esfuerzo de investigación

creciente para hallar sistemas de aleaciones en los que esta fase estuviera reducida al mínimo o no existiera. Uno de los intentos para lograrlo, fue reemplazar un 10% de Plata por Oro o un 6% de Plata por Paladio en la aleación.

Johnson <sup>(7)</sup> ha desarrollado una aleación constituida por 64% Ag, 26% Sn y 10% Au en peso, que se fabricó con partículas esféricas. Por difracción de rayos X, Johnson examinó su amalgama, demostrando la presencia de fase  $\gamma_1$ , pero no de  $\gamma_2$ , luego de dos semanas a 37° C. Cuando el mercurio es mezclado con estas partículas esféricas se forman:  $\gamma_1$  y también  $\gamma_2$ , que se elimina luego gradualmente y fase Au-Sn (Au Sn<sub>2</sub> y AuSn<sub>1</sub>). El Estaño que se combina con el Oro, parece provenir de las fases  $\gamma$  y  $\beta$ . No se encontró que justificara este agregado de oro, el alto costo de producción que ello implica, pues los resultados obtenidos, fueron similares a los de la amalgama de dispersión. No se fabricaron comercialmente por la causa antedicha, pero tienen valor porque sustentan el mismo principio que las amalgamas de alto contenido de cobre.

b) **Aleaciones con indio.**- Son aleaciones cuaternarias de Plata, Estaño Cobre e Indio.- El Indio se encuentra en solución sólida por toda la masa de la aleación en un porcentaje del 5%. El fabricante afirma que el Indio es capaz de convertir en químicamente pasivos al Cobre, la Plata y el Estaño, como si fueran "inertes".-

El producto comercial se denomina Indiloy y las amalgamas con él realizadas se encuentran libres de  $\gamma_2$ . Presentan un bajo índice de corrimiento (creep) y pueden soportar el esfuerzo masticatorio una hora después de realizadas.

Hay poco tiempo de experimentación clínica con estas aleaciones por lo tanto es necesario dejarlo transcurrir observando las diferencias que se presenten en relación con otros sistemas y aleaciones para amalgama dental.

c) **Aleaciones de Galio.**- "El Galio es un metal que dilata al enfriarse y tiende a humectar fácilmente la mayoría de las superficies metálicas. Su fusión se realiza a una temperatura de 30°C (bajo punto de fusión). Aleado con pequeñas cantidades de estaño, forma una solución eutéctica, líquida a la temperatura ambiente. Este líquido puede mezclarse con materiales pulverizados de manera semejante a lo que ocurre con el mercurio en las amalgamas conocidas y usadas en Odontología".

"Se estudiaron varias fórmulas la más conveniente se prepara mezclando polvo de una aleación de Paladio y Galio con una solución eutéctica de galio-estaño. Se endurece a la temperatura ambiente bucal y se obtiene mayor resistencia y menor escurrimiento. Su dureza no se altera aun a temperaturas superiores a los 60°C".

"Tiene propiedades mecánicas más termoestables que las amalgamas de Ag-Sn-Cu y Hg. Sin embargo, la respuesta tisular y la resistencia a la

corrosión no se conocen bien. Están en el campo experimental".<sup>(2)</sup>

#### IV) ALEACIONES CON ALTO CONTENIDO DE COBRE.-

Recientemente (año 1973) han sido introducidas en el mercado varias nuevas aleaciones con alto contenido de cobre, que no son mezcla (como las de fase dispersa) sino que tienen una composición única<sup>(8)</sup>.

Son aleaciones ternarias constituidas por Ag, Sn y Cu, preparadas y atomizadas en forma esférica, que una vez amalgamadas con mercurio, dan una restauración mejorada en sus propiedades.

Las partículas esféricas de la aleación tienen un diámetro entre 5 y 44  $\mu$  (micras) y son tratadas térmicamente para una mejor y más fácil reacción con el mercurio.

1) **COMPOSICION.**- Lo primero es corroborar al seleccionar una aleación, si ella cumple con la revisión de la especificación N° I de A.D.A. de setiembre de 1977<sup>(9)</sup>.

El contenido de cobre de la aleación varía según los fabricantes, y se encuentra entre los porcentajes de 12,8 a 30%.

En la tabla N° 1, se aprecian las composiciones de algunas aleaciones para amalgama más comunes en el mercado.

Existen otras aleaciones en las cuales el cobre ha sido introducido de manera diferente.

Según Eames y Mac-Namara<sup>(5)</sup>, hay tres diferentes sistemas para añadir el cobre.

TABLA N° 1

Composición de aleaciones con alto contenido de Cobre

Aleaciones						
Tipo	Nombre comercial	Ag	Sn	Cu	Hg	Relación aleac/ Hg
A	Sybraloy	40%	30%	30%	46%	0.81:1
B	Tytin	59.2%	27.9%	12.8%	43%	0.76:1
C	Aristalloy C.R.	60%	27%	13%	52.4%	1:1

TABLA N° 2

Aleaciones convencionales, de fase dispersa y alto contenido en Cu.

Tipo de aleación y marca	Fabricante	Forma de partícula	Adición de cobre	% de Cu en aleación
I) Convencional: New True Dentalloy	S.S. White Philadelphia	Limadura de corte fino	—	6.0%
II) Esférica Spheraloy	Kerr Romulus M.J.	Esférica	—	6.0%
III) Fase dispersa: Dispersalloy	Johnson y Johnson East Windson (N.J.)	Mezcla	Agregada	12.0%
IV) Con alto contenido de cobre: Aristalloy C.R.	Baker D. Carteret N.J.	Esferoidal	Ternaria	13.0%
Sybraloy	Kerr. Romulus Michigan	Esférica	Ternaria	29.0%
Tytin	S.S. White & Philadelphia	Esférica	Ternaria	13.0%
Indiloy	Shofu D. Corp.	Esferoidal	Cuaternaria	13.5% +5.0% indio

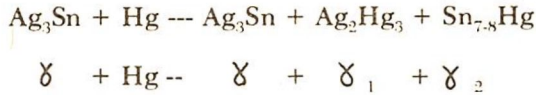
Según se observa en la tabla N° 2, dos son aleaciones convencionales: una de corte fino y otra de partículas esféricas; tres aleaciones son ternarias, en las cuales el cobre está combinado con Ag y Sn, son las de tipo A, B y C de la tabla 1; una es mezcla, en la cual se han añadido a una matriz de aleación convencional, las partículas de aleaciones que contienen cobre (aleaciones de fase dispersa) y la otra es una aleación cuaternaria de Ag, Sn, Cu e I.

2) REACCION DE FRAGUADO.

Previo al estudio de la reacción de fraguado de las amalgamas con alto

contenido de cobre, es necesario explicar brevemente este mecanismo en las amalgamas convencionales, para así determinar las diferentes fases y cambios metalográficos que en ella intervienen.

Durante la fabricación de la aleación convencional, es decir durante la fusión de los diversos metales componentes y su posterior tratamiento térmico, se forma el compuesto Ag<sub>3</sub>Sn (llamado gamma) que es la fase más importante de la aleación. Esta fase reacciona favorablemente con el mercurio, para producir una masa plástica de amalgama, que condensada en la cavidad, endurecerá al formar nuevas fases. Estas se forman de acuerdo a la reacción siguiente:



γ, Ag<sub>3</sub> Sn (gamma) está formada por las partículas de aleación original, que no han reaccionado con el mercurio. La fase Ag<sub>2</sub>Hg<sub>3</sub> se denomina gamma<sub>1</sub> y es la unión del Hg con la Ag de la aleación; a Sn<sub>7,8</sub> Hg, se denomina gamma<sub>2</sub> y es la fase más blanda, más débil y más corroible de la amalgama, como se verá luego.

Se forma también la fase (β) Ag<sub>5</sub>Sn, que es la responsable de la disminución del tiempo de fraguado y de la expansión.

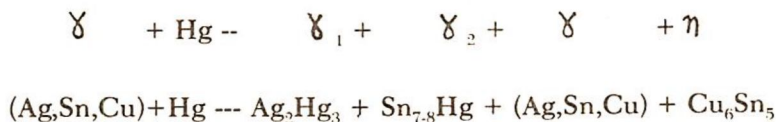
Debido a que la amalgamación es una reacción en superficie, la amalgama fraguada puede considerarse co-

mo partículas de fase gamma sin reaccionar, rodeadas y unidas por una matriz de gamma<sub>1</sub> y fase gamma<sub>2</sub>.

El cobre por su lado, cuando sobrepasa el 4% en la aleación, da como resultado la formación de una fase distinta y separada, la fase Cu-Sn, propuesta por Wing y Crowell en 1954<sup>(10)</sup>. Esta fase Cu-Sn, fue reconocida por Johnson, Asgar y Peyton en 1969, como Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, fase eta (η) y en estudios más recientes Mahler, Ady y Van Eysden (1975), identificaron con análisis de microprueba, el compuesto intermetálico de Cu-Sn, como Cu<sub>3</sub>Sn, fase epsilon (ε)<sup>(11)</sup>.

Esta discrepancia entre los autores se explicaría porque  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ , predominaría en la aleación, mientras  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ , predominaría en la amalgama termi-

nada, luego de la trituración con el mercurio. Se ha dado la siguiente reacción de fraguado (en forma simplificada) como sigue: <sup>(12)</sup>



Estas fases epsilon y eta son de principalísima importancia y se verán más adelante.

## FASES DE LA AMALGAMA

### Cuadro N° 1

Fase gamma ( $\gamma$ )	— $\text{Ag}_3\text{Sn}$	Fase beta ( $\beta$ )	— $\text{Ag}_5\text{Sn}$
Fase gamma <sub>1</sub> ( $\gamma_1$ )	— $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$	Fase eta ( $\eta$ )	— $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$
Fase gamma <sub>2</sub> ( $\gamma_2$ )	— $\text{Sn}_{7,8}\text{Hg}$	Fase epsilon ( $\epsilon$ )	— $\text{Cu}_3\text{Sn}$

La formación de estas fases es importante, pues son las responsables del endurecimiento de la amalgama, así como de las propiedades físicas de la masa final. Estas propiedades de la amalgama estarán influidas por la calidad y sobre todo por la cantidad relativa de cada una de estas fases, que depende a su vez de la composición y también del tratamiento térmico.

El mayor defecto en la estructura de la amalgama dental radica en su naturaleza multifásica, lo que trae como resultado bajas propiedades tensionales y escasa resistencia a la co-

rosión. La fase más resistente es aquella que predomina en la aleación original: la fase gamma; mientras más gamma quede retenida en la estructura final, más resistente será la amalgama.

En las amalgamas con alto contenido de cobre, tiene principalísima importancia la solidificación de las partículas esféricas de la aleación durante la atomización por el fabricante. Algunas de estas aleaciones tienen partículas esponjosas como resultado del tratamiento con ácido que hacen los fabricantes. Esta característica de

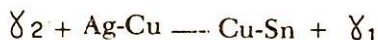
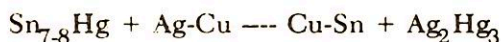
la superficie de la partícula facilita que sea mojada por el mercurio, lo que mejora las propiedades mecánicas. La baja proporción de mercurio reacciona primero con la superficie porosa de las partículas esféricas y migra a través de los granos limitantes para formar la matriz de  $\gamma_1$ . Al no haber mercurio residual disponible para reacciones posteriores o tardías, la precipitación de endurecimiento se inicia luego de colocada a 37° C.

Una teoría que trata de explicar la reacción de fraguado y la consecuente eliminación de  $\gamma_2$  es la de Kamal Asgar<sup>(8)</sup>.

Al solidificar las partículas esféricas de la aleación ternaria de Ag-Cu-Sn, la periferia de la partícula, se enfría primero y luego su centro. Análisis con microsonda electrónica, demuestran mayor cantidad relativa de plata en la periferia que en el centro de cada esfera. A la inversa, hay mayor cantidad de estaño en el centro que en la periferia. La concentración de cobre parece no variar entre la parte interna y la superficie.

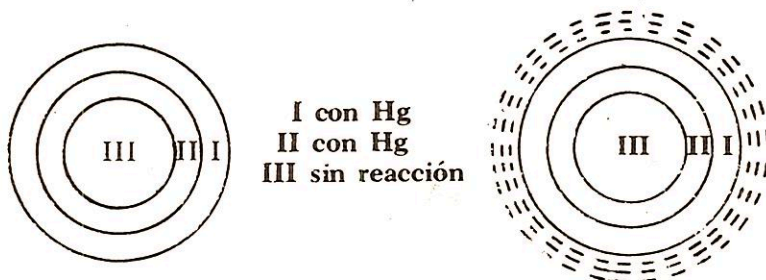
Cuando se tritura la aleación esférica con el mercurio, éste reacciona con los elementos de la superficie de las partículas, haciéndolo primero con el estaño, por tener mayor afinidad, formando  $\gamma_2$  transitoriamente y disminuyendo la cantidad relativa de éste de la superficie de las partículas. La plata reacciona: también con el mercurio, formando  $\gamma_1$ ; pero a la temperatura de 37° el cobre no reacciona con el mercurio.

De esta manera, las concentraciones relativas de Ag-Sn-Cu, sobre la superficie externa de cada esfera no serán las mismas que originariamente. La concentración de estaño baja, la de cobre se mantiene, pero al haber menos estaño es como si aumentara. La concentración relativa de plata puede permanecer igual que en la aleación original, de esta manera es posible tener altas concentraciones de plata y cobre en la superficie de la esfera aún sin reaccionar, de tal modo que este compuesto Ag-Cu, reacciona con  $\gamma_2$  formando una nueva fase Cu-Sn (probablemente  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ) y algo de  $\gamma_1$ , como lo indica la reacción siguiente:



## CÚADRO Nº 2

## PARTICULAS ESFERICAS - SU REACCION



COMPOSICION ANTES DE LA REACCION.

	Ag	Sn	Cu
I	65-85	18-23	8-18
II	60-70	20-23	10-16
III	57-58	25-27	12-14

COMPOSICION DESPUES DE LA REACCION.

	Ag	Sn	Cu
I	-	-	-
II	→	↓	↑
III	→	→	→

Esta reacción se completa en aproximadamente cuatro días. Con análisis por difracción de rayos X, se comprobó que en las zonas que existe mercurio, no hay estaño y que donde hay altas concentraciones de cobre existen altas concentraciones de estaño.

La inclusión de un alto porcentaje de cobre, para reemplazar parte del estaño, permite al cobre reaccionar con el estaño libre remanente, eliminando así la fase  $\gamma_3$ . Esto significa, que así eliminada esta indeseable fase, en su lugar se forman cantidades importantes de Cu-Sn, probablemente  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  (eta). La fase eta, es responsable

de ser un producto de reacción de  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  más el estaño que ha quedado de la disolución con el mercurio<sup>(11)</sup>.

En las aleaciones de alto contenido de cobre, como las de tipo A, B y C de la tabla I, que no son mezclas, tanto la fase  $\gamma_3$ , como la plata y el cobre en la superficie de la partícula están en íntima relación y esta cercanía hace que en corto tiempo la reacción se complete y se elimine así  $\gamma_3$  en cuatro días.

Es decir que las propiedades de la aleación mejoran con el tiempo y esto es debido a la fácil disponibilidad pa-

ra la fase  $\gamma_2$ , del compuesto Ag-Cu.

En cambio, en las amalgamas de dispersión,  $\gamma_2$  se forma por la reacción del mercurio residual con la fase  $\gamma_1$  difundida en toda la masa de amalgama. Naturalmente las fases  $\gamma_1$ , situadas cerca de las partículas Ag-Cu reaccionarán fácilmente; pero las situadas lejos necesitan una considerable cantidad de tiempo, aproximadamente dos semanas, para su eliminación<sup>(8)</sup>.

Las características de esta reacción de fraguado y eliminación de la perjudicial fase  $\gamma_2$ , se cumplirán siempre y cuando el porcentaje de mercurio no fuera superior al 47%<sup>(13)</sup>.

**3) PROPIEDADES FISICAS.-** Las propiedades físicas y también las químicas de la estructura multifásica, son gobernadas por las propiedades de las fases individuales. El fracaso más común en las restauraciones de amalgama es la fractura marginal. Con relación a este problema está la creciente evidencia de que una reducción en el corrimiento (creep) y la eliminación de la fase  $\gamma_2$ , pueden aumentar sustancialmente la vida de la restauración.<sup>(14)</sup>

Estas amalgamas de alto contenido en cobre, mejoran las siguientes propiedades físicas.

**a) Cambios dimensionales:** La especificación N° 1 de A.D.A., indica para los cambios dimensionales de las amalgamas, un valor entre  $\pm 20 \mu/\text{cm}^2$  a las 24 hs.

El estudio de las amalgamas convencionales, tradicionalmente mostraba una expansión de fraguado del orden de las  $8 \mu/\text{cm}^2$  a las 24 horas. Sin embargo, durante el fraguado, las aleaciones esféricas exhiben una expansión reducida e incluso muestran ligera contracción, que fue causa de alarma en las primeras investigaciones. Todas las amalgamas con alto contenido de cobre, contraen al endurecer, pero siempre dentro de los límites aceptables especificados por A.D.A., entre 5 y  $8 \mu/\text{cm}^2$ . La contracción que exhibe Tytin es del orden del 0.3 al 0.4%. En Dispersalloy este valor es de casi 0%, por lo tanto no exhibiría casi cambios volumétricos. No existe una evidencia de que sea necesaria una expansión de la amalgama para el sellado marginal de la restauración. En cavidades de clase I y V, la expansión puede ser benéfica, pero ¿qué sucede en clase II? Aquí sería perjudicial. Lo ideal sería una aleación que no sufra ni expansión ni contracción.

**b) Resistencia Compresiva.-** La resistencia compresiva mínima a la hora, que antes exigía la especificación N° 1 de A.D.A., era de  $816 \text{ kgrs}/\text{cm}^2$ . Para las amalgamas actuales, dicha especificación no tiene un requisito de resistencia a la compresión.-

Las aleaciones convencionales, cumplen esta especificación sobrepasándola, alcanzando a la hora, resistencia superior a  $1266 \text{ kgrs}/\text{cm}^2$  y obteniendo valores finales que están entre los 3.500 y los  $4.000 \text{ kgrs}/\text{cm}^2$ .

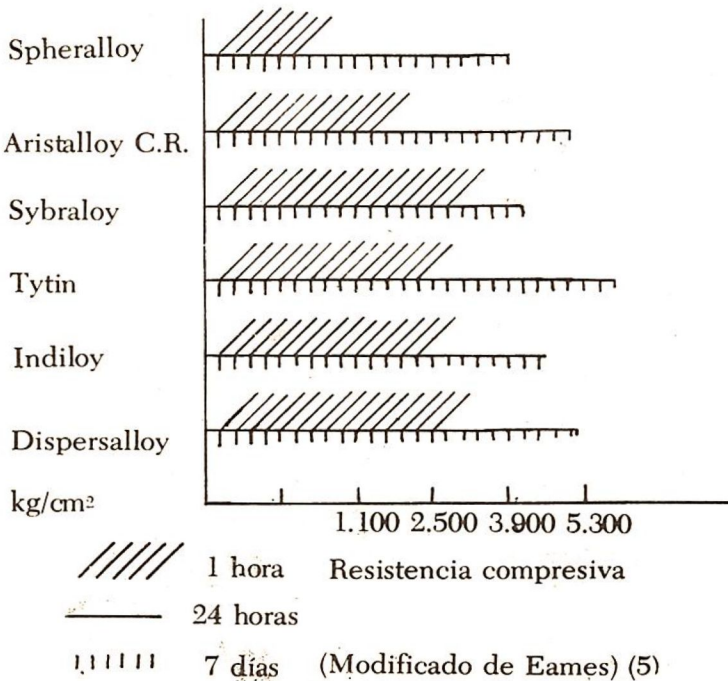
Sybraloy, mostró ya a los 15 minutos una resistencia de  $1.675 \text{ kgrs}/\text{cm}^2$ .

a la hora 3.269 kgrs/cm<sup>2</sup>; es decir más del doble que la de las amalgamas de partículas convencionales, tipo limaduras. Se logra entonces, una resistencia compresiva mayor en menor tiempo. A las 24<sup>h</sup> horas, presentan una resistencia compresiva 18% mayor que las convencionales. Tytin, alcanzó valores aun mayores de 4.921 kgr/cm<sup>2</sup> a las 24 horas. A los 7 días, la resistencia compresiva de las nuevas amalgamas, fue de un 14% mayor. Todas ellas alcanzaron valores superiores a los 4.218 kgr/cm<sup>2</sup>.

Actualmente, los valores de resistencia a la compresión, no reflejan la verdadera causa de las fracturas ocu-

rridas en las amalgamas. Es opinión de Eames que la característica menos importante de las nuevas aleaciones, es la resistencia misma. "Esta propiedad ha sido utilizada durante mucho tiempo, como determinante para el éxito o el fracaso de la restauración; pero en la experiencia clínica, la resistencia excede las demandas que se le exigen; esto es, la amalgama convencional es lo suficientemente resistente cuando se la manipula adecuadamente. Aunque la correlación no se comprenda por completo, existe creciente evidencia de que a partir de bajos valores de creep, o de corrimiento estático, se puede predecir una mejor integridad marginal. Es la corrosión la

CUADRO N° 3



que lleva eventualmente al fracaso total de la restauración, de la integridad de la superficie y de los márgenes. La alta resistencia compresiva y el bajo creep puede atribuirse a la reducción de  $\gamma_2$  y al aumento de la fase Cu-Sn".

c) **Resistencia Traccional.**- El mínimo valor aceptado de resistencia traccional a los 15 minutos es de 20 kgr/cm<sup>2</sup>. Las aleaciones de alto contenido de cobre presentan una resistencia traccional inicial 14% mayor que la de las aleaciones convencionales, aunque también ellas exceden los valores mínimos exigidos.

Sybraloy, Aristalloy CR., y Dispersalloy superan los 70 kgrs/cm<sup>2</sup>.

d) **Escurrimiento-Fluencia o Flow.** El escurrimiento o flow de las amalgamas, es la deformación plástica bajo una carga estática que se produce antes que la amalgama haya endurecido totalmente. Según los requisitos de la especificación N° 1 de A.D.A., el escurrimiento no debe ser mayor del 3% una vez transcurridas tres horas de la trituración. Las aleaciones con alto contenido de cobre muestran un 47% menos de escurrimiento que las convencionales (menos del 0.3%).

e) **Corrimiento o creep.**- Es la deformación plástica, muy lenta, que se produce con el tiempo, una vez que la amalgama ha endurecido totalmente. Hay dos tipos de creep: estático y dinámico.

El creep dinámico es la deformación que se produce en la amalgama ya fraguada y sometida a fuerzas fluc-

tuantes o intermitentes como las de la masticación.

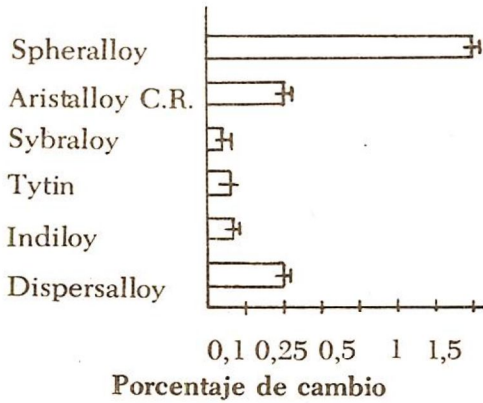
En cambio el creep estático, es la deformación que se produce en la amalgama ya fraguada y sometida a una fuerza constante.

El corrimiento se refiere a la deformación en función del tiempo y se aplica la fuerza a muestras de amalgama de una semana de antigüedad (a diferencia de las muestras de 3 horas en las pruebas de flow o escurrimiento).

La especificación N° 1 de A.D.A. da como valor máximo de corrimiento estático un 5% y entre un 1 y un 8% de corrimiento dinámico. Se cree que el corrimiento o creep, puede ser una propiedad más significativa que el escurrimiento o flow, para describir la deformación de la restauración clínica, pues por lo general las fuerzas de la masticación actúan después del total endurecimiento de la amalgama. Estudios clínicos han demostrado que las restauraciones realizadas con aleaciones de amalgama con valores bajos en creep, indican mejor que ninguna propiedad física, la mayor integridad marginal.- Asimismo influyen en esta propiedad muchos de los parámetros de manipulación que afectan a otras propiedades mecánicas de la amalgama. Así por ejemplo: el corrimiento de una amalgama con 53% de mercurio, es una vez y 1/2 mayor que el de otra muestra con 48% de contenido final de mercurio.

Las aleaciones con alto contenido de Cu mostraron una reducción dra-

CUADRO N° 4



Corrimiento estático (creep) a los siete días. (Modificado de Eames). (5)

mática en los valores de corrimiento estático: 75% menor que las convencionales.

Sybralloy y Tytin presentan corrimiento de 0,03% y 0,07% respectivamente. (Cuadro N° 4)

#### f) Corrosión y deterioro marginal.-

Se observa en la cavidad oral frecuentemente que las restauraciones de amalgama cambian de coloración, se pigmentan y a veces se corroen.

El cambio de coloración guarda relación con el medio bucal, con las corrientes galvánicas y con la aspereza de la superficie.

El pulido de una restauración de amalgama aumenta mucho la resistencia a la pigmentación y a la corrosión.

La pigmentación se origina principalmente por los depósitos alimenticios sobre la superficie de la restauración.

Pero, el cambio de color superficial también puede originarse en la formación de películas delgadas de óxidos, cloruros o sulfuros (óxido de Sn, cloruro de Sn y sulfuros de Ag.) y por lo común es el paso previo a la corrosión.

Es necesario establecer la diferencia que existe entre pigmentación y corrosión.

**Pigmentación:** es el cambio de color superficial de la amalgama, sin pérdida de sustancia. Estos cambios de color se localizan más frecuentemente en determinadas zonas (como por ejemplo en caras proximales) en superficies protegidas de la acción abrasiva del cepillo y de los alimentos.

Sin embargo, la no formación de la fase  $\gamma_2$ , si bien eliminaría la corrosión, no mejoraría significativamente la resistencia a la pigmentación y al despulido de estas amalgamas.

Estudios de laboratorio demuestran que la resistencia al manchado disminuye por la adición de Cu (Sarkar y col., 1976).

**Corrosión:** No es meramente un depósito superficial, sino un deterioro real, micro y macroscópico, del metal al reaccionar con el medio circundante, con pérdida de sustancia.

Es la corrosión la que lleva al fracaso total de la restauración, por pér-

dida de la integridad marginal y de la masa total de la misma.

Se ha demostrado<sup>(15)</sup> que las grietas de la amalgama se inician en la fase  $\gamma_2$ .

En las amalgamas con alto contenido de Cu, al eliminarse la formación de esa perniciosa fase, se forman fases más resistentes y no corroibles (como se explicó al hablar de reacción de fraguado). Durante años los textos explicaron que la corrosión de  $\gamma_2$  impedía la infiltración marginal de las restauraciones.

En estas nuevas amalgamas ricas en Cu, la fase  $\gamma_2$  no existe ¿cómo es posible entonces bloquear la infiltración?

En realidad no hay prueba alguna que demuestre que la corrosión de la fase  $\gamma_2$  sea la responsable del bloqueo de la infiltración.

La corrosión de  $\gamma_2$  es disolutiva, por lo tanto no tiene relación con el bloqueo de la infiltración marginal.

Todos los metales de la aleación (Ag-Sn-Cu y Hg) reaccionan formando sulfuros, los cuales son muy poco solubles.-

Ellos son los verdaderos responsables de impedir la micro-filtración.

Es decir que el bloqueo se mantiene aun en ausencia de  $\gamma_2$ . La infiltración se produce al principio pero cesa totalmente a los 6 meses<sup>(2)</sup>

La utilización de barnices cavita- rios hace que la infiltración cese en mucho menor tiempo.

**4) PROPIEDADES BIOLÓGICAS.** Según S. Spevik<sup>(16)</sup> en una evaluación biológica de las aleaciones de amalgama de Ag-Sn conteniendo cobre, ha sido observada una ligera reacción pulpar.

La disolución de iones de cobre puede por eso ser importante para una evaluación de las propiedades biológicas de las amalgamas con alto contenido de cobre.-

Sin embargo no ha sido encontrada una directa relación entre la cantidad de cobre disuelto en la saliva (como método para medir la cantidad de iones liberados) y el contenido de cobre de la amalgama.

**5) PRESENTACION.-** Las amalgamas con alto contenido de cobre, se expenden ya sea: en polvo; en tabletas de peso establecido por el fabricante, las cuales se dispensan junto con el mercurio en dosificadores adecuados a cada marca y en cápsulas desechables de aleación y mercurio que se combinan al colocarlos en un amalgamador mecánico.

**6) MANIPULACION.-** Las características de manipulación de estas nuevas aleaciones pueden resultar más importantes al odontólogo, que sus propiedades físicas.-

Las amalgamas deben prepararse de acuerdo con las técnicas recomendadas en cada caso por los fabricantes, ciñéndose a la especificación N° 1 de A.D.A. recientemente actualizada<sup>(8)</sup>.

Las características de estos nuevos tipos de aleaciones traen como conse-

cuencia ciertas diferencias en la manipulación en relación a las aleaciones convencionales.

a) **Amalgamadores.**- En las aleaciones con alto contenido de Cu, la trituración debe ser hecha **exclusivamente** con amalgamadores de altas velocidades.-

Los más indicados son: vari-Mix (posición M), Mac Shirley (Kerr), Capmaster (White); Dentomat (Degussa); que alcanzan velocidades de 2.000 a 4.500 oscilaciones por minuto.<sup>17</sup>

Con estos amalgamadores se requiere un 2 ó un 3% menos de mercurio.

La necesidad del uso de estos amalgamadores, es una diferencia importante, porque la menor velocidad de amalgamación altera las propiedades finales.

b) **Relación aleación-mercurio.**- Dada la proporción mencionada de aleación-mercurio se obtiene mezclas "secas" de amalgama, lo cual implica, 1) una innecesaria expresión del mercurio previa a la condensación en la cavidad, 2) una presión de condensación menor, y 3) un tiempo útil para el tallado y modelado, más corto.

La relación aleación-mercurio va aproximadamente desde 1/1 hasta 0,76/1 en las diferentes marcas (Tabla Nº 1)

No es aconsejable mezclar más de 3 tabletas o porciones de aleación al mismo tiempo.

c) **Trituración.**- Los tiempos de trituración varían para las distintas mar-

cas desde 10 hasta 20 segundos, de acuerdo: 1) a la cantidad de aleación-mercurio a mezclar, 2) al tipo de amalgamador usado y 3) al peso, forma y material del pistilo utilizado.-

El tiempo de trituración debe ser el estipulado por el fabricante; pues un aumento del mismo disminuye las resistencias compresiva y traccional y aumenta el creep.

d) **Condensación.**- Debe iniciarse inmediatamente después de la trituración no siendo necesario exprimir el mercurio por tratarse de mezclas con una baja relación aleación/Hg.

La condensación se realiza manualmente y el tiempo varía de 3 a 6 minutos.

Las amalgamas de aleación esteroideal (Cupralloy, Aristalloy C.R. e Indilloy) ofrecen mayor resistencia al condensador que las aleaciones esféricas (Sybralloy, Tytin) pero ambas presentan menos resistencia al condensar que las aleaciones convencionales.-

Es decir que la presión de condensación requerida es menor en estas amalgamas y sólo podremos lograr una condensación adecuada usando condensadores de diámetro mayor a los que usamos con las amalgamas convencionales.- Clínicamente la mayor propiedad física de las amalgamas esféricas es su mayor adaptación a los bordes y ángulos cavitarios por las diferencias de tamaño de las partículas y por su forma redonda.<sup>18)</sup>

Es importante destacar que las amalgamas de partículas esféricas re-

quieren una mayor atención en cuanto a una correcta técnica de colocación y selección de la matriz. Debe usarse la más fina que se pueda conseguir debido a que estas amalgamas ofrecen muy poca resistencia a la presión de condensación; es esencial una matriz contorneada y acuñada especialmente para el caso, pues de lo contrario resultarán excesos gingivales, contornos proximales planos y puntos de contacto defectuosos.

Naturalmente cualquier restauración de amalgama, sea cual fuere el tipo de aleación utilizada, requiere una correcta colocación de la matriz; pero en estas nuevas aleaciones es de fundamental importancia.

La matriz puede ser removida inmediatamente después de la condensación.

**e) Modelado primario.** El tiempo de tallado se determina por el tiempo máximo después de la trituración en que cada espécimen puede cortarse limpiamente con un instrumento afilado (A.D.A.).

En el modelado primario no deben emplearse más de 5 a 8 minutos (según lo indique el fabricante para cada marca).

**f) Pulido.**- El pulido de estas amalgamas ricas en cobre, se puede realizar a partir de las 24 horas de insertada en la cavidad utilizando técnicas de terminación y pulido convencionales.

Admiten un mejor terminado adquiriendo un brillo superior debido a las partículas esféricas.

Y en los pocos años que tienen de uso clínico, no han presentado, hasta ahora, corrosión, pero sí una superior integridad marginal.

Sin embargo un suave o débil ataque de las partículas sin reaccionar de estas amalgamas por los sulfuros ha sido observado en estudios de laboratorio por Sarkar y colaboradores en 1976.

La resistencia a la pigmentación de las amalgamas que contienen mayor porcentaje de Cu disminuye por la adición de cobre.<sup>(11)</sup>

Todas estas amalgamas presentan un oscurecimiento grande al principio; aunque al año todos los investigadores están de acuerdo, recuperan el brillo y lo mantienen.

Sybraloy, probablemente por ser la que tiene un mayor porcentaje de cobre (30%) es la que se oscurece más. Cuando hablamos de oscurecimiento no queremos decir que se torne totalmente negra; sólo que pierde el brillo temporalmente. No se sabe aún cuál es la causa de este comportamiento.<sup>(3)</sup>

---

## CONCLUSIONES

Todas estas aleaciones ricas en cobre, exhiben propiedades físicas superiores a las convencionales.

Debido a su reciente aparición en el mercado, sus resultados no han sido todavía completamente evaluados. Sólo Dispersalloy tiene más de una década de uso clínico y ha sido califi-

cada como una amalgama cuya aleación es superior.

A partir de bajos valores de corrimiento o creep, se puede predecir una mayor integridad marginal.

Al eliminar la fase gamma, no presentan corrosión o presentan una mayor resistencia a ella, lo que involucra una restauración más estable, con mejor adaptación marginal y menor corrosión en la interfase esmalte-restauración.

Por lo tanto, la investigación de estas amalgamas, de su microestructura, de su reacción de fraguado, debe estar dirigida no sólo a la composición y proporciones de sus componentes, sino a la relación interfases y a su reacción con el mercurio durante la amalgamación, pues de ellas depende el resultado final de disolución, difusión y precipitación de compuestos intermetálicos.

En los países donde estas aleaciones se han impuesto se considera que usar las aleaciones convencionales significa dar al paciente un tratamiento de inferior calidad.

Aun teniendo en cuenta las ventajas de estas aleaciones con alto contenido de cobre, el odontólogo al usarlas no reduce el número de fracasos.

Cualquiera sea la aleación seleccionada se requiere una meticulosa atención a los detalles para el éxito de la restauración.

Sólo teniendo en cuenta de manera permanente y sin concesiones los principios de preparación cavitaria, manipulación correcta, técnica de campo

seco, ajuste adecuado al borde cavo-superficial y pulido final, es posible asegurar un resultado satisfactorio.

Una amalgama "inerte", sería el material concebible casi ideal. Es posible que estemos llegando a eso y a medida que la amalgama mejore, terminará por darle a la profesión, un nuevo potencial para un mejor servicio.

---

## BIBLIOGRAFIA

1. Philips, R.W. "Selection of Amalgam Alloys: Particle form, New formulas" J. Dent. Child. 40 (2): 22-28 Mar-Apr. 1973.
2. Philips, R.W. "La ciencia de los materiales dentales de Skinner 7ª ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
3. Asgar K.-VI Curso de actualización de materiales dentales. Universidad de San Pablo (Brasil), Facultad de Odontología, 3 al 6 de Set. de 1979
4. Youdelis, W.V.; Innes, D.B. "Dispersion strengthened amalgams". J. Canadian Assn 29: 587-92 Set. 1972.
5. Eames W.B.; Mac. Namara, J.F. "Eighthigh copper amalgam alloy and six conventional alloys compared". Oper. Dent. 1(3): 98-107 Summer 1976.
6. Mahler, D.B., et al. "Marginal fracture vs. mechanical properties of amalgam" J. Dent. Res. 49: Suppl 1452-57 Nov-Dec. 1970.
7. Mahler, D.B.; Adey, J.D; and Van Eysden, J. "Micropobe of a Au-containing alloy and its amalgam". J. Dent. Res. 55(6): 1012-22. Nov-Dec. 1976.
8. Asgar K. "Amalgam alloy with a single composition behavior similar to Dispersalloy" J. Dent. Res. 53 (Special Issue) Abstract 23, 1974.
9. "Revised A.D.A. Specification N° 1 for alloy for amalgam". J.A.D.A. 95 (3): 614-17, Set. 1977.
10. Wing, G. and Crowill, W.S. "Spherical particle amalgams". Aust. Dent. J. 11 (4): 265-273 Aug. 1973.

11. Sarkr, N.K "Copper in dental amalgams". J. Oral Rehabil. 6(1): 1-8 Jan 1979.
12. Malhotra, M.L. and Asgar, K. "Microstructure of dental amalgams containing high and low copper contents". J. Dent. Res. 56(12): 1481-87 Dec. 1977.
13. Jensen S.J. "Phase content of a high-copper dental silver amalgam" Scand. J.Dent. Res. 85(4): 297-301 May. 1977.
14. Jorgensen, K.D. "The strenght of Corroded amalgam" Acta Odont. Scand. 30:33-38 Mar. 1972.
15. Younis, O.; Asgar K. and Powers, J.M. "Initiation of cracks in dental amalgam" J. Dent. Res. 54(6): 1133-1137 Nov-Dec. 1975.
16. Espevik, S. "In vitro corrosion of dental amalgams with different cooper contents" Scand. J. Dent. Res. 85(7): 631-636 Nov. 1977.
17. Council on Dental Materials and Devices. "Status report on amalgamators and mercury-alloy proportioners and disposable capsules". Prepared by Eames W.B. J. Am. Dent. Ass. 85(4): 928-932 Oct. 1972.
18. Eden, G. and Waterstrat, R. "Effects of packing presure on the properties of spherica alloys amalgams". J. Am. Dent. Ass. 74:1024 29 April 1967.
19. Düperon, D.F., Nevilé, M.D. and Kasloff, Z. "Clinical evaluation of corrosion resistance of conventional alloy, spherica-particle alloy and dispersion phase alloy". J. Prosth. Dent. 25(6):650-56 June 1971.
20. Wing, G. "Clinical use of spherical particle amalgams" Aust. Dent. J. 15: 185-192 June 1970.
21. Guthrow, G.E.; Johnson, L.B.; Lawless, K.R. "Corrosion of dental amalgam and its components phase". J. Dent. Res. 40: 1372-1381 Nov-Dec. 1967.
22. C.D.A. Council for Dental Materials and Devices. Status Report: High-copper amalgams". Dent. J. 43(9): 437-9 Sep. 1977.
23. Malhotra, M.L. and Asgar, K. "Phisical properties of dental silver-tin amalgams with high and low copper contents". J. Am. Dent. ASS. 96(3): 444-50 Mar. 1978.
24. Osborne, J.W.; Swartz, M.L.; Gale, E.N. and Phillips R.W. "Comportamiento clínico de diez aleaciones para amalgama. Reporte de un año". C.N.M.D. N° 7:90-100 Dic. 1977. Venezuela.
25. Marshall, G.W. et al. "Microstructural changes of Dental Amalgam by copper additions" J. Oral Rehabil 3(4): 359-370 Oct. 1976.
26. Allan F.C.; Asgar, K. and Peyton, F.A. "Microstructure of Dental Amalgam". J. Dent. Res. 44(5): 1002-1012 Sep-Oct. 1965.
27. Eames, W.B.; Mac Namara J.F. and Palmer-tree, C.O. "High-copper amalgam alloys -an update". J. Indiana Dent. Assoc. 55 (6): 27-31 Nov-Dec. 1976.
28. Okabe T.; Mitchell R.; Butts, M.B.; Wright, A.H. and Fairhurst, C.W. "A study of High-cooper amalgams" Part I. J. Dent. Res. 57 (7-8): 759-767 Jul-Aug. 1978.
29. Okabe, T.; Mitchell, R.; Butts, M.B.; Wright, A.H. and Fairhurst C.W. "A study of High-copper amalgams" Part II. J. Dent. Res. 57(7-8): 768-771 Jul-Aug. 1978.
30. Sarkar N.K.; Marshall G.W.; Moser J.B. and Greener E.H. "In vivo and in vitro corrosion products of Dental Amalgam". J. Dent. Res. 54(5): 1031-38 Sep. Oct. 1975.