

14/6/97
51



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

CEMENTOGENESIS

T E S I S I N A
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
CIRUJANO DENTISTA
P R E S E N T A:
VERONICA LOPEZ DOMINGUEZ

ASESOR: DR. HIGINIO ARZATE

COORDINADORA DE SEMINARIO:
C.D. ALMA AYALA PEREZ



FACULTAD DE
ODONTOLOGIA

MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS.

**A MIS PADRES:
POR SU APOYO INCONDICIONAL.**

**A ERIN:
MI PEQUEÑUELA.**

**A FREDY:
POR ALENTARME Y ESTAR CONMIGO.**

**A JUAN CARLOS:
POR AYUDARME DURANTE TODA MI CARRERA.**

**A NIDIA:
POR MIS DIBUJOS DE SIEMPRE.**

**A MI ASESOR: HIGINIO ARZATE.
POR DEDICARME UN TIEMPO.**

**A CLAUDIA Y DALIA:
POR ECHARME PORRAS.**

INDICE

Pag.

I. CEMENTO RADICULAR.....5

1.- DEFINICIÓN

2.- FUNCIONES

II. CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO.....7

1.- CEMENTO ACELULAR

2.- CEMENTO CELULAR

3.- CEMENTO FIBRILAR

4.- CEMENTO ACELULAR AFIBRILAR (A.A.C.)

5.- CEMENTO ACELULAR DE FIBRAS EXTRÍNSECAS
(A.E.F.C.)

6.- CEMENTO CELULAR DE FIBRAS INTRÍNSECAS
(C.I.F.C.)

7.- CEMENTO ACELULAR DE FIBRAS INTRÍNSECAS
(A.I.F.C.)

8.- CEMENTO CELULAR MIXTO ESTRATIFICADO
(C.M.S.C.)

III. COMPOSICIÓN DEL CEMENTO.....15

- 1.- COMPOSICIÓN ORGÁNICA
- 2.- COMPOSICIÓN INORGÁNICA

IV. CEMENTOGÉNESIS21

- 1.- CEMENTOGÉNESIS DURANTE EL DESARROLLO
- 2.- CEMENTOGÉNESIS DURANTE EL PROCESO
REPARATIVO Y/O REGENERATIVO.

V. CONCLUSIONES.....41

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Los tejidos periodontales forman una unidad funcional, son diseñados para mantener y proteger el soporte del diente. En particular el cemento, ya que representa el componente cardinal del tejido periodontal que es primordial e indispensable para la regeneración diente - hueso, reconstruyendo el anclaje del diente manteniendo la relación oclusal (8,13).

El cemento es uno de los tejidos afectados por la enfermedad periodontal y a su vez es considerado como tejido reparador. En los tejidos sanos el cemento actúa como conector del ligamento periodontal a la superficie de la raíz del diente. Existe evidencia sustancial que apoya una fuerte correlación entre el cemento alterado y la periodontitis, magnificando el importante papel que juega el cemento en el mantenimiento de los tejidos periodontales sanos (7).

Dos variedades de cemento con propiedades completamente diferentes son depositados por la actividad y reactividad de los cementoblastos: el cemento acelular de fibras extrínsecas (A.E.F.C.), el cual crece muy lentamente en las porciones cervicales y medias de la raíz, principalmente participa en el anclaje dental.

El cemento celular de fibras intrínsecas (C.I.F.C.), puede ser encontrado solo como un tejido reparador en varias localizaciones o en combinación con el A.E.F.C., como un cemento estratificado mixto (C.M.S.C.). La habilidad del C.I.F.C. para ser rápidamente depositado en

capas gruesas demuestra su función importante como un tejido adaptativo y reparativo (8).

Otra característica importante del cemento radicular ha sido el descubrimiento de una variedad de proteínas no colágenas en su composición; los estudios de las propiedades bioquímicas y composición del cemento demostraron que los extractos de proteínas de cemento estimulan la migración, adhesión, proliferación y síntesis de proteínas de fibroblastos gingivales y fibroblastos del ligamento periodontal (8).

Este trabajo hace una revisión del papel que juega el cemento en los tejidos periodontales, características, origen, función, tipos y composición ; cementogénesis durante el desarrollo y cementogénesis durante la reparación y/o regeneración.

I. CEMENTO RADICULAR

- **DEFINICIÓN**

El cemento es un tejido conectivo mineralizado que se deriva del mesodermo y cubre la raíz anatómica de los dientes ; el cemento es similar en estructura y en composición al hueso aunque difiere de éste en varios aspectos funcionales importantes, como no poseer vasos sanguíneos ni linfáticos, no tiene inervación, no experimenta reabsorción ni remodelado fisiológico, pero se caracteriza por un depósito continuo durante toda la vida (Este no puede restitirse como el hueso, pero continúa su crecimiento mediante la aposición de nuevas capas). El cemento contiene menos células incluidas menos canalículos anastomosados que el tejido óseo; el cemento forma la interfase entre la dentina y el ligamento periodontal (6,9,14,15,23).

- **FUNCIONES**

Una de las principales funciones del cemento es el insertar las fibras principales de colágena del ligamento periodontal a la superficie radicular (8,6,9,14,15,23).

El cemento radicular tiene funciones adaptativas y reparativas importantes, las características dinámicas y altamente responsivas del cemento son cruciales para mantener la relación oclusal y para la integridad de la superficie de la raíz y su función en el soporte del diente (8). Otra de las funciones del cemento es que ayuda a conservar el ancho del espacio del ligamento periodontal (23).

II. CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO

Clásicamente se distinguen dos tipos de cemento radicular ; el cemento acelular o primario y el cemento celular o secundario. Los dos se componen de una matriz interfibrilar calcificada y fibras colágenas; dos son las fuentes de las fibras colágenas de cemento; fibras principales del ligamento periodontal, formadas por fibroblastos (FIBRAS DE SHARPEY) y un segundo grupo de fibras pertenecientes a la matriz cementaria propiamente dicha. Los cementoblastos también forman la sustancia fundamental interfibrilar glucoproteínica. Tanto el cemento celular como el acelular se disponen en láminas separadas por líneas de crecimiento paralelas al eje mayor del diente, éstas representan periodos de reposo en la formación de cemento y están más mineralizadas que el cemento adyacente (6,14,23,27).

• CEMENTO ACELULAR

Se forma en conjunción con la formación radicular y erupción dentaria, se dispone normalmente a modo de una capa delgada inmediatamente adyacente a la superficie de la dentina radicular; se presenta predominantemente en la región cervical aunque puede cubrir la raíz entera. Las fibras de Sharpey conforman la mayor parte de la estructura del cemento acelular, que desempeña un papel principal en el sostén del diente. La mayoría de las fibras se insertan en la superficie dental más o menos en

ángulo recto y penetran en el fondo del cemento, pero otras entran en diversas direcciones ; su tamaño, cantidad y distribución aumentan con la función (6,10,14,13,23,27).

Las fibras de Sharpey se hallan completamente calcificadas por cristales paralelos a las fibrillas, tal como lo están en la dentina y el hueso; excepto en una zona de diez a cincuenta micrones de espesor, cerca de la unión cemento - esmalte, donde la calcificación es parcial, el cemento acelular así mismo contiene otras fibrillas colágenas que están calcificadas y se disponen irregularmente o son paralelas a la superficie (6).

- CEMENTO CELULAR

Cubre usualmente el tercio apical de la raíz y se ubica por encima del cemento acelular; sin embargo hay variaciones en el patrón de distribución del cemento y hay capas de cemento acelular y celular que alternan a menudo de modo aparentemente aleatorio (27). Éste se forman después de la erupción dentaria y en respuesta a las exigencias funcionales (14), cubre las porciones media y apical de la superficie radicular ; cuenta con la presencia de cementocitos atrapados y células apiteliales de la vaina radicular. Estas células se encuentran localizadas en lagunas y pueden extender sus prolongaciones citoplasmáticas a través de conductos o canaliculos, que se anastomosan y suelen estar orientados hacia la fuente de nutrición de los tejidos conectivos periodontales (23).

El cemento celular está menos calcificado que el acelular, las fibras de Sharpey ocupan una porción menor del cemento celular y están separadas por otras fibras que son paralelas a la superficie radicular o se distribuyen al azar. Algunas fibras de Sharpey se hayan completamente calcificadas, otras lo están parcialmente y en algunos núcleos no calcificados rodeados por un borde calcificado (8,27).

Las variaciones en la estructura de la matriz extracelular permiten la clasificación del cemento fibrilar o afibrilar, ambas formas experimentan mineralización y pueden poseer líneas de incremento (8,10,14,27).

- **CEMENTO FIBRILAR**

El cemento fibrilar posee un sistema de fibras doble, el colágeno producido por los cementoblastos y orientados al azar o paralelo a la superficie radicular forma el sistema de fibras intrínsecas (23).

Al hacer erupción el diente y alcanzar la función oclusal continúa la deposición del cemento y los extremos de las fibras principales del ligamento periodontal se incrustan en ángulo recto a la superficie radicular. Estas se denominan fibras de Sharpey y forman un sistema de fibras extrínsecas, las cuales son producidas por fibroblastos del ligamento periodontal; en humanos las fibras de Sharpey están separadas y rodeadas por el sistema de fibras intrínsecas (6).

CLASIFICACIÓN DE JONES

Una nueva clasificación de cemento radicular en humanos fue propuesta por Jones (1981) y adoptada con modificaciones por Schroeder (1986). Diferencia entre cuatro variedades de acuerdo a la ausencia o presencia de células y a la fuente de fibras colágenas; consecuentemente esta clasificación distingue entre cemento celular afibrilar (A.A.C.), cemento acelular de fibras extrínsecas (A.E.F.C.), cemento celular de fibras intrínsecas (C.I.F.C.) , que también puede ocurrir como una variedad acelular (A.I.F.C.), Bosshardt y Schroeder (1990) y cemento celular mixto estratificado (C.M.S.C) (13).

- **CEMENTO ACELULAR AFIBRILAR (A.A.C.)**

Consiste en una matriz mineralizada, similar a la matriz interfibrilar de A.E.F.C., pero no contiene fibras de colágeno ni células inmersas. La pérdida de fibras de colágeno indican que esta variedad de cemento no funcionan en la inserción del diente.

El A.A.C. es depositado en zonas aisladas sobre pequeñas áreas de esmalte y dentina. Las islas del cemento representan zonas aisladas de cemento acelular afibrilar depositadas en la dentina sobre pequeñas áreas de la corona dental, justo coronal a la unión cemento - esmalte. El A.A.C se encuentra alrededor de la unión cemento - esmalte, donde cubre pequeñas áreas de esmalte y dentina adyacente a la raíz ; el A.A.C puede ser cubierto por el A.E.F.C. y/o por uniones epiteliales (8,13).

Las áreas y localizaciones del A.A.C. varía de diente a diente y a lo largo de la unión cemento - esmalte del mismo diente. Las células responsables de la formación del A.A.C. no han sido determinadas con precisión; esta formación comienza al final de la maduración del esmalte y continúa por un periodo de tiempo desconocido ; se cree que células de tejido conectivo son responsables de la formación del A.A.C. cuando este entra en contacto con la superficie del esmalte; para hacer ésto posible, las células del epitelio reducido del esmalte deben estar separadas del esmalte. Por otro, lado no puede excluirse la posibilidad de que este cemento acelular afibrilar sea un producto epitelial, inicialmente producido cuando los ameloblastos que se transforman en el epitelio reducido del esmalte y cuando las células del

interior del epitelio del esmalte están por generar las células del interior de la vaina de Hertwig (8,13).

- CEMENTO ACELULAR DE FIBRAS EXTRÍNECAS (A.E.F.C.)

El A.E.F.C., carece de células y está compuesto completamente de paquetes densamente orientados de grupos de fibras colágenas, las llamadas fibras de Sharpey. Estas fibras continúan dentro del ligamento periodontal y conectan la raíz al hueso alveolar, por esto todas las fibras del A.E.F.C., son extrínsecas ; el A.E.F.C. muestra líneas de incremento paralelas que se encuentran primordialmente en las regiones cervicales y en la mitad de la raíz pero puede extenderse apicalmente; se forma por fibroblastos del folículo dental propio, es decir ectomesénquima y después del ligamento periodontal y sirve exclusivamente para el anclaje del diente (13).

- CEMENTO ACELULAR / CELULAR DE FIBRAS INTRÍNSECAS
- (A.I.F.C.) (C.I.F.C.)

El C.I.F.C. contiene células, los cementocitos, pero sus fibras colágenas son el mayor componente de la matriz, son todas intrínsecas y siguen un curso circular o espiral alrededor de la raíz, más o menos paralelo a la superficie radicular, por ello el C.I.F.C. es escaso en fibras de Sharpey (7,13,15).

En humanos el C.I.F.C. mineralizado, se encuentra principalmente en zonas de reparación, llenando de resorción lagunar o conectando fragmentos de raíz fracturada ; también es parte del C.M.S.C.; el C.I.F.C. es formado por cementoblastos del folículo dental y después del ligamento periodontal, su formación se asocia a la reparación y adaptación (7,13,15).

- **CEMENTO CELULAR MIXTO ESTRATIFICADO (C.M.S.C.)**

El C.M.S.C. es una mezcla de A.E.F.C. puro y C.I.F.C./A.I.F.C., la parte final puede contener cementocitos con distribución y densidad irregulares, el C.M.S.C., es usualmente un tejido estratificado con capas alternadas de A.E.F.C. y C.I.F.C./A.I.F.C., estando superpuestas una a la otra (8,13).

El C.M.S.C., no esta homogéneamente mineralizado y es en parte poroso ; es variablemente grueso y se localiza principalmente en el tercio apical de las raíces y furcaciones, sirve las funciones de adaptador (8,13).

III. COMPOSICIÓN DEL CEMENTO RADICULAR.

Estudios bioquímicos han mostrado que el cemento tiene una composición química similar a la del hueso; el cemento se compone de agua, matriz orgánica y minerales.

Cerca del 50% de la masa seca es inorgánica y consiste en cristales de hidroxiapatita, la matriz orgánica contiene en su mayor parte colágenas y en menor grado glycoproteínas y proteoglicanos (7,17).

- **COMPOSICIÓN ORGÁNICA**

Matriz Orgánica:

COLÁGENAS. La matriz orgánica de cemento consiste primordialmente de colágena, al igual que en ligamento periodontal y el hueso las dos fibras colágenas presentes en el cemento radicular son las de tipo I y tipo III. Análisis bioquímicos han revelado que aproximadamente el 90 % de la matriz orgánica es de colágena tipo I y el 5% de la matriz es de tipo III. Las fibras colágenas están compuestas por tres cadenas de alfa polipéptidos alrededor de una a otra para formar la configuración clásica de triple hélice (8,17,25).

PROTEÍNAS NO COLÁGENAS

El cemento es rico en glucoconjugados, éstos representan glucolípidos, glucoproteínas y proteoglucanos y una variedad de otras proteínas; como en el hueso las proteínas no colágenas predominantes son sialoproteína ósea y osteopontina, ambas son glucoproteínas fosforiladas y sulfatadas. Éstas se ligan fuertemente a las matrices de colágena e hidroxapatita y participan en el proceso de mineralización (7,12,13,20).

La osteonectina es otra proteína glicosilada encontrada en los tejidos de matriz extracelular mineralizada. Las dos glucoproteínas, fibronectina y tenascina, son más ampliamente distribuidas, una función de la fibronectina es ligar células a componentes de la matriz extracelular durante el desarrollo dental. Fibronectina y tenascina se encuentran presentes en la membrana a modo de base de la vaina radicular de Hertwig al tiempo de diferenciación de los odontoblastos; también se encuentran en el desarrollo en el sitio de adhesión del ligamento periodontal a la superficie del cemento, pero no en la capa de cemento propiamente (8).

Osteocalcina es una proteína muy pequeña encontrada en matrices extracelulares de hueso, dentina y cemento, la cual está implicada en los procesos de mineralización (8,12,20).

Los proteoglucanos de cemento son pequeñas proteínas que consisten en una cubierta de proteína la cual es covalentemente ligada a polisacáridos sulfatados (8,20,21).

Los proteoglucanos de cemento son:

Acido Hialurónico, Condroitín Sulfato y Dermátán Sulfato. (4,8,21)

La función normal del tejido conectivo depende de la presencia de proteoglucanos y glucosaminoglucanos, la parte polisacárida del proteoglucano, los glucosaminoglucanos, consisten en moléculas cargadas negativamente en forma de cadenas largas y flexibles, cada una de las cuales ocupan un espacio grande, en ese espacio pueden incorporarse moléculas menores como el agua y los electrolitos, en tanto que las moléculas mayores están impedidas de entrar ; por lo tanto, los proteoglucanos regulan la difusión y el fluido de líquidos por la matriz y son determinantes importantes del contenido líquido del tejido y del mantenimiento de la presión osmótica. Actúan como un filtro molecular y además desempeñan un papel importante en la regulación de las migraciones celulares (movimientos) en el tejido; por su estructura e hidratación las macromoléculas ejercen una resistencia a la deformación como reguladoras de la consistencia de tejido conectivo (14).

Una variedad de proteínas no colágenas son almacenadas en la matriz de cemento no mineralizado; aunque la mayoría de estas proteínas extracelulares son típicas constituyentes de matriz de tejidos mineralizados basados en colágena, otros parecen específicos para el cemento. Entre estos está la proteína de adhesión derivada del cemento (CAP), que media la adhesión de las células al tejido conectivo (8,22). Existe la posibilidad de

que esta proteína pueda representar un producto de degradación o una variante postranslacional de proteínas conocidas. Otra proteína se cree ser específica para el cemento, proteína cemento derivada del factor de crecimiento (CGF) (3,8,22). Durante la resorción radicular e instrumentación quirúrgica, proteínas expuestas a la superficie radicular y/o liberadas del cemento y dentina pueden posiblemente influenciar la iniciación de los procesos de reparación, por migración de células, división, adhesión y diferenciación (7,8,17,20,22).

• COMPOSICIÓN INORGÁNICA

El cemento es generalmente menos mineralizado que la dentina radicular del mismo diente, el contenido inorgánico del cemento asciende de 45 a 50 % y es menor al que presentan la dentina, esmalte o hueso (8).

Análisis químicos y fisicoquímicos indican que el componente mineral de cemento es el mismo que en otros tejidos calcificados, sales inorgánicas que existen en forma de cristales de hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), con pequeñas cantidades de fosfato de calcio, siendo la longitud axial de los cristales, por lo general paralela a las fibrillas de colágena (8,9).

El cemento contiene 0.5 - 0.9 % de Mg (cerca de la mitad del contenido en dentina) y un número equivalente de Ca en los cristales de hidroxiapatita, a su vez parece tener un alto contenido de flúor (comparado con otros tejidos duros), en concentraciones de 0.9 % o menos, variando con el suplemento nutricional de cada individuo o incrementando con la edad.

Otro componente mineral del cemento es el sulfuro, como constituyente de la matriz orgánica, también se presentaron en cemento normal concentraciones detectables de Cu, Zn y Na; sin embargo su distribución y significado no han sido estudiados a detalle.

Aproximadamente el 50 % de cemento está compuesto de hidroxiapatita y el restante 50 % de colágena y proteínas no colágenas; estudios de las propiedades bioquímicas y composición de cemento maduro demuestran que los extractos de proteínas estimulan la migración, unión, proliferación y síntesis de proteínas de fibroblastos gingivales y fibroblastos del ligamento periodontal (7).

iv. CEMENTOGÉNESIS

- **CEMENTOGENÉISIS DURANTE EL DESARROLLO**

La formación de cemento puede ser dividida en dos etapas, prefuncional y funcional, la porción prefuncional del cemento es formada durante el desarrollo de la raíz; es un proceso extremadamente largo durante el cual la distribución primaria de variedades principales de cemento es determinado por cada raíz ; por otro lado, el desarrollo funcional de cemento comienza cuando el diente esta por llegar al nivel oclusal, es asociado con la adhesión del hueso que lo rodea y continúa a través de la vida.

Esto es principalmente durante el desarrollo funcional que los procesos adaptativos y reparativos llevan acabo por responsabilidad del cemento, el cual influye en la alteración, distribución y apariencia de las variedades de cemento en la superficie radicular con el tiempo (8).

• FORMACIÓN DE LA RAÍZ

Los eventos celulares que ocurren durante la formación radicular son de suma importancia para entender la cementogénesis. La formación de la raíz comienza cuando el órgano del esmalte ha alcanzado su tamaño final y las capas de células interiores y exteriores del mismo, proliferan desde el margen cervical para formar la vaina epitelial radicular de Hertwig (HERS). La actividad mitótica celular continúa en la terminación apical de HERS, teniendo un crecimiento coronoapical de su doble (a veces triple) capa de células en su porción mas apical (8,24,26).

Esta vaina de células epiteliales crece alrededor de la papila dental, entre la papila y el folículo dental, hasta que rodea todo menos la porción basal de la papila. El extremo de esta vaina radicular, el diafragma epitelial, encierra el foramen apical primario; a medida que las células epiteliales internas de la HERS encierran progresivamente más y más de la papila dental en expansión, se inicia la diferenciación de los odontoblastos a partir de las células de la periferia de la papila dental. Estas células forman eventualmente la dentina radicular; una vez formada la primera matriz de dentina radicular por odontoblastos maduros y antes de la mineralización de la matriz de dentina que alcanza las células epiteliales internas, la HERS persiste en seguirse desarrollando, estos se encuentran en el ligamento periodontal a una distancia aproximada de 30-60 μm lejos de la superficie radicular y se conocen como

restos epiteliales de Malassez. Su función continúa siendo desconocida (8,11,24,26).

FORMACIÓN DE CEMENTO ACELULAR DE FIBRAS EXTRÍNECAS

AEFC cubre la superficie coronal de la raíz y se extiende desde la unión cemento-esmalte en dirección apical . En dientes de una raíz cubre del 60% al 90% del total de la longitud de la raíz.

El AEFC se va formando mientras se va desarrollando la raíz ; su formación comienza en y a lo largo de la superficie radicular, incrementando lentamente su grosor en dirección coronal (13).

El inicio de la formación del AEFC , la producción temprana de matriz y su adhesión a la dentina radicular, toma lugar dentro de una zona de 300 um extendiéndose coronalmente conforme avanza el crecimiento radicular ; esta zona se desarrolla primero en la superficie de la porción radicular recién formada y después se desvía en dirección apical , mientras va creciendo la raíz y como consecuencia de ello capas delgadas de AEFC se encuentran en regiones coronarias mientras que la formación inicial del AEFC continúa apicalmente (8,13,5).

El periodo de tiempo durante el cual del AEFC se forma inicialmente en la raíz en desarrollo , se extiende de 46 a 65 meses ya que el AEFC cubre de 8 a 10 mm de la longitud final de la raíz de premolares humanos.

El AEFC es un producto de una clase particular de fibroblastos (Bosshardt y Schroeder 1991) . El avance del crecimiento radicular incluye la capa de nueva predentina y la capa inorgánica de dentina mineralizada;

posteriormente sigue la formación dentro de una distancia de hasta 50 μm , desde esta capa la pre dentina continúa sobre la superficie pulpar a lo largo de la interfase dentina-odontoblasto y sobre la superficie externa de la dentina recién formada; a un sitio más distante esta dentina puede continuar coronalmente sobre una distancia de 200 a 300 μm , del margen creciente, en dicho borde o margen, la parte más apical de la vaina radicular de Hertwig (diafragma), toca la pre dentina pero lateral o externa al borde, la vaina radicular se desvía desde la superficie de la dentina recién formada y continúa coronalmente como una fibra corta y eventualmente se rompe en los restos epiteliales de Malassez (5,13).

En humanos la vaina radicular de Hertwig, incluyendo su diafragma, consiste en formar capas internas y externas del epitelio del esmalte, se extiende por una continua proliferación del diafragma desintegrando coronalmente de acuerdo a su tasa de proliferación y es rodeada por lámina basal. Al final hace contacto con la pre dentina (5,13).

En la región triangular entre la vaina radicular desviada lateralmente y la superficie de pre dentina recién formada se encuentran los fibroblastos, estas células son delgadas o gruesas, son basofílicas y con núcleos activados ricos en eucromatina y un citoplasma con numerosos restos de retículo endoplásmico rugoso, cisternas y prominente complejo de Golgi ; estas células son conectadas unas a otras por desmosomas; procesos citoplásmicos delgados que hacen contacto y se insertan entre las fibras de colágena de la matriz de pre dentina exterior aún no mineralizada. Estas características son típicas de la parte más apical de 30 a 50 μm a lo largo de la superficie de la raíz recién formada (5).

Cerca del borde creciente de la raíz, células con apariencia similar a las anteriormente mencionadas, comienzan a producir las primeras porciones de matriz de AEFC en forma de cadenas delgadas de fibras de colágena, lentamente crecen en longitud y densidad en dirección apico-coronal. Formándose así una franja de fibras cortas. Estas fibras están ordenadas como la mayoría de las fibras colágenas, paralelas y más o menos perpendiculares a la superficie de la raíz. Estas fibras terminan dentro e entremezcladas con las fibras de colágenas de la matriz de dentina; debido a su orientación y paralelismo las fibras de la franja son bien distinguidas del ordenado y acomodamiento aleatorio de las fibras de la preentina (13,5).

La base de la franja de fibras en su interfase con la preentina está completamente establecida dentro de una distancia de 200 μm (desde el borde creciente de la raíz) dentro de los 30 días de producción de la matriz.

La producción de la matriz es aparentemente lograda por una de tres capas de células que forman un entretrejido tridimensional, células y la franja de fibras, formando o elaborando una red llevándose a cabo la síntesis y secreción de fibras colágenas (5,13).

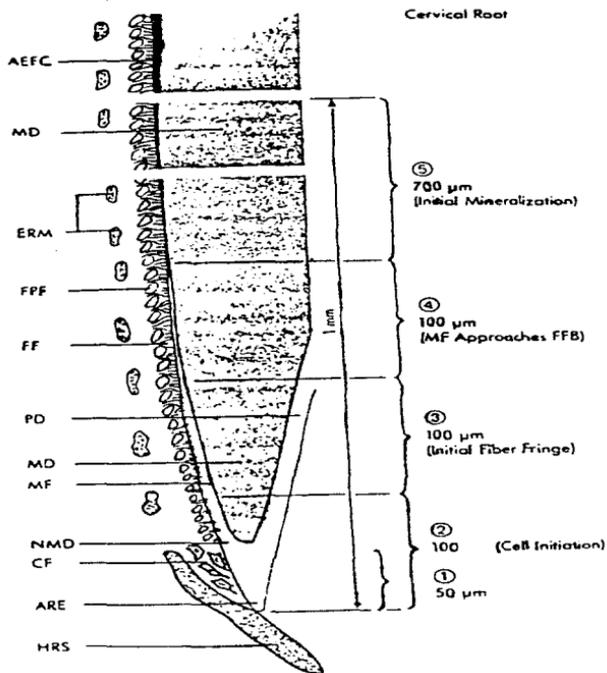


Fig. 1 Esquema topográfico, ilustrando la formación inicial del AEFC. En premolares humanos.

Fig 1.

1.- Los fibroblastos contactan con la predentina y se unen. 2.- Los fibroblastos empiezan a formar y adherir fibras colágenas. 3.- La franja densa de fibras inicial es establecida. 4.- La franja fibrosa y el frente de mineralización se aproxima a la base de la franja. 5.- La mineralización progresa dentro de la franja inicial de fibras del AEFC.

AEFC, cemento acelular de fibras extrínsecas; ERM, restos epiteliales de malassez; FpF, los fibroblastos produciendo la franja; FFB, franja de fibras colágenas; PD, predentina; MF, frente de mineralización; NMD, dentina, predentina no mineralizada; CF, unión de fibroblastos; ARE, crecimiento radicular; HRS, vaina radicular de Hertwig; FFB, base de la franja fibrosa. (Modificado por Bosshardt y Schroeder 1991.).

FORMACIÓN DE CEMENTO CELULAR / ACELULAR DE FIBRAS EXTRÍNSECAS (CIFC/AIFC).

En dientes humanos , AIFC /CIFC son parte normal del cemento celular mixto estratificado que sobre las superficies apicales y furcas y más coronalmente se junta con el AEFC puro. En dientes de una sola raíz CMSC cubre el ápice de 10 a 40 % de la longitud total de la raíz . Frecuentemente , CIFC aparece como la primera capa de CMSC, de este modo se forma en dentina recién producida cuando el crecimiento radicular ha alcanzado la región apical respectiva. La capa inicial de CIFC es un tejido de formación muy rápida que después se incrementa en grosor y se forma aún más rápido que el AEFC.

El inicio de la formación de CIFC, la producción temprana de matriz y su adhesión a la dentina toma lugar a lo largo de una zona corta de 100 a 200 um, extendiéndose de la corona hacia la zona de crecimiento radicular; el CIFC es un producto de los cementoblastos , se asemeja al hueso como producto de los osteoblastos . La formación temprana de CIFC sigue un gradiente apico-coronal que se establece en una distancia mucho más corta que el AEFC. En el espacio triangular entre la vaina radicular desviada y la nueva predentina, la cual se puede extender coronalmente hasta 100um desde el crecimiento radicular, se sitúa un grupo de células largas basofílicas. Estas células consideradas a ser precementoblastos, tienen un núcleo rico en eucromatina, un citoplasma abundante, rico en retículo endoplásmico, cisternas y aparato de Golgi . En la interfase precementoblasto-predentina, se

forman procesos citoplasmáticos delgados, parcialmente ramificados y orientados aleatoriamente extendiéndose a la matriz recién formada de CIFIC (5,13,17).

El resto consiste en el arreglo de fibras colágenas aleatorias de diámetro variable, las cuales interdigitan con las fibras o fibrillas de la predentina. A lo largo de esa interfase, esta matriz no está bien demarcada de la matriz dentinal y gradualmente se hace más gruesa en dirección coronal, mientras los cementoblastos se retiran (5,13,17).

Inmediatamente coronal al grupo de precementoblastos hay una región amplia y corta de matriz de producción rápida. Los cementoblastos maduros, separados uno del otro se insertan en la matriz de CIFIC que se acumula entre y alrededor de éstos, la matriz aparece más densa que en la superficie de la predentina y consiste de fibras colágenas de orientación aleatoria; los cementoblastos encerrados en esta matriz tienen descansos o recesos de poca profundidad debido a procesos citoplásmicos, los cuales comienzan a compartimentalizar las fibras colágenas recién formadas, estas fibras colágenas se distribuyen irregularmente en toda la periferia de los cementoblastos; estas células se considera producen matriz de CIFIC en una forma multipolar; como consecuencia, la matriz de CIFIC incrementa su grosor de manera muy rápida y algunos de los cementoblastos rodeados por sus productos, se diferencian en cementocitos (los cuales forman proyecciones citoplasmáticas con las cuales se interconectan y nutren). Esta área de producción de matriz continúa por una distancia corta a lo largo de la superficie radicular (5,8,13,17).

El frente de mineralización sigue (45 grados del eje de la raíz), los cementoblastos que quedan en la superficie del CIFIC continúan produciendo matriz aunque más lentamente; esta matriz forma una capa estrecha de cementoide en la superficie del CIFIC y consiste principalmente de fibras colágenas densamente empacadas (más de lo normal), de tamaño variable (3,5,17).

La mayoría de los paquetes de fibras en la superficie de y dentro del CIFIC/AEFC mineralizado corren paralelamente y probablemente alrededor de la superficie radicular, en lugar de perpendicular a este.

Los cementoblastos que cubren el cementoide del recién formado CIFIC muestran procesos citoplasmáticos largos y delgados, formando compartimentos llenos de fibras colágenas, muestran también núcleos ricos en eucromatina, amplio citoplasma, rico en retículo endoplásmico, cisternas y aparatos de Golgi. También se extienden procesos citoplásmicos delgados en los paquetes de fibras colágenas, las cuales corren paralelas e incluyen tales fibras.

Los cementocitos aparecen dentro del CIFIC mineralizado con procesos citoplásmicos de longitud variable (3).

La formación del CIFIC involucra a los cementoblastos que pueden funcionar en un modo de producción de matriz multipolar, rápido o unipolar. En el caso de desarrollo rápido de matriz puede ser una de las razones para la incorporación de los cementocitos (Formicola 1971).

Una distribución densa de los cementocitos en CIFIC muestra la formación rápida del mismo. Por otro lado, el mismo cementoblasto puede

ser un productor lento de matriz, resultando en CFC con los cementocitos en baja densidad o AEFC (13).

La mineralización comienza con el depósito de preceemento (8). Una vez diferenciadas las células (células foliculares en cementoblastos), comienzan a depositar la matriz orgánica del cemento, que consta de fibras colágenas intrínsecas y sustancia fundamental contra la superficie de la raíz y alrededor de los haces de fibras que forman el ligamento o fibras extrínsecas.

Esta matriz orgánica se mineraliza inicialmente por la propagación de cristales de hidroxiapatita desde la superficie de la raíz, por lo tanto no hay vesículas matriciales que sean formadas por los cementoblastos. La mineralización continúa usualmente en relación con las fibrillas colágenas (8,27).

Finos cristales de hidroxiapatita son depositados dentro de las fibras colágenas, este proceso aparentemente es igual al de la mineralización de tejido óseo (8).

Los cristales minerales alcanzan su tamaño maduro similar a los cristales de hueso y dentina de 1 a 4 μm desde el frente de calcificación, por

ello el proceso de cristalización y aposición de los cristales individuales, en cemento , es bajo y lleva varios meses (8).

Selvig ha señalado que las fibras de Sharpey son derivadas de fibras peridontales , estas no son calcificables en su localidad original, por ello ya que están dentro del cemento o hueso adquieren la concentración de iones inorgánicos y otros componentes requeridos para la calcificación (8).

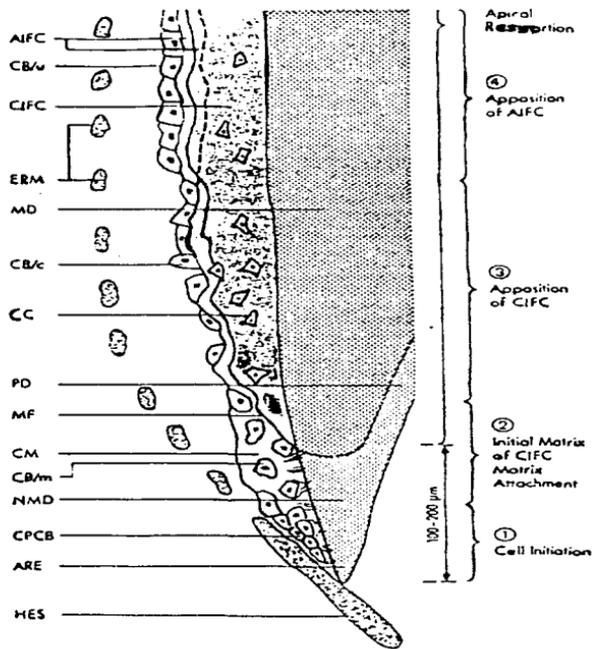


Fig. 2 Esquema topográfico, ilustrando la formación inicial del CIFIC en premolares humanos.

Fig. 2

1.-Los precementoblastos contactan la predentina radicular y producen la primera matriz fibrosa. 2.-Los cementoblastos forman la matriz colágena inicial y la adhieren a la predentina. 3.-Primero se forma y mineraliza el CIFC, incluyendo los cementocitos, que crecen por aposición. 4.-El CIFC es cubierto por una capa de AIFC.

AIFC, cemento acelular de fibras intrínsecas; CB/u, cementoblastos con matriz de producción unipolar; CIFC, cemento celular de fibras intrínsecas; ERM, restos epiteliales de malassez; MD, dentina mineralizada; CB/e, cementoblastos con potencial para diferenciarse en cementocitos; CC, cementocitos; PD, predentina; MF, frente de mineralización; CM, matriz inicial de cemento; CB/m, cementoblastos con matriz de producción multipolar; NMD, dentina, predentina no mineralizada; CPCB, unión de precementoblastos; ARE, crecimiento radicular; HERS, vaina epitelial radicular de Hertwig.

CEMENTOGÉNESIS DURANTE LA REGENERACIÓN Y/O REPARACIÓN PERIODONTAL.

La regeneración de los tejidos periodontales es un fenómeno biológico complejo. El entendimiento de este fenómeno ha sido limitado por falta de conocimiento de los mecanismos específicos que controlan el crecimiento y diferenciación de las líneas de células del ligamento periodontal, cementoblástico y osteoblástico. Se ha determinado un papel específico para el cemento durante el proceso de la periodontogénesis. Los extractos de cemento poseen una batería de moléculas en su matriz extracelular que promueven adhesión, quimiotaxis, síntesis de matriz extracelular, proliferación y diferenciación celular. Sin embargo, los mecanismos y factores moleculares que regulan el depósito de cemento durante el desarrollo y regeneración no son todavía bien comprendidos (2).

Estudios clínicos, que se enfocan a la cicatrización y respuesta regenerativa de tejidos periodontales a varias modalidades de tratamiento han ido incrementando. Selvig(1983), Polson(1986-87), Egelberg(1987), Nyman(1989) y Minabe (1991) (13).

La resorción radicular no patológica es particularmente un buen modelo para el estudio de los procesos reparativos y de adaptación para el ligamento periodontal adyacente.

Estudios morfológicos han mostrado que dos matrices de reparación diferentes, se adhieren a las superficie radicular absorbida (Bosshardt,Schroeder 1994), siguiendo la liberación de odontoclastos de la superficie radicular , células cementoprogenitoras repoblando las lagunas de Howship de la adhesión inicial de la matriz de reparación a la descalcificada y delgada capa de fibras colágenas que han quedado expuestas. Estas células y sus reparaciones respectivas de tejidos, revelan homologías de la formación inicial de dos variedades mayores de cemento (AEFC y AIFC) en raíces humanas en desarrollo. En analogía a la formación de la unión cemento-dentinal, la interdigitación de las nuevas fibras colágenas recién formadas de las fibras residuales de la matriz dentinal ocurre antes de que el lugar de nueva adhesión se obscurezca por material denso-electrónico, la acumulación globular es indicativo de mineralización. Eventualmente una línea reversa, basofílica y denso electrónica se forma en la unión fibrilar; subsecuentemente se deposita matriz de reparación, usualmente reensambla CIFC formado en raíces no reabsorbidas. La fuerte semejanza de que la formación inicial de las dos matrices de reparación con la iniciación de AEFC y CIFC en la raíz en formación indica que en la cementogénesis de reparación son recapitulados los eventos ocurridos durante el desarrollo radicular.

Esta noción se encuentra en línea con los puntos de vista de Aukhil, Macneil & Somerman; sin embargo, el origen preciso de las células cementoprogenitoras y los factores moleculares que disparan la diferenciación no son conocidos (8,17).

En el periodonto humano enfermo, el principal obstáculo durante la cicatrización y regeneración de tejido es el hecho de que un lado de la herida o defecto es la superficie radicular avascular, delineada, por variedades de cemento o dentina expuesta; tales superficies principalmente han sido expuestas al ambiente inflamatorio de una bolsa periodontal y cubierta por bacterias, cambios patológicos ocurren en sus componentes orgánicos e inorgánicos, como hipermineralización, acumulación de elementos inorgánicos y contaminación con endotoxinas. La cicatrización periodontal a lo largo de dichas superficies pueden proveer cuatro tipos de relación: a) La superficie expuesta y tratada es delineada por el epitelio, que crece del borde gingival, cubre y protege la superficie radicular desnaturalizada. b) El tejido expuesto, siendo reconocido como un cuerpo extraño es encapsulado por tejido conectivo con fibras de colágena que corre paralelo a su superficie. c) La superficie radicular expuesta es sometida a resorción inicial seguido por contacto de hueso o anquilosis o formación de nuevo cemento y ligamento periodontal . d) La superficie radicular expuesta y tratada es cubierta por nuevo cemento de una u otra variedad sin experimentar resorción . Estas opciones dependen de la velocidad y proliferación con la cual el tejido rodea al defecto (tejido epitelial o conectivo de la encía, hueso alveolar y ligamento periodontal) (13).

Sabemos que el cemento celular es depositado por cementoblastos, los cuales son progenitores de los cementocitos , siempre y cuando se encierran por cemento mineralizado. Estos cementoblastos depositan una matriz mineralizada rica en fibras de colágena (fibras intrínsecas) y proteínas no

colágenas directamente en la superficie radicular, las cuales son mezcladas con fibras colágenas extrínsecas depositadas antes por las células del ligamento periodontal. La matriz de proteínas que sintetizan los cementoblastos es segregada por los osteoblastos y odontoblastos incluyendo osteopontina (OPN), sialoproteína hueso (BSP), osteonectina (ONC) y osteocalcina (OC). Se ha determinado que las células involucradas en la formación de cemento sintetizan y secretan OPN y OC (16).

Estudios han demostrado que la BSP liga rápida y fuertemente a las matrices de colágena e hidroxiapatita y ha sido específicamente mostrado por los osteoblastos en lugares de nueva formación de hueso y es la proteína predominante presente en la matriz de hueso antes del depósito de la mineralización (16).

Evidencias inmunohistoquímicas muestran que mientras la BSP está presente en el desarrollo del hueso alveolar también se encuentra presente durante la formación temprana y mineralización de cemento radicular. También se ha reportado que la BSP está presente dentro de la matriz mineral asociada de cemento maduro, teniendo un papel muy importante durante la iniciación, formación y mineralización de esta matriz, regulando estos procesos (1,16,17,19).

In vitro, la BSP ha mostrado promover la adhesión de varias células incluyendo a los fibroblastos del ligamento periodontal, entonces es concebible que la BSP regula la adhesión inicial de precementoblastos en la superficie radicular de dentina (16,17,19).

CONCLUSIONES

El cemento radicular se considera un tejido periodontal de gran importancia, ya que en conjunto con los demás tejidos periodontales, forman una unidad funcional que mantiene y protege el soporte del diente.

La formación del cemento es un proceso extremadamente largo durante el cual la distribución primaria de variedades principales de cemento, es determinado por cada raíz.

Los eventos radiculares que ocurren durante la formación de la raíz, son de suma importancia para entender la formación de cemento; aunque se sabe que son necesarios nuevos estudios para entender el proceso de la cementogénesis durante el desarrollo y la regeneración periodontal.

El cemento tiene características que resaltan su importancia en los procesos de regeneración y/o reparación, como es la formación de cemento reparativo (CIFC), el cual es recapitulado en el desarrollo de la cementogénesis y la presencia de proteínas no colágenas en su composición. Diversos estudios aportan que estas proteínas pueden mostrar propiedades multifactoriales, (migración, adhesión, proliferación y mineralización).

Sin embargo, se ha abierto una nueva área de investigación ya que los mecanismos y factores moleculares que regulan el depósito de cemento durante el desarrollo y regeneración no son todavía bien comprendidos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-Antonius LJJ Bronckers, Farachc-Carson Mary C, Van Waveren Erwin & Butler T William. (1994) *Immunolocalization of Osteopontin, Osteocalcin, Sialoprotein during dental doot formation and early Cementogenesis in the rat.* Bone and Mineral. 9:833-841.
- 2.-Arzate H, Aguilar Mendoza ME, Esponda C & Portilla J. (1997) *Bovine cementum extract influences murine dental follicle cell in vitro.* Archives of Medical Research. 28:407-413.
- 3.- Arzate H, Steven W, Olson,Roy C, Page and A,Sampath Narayanan. (1992) *Isolation of human tumor cell that produce cementum proteins in culture.* Bone and Mineral. 18:15-30
- 4.-Bartold PM, Miki Y , McAllister B, Narayanan AS, Page RC. (1988) *Glycosaminoglycans of human cementum.* J Periodont Res. 23:13-17.
- 5.-Bosshardt DD, Schroeder HE. (1996) *Cementogenesis reviewed:comparison between human premolars and redent molars.* Anat Rec. 245:267-292.
- 6.- Carranza F A (1986) *Periodontología clinica de Glickman*. 7a.ed. De Interamericana. Mc Graw-Hill.

- 7.-D' Errico JA, Macneil RL, Takata T, Berry J, Strayhorn C & Somerman MJ. (1997) ***Expression of bone associated markers tooth root lining cell, In situ and in vitro.*** Bone. 20:117-126.
- 8.-Dieter D, Bosshardt Knut A, Selvig. (1997) ***Dental Cementum: Dynamic tissue covering of the root.*** Periodontology 2000. 13:41-75.
- 9.-Genco Goldman Cohen. (1993) ***Periodoncia.*** Ed. Panamericana.
- 10.-Groeneveld MC, Everts & Beertsen W. (1994) ***Formation of Afibrillar Acellular Cementum-like layers induced by alkaline phosphatase activity from periodontal ligament explants maintained in vitro.*** J Dent Res. 73:1588-1592.
- 11.-Hammarstrom L, Alatli Y, Fong CD. (1996) ***Origins of cementum.*** Oral Diseases. 2:63-69.
- 12.-Kagayama M, Li Hc, Zhu j, Sasano y Hatekeyama Y Misoguchi Y. (1997) ***Expression of osteocalcin in cementoblasts forming acellular cementum.*** J Periodont Res. 32: 273-278.
- 13.-Schroeder H; KW Jean & M Friedman. (1993) ***Biological problems of regenerative cementogenesis: Synthesis and attachment of collagenous matrices on growing and established root surface.*** IN: Rev Of Cytology. 142:1-59.

- 14.-Lindhe Jan. (1992) *Periodontologia Clinica*. 2a de. Ed. Panamericana.
- 15.-Listgarden Max A, Grant A Daniel, Stern B Irving. (1988) *Periodontics*. Ed. Mosby.
- 16.-Macneil RL, Sheng N, Strayhorn C, Fisher LW & Somerman MJ. (1994) ***Bone sialoprotein is localized to the root surface during cementogenesis.*** J Bone And Mineral Res. 9:1597-1606.
- 17.-Mac Neil RL, Somerman MJ. (1993) ***Molecular factors regulating development and regeneration of cementum.*** J Periodont Res. 47 28:550-559.
- 18.-Melcher AH. (1976) ***On the repair potential of periodontal tissues.*** J Periodont. :256-260.
- 19.-Nohuteu RM, Mc Cauley LK, Shigeyama Y, Somerman MJ. (1996) ***Expression of mineral associated proteins by periodontal ligament cell:in vitro vs ex vivo.*** J Periodont Res. 31:369-372.
- 20.-Olson S, Arzate H, Narayanan AS Y Page RC. (1991) ***Cell attachment activity of cementum proteins and mechanisms of endotoxin inhibition.*** J Dental Research. 70:1272-1277.
- 21.-P Mark Bartold & Roy C Page. (1985) ***Isolation, identification, and quantitation of Glycosaminoglycans synt***

- hesized by human gingival fibroblasts in vitro.** J Periodont Res. 20:284-292.
- 22.-Savion PS, Hekmati H, Olson S & Narayama SA. (1993) **Molecular and cellular interactions of a cementum attachment protein with periodontal cell and cementum matrix components.** J Periodont Res. 28:560-562.
- 23.-Schluger Saul. *Enfermedad Periodontal*. (1984) 2a de. Ed. Continental.
- 24.- Stahl SS. (1977) **Repair potential of the soft tissue root interface.** J Periodontology. 545-551.
- 25.-Smith AJ, Leaver AG & Smith G. (1983) **The amino-acid composition of the non-collagenous organic matrix of human cementum.** Arch Oral Biol. 28:1047-1054.
- 26.-Stefan Philipson, Sven Lindskog , And Ake Flock. (1990) **Mineralization of and cementoblast attachment to original and reparative cementum.** J Dent Res. 98:295-300.
- 27.-Ten Cate. (1986) *Histologia Oral*. Ed. Panamericana.
- 28.-Tenorio D, Foyle DM, Hughes FJ. (1997) **The modulatory role of cementum matrix on osteoblastic cell in vitro.** J Periodont Res. 32:362-374.