

ALEACIONES METALICAS

DR. ANDRES RESTREPO ECHAVARRIA *
DR. JORGE TRUJILLO R.**

ALEACIONES DE ORO

El oro en una u otra forma ha sido usado por muchos años como un material de restauración dental. Su uso temprano está relacionado con el hecho de que era disponible, era trabajable, resistía la pigmentación y la corrosión, y podía ser obtenido como un metal relativamente puro y libre sin técnicas de extracción complicadas. A pesar de su costo relativamente alto, el oro es todavía utilizado ampliamente en restauraciones dentales (1) (8).

Es relativamente blando, maleable y dúctil. Aunque se han reportado varios valores de su dureza, es generalmente aceptado que su dureza Vickers es de 25 a 30. Además, el oro puede ser soldado. Su módulo elástico está alrededor de 11.2 millones de PSI (77,250 MPa) y más resistencia ténsil de tan solo 19.000 PSI (131 MPa). (1) (5).

Su alta ductilidad inherente permite que sea estirado cerca del 50% de su longitud original (1)

Lo más importante es su extremada resistencia a la corrosión por los fluidos orales (1) (7) (8).

Oro puro

El oro puro es colocado directamente en la preparación de cavidades; como material de restauración tiene tres formas: láminas, tiras delgadas y en polvo.

El oro en lámina es un excelente material restaurador cuando es utilizado adecuadamente. Pequeñas piezas de oro son individualmente colocadas en la preparación, condensadas y unidas a la temperatura ambiente. Infortunadamente, una gran destreza y tiempo son requeridos. Hoy representa sólo un pequeño porcentaje de los variados materiales de uso directo para restauración dental.

El oro en tiras delgadas u oro electrolítico es otra forma de oro puro para restauración. Es producido por un proceso electrolítico. Algunos lo denominan oro esponjoso, debido a que su estructura es relativamente porosa, por lo que se utiliza para llenar la cavidad, pero nunca en la superficie de la restauración.

El oro pulverizado consiste de partículas extremadamente finas de oro adheridas a una lámina de oro (1).

Aleaciones para colado

Cuando el proceso de colado fue introducido a la odontología por WH Taggart a principios de siglo, la aleación más comúnmente usada por los dentistas eran las monedas de oro. Aunque esta aleación muestra características deseables de colado, pulido y

una excelente resistencia a la corrosión en la cavidad oral. Posee también propiedades indeseables; la más notable de ellas es su relativa blandura; no eran suficientemente resistentes a la abrasión y al uso. Generalmente consistían de 90% de oro y 10% cobre. Estas aleaciones eran relativamente oscuras (1).

Algunos clínicos usaron oro de joyería, el cual contiene oro, cobre y plata. La adición de plata al oro-cobre produjo una aleación que era apreciablemente más brillante en color. La plata contrarresta el color rojizo dado por el cobre. El color de la aleación puede ser controlado regulando la relación cobre-plata. La composición típica de estas aleaciones era de 92% oro, 1.7% cobre y 1.7% plata (1) (8).

Aunque adiciones de pequeñas cantidades de plata mejoraban el color, infortunadamente afectaban la resistencia. Generalmente estas aleaciones mostraron dureza y resistencia ténsil reducida.

Hoy la profesión dental tiene acceso a una amplia variedad de aleaciones para colado. Todas han sido diseñadas para propósitos clínicos específicos: inlays, onlays, coronas, pilares de puentes, dentaduras parciales y porcelana fundida a restauraciones de metal. Cada una de éstas tiene sus propias características y función. Aunque la fórmula básica convencional de las aleaciones preciosas para colado en oro, plata-cobre, la mayoría de ellas han sido modificadas con diferentes

* *Odontólogo Pontificia Universidad Javeriana*
Profesor Pregrado y Posgrado Facultad de Odontología
Universidad de Antioquia
** *Odontólogo CES, Estudiante de Posgrado*
Odontología Integral del Adulto U de A.

cantidades de platino, paladio y zinc. Cada elemento juega un papel importante (1) (4).

Oro

El oro es el mayor ingrediente en las aleaciones para colado de metal precioso. Su papel principal es dar a la aleación resistencia a la corrosión por los fluidos orales. Como regla, la resistencia a la corrosión de las aleaciones de oro en el medio ambiente oral está directamente relacionada con el contenido de metal precioso. Normalmente la mayoría de las aleaciones de metal precioso se corroen o manchan si el contenido de oro es menor del 75%. Reducida cantidad de oro puede ser utilizada, siendo éste reemplazado con platino o paladio. Ya que el paladio es sustancialmente menos expansivo que el platino, es normalmente el material de elección (1) (4).

Debido a que el oro es extremadamente dúctil (40-50%) y posee una resistencia relativamente baja, esto contribuye a que la aleación pueda ser fácilmente bruñida, lo cual permite una mejor adaptación de los márgenes a las preparaciones (1) (4).

Cobre

La función primaria del cobre en las aleaciones de oro es impartir resistencia. La adición de tan solo un 4% de cobre al oro puro, incrementa su dureza en cerca del 80%.

El cobre generalmente reduce el rango de fundición de las aleaciones a base de oro. Además, la temperatura de solidificación es inferior a la del oro (1).

El cobre le da una coloración rojiza al oro (1) (8).

Plata

Como el oro, la plata es dúctil, maleable y un excelente conductor de calor y electricidad.

Contribuye a la ductilidad de las aleaciones preciosas y puede ser sustituto, hasta cierto límite, del oro sin causar un deterioro apreciable de las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión (1) (8).

En proporciones adecuadas, la plata contribuye al endurecimiento, la resistencia ténsil y la respuesta al tratamiento calórico.

La plata es un importante neutralizador del color rojo dado por el cobre, dando una coloración más amarilla (1) (4).

Platino

La adición de pequeñas cantidades de platino a las aleaciones preciosas eleva la resistencia. Por ser un metal noble, el platino eleva la resistencia a la corrosión; sin embargo, ya que posee un alto punto de fusión (1755°C o 3191°F), se eleva la temperatura de la fundición (1).

Como la plata, pero aún más efectivamente, el platino blanquea la aleación (1) (4) (8).

Paladio

El paladio juega varios papeles como uno de los componentes menores en las aleaciones para colados convencionales. Aunque muy similar al platino, este elemento es a menudo más efectivo. Su propósito principal es mejorar ciertas propiedades mecánicas tales como la dureza y la resistencia ténsil. Además, eleva el rango de fusión (1).

En pequeñas cantidades le da un color blanco a la aleación. Tan poco como 10% de paladio elimina por completo el color amarillo de la aleación de oro (1) (4).

Como el platino, el paladio puede ser usado para sustituir en parte al oro, ya que es menos costoso que el platino. Generalmente es el material de escogencia.

Una de las desventajas del paladio es que eleva la temperatura de fusión, la cual crea una gran afinidad por el gas hidrógeno, lo cual ocasionaría una gran porosidad interna si no se hace el colado bajo condiciones ideales (1).

Zinc

Pequeñas cantidades de zinc son necesarias para minimizar la oxidación durante la fundición y el proceso de colado, y de esta forma evitar la contaminación (1) (4).

Aunque el zinc tiene el potencial de blanquear la aleación y mejorar el tratamiento calórico, así como de reducir la temperatura de colado, la cantidad incorporada es insuficiente para ser efectivo a este respecto (1) (5).

La pureza del oro utilizado en odontología para conformar las diversas aleaciones no debe ser inferior al 99,99%. Tal pureza es esencial, ya que pequeñas cantidades de elementos tales como el hierro o el estaño tienen profundos efectos en las propiedades finales de la aleación (1) (6).

Las dimensiones de grano normal de todos los componentes básicos de las aleaciones preciosas es bastante grande. El tamaño promedio del grano oscila entre 400-1100 μm (0.04-1.10mm).

Reduciendo el tamaño del grano se mejoran ciertas propiedades físicas y mecánicas notablemente: la resistencia ténsil y la ductilidad. La reducción del tamaño del grano es llevada a cabo por la adición de agentes nucleantes o "elementos de origen" de la aleación. Aunque hay un gran número de agentes que pueden ser exitosamente utilizados para este propósito, el iridio y el rutenio han sido los más efectivos (1).

Aunque algunas propiedades físicas y mecánicas son mejoradas por la adición de agentes nucleantes, la dureza y la resistencia no parecen afectarse (1).

ALEACIONES METALICAS

Tipos y usos de las aleaciones de oro

Hay cuatro tipos diferentes de aleaciones de oro para colado. Por conveniencia, estas aleaciones están agrupadas de acuerdo con dureza y resistencia (1) (4).

Las aleaciones con la menor dureza y resistencia son clasificadas como de Tipo I, mientras que aquellas con valores máximos de dureza y resistencia son designadas como del Tipo IV. Se conocen otros sistemas para clasificar las aleaciones de metal precioso, como: 1 Oro blanco; 2 contenido bajo de oro; 3 aleaciones de oro de alta fusión (1).

Las más recientes incluyen aleaciones de plata-paladio, paladio-plata, plata-indio, paladio-cobalto y paladio-cobre (1).

Aleaciones Tipo I. Este grupo de aleaciones de oro está diseñado para inlays simples tales como aquellos usados en preparación de cavidades de I, III y V clase.

Las aleaciones de este grupo tienen baja dureza (50-90 VHN) y resistencia, pero alta ductilidad. Ya que estas aleaciones están constituidas únicamente por oro, plata y cobre, pueden ser fácilmente bruñidas.

Generalmente este tipo de aleaciones se utiliza en forma directa; hoy en día se utilizan muy poco (1).

Aleaciones Tipo II. Es el más comúnmente usado para restauraciones convencionales inlay y onlay. Comparadas con las aleaciones Tipo I, son más duras y con mayor resistencia (podrían ser el doble).

Pueden ser bruñidas, claro que con mayor esfuerzo que las del Tipo I. Su ductilidad es similar a las del Tipo I

(25% a 35%), pero su resistencia es más alta.

Las aleaciones del Tipo II son generalmente menos amarillas, ya que contienen menos oro. Un color brillante puede ser atribuido a pequeñas cantidades de paladio (1).

Aleaciones Tipo III. Denominadas como aleaciones duras, el Tipo III es utilizado primariamente para coronas y puentes.

Algunos clínicos lo utilizan en preparaciones inlay y onlay cuando hay una remoción extensa de estructura dental.

En contraste con los dos primeros tipos, este grupo es sustancialmente afectado en sus propiedades mecánicas cuando se le somete a diferentes ciclos de tratamiento calórico, lo cual provoca cambios en la dureza, resistencia y ductilidad de la aleación (1).

Aleaciones Tipo IV. Referidas como aleaciones extra-duras. Son usadas en áreas de alta concentración de stress, tales como en estructuras de dentaduras parciales. Este grupo es el de

menor contenido de oro (menos del 70%), pero tiene el más alto porcentaje de plata, cobre, platino y paladio.

Es, también, el que más responde al tratamiento calórico. Los procedimientos de endurecimiento calórico podrían aumentar la dureza y resistencia ténsil al menos en un 50% y cerca del doble del límite proporcional, reduciendo por ende la ductilidad y haciendo más frágil la aleación (valores de elongación de sólo 5% o menos) (1) (4).

Ya que la mayoría de las estructuras de dentaduras parciales son corrientemente fabricadas de aleaciones de níquel-cromo y cobalto-cromo, las aleaciones de Tipo IV juegan un papel mínimo en odontología.

La popularidad de estas aleaciones para base de las aleaciones de metal precioso está basada en su módulo elástico más alto (30 x 10⁶ PSI o 206.96 MPA), la resistencia a la pigmentación y al uso también como su costo sustancialmente más bajo.

Las aleaciones del Tipo IV son un recurso en casos de pacientes sensibles al níquel, cobalto o cromo como un sustituto (1). (Ver Tabla 1).

TABLA 1
COMPOSICION DE ALEACIONES DE ORO PARA COLADOS
Composición de las aleaciones de oro para colado dental:
límites de porcentaje de los componentes (ADA)

Tipo de aleación	Oro	Plata	Cobre	Paladio	platino	Cinc
I	80.2 a 95.8	2.4 a 12	1.6 a 6.2	0 a 3.6	0 a 1	0 a 1.2
II	73 a 83	6.9 a 14.5	5.8 a 10.5	0 a 5.6	0 a 4.2	0 a 1.4
III	71 a 79.8	5.2 a 13.4	7.1 a 12.6	0 a 6.5	0 a 7.5	0 a 2
IV	62.4 a 71.9	8 a 17.4	8.6 a 15.4	0 a 10.1	0.2 a 8.2	0 a 2.7

Del American Dental Association Council on Dental Materials, Instruments and Equipment, Chicago, III.

Aleaciones de oro blancas

Las aleaciones de oro blancas vienen en dos tipos: el primero de éstos contiene 65% - 70% de oro y cerca de 10% de paladio; el resto de la composición es similar a la encontrada en las aleaciones de oro Tipos III o IV. En esencia, el contenido de oro ha sido reducido en cerca del 5-10% y el paladio ha sido elevado de 2% a 3% a aproximadamente el 10%.

El segundo tipo contiene menos oro y cantidades más grandes de plata y paladio, ya que estas aleaciones contienen menos del 30% de oro y quizás más del 50% de plata-paladio no pueden ser correctamente clasificadas como aleaciones de oro (1).

Aleaciones con bajo contenido de oro

El alto costo del oro en el mercado ha impulsado la introducción de un número de aleaciones con bajo contenido de oro. En lugar de un 70% a 75% de oro, como en el caso de las aleaciones convencionales, estas nuevas composiciones contienen solo un 40% de oro (la mayoría oscila entre 40% y 60%) (1).

Para obtener propiedades físicas y mecánicas similares a aquellas de las aleaciones de oro convencionales, se ha incrementado el contenido de plata por un factor de 2 o 3 y la cantidad de paladio en un 4% a 5% (1).

La mayoría de estas composiciones modificadas tienen propiedades similares de aquellas aleaciones de oro Tipos III y IV. Sin embargo, todas son endurecibles térmicamente (1).

Algunas de estas composiciones tienen una resistencia relativamente baja y una alta ductilidad; cuando son ablandadas pueden ser bruñidas exitosamente utilizando métodos convencionales. Generalmente los valores de densidad

son inferiores a los de aleaciones convencionales (1).

Aleaciones de oro de alta fusión

Renovados esfuerzos para desarrollar un sistema satisfactorio de porcelana fusionada al metal fueron iniciados a principios de 1950. La primera aleación era similar a la convencional de oro, exceptuando que ésta contenía más altos porcentajes de Paladio. Esta modificación era indispensable para elevar su temperatura de fusión, de tal manera que la porcelana pudiera ser fusionada al metal sin deformarlo o fundirlo. Desafortunadamente, el cobre de estas primeras aleaciones formaba un óxido que reaccionaba con la cerámica, creando un color verde alrededor del margen gingival. Hoy, una variedad de aleaciones para cerámica son disponibles. Estas incluyen las de alto contenido de oro, reducido oro, paladio-plata, paladio-cobre, cobalto-paladio y aleaciones de metal base (1).

La composición de las aleaciones de oro de alta fusión es primariamente oro, paladio, platino y algunas veces plata. Estos elementos constituyen generalmente el 99% de la composición total. El balance consiste de hierro, estaño e indio (1).

El estaño y posiblemente el hierro, contribuyen a la unión de la porcelana a la superficie del metal. El indio aumenta la fluidez de la aleación durante el colado, ya que el hierro tiende a reducir esta característica.

Algunas de las aleaciones de oro de alta fusión tienen una tendencia a desarrollar un color verde en el margen de la interfase metal-porcelana. Al eliminar el contenido de plata, este problema se evita. Sin embargo, causa una reducción del coeficiente de expansión térmica lo cual se soluciona cambiando la plata por paladio (1).

Las propiedades mecánicas son similares a las de una aleación convencional del Tipo III. Sin embargo son endurecibles térmicamente. Estas aleaciones son más frágiles (1).

Tratamiento calórico

Casi todas las aleaciones de metales preciosos son endurecibles calóricamente. Solo los Tipos I y II responden al tratamiento calórico. En el estado ablandado, el colado puede ser más fácilmente tallado, pulido y brillado. Ya que la resistencia es reducida y la ductilidad está aumentada después de un tratamiento calórico de ablandamiento, las características de bruñido son sustancialmente mejoradas.

Si la aleación es sometida a un tratamiento calórico de endurecimiento antes de la inserción, la restauración llega a ser más resistente al uso y a la abrasión permanentes (1).

Infortunadamente, como en el caso de puentes de tramo largo, el módulo de elasticidad o resistencia elástica no es afectado por cualquier tipo de tratamiento calórico (1).

Consideraciones clínicas y técnicas

Bruñido. El desarrollo de un colado preciso para ser utilizado en restauraciones dentales requiere un buen asentamiento entre el colado y el diente preparado. Infortunadamente, sin embargo, es ocasionalmente necesario mejorar la adaptación del margen mediante el bruñido.

El bruñido puede ser realizado usando una de dos técnicas: la primera es llevando el metal del margen del colado con instrumentos rotatorios hacia el borde o margen. El otro método, usado más comúnmente, consiste en doblar el margen hacia el diente preparado. Después de que el colado es colocado en el troquel, el área cercana

al margen es frotada con un bruñidor de bola u otro instrumento apropiado. Empezando en un área aproximadamente 2.0mm lejos del margen, el instrumento es llevado hacia abajo y adelante paralelo al margen y con presión fuerte. El instrumento de bruñido es llevado muy cerca del margen, pero nunca tocándolo. El procedimiento se realiza hasta que el margen sea cerrado.

La relativa capacidad de ser bruñida una aleación depende de varios factores. Estos incluyen la ductilidad (porcentaje de elongación), límite proporcional, rendimiento a la resistencia y dureza. Podría incluirse también el grado en el cual ocurre el endurecimiento.

Mientras más alta sea la ductilidad y menor el límite proporcional, más bruñible es la aleación (1).

Recolado. Cuando se recuela una aleación de oro es aconsejable que el porcentaje de aleación utilizada no exceda el 50% de la cantidad total de metal que se necesita colar.

Cada vez que una aleación es licuada, particularmente cuando se usa antorcha de gas-aire, los ingredientes de baja fusión tienden a quemarse o vaporizarse. Cambios apreciables en la composición tienen un efecto significativo en las propiedades físicas y mecánicas del colado resultante (1).

Mezcla de aleaciones. Es importante no mezclar aleaciones de diferente composición. Modificaciones sutiles en la relación oro-plata-cobre podrían tener un efecto en la resistencia ténsil, ductilidad, respuesta al endurecimiento calórico y aún la resistencia a la corrosión (1).

Aleaciones no preciosas para el uso en protesis fija

El aumento en los precios del oro llevó al uso de aleaciones no preciosas.

Son ahora comúnmente utilizadas en restauraciones cerámicas, por lo que sería útil conocer más acerca de sus constituyentes, propiedades físicas, biocompatibilidad, enlace con la porcelana y corrosión para así hacer un uso más racional de ellos.

1. Constituyentes

Estas aleaciones no contienen oro, plata, platino o paladio. Existen cuatro grupos de aleaciones no preciosas (Ver Tabla 2), siendo el níquel y el cobalto los metales primarios en la mayoría, seguidos por el cromo (aumenta la resistencia a la oxidación) (2).

El incremento de cromo, níquel, cobalto en las aleaciones aumenta la resistencia y también ayuda en el endurecimiento. Los elementos menores tienen un efecto en las propiedades físicas. Estos elementos mejoran el vaciado, las características de manipulación, la capacidad de unirse con la porcelana y la resistencia a la corrosión (Tabla 3).

2. Propiedades físicas

Las diferencias en las propiedades físicas pueden afectar la manipulación de las aleaciones no preciosas para prótesis fija (Ver Tabla 4).

Rango de fusión elevado (2). El rango de fusión de las aleaciones no preciosas es generalmente de 100 a 200 °C por encima de las aleaciones para porcelana que contienen oro. Debido a esto la contracción por enfriamiento es mucho mayor, por lo que el investimento tiene que expandirse 3.4% para compensar el encogimiento (según Weiss) en este tipo de aleaciones.

Debido a sus altas temperaturas de fusión, las aleaciones no preciosas pueden tener mayor resistencia a estirarse que las de metales preciosos, a las temperaturas requeridas para la cocción de la porcelana.

Buchanan y colaboradores reportan menos distorsión marginal con una aleación preciosa que con una cerámica no preciosa (2).

Baja conductividad térmica. La conductividad térmica del níquel es aproximadamente cuatro veces menor que la del oro. Como resultado, todos los lingotes no preciosos necesitan calentarse a la misma rata para producir una fusión uniforme (2).

Baja gravedad específica. Ya que estas aleaciones tienen aproximadamente la mitad de la gravedad específica de las aleaciones de oro, las má-

**TABLA 2
CLASIFICACION BASICA DE LAS ALEACIONES NO PRECIOSAS
SEGUN SUS MAYORES CONSTITUYENTES**

TIPO	EJEMPLOS	
I	Níquel 75% a 80% Cromo 11% a 15%	Centillum, Verabond, Beta, Biobond, CTB, Permabond, Litecast B, Phenix, Unibond, Witon-S.
II	Cobalto 40% a 70% Cromo 20% a 30%	Neobond II, Ticonium, Biocast, Fórmula C5, No-níquel
III	Hierro 59% Cromo 26%	Dentillum CB
IV	Titanio Cobre	Experimental

**TABLA 3
ELEMENTOS MENORES EN LAS ALEACIONES NO PRECIOSAS**

ELEMENTO	CONCENTRACION	PROPIEDADES
Berilio	1-2%	Permite el vaciado Mejora maleabilidad Reduce temperatura de fusión
Hierro	0.2-2.5%	Suministra dureza y óxidos para el enlace con la porcelana
Indio	0.2-1%	Solución endurecedora Óxidos para el enlace
Estaño	0.2-1%	
Manganeso	0.5-6%	Resistencia a la corrosión Solución endurecedora
Silicio	0.5-3.5%	Ayuda al vaciado Incrementa la ductilidad
Aluminio	1.1-6%	Solución endurecedora
Titanio	0.2-1%	Solución endurecedora
Boro	0.5%	Amplía el rango de fusión Resistencia a la corrosión
Molibdeno	2-12%	Coefficiente de expansión térmica Resistencia a la corrosión Óxidos para el enlace
Tungsteno	6-7%	Coefficiente de expansión térmica Resistencia a la corrosión
Indio	0.15%	Resistencia a la corrosión Módulo de elasticidad
Carbono	0.05-0.4%	Fortifica la dureza y Ductilidad

quinas de vaciado tienen que generar un investido inicial más alto para desarrollar presiones equivalentes.

Wight y otros encontraron que el uso de respiraderos y bebederos de adecuado tamaño eliminaban la mayoría de problemas en el vaciado (2).

Incremento de la dureza y la fuerza. Muchas restauraciones no preciosas son más difíciles de terminar debido a su aumentada dureza. Una vez pulida, sin embargo, el acabado dura más que la aleación de oro en boca. Los márgenes más delgados corren menos riesgo de perderse durante el acabado de la restauración.

Las aleaciones no preciosas proveen una base estructural más rígida para la porcelana debido a la alta fuerza del metal.

Weiss cree que el espesor de la cofia por debajo de la porcelana puede reducirse a 0.1-0.2 mm cuando lo requieran las condiciones estéticas (2).

Mayor reactividad. La mayoría de los elementos en las aleaciones no preciosas sufren reacciones químicas bajo condiciones de vaciado.

Las aleaciones de níquel fundido son especialmente sensitivas hacia el carbón, formándose carburos de níquel por encima de los 1200 °C y carburos de berilio por encima de 500 a 750 °C.

Todos los demás elementos se sospecha que forman carburos y/o nitruros bajo condiciones de vaciado, por lo que se contraindica una llama de acetileno, ya que está altamente contaminada con productos de combustión del carbono y es demasiado caliente (2).

Las reacciones de oxidación y reducción proceden rápidamente a temperaturas elevadas.

El silicio llega a ser altamente volátil por encima de 1300 °C, y se reduce a monóxido de silicio.

Tanto el aluminio como el níquel forman óxido por encima de 400 °C.

**TABLA 4
COMPARACION BASICA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS ALEACIONES DE ORO Y LAS ALEACIONES NO PRECIOSAS**

PROPIEDADES	ALEACIONES ORO	ALEACIONES NO PRECIOSAS
Rango de Fusión	935-1200°C	1150-1400°C
Conductibilidad térmica (oro vs níquel)	3.15w/cm°C	0.89w/cm°C
Peso específico	18.3 GM/cc	7-9GM/cc
Dureza	140-200 Kg/mm ²	240=400Kg/mm ²
Resistencia tensional	5.098 Kg/cm ²	6500-10.000 Kg/cm ²
Alargamiento	5%	9-12%
Módulo de elasticidad	95.000 mn/m ²	195.000mn/m ²

ALEACIONES METALICAS

Las reacciones de óxido-reducción pueden cambiar las propiedades mecánicas de las aleaciones (2).

Volatilidad. Dependiendo de sus presiones de vapor, todos los constituyentes de la aleación se vaporizan hasta cierto grado durante el vaciado (2).

El calor prolongado o intenso puede crear una nueva aleación por evaporación de elementos menores importantes. Las aleaciones no preciosas son mucho más sensibles a sus pequeños constituyentes que las aleaciones de oro (2).

Radiación de cuerpos extraños. Todos los metales brillan cuando se calientan. A una temperatura dada, el oro y las aleaciones no preciosas emiten diferentes longitudes de onda a diferentes intensidades de luz (2).

3. Biocompatibilidad

Muchos metales pueden ser biológicamente activos en uno o en todos los tres diferentes estados químicos:

- Metal puro, como lingotes en polvo
- Compuestos de sales organometálicas y metálicas
- Aleaciones

No todos los estados químicos de ciertos metales parecen ser igualmente peligrosos (2).

Los vapores de metal puro producidos durante el vaciado pueden sufrir reacciones químicas y/o condensarse como polvo. Los compuestos organometálicos y las sales de metal se forman durante la corrosión, ambos en la boca y durante el vaciado (2).

El metal en aleación puede existir como lingotes en la boca y en polvo en el laboratorio.

En la Tabla 5 se enumeran datos conocidos de toxicidad para muchos elementos encontrados en metales no preciosos.

TABLA 5
TOXICIDAD DE LOS ELEMENTOS EN ALEACIONES NO PRECIOSAS

ELEMENTOS	DATOS DE TOXICIDAD
BERILIO	. Carcinogénico positivo en animales: altamente tóxico como polvo. Medidas de 0.002mg/mm ³ en aire
NIQUEL	. Carcinogénico positivo en animales . Exposición ocupacional: 0.015 mg/m ³ en aire
CROMO	. Sospechoso carcinogénico en animales . Medidas de 1 mg/m ³ en aire
ESTAÑO	. Todos los compuestos orgánicos son tóxicos: el estaño elemental es de baja toxicidad
BORO	. Tolerancia : 0.1 mg/m ³ en aire . Compuesto halógeno de alta toxicidad
MOLIBDENO	. Elemento no tóxico . Compuesto de baja toxicidad . Tolerancia: 5 mg/m ³ en aire (trióxido)
HIERRO	. Esencialmente no tóxico . Tolerancia: 10 mg/m ³ en aire
INDIO	Baja toxicidad Umbral límite 0.1 mg/m ³ en aire
MANGANESO	Baja toxicidad como elemento y en compuestos Medidas: 5 mg/m ³ en aire
TUNGSTENO	Baja toxicidad Exposición ocupacional: 5 mg/m ³ en aire
IRIDIO	Probablemente baja toxicidad
SILICIO	Baja toxicidad Tolerancia: 10 mg/m ³ en aire
ALUMINIO	Esencialmente no tóxico
TITANIO	Esencialmente no tóxico

El níquel elemental y muchos compuestos de níquel (notablemente el carbonilo de níquel) son extremadamente efectivos en producir rhabdomiosarcoma.

Los trabajadores en refinería de níquel se reporta que sufren aumento de

carcinoma de pulmón y nasofaringe. Pero el riesgo más inmediato de biocompatibilidad con aleaciones de níquel parece ser alergias por dermatitis de contacto. En perspectiva las alergias por níquel se espera que ocurran solamente en el 5%-8% de la población (2).

Tanto la complejidad metalúrgica como química de las aleaciones no preciosas complica altamente cualquier entendimiento uniforme del enlace metal-porcelana. Los datos relacionados con la formación de óxido de cromo para el enlace dan más fuerza a la confusión y se cree que debilitan los enlaces de porcelana. Otros autores sugieren lo contrario. Los enlaces pueden ser debilitados con la presencia de agentes de superficie (2).

Moffa y otros demostraron que los implantes subcutáneos de aleaciones de níquel-cromo fueron tan bien tolerados como los implantes de oro en conejos.

Woody y otros sometieron cultivos de tejidos en polvos de níquel-cromo obtenidos durante el vaciado. Los cultivos expuestos a vaciados totales no mostraron cambios celulares adversos. Los cultivos que contenían polvos de níquel-cromo mostraron zonas de lisis y alteración celular (2).

4. Enlaces de porcelana

El enlace de porcelana al metal se piensa que resulta de ambas fuerzas químicas y mecánicas. Numerosos investigadores creen que la retención se relaciona con la formación de óxidos del metal, los cuales actúan facilitando el humedecimiento por disolución e interactuando químicamente con la porcelana (2).

No ha evolucionado ningún método uniformemente aceptado para determinar las fuerzas de enlace.

La superficie rugosa del metal apropiado, puede ser más importante para las fuerzas de enlace con metales no preciosos que con las de oro (2).

La temperatura del opacador y el tiempo de degasificación afectan las fuerzas del enlace con las aleaciones no preciosas. Tiempos prolongados de

degasificación disminuyeron la fuerza de unión en un 20%.

5. Corrosión

Se conocen cuatro mecanismos básicos para la corrosión de metales en la cavidad oral:

- 1 Ataque uniforme
- 2 Ataque en el crevice donde la circulación de oxígeno es pobre
- 3 Ataque diseminado estableciendo células electrolíticas autoperpetuadoras
- 4 Ataque galvánico

Los cuatro mecanismos pueden actuar en conjunto.

El cromo y el cobalto por sí mismo son fácilmente corroídos. Se conoce poco sobre la actividad de las aleaciones no preciosas hacia enzimas, ácidos orgánicos y otros constituyentes de la placa (2).

Las corrientes galvánicas entre metales similares pueden causar daño del tejido y corrosión. Marek dice que las aleaciones no preciosas usadas en PPF pueden ser menos activas galvánicamente que el oro (2).

Las aleaciones que no contienen metales preciosos se han utilizado desde 1920, principalmente las que contienen cromo-cobalto como estructura para prótesis removible (3).

Los metales nobles son: oro, paladio y platino. Las aleaciones con contenido bajo en oro y que contienen básicamente plata, paladio y platino son semipreciosas y las que contienen predominantemente cromo, cobalto, níquel, estaño o hierro son no preciosas (no nobles) (3).

Las técnicas usadas de gas-aire o muflas eléctricas convencionales son inadecuadas para aguantar el calor necesario para lograr la fusión de la aleación no preciosa. Probablemente el método menos costoso para utilizar en

este tipo de aleaciones no preciosas sea el modificar la técnica de centrifugación.

Los investimentos recomendados por los fabricantes deben utilizarse de acuerdo con la aleación. Los componentes principales de las aleaciones no preciosas de alta temperatura de fusión requieren las capacidades refractarias de investimentos de fosfato o etil-silicato. El uso de investimentos a base de agua/yeso no es aconsejable. El dióxido de sulfuro allí producido es deletéreo para las propiedades físicas y mecánicas y la integridad del colado obtenido (3).

Como lo demostraron Civjan y otros, estas aleaciones son altamente sensibles al tratamiento de temperaturas, con pérdida de sus propiedades físicas y mecánicas.

El níquel, cromo y cobalto son altamente susceptibles al ataque de ácidos. Por tanto los procedimientos tradicionales no deben utilizarse en aleaciones no preciosas; principalmente las de alto contenido de níquel. La remoción del investimento y la preparación predefinida deben ser acompañadas del uso de desarenadores (3).

La considerable dureza de las aleaciones no preciosas no permite un efectivo pulido sino con agentes de igual o mayor dureza, como: óxido de aluminio, carborundo y dióxido de silicón, al igual que piedras de carburo. El brillo debe hacerse con puntas abrasivas y felpas y en surcos oclusales con piedras de carburo o tungsteno (3).

Todas las aleaciones no preciosas se deben trabajar con muy buena ventilación y aireación. Además la limpieza de la técnica es muy importante para evitar al máximo la contaminación.

Lograr contorno, contacto y oclusión es más difícil que con aleaciones de oro y además el manejo de los

ALEACIONES METALICAS

factores en el colado en estas aleaciones debe tener gran precisión (3).

Aleaciones para colados de uso odontológico

Las aleaciones para colados pueden clasificarse en tres grandes grupos: (4)

Grupo I. Aleaciones preciosas. Con un alto contenido de oro, o grupo del platino.

Grupo II. Aleaciones semipreciosas, en las cuales el oro se ha sustituido total o parcialmente por metales, tales como plata y paladio.

Grupo III. Aleaciones no preciosas, en las cuales se utilizan los metales de "base", tales como el cromo, níquel y cobalto.

Grupo I. Aleaciones preciosas

Este grupo está conformado por las aleaciones de oro, cuyas características, composición y propiedades físicas se regulan por la especificación N° 5 de la A.D.A. La especificación reconoce cuatro tipos de aleaciones: (4).

Aleación Tipo I: Blanda. Contenido de metales nobles (oro y platino) de 83%.

Aleación Tipo II: Media. Contenido mínimo de metales nobles, 78%.

Aleación Tipo III: Dura. Contenido mínimo de metales nobles, 78%.

Aleación Tipo IV: Extradura. Contenido mínimo de metales nobles, 75%.

La aleación Tipo I tiene una dureza Vickers de 50 y la Tipo IV, de 150.

De acuerdo a las propiedades físicas de cada tipo su aplicación o indicación clínica es la siguiente: (4)

Aleación Tipo I: Incrustaciones pequeñas de Clase III o V (restauraciones que no reciben choque masticatorio directo).

Aleaciones Tipo II: Incrustaciones en técnicas de operatoria clase I, II, MOD.

Aleaciones Tipo III: Tipo ideal para todos los trabajos de prótesis parcial fija.

Aleaciones Tipo IV. Para aparatos removibles o para prótesis fija de gran magnitud, donde se espera un gran esfuerzo masticatorio (4).

- . No se oxida
- . No se pigmenta
- . Temperatura de fusión: 1769 °C
- . Densidad: 21,45 (4)

Paladio

- Características:
- . Las mismas del platino

TABLA 6
ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS REQUERIDAS EN LAS ALEACIONES DE ORO PARA COLADOS (ESPECIFICACION N° 5 ADA) (4)

TIPO	AU-PT	DUREZA VICKERS	ELONGACION	TEMPERATURA DE FUSION
I	83%	50-90	18%	930 °C
II	78%	90-120	12%	900 °C
III	78%	120-150	12%	900 °C
IV	75%	150 (ablandadas)	10%	870 °C

Metales. Principales características

Oro puro

. Características:

- . Blando
- . Dúctil
- . Maleable

Resistencia a la oxidación

- . No se pigmenta
- . Resiste el ataque ácido
- . Le da un color amarillo a la aleación
- . Temperatura de fusión: 1063 °C
- . Densidad: 19,3 (4)

Plata

. Características

- . Dúctil
- . Maleable
- . Baja la resistencia a la pigmentación
- . Aclara el color de la aleación
- . Baja la temperatura de fusión
- . Forma soluciones sólidas con el oro
- . Temperatura de fusión: 960.5 °C
- . Densidad: 10,49 (4)

Platino

Características:

- . Eleva el punto de fusión
- . Aclara el color de la aleación
- Gran resistencia y dureza

- . Baja el valor de la densidad de la aleación
- . Temperatura de fusión: 1552 °C
- . Densidad: 12,02 (4)

Cobre

. Características:

- . Aumento en la resistencia y dureza
- . Aumenta la ductilidad
- . Imparte un color rojizo
- . Disminuye la resistencia a la pigmentación y corrosión
- . Temperatura de fusión: 1083°C
- . Densidad: 8,96 (4)

Otros metales (Pequeñas cantidades)

Mejoran las cualidades del colado y evitan la oxidación. Ej:

- Indio: . Uniformidad en el tamaño del cristal de la aleación
- . Da fluidez al colado
 - . Produce óxidos

Estaño: . Produce óxidos

Zinc: . Anti-oxidante en el proceso del colado

Hierro: . Endurece la aleación y produce óxidos (4)

**TABLA 7
PROMEDIOS % DE COMPOSICION DE LOS DIFERENTES
METALES PRESENTES EN LAS ALEACIONES (4)**

TIPO	ORO	PLATA	COBRE	PALADIO	PLATINO	ZINC
I	80.2-95.8	2.4-12	1.6-6.2	0-3.6	0-1.0	0-1.2
II	73-83	6.9-14.5	5.8-10.5	0-5.6	0-4.2	0-1.4
III	71-79.8	5.2-13.4	7.1-12.6	0-6.5	0-7.5	0-2
IV	62.4-71.9	9-17.4	8.6-15.4	0-10	0.2-8.2	0-2.7

Definición de propiedades físicas fundamentales que deben tenerse en cuenta en una aleación para colados

TAMAÑO DEL CRISTAL. Entre más pequeño es el cristal o grano de una aleación, mejores serán sus propiedades físicas (4).

LIMITE PROPORCIONAL. Se Define como la máxima fuerza que puede soportar un material sin sufrir deformación permanente (4).

Ej: Tipo III= 2.300 Kg/cm²
Aleaciones para cerámica = 2950 Kg/cm²

MODULO ELASTICO. Es un indicativo de rigidez.

Ej: Tipo II= 877.000 Kg/cm²
Tipo III=893.000 Kg/cm²
Aleación para cerámica= 917.000 Kg/cm²

RESISTENCIA ULTIMA EN TENSION. Es la máxima fuerza que puede soportar una aleación al someterse a una carga tensional o de tracción.

Ej: Tipo III=4200 Kg/cm²
Aleación para cerámica = 5000Kg/cm² (4)

DUREZA. Es la resistencia superficial de un material a la penetración.

ELONGACION. Corresponde al porcentaje de alargamiento sufrido por una aleación; es índice de ductilidad. Indicativo de la capacidad para bruñir o doblar una aleación sin que se rompa.

Ej: Tipo III = 4-20%
Aleación para cerámica - 3% (4)

Aleaciones utilizadas en la técnica metal - porcelana

Deben cumplir las siguientes características:

1. Soportar cambios térmicos durante el proceso de horneado de la porcelana sin sufrir distorsión o alteración de sus propiedades
2. El coeficiente de expansión térmica debe ser compatible con el material cerámico utilizado
3. Los óxidos producidos en la superficie metálica deben unirse químicamente a la porcelana
4. Deben poseer una estructura microcristalina que otorgue las propiedades físicas deseadas
5. No debe alterar o manchar el color de la porcelana
6. Facilidad de soldarse

7. Libre de elementos tóxicos o irritantes (4)

Tres sistemas de aleaciones se han propuesto para la técnica de porcelana fundida sobre metal: (4)

SISTEMA 1= Aleación oro-platino-paladio

SISTEMA 2= Aleación oro-paladio

SISTEMA 3= Aleación paladio-plata

Tratamiento térmico de las aleaciones de oro

Este tratamiento puede ser:

- a. De ablandamiento denominado de solubilidad
- b. De endurecimiento denominado envejecimiento

El proceso de ablandamiento permite que los márgenes puedan ser bruñidos fácilmente y se logre así una mejor adaptación del borde. La aleación ablandada presenta una disminución en los valores de resistencia tensional, límite proporcional y dureza. La ductilidad se ve aumentada.

Una vez adaptada la estructura se debe retornar a su estado primitivo, y se somete entonces al endurecimiento.

Sólo las aleaciones con alto contenido de cobre, aleaciones Tipo III y IV son susceptibles a este tratamiento.

Está contraindicado en estructuras que hayan sido soldadas, pues este procedimiento ocasiona distorsión de ellas (4).

**TABLA 8
COMPOSICION DE LAS ALEACIONES
DE ACUERDO A LOS SISTEMAS**

SISTEMA	AU	PT	PD	AG	FE	IN	SN
1	85-90%	5-10%	5-7%	-	0-1%	0-1%	0-1%
2	50%	-	30%	12%			8%
3	-	-	60%	30%	-	-	10%

Grupo II. Aleaciones semipreciosas

Este tipo de aleaciones ha surgido como respuesta a los altos costos de las aleaciones preciosas (oro y Platino), las cuales en estos últimos años han triplicado su valor.

En algunas de estas aleaciones el oro está presente en un porcentaje inferior al requerido por la especificación N° 5, siendo sustituido por otros metales como la plata y el paladio, abaratando el costo (4). Dentro de éstas:

MIRACAST (Ney) Oro 41%, Paladio y platino

FORTICAST (Jelenko) Oro 50%, paladio, plata y cobre

PALINEY (Ney) Oro 10-15%, 20% paladio

ALBORIUM (Jelenko) similar a la anterior

Otras fórmulas han sustituido completamente el oro, reemplazándolo por metales semipreciosos como el paladio y la plata. Dentro de éstas: METAL NEY 76: Paladio 27%, Plata 59% y cobre

ALBACAST: Plata, paladio, 23%-27% paladio

Las aleaciones semipreciosas constituyen una segunda elección obteniéndose buenos resultados siempre y cuando se observe una meticulosa y depurada técnica (4).

Las aleaciones no preciosas requieren mayor estudio, en especial un tipo de revestimiento que logre compensar la contracción muy alta sufrida debido a su alta temperatura de fusión, y una mejor compatibilidad entre el revestimiento y la capacidad de fluidez del metal fundido al penetrar dentro del molde (4).

Investigaciones recientes han demostrado que las aleaciones de grano fino para colados de oro probablemente exhiben mejores propiedades mecánicas cuando se comparan con aleaciones de

grano grueso. Refinando el grano se aumenta la resistencia a la tracción y la elongación en un 30% aproximadamente. Por adición de aproximadamente 50ppm de rutenio o iridio se puede obtener un aumento de 100 veces el número de granos por unidad de volumen (7).

Haynes obtuvo una patente para aleaciones de cromo-cobalto en 1907. No fue, sin embargo, hasta 1929 cuando Erdle y Prange perfeccionaron los materiales y técnicas para el uso de estas aleaciones en aparatos dentales colados. Desde su introducción en la prótesis dental, las aleaciones de cromo-cobalto han ganado y mantenido su popularidad, y en los actuales momentos son usados en la mayoría de las dentaduras parciales removibles. Recientes desarrollos han dado también como resultado aleaciones que no muestran corrosión en aplicaciones clínicas en prótesis fija. Este aumento en su uso se debe a su baja densidad, bajo costo, alto módulo de elasticidad (rigidez) y la resistencia a la pigmentación de estas aleaciones en comparación con las aleaciones de oro (7).

**REPORTE DEL COMITE
CIENTIFICO DE
INVESTIGACION DE LA
ACADEMIA AMERICANA DE
ODONTOLOGIA RESTAU-
RADORA - 1985 A 1989**

**Aleaciones metálicas
(Resumen)**

- La reproducibilidad de la adaptación de los colados fue mejorada con la eliminación de la expansión del fraguado en el investimento, permitiendo únicamente la expansión térmica sin restricciones (9).
- Se hizo un recuento de los diferentes tipos de aleaciones disponibles en el mercado (10) para compararlos con diferentes aleaciones alternativas a

las de alto contenido de metales nobles. Estas aleaciones tienen como componente mayor en su metal base el paladio, y están libres de plata. Estas investigaciones continúan combinando el paladio con el galio y sus resultados parecen prometedores (11).

- También se investiga con aleaciones de paladio-titanio, las cuales parecen poseer gran potencial de aplicación en odontología (12).
- Cuando la porcelana de bajo coeficiente de expansión térmica se prepara para unirla con el titanio, las fuerzas de unión obtenidas son casi iguales a las convencionales, tanto para la porcelana como para las aleaciones (13).
- A la aleación binaria del tipo titanio-tantalio se le reconocieron cualidades comparables a las de las aleaciones actuales (14).
- Los investigadores han profundizado en el estudio de las aleaciones alternas debido a que estas podrían tener menor costo y propiedades mejoradas. Actualmente metales nobles y metales bases están siendo estudiados. Algunos de ellos bastante nuevos, son el titanio y el paladio. El titanio ofrece menor costo y una excelente resistencia a la corrosión. Aleaciones que contienen de 30% a 50% de paladio tienen buena resistencia a la corrosión y alta dureza (15).
- Fue demostrado nuevamente que aleaciones con base paladio que son contaminadas con puntas de carbón presentan una reducción de la ductibilidad y hay aumento de la porosidad en la interfase con la porcelana, así como disminución de la fuerza de unión, lo que se traduce en líneas de fractura en la porcelana (16).
- Cuando se consideran nuevas aleaciones metálicas como alternativas

se deben considerar los factores fundición y colabilidad de éstas.

Mucho se ha investigado tratando de estandarizar una prueba confiable para poder comparar las aleaciones bajo estos factores. Una de estas pruebas consiste en una rejilla de poliéster, la cual mide la colabilidad de un determinado metal de forma cuantitativa. Esto, de acuerdo a la capacidad de cada aleación para reproducir esta rejilla luego del colado (17).

Algunas de las centrifugas utilizadas para hacer los colados no son compatibles con algunas aleaciones. Se han desarrollado nuevos aparatos que operan en forma vertical y los metales fundidos son acelerados por un pistón de aire, mejorándose así la colabilidad de diferentes aleaciones (18).

El efecto de volver a fundir aleaciones de plata-paladio fue estudiado y comparado con el efecto de las aleaciones de oro tipo III. Estas aleacio-

nes de Ag-Pd mostraron colados pobres y con mala adaptación (19).

La resistencia a la corrosión y la pérdida del brillo es importante cuando se evalúan aleaciones alternativas. La nobleza de la aleación es el factor más importante para determinar la resistencia a la corrosión de una aleación noble, pero la pérdida del brillo no solo depende de la nobleza, sino de la microestructura del metal. Por Ejemplo, el tratamiento calórico puede influir fuertemente sobre la pérdida del brillo, pero no sobre la resistencia a la corrosión. Esto puede deberse a la segregación del cobre en estas aleaciones (20).

Otras investigaciones se dirigen a la comparación del comportamiento de aleaciones alternativas in vivo e in vitro con las tradicionales de alto contenido de oro.

La precisión de los colados de cuatro aleaciones de alto contenido de paladio y sin contenido de plata se comparó

con las aleaciones de oro-paladio-platino y no se encontraron diferencias significativas entre estos colados (21).

Dos aleaciones de bajo contenido de oro y dos aleaciones de plata-paladio se compararon con aleaciones de oro tipo III para observar su colabilidad usando márgenes biselados de 30° en las preparaciones. Se encontró que los márgenes de las aleaciones de bajo contenido de oro eran agudos, similares a los del oro tipo III; pero los márgenes de aleaciones de Ag-Pd no eran aceptables (22).

El uso de aleaciones de titanio para uso odontológico continúa recibiendo considerable atención. El bajo costo, la disponibilidad del metal, resistencia a la corrosión y biocompatibilidad hacen que éste se muestre como un material sumamente atractivo.

En las últimas investigaciones se está combinando titanio con galio (23).

BIBLIOGRAFIA

ISSN0121-246X

- 1 LEINFELDER, K.F. and LEMONS, J. "Gold Alloys". *Clinical Restorative Materials and Techniques*. 1988. Cap 4.
- 2 KELLY, J.R. and ROSE, T.C. "Non-precious alloys for use in fixed prosthodontics: a literature review". *The J of Prosth Dent*. 49(3), 1983
- 3 DUNCANSON, M.G. "Non-precious metal alloys for fixed restorative dentistry". *Dent. Clin of N.A.* 20(2), april 1986
- 4 GUZMAN, H.J. "Aleaciones para colados de uso odontológico". *Rev Federac. Od. Colombiana*. 27, Abril Junio 1980.
- 5 SIKINNERS PHILLIPS. *Science of Dental Materials*. 8a ed. WB Saunders Co, Cap 15,16,17,18,19.
- 6 RHOADS, J.E. RUDD, K.D. MORROW, R.M. "Procedimientos en el laboratorio dental". Tomo I, III (prótesis fija, prótesis removible), 1988.
- 7 UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (Facultad de Odontología) "Guía de materiales dentales". 1970.
- 8 PEYTON & CRAIG. "Naturaleza de los metales y aleaciones". 2a ed. 1974, Cap. 5.
- 9 FEDOROWICH, N; KASLOFF, Z. "Multiple unit fixed partial denture castings with reproducible accuracy". *J. Dent. Res.* 63:176, 1984. (Abstract # 53).
- 10 BERTOLOTTI, R. "Selection of alloys for today crown and fixed partial denture restorations". *J Am. Dent. Assoc.* 108: 959, 1984.
- 11 CASCONE, P. "Phase relations of the palladium base copper, gallium, radium alloy system". *J Dent. Res.* 63:233, 1984. (Abstract # 563)
- 12 MOSER, J; LIN, TAIRA, M; GREENER, E. "Investigations into the Pd-Ti system". *J. Dent. Res.* 63:540, 1984. (Abstract # 87).
- 13 TOGAYA, T; SUSUKI, M; TSUTSUMI, S; IDA, K. "An application of pure titanium to the metal porcelain system". *Dent. Mat. J.* 2:210, 1983.
- 14 KAGA, M; AOMORI, T; OIKAWA, K; OTA, M; KONDO, S; OHKAWA, S. "Mechanical properties of Ti-Ta binary alloys for dental applications". *Dent. Mat. J.* 2:161, 1983.
- 15 MOSER, J; LIN, TAIRA, M; GREENER, E. "Development of Pd-Ti alloys". *Dent. Mat. J.* 1:37, 1985.
- 16 HERO, H; SYVERUD, M. "Carbon impurities and properties of some palladium alloys for ceramic veneering". *Dent. Mat. J.* 1:106, 1985.
- 17 HINMAN, R.W; TESK, J.A; WHITLOCK, R.P.PARRY, E.E; DURKOWSKY, J.S. "A technique for characterizing casting behavior of dental casting". *Oper. Dent.* 10:93, 1985.
- 18 DONOVAN, T.E; WHITE, L.E. "Evaluation of an improved centrifugal casting machine". *JPD.* 53:609, 1985.
- 19 KAMINSKY, R.A; ANUSAVICE, K.J; OKABE, T; MOORE, B.K; CASTEEL, P.E. "Castability of silver-base fixed partial denture alloys". *JPD.* 53:320, 1985.
- 20 HERO, H. VALDERHAUG, J. "Tarnishing in vivo and in vitro of low gold alloy related to its structure". *J Dent. Res.* 62: 139, 1985.
- 21 BYRNE, G; GOODACRE, C; DYKEMA, R.W; MOORE, B.K. "Casting accuracy of high palladium alloys". *JPD.* 55:297, 1986.
- 22 BESSING, C. "Evaluation of the castability of four different alternative alloys by mesuring the marginal sharpness". *Acta Od. Scand.* 44:165, 1986.
- 23 GREENER, E.H; MOSER, J.B; OPP, J; SZURGUT, K; MARKER, B.C. "Dental castability of Ti and Ti-691-4v. *J Dent. Res.* 65:301, 1986.