

2e, 794

Universidad Nacional Autónoma de México
FACULTAD DE ODONTOLOGIA



**BIOQUIMICA DE LAS ESTRUCTURAS
QUE COMPONEN AL DIENTE**

Irma Angélica Salgado Bussey
María Pía De Vecchi Armella

MEXICO, D. F.

1982



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.

BIOQUIMICA DE LAS ESTRUCTURAS QUE COMPONEN AL DIENTE

I N D I C E

INTRODUCCION.....	1
TEMARIO.....	4
I. COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIENTES.....	6
II. PROTEINAS EN LOS DIENTES.....	29
III. CARBOHIDRATOS COMPONENTES DE LOS DIENTES.....	45
IV. LIPIDOS EN LOS DIENTES.....	57
V. HISTOQUIMICA DE DIENTES EN DESARROLLO.....	66
VI. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE ESMALTE Y DENTINA.....	82
VII. BIOQUIMICA DE LA PULPA DENTAL.....	105
CONCLUSIONES.....	118
BIBLIOGRAFIA.....	119

I N T R O D U C C I O N

Desde épocas remotas, el hombre ha tenido que vencer múltiples obstáculos tanto intrínsecos como extrínsecos con el fin de - mantener un estado de salud, ya que al estar alterados se encuentra en desventaja con el medio ambiente.

Los conocimientos acerca de las enfermedades han ido evolucionando al paso de los años con la finalidad de prevenir cada - vez más los daños que éstas causan en todo el organismo.

Actualmente la Odontología como rama de la Medicina no se ha quedado atrás y sigue estudiando cada día más y profundizando en todo lo que concierne al estado de salud general de la boca.

La Bioquímica dental nos ha permitido ir más allá de las alteraciones clínicas de las estructuras dentales, pues a través de diversos estudios realizados se nos permite observar los cambios producidos por las enfermedades comparándose siempre con su forma y estructura en los estados de salud.

El objetivo de la presente tésis es mostrar algunos de los -- diversos estudios que han realizado en esta rama y ver la importancia que tienen todos estos avances en la aplicación diaria de la práctica odontológica.

Para lograr una mejor comprensión, el presente trabajo se dividió en 7 temas que a continuación se mencionan:

I. COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIENTES.

- a) Componentes Inorgánicos.- Calcio, fósforo, agua, carbonato, magnesio, fluoruro, cloruro, estroncio, vanadio, plomo y oligoelementos.
- b) Componentes Orgánicos.- Citratos, lactatos, nitrógeno, proteínas y carbohidratos.

II. PROTEINAS EN LOS DIENTES.

- a) Proteínas del esmalte.
- b) Matriz proteínica de dentina y cemento.
- c) Colágena.

III. CARBOHIDRATOS COMPONENTES DE LOS DIENTES.

- a) Germen dental.
- b) Pulpa dental.
- c) Cemento, dentina, esmalte y sus células.

IV. LIPIDOS EN LOS DIENTES.

- a) Composición química y funciones de los lípidos.
- b) Lípidos en dentina sana y cariada.
- c) Vitaminas liposolubles.

V. HISTOQUIMICA DE DIENTES EN DESARROLLO.

- a) Histogénesis.
- b) Dentinogénesis.
- c) Amelogénesis.
- d) Cementogénesis.

VI. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE ESMALTE Y DENTINA.

- a) **Propiedades físicas del esmalte y dentina.**
- b) **Propiedades químicas del esmalte y dentina.**
- c) **Estructura del esmalte.**
- d) **Estructura de la dentina.**

VII. BIOQUIMICA DE LA PULPA DENTAL.

- a) **Histología y función.**
- b) **Bioquímica de los odontoblastos.**
- c) **Bioquímica de las fibras de la pulpa.**
- d) **Bioquímica de la sustancia de la pulpa.**

BIOQUIMICA DE LAS ESTRUCTURAS QUE COMPONEN AL DIENTE.

I. COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIENTES.

- a) **Componentes Inorgánicos.- Calcio, fósforo, agua, carbonato, magnesio, fluoruro, cloruro, estroncio, vanadio, plomo y oligoelementos.**
- b) **Componentes Orgánicos.- Citratos, lactatos, nitrógeno, proteínas y carbohidratos.**

II. PROTEINAS EN LOS DIENTES.

- a) **Proteínas del esmalte.**
- b) **Matriz proteínica de dentina y cemento.**
- c) **Colágena.**

III. CARBOHIDRATOS COMPONENTES DE LOS DIENTES.

- a) **Germen dental.**
- b) **Pulpa dental.**
- c) **Cemento, dentina, esmalte y sus células.**

IV. LIPIDOS EN LOS DIENTES.

- a) **Composición química y funciones de los lípidos.**
- b) **Lípidos en dentina sana y cariada.**

c) Vitaminas liposolubles.

V. HISTOQUIMICA DE DIENTES EN DESARROLLO.

a) Histogénesis.

b) Dentinogénesis.

c) Amelogénesis.

d) Cementogénesis.

VI. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE ESMALTE Y DENTINA.

a) Propiedades físicas del esmalte y dentina.

b) Propiedades químicas del esmalte y dentina.

c) Estructura del esmalte.

d) Estructura de la dentina.

VII. BIOQUIMICA DE LA PULPA DENTAL.

a) Histología y función.

b) Bioquímica de los odontoblastos.

c) Bioquímica de las fibras de la pulpa.

d) Bioquímica de la sustancia de la pulpa.

I. COMPOSICION QUIMICA DE LOS DIENTES.

Un diente a diferencia de un recipiente agitado lleno de sales recristalizadas, no tiene una sola estequiometría química constante, ha sido constituido, formado por un individuo genético y bioquímico único y por ello puede ser variado como la naturaleza lo permita. Cuando se informa de la composición de un diente es preciso recordar constantemente los efectos de la dieta, posición en la boca, localidad geográfica, edad, estado del diente e historia clínica del individuo de que proviene. Todos los datos anteriores deberán de tenerse en cuenta.

a) Componentes inorgánicos de los dientes.

Una de las primeras descripciones de la composición de los tejidos mineralizados es seguramente la que dijo Empédocles de Agrigento (492 A.C.), fundador de la escuela de Medicina Siciliana, más tarde Aristóteles hace aportaciones al respecto. En 1803 aparece el libro de Joseph Foxes "The Natural History of The Human Tooth", el informe de W.H. Pepys quién realizó primer análisis cuantitativo del esmalte dentario humano. Su análisis mostró que el esmalte contenía 78% de Fosfato de Calcio, y 6% de Carbonato de Calcio, y 16% de pérdidas que eran principalmente de agua.

Después del primer cuarto de este siglo, Armstrong y otros investigadores decidieron que era necesario un estudio exten

so del análisis del esmalte y dentina por métodos modernos - para comprender el proceso de calcificación. Llegaron a la conclusión de que las fases minerales de esmalte y dentina no eran idénticas, que los dientes cariados no difieren de los dientes sanos en los elementos determinados, que no hay correlación de la composición del esmalte con la susceptibilidad de la desintegración del diente ni con la edad de la erupción y que las variaciones en la composición del esmalte son tan grandes en los dientes de una persona como en los dientes de varios individuos.

Conclusiones posteriores no mostraron que la dentina y el esmalte consisten principalmente de partículas de hidroxipatita, con carbonatos y otras sales en oclusión, absorbidos o cristalizados intersticialmente.

ANALISIS DEL DIENTE.

Lefevre y Hodge informaron de análisis químicos en los dientes cuyos valores los mostraremos en el esquema siguiente.

Substancia química	Diente (porcentajes)	Esmalte		Dentina	
		Sano	Cariado	Sana	Cariada
Contenido		95		70	
Mineral					
H ₂ O	8.98± 2.3	2.0 ±0.04	3.07±0.05	3.57±0.103	
Ca	35.2 ± 0.76	36.75±0.17	35.95±0.0.21	28.2 ±1,2	
P	16,8 ± 0.36	17,4 ±0.04	17.01±0.06	13,5 ±2,8	
Mg	0,32± 0.25	0,54 ±0.01	0.40±0.001	0,83±0.083	
CO ₂	3.45± 0.26	2.42± 0.02	1.56±0.03	3.57±0.103	
Ca/P	2.10± 0.03	2.09± 0.02	2.08±0,03	2,05	

Los datos anteriores permitieron llegar a las siguientes conclusiones.

1. Los dientes caducos tienen más humedad, menos residuos orgánicos, calcio y fósforo, y aproximadamente el mismo contenido de carbonato que en los dientes permanentes.
2. Hay poca diferencia, salvo en el contenido de humedad entre los dientes sanos y los dientes cariados.
3. La edad no causa cambios en la composición química de -- los dientes.
4. Hay poca diferencia química entre dientes de pacientes - varones y mujeres.
5. Creciente gravedad de piorrea puede causar disminución - en el contenido de carbonato de los dientes.
6. La composición de las sustancias del diente es notablemente constante.

CALCIO Y FOSFORO.

El calcio existe en el organismo en mayor cantidad que cualquier otro catión. Casi todo él se encuentra localizado en los huesos y en los dientes. La muy pequeña cantidad no lo calizada en el esqueleto se encuentra en los líquidos orgá-

nicos y en parte se halla ionizada. El calcio ionizado tiene gran importancia en la coagulación sanguínea, en el funcionamiento del corazón, de los músculos y de los nervios y en la permeabilidad de la membrana celular.

Fuentes de Calcio.

Las fuentes del calcio de la dieta incluye la leche, el queso, la yema de los huevos, los frijoles, las lentejas, las nueces, los higos, los nabos, las coliflores y los espárragos.

Requerimientos.

Hombres y mujeres después de 18 años de edad 800 mg. diarios.

Durante el segundo y tercer trimestres del embarazo y en la lactancia 1.2 a 1.3 gr. diarios.

Lactantes menores de un año 400 a 600 mg. diarios.

Niños de 1 a 18 años de 0.7 a 1.4 gr. diarios.

Para proporcionar una cantidad de calcio adicional puede administrarse el carbonato, el lactato o el gluconato de calcio así como el fosfato dicálcico.

Absorción.

La capacidad de diferentes individuos para utilizar el calcio de los alimentos varía considerablemente con una dieta rica en proteínas se absorbe el 15% del calcio de la dieta con una dieta pobre en ellas solo se absorbe alrededor de un 5% de calcio. El ácido fítico de los granos de cereal interfiere con la absorción del calcio formando fitato de calcio

insoluble en el intestino. Los oxalatos que existen en los alimentos pueden producir efectos similares a otros elementos que influyen en la absorción del calcio son: el Ph, fosfatos y la presencia de ácidos grasos libres.

Cuando hay alteración en la absorción de las grasas existen bastantes ácidos grasos libres. Estos ácidos reaccionan con el calcio libre para formar jabones insolubles de calcio.

El fósforo existe en todas las células del organismo, pero la mayor parte se encuentra combinado con el calcio en los huesos y en los dientes, en un 80% del total. Aproximadamente el 10% se halla combinado con proteínas, con lípidos y -- carbohidratos, en otros compuestos en la sangre y en el músculo. El 10% restante está ampliamente distribuido en diversos compuestos químicos.

Requerimientos y Fuentes.

Se recomienda que la relación de calcio a fósforo sea 1:1, excepto en la infancia, cuando la relación empieza con 2:1. Para los infantes mayores, la ingestión recomendada de fósforo es elevada cerca del 80% del requerimiento de calcio. Puesto que la distribución de estos elementos en los alimentos es muy semejante, el aporte adecuado de calcio generalmente asegura un aporte también adecuado de fósforo. La leche de vaca constituye una excepción puesto que contiene más fósforo que calcio.

Distribución.

Tejido o líquido	mg./100 ml. o 100 g.
Huesos y dientes	22,000
Sangre	40
Músculos	170-250
Nervios	360

Los estudios recientes muestran que calcio y fósforo son algo más bajas en el esmalte cariado que en el sano. El esmalte sano de grupo de individuos de edad mayor de los 30 años tiene una razón Ca/P más baja que el grupo de individuos de edad más joven.

Microanálisis por exploración electrónica del esmalte dental humano sano muestran que la concentración de calcio y fósforo aumentó ligeramente de la unión dentina esmalte hacia la superficie del esmalte.

No se logro encontrar diferencias significativas entre la dentina de dientes sanos y la dentina sana de dientes cariados, las grandes variaciones observadas en la razón Ca/P sugiere que el mineral dentario podría ser más heterogéneo de lo que se imaginaba estas variaciones pueden ocurrir por substitución iónica dentro de las áreas cristalinas, así el fosfato puede ser reemplazado por carbonato y el magnesio puede substituir el calcio o puede haber absorción de iones de calcio o bien pueden ocurrir ambos fenómenos. Porciones bajas -

podrían deberse a una red apatítica deficiente en la cual - los iones de fosfato terciario son reemplazados por iones - de fosfato secundario que necesita menos iones de calcio para llevar a cabo la electroneutralidad.

Las lesiones evolutivas de la dentina fueron divididas en - cuatro zonas bien definidas.

1. Zona de Esclerosis.- Generalmente esta zona es más radio opaca que la dentina sana adyacente sin embargo, las concentraciones de calcio y fósforo o la proporción Ca/P no son -- substancialmente diferentes de la dentina sana.

2. Frente de Desmineralización.- La pérdida promedio del minineral en estos estudios era de 50 por 100 con proporción --- Ca/P ligeramente más baja.

3. Cuerpo de la Lesión.- Se observo una disminución de 70 - por 100 en la concentración de calcio y de 60 por 100 en la concentración de fósforo en las lesiones activas y de evolución lenta.

4. Zona Superficial.- La concentración de calcio alcanza un nivel más alto sin aumento concomitante del nivel de fósforo, resultando en razones Ca/P elevadas.

Este calcio extra podría provenir, en parte del carbonato de calcio contenido en los líquidos de la boca, la substitución del fosfato por carbonato también podría explicar este aumento del calcio.

La composición inorgánica de la dentina cariada no activa - ha sido estudiada por técnicas de rayos X, encontrándose que predominaba el mineral hidroxapatita. Fueron encontrados - compuestos no apatíticos que contenían fosfato como el fosfato de octacalcio, fosfato cálcico tribásico y fosfato cálcico dibásico en cantidades de 2 a 5 por 100. En ocasiones, - se encontraron compuestos como oxalato de calcio, oxalatos - hidratados de calcio y un carbonato de calcio como la calcita.

AGUA.

El agua total del organismo representa del 45 al 60% del peso del cuerpo, para el hombre 55% y la mujer 50% cifras promedio en adultos. Se halla distribuida en dos compartimientos. El intracelular y el extracelular.

Las dos fuentes disponibles y principales de agua son:

1. Agua ingerida como tal 1,200 ml.
2. Agua en los alimentos, 1,000 ml.
3. Agua de las oxidaciones 300 ml. que deriva de la combustión de los alimentos en el cuerpo.

La pérdida de agua por el cuerpo tiene lugar por 4 vías:

1. Por la piel, como transpiración imperceptible y como sudor.
2. Por los pulmones, como vapor de agua en el aire expirado.
3. Por los riñones, como orina.

4. Por el intestino, con la materia fecal.

El uso de técnicas de resonancia magnética reveló que el -- calentamiento a 200 grados centígrados era insuficiente para deshidratar el esmalte dental. Substancias como hueso, dentina, mezclas sintéticas de hidroxiapatita y fluoroapatita -- con caseína y mineral apatita no presentan este fenómeno.

Además, el agua del esmalte no muestra signos de congelación si no hasta alcanzar -40 grados centígrados y durante un período de tres horas sólo 10 por 100 del agua se intercambia con D₂O.

Existen dos explicaciones a estas reacciones:

1. Que el agua está contenida en capilares con poros cuyos radios no pasa de 25 Amstrongs.
2. Que el agua está combinada con los grupos hidroxil en -- la red del mineral apatita.

Con esta técnica se llegó a la conclusión que hay dos tipos -- de agua en el esmalte "agua como hidrato y agua que está -- representada por una línea estrecha en el trazado. Llamada -- "agua no enlazada" pero "atrapada". Probablemente es agua -- semicristalina que se halla unida a los bordes de los crista litos y a las superficies adamantinas internas que actúan co mo sitios para enlazar el hidrógeno. Se calcula que esta -- agua constituye aproximadamente, un 6 por 100 del peso total del esmalte.

El agua como hidrato cristalino puede estar asociado con -- fosfato octacálcico (OCP) o con fosfato dicálcico Dihidratado (FDCD).

Estudios gravimétricos de absorción de agua sobre el esmalte sano indican que la porosidad alcanza un 5 por 100; y en esmalte desmineralizado muestra que el área de la superficie aumenta 30 veces después de haber sido sometida a la acción de ácido láctico durante 14 días.

El esmalte viejo parece que contiene mayor cantidad de agua que el de los individuos de menos de 40 años de edad.

CARBONATO.

El CO_2 es transportado tanto por las células como por el -- plasma sanguíneos. El contenido en CO_2 de la sangre arterial es de 50-53 vol.% y en la sangre venosa es de 54-60 vol%.

No todo el CO_2 se encuentra disuelto en el plasma si no que existe en otras formas, pequeña cantidad de ácido carbónico. el CO_2 en forma carbamínica y el transportado como bicarbonato con combinación con los cationes sodio y potasio.

Según estudios en los dientes el contenido en la superficie externa del esmalte es alrededor de 1,5 por 100 en peso.

Las concentraciones de carbonato en el esmalte externo tienden a disminuir con la edad, mientras que en la parte central del esmalte no se observa ningún cambio. Esta variación en la composición podría deberse a la reducción de la actividad

ameloblástica hacia el final de la formación del esmalte.

Se han observado niveles de aproximadamente 3.5 por 100 de carbonato en la dentina y el hueso.

MAGNESIO.

El cuerpo contiene aproximadamente 21 g. de magnesio. El - 70% se encuentra combinado, con el calcio y con el fósforo, el resto se encuentra en los tejidos blandos y en los líquidos corporales.

Requerimientos.

El magnesio recomendable en la dieta es de 350 mg/día para los hombres y 300 mg/día para las mujeres.

Se mostró que el esmalte de la superficie tiene menor contenido de Mg. que el del seno del esmalte intacto. El microanálisis por exploración electrónica muestra que la concentración de magnesio es baja en el borde del esmalte, pero aumenta en el esmalte hasta la unión dentinoesmalte y que si que aumentando hacia arriba a través de la dentina,

No hay efecto definido sobre la composición del esmalte en cuanto al magnesio, en relación con la presencia de fluoruro, carbonato o citrato.

FLUORURO.

El flúor es un elemento que se encuentra en ciertos tejidos

del organismo, especialmente en los huesos y en los dientes.

El fluoruro es veneno para algunos sistemas enzimáticos.

En muy pequeñas cantidades parece mejorar el desarrollo de los dientes, pero un ligero exceso produce el moteado del esmalte.

El nivel más bajo de fluoruro encontrado en los dientes deciduos es debido a que su período de formación es más corto que el de los dientes permanentes.

Varios estudios indican que la concentración de fluoruro en la saliva es aproximadamente de 80 por 100 la del fluoruro iónico presente en el plasma. Después de 3 semanas de ingestión diaria de 5 mg. de fluoruro, la concentración de fluoruro iónico en la saliva parotídea era 0.117 microgramos/gramos.

Los sistemas que no contienen apatita no incorporan fluoruro en sus estructuras, esta propiedad singular no incluye a los otros haloides, tampoco la eliminación renal de los otros haloides es tan rápida como la del fluoruro.

Cerca del 95% del fluoruro corporal total se halla en los huesos y dientes.

El cemento contiene más fluoruro que cualquier otro tejido calcificado 4, 500 ppm., la pulpa contiene de 100 a 650 ppm.

La curva de depósito de fluoruro, independientemente de la

cantidad ingerida, alcanza una meseta alrededor de los 55 - años para el hueso y la dentina y de los 35 años para el esmalte.

La superficie externa del esmalte humano contiene, a lo máximo, 0.2 a 0.3 por 100 de fluoruro.

Las soluciones tópicas son más eficientes cuando:

1. Aumentar concentración de la solución de flúor.
2. Bajar el Ph.
3. Aumentar tiempo de exposición.
4. Pretratamiento con ácido Fosfórico y Al^{3+} .
5. Utilizar $NH_4 F$ en vez NaF cuando Ph es bajo.

Las concentraciones altas permiten una difusión rápida del fluoruro hacia los espacios intercristalinos y a través de la película orgánica que rodea los cristalitos de apatita del esmalte.

El empleo de una solución de Ph bajo, ayuda a la velocidad de disolución de los cristales de apatita y formación de fluoruro de calcio.

MECANISMO DE LA INHIBICION DE CARIES.

El mecanismo mediante el cual el fluoruro disminuye la caries dental no está totalmente aclarada todavía y varias son las teorías que han sido propuestas para tratar de explicar este fenómeno.

Mediciones in vitro demuestran que la solubilidad del esmalte por disolución disminuye en el esmalte que estuvo expuesto antes al fluoruro, otros estudios sobre la solubilidad de la hidroxiapatita y fluorapatita para probar si la eficacia cariostática del fluoruro dependía únicamente de la solubilidad.

Brudevold, Mc. Conn y Gron dieron los resultados de solubilidad de fluorapatita, fosfato dicálcico dihidratado e hidroxiapatita en saliva total centrifugada con Ph oscilando entre 3.1 a 7.4 . Además consideran que la suposición de que existe una diferencia de solubilidad no es válida y tampoco explica el mecanismo de protección del fluoruro.

En 1912, se informa que el esmalte ablandado artificialmente por un ácido puede volver a endurecerse por inmersión en la saliva. Esto ha sido confirmado, en las caries precoces del esmalte, las etapas visibles son designadas como: Area translúcida, zona oscura y cuerpo o centro de la lesión. La caries detenida, presenta una ancha zona oscura, debida probablemente a la remineralización de la lesión. Este esmalte remineralizado es menos poroso.

CLORURO.

El elemento cloro como ión cloruro, componente del cloruro de sodio, es esencial en el equilibrio acuoso y en la regulación de la presión osmótica, así como en el mantenimiento del equilibrio ácido básico.

Requerimientos.

En la dieta, en forma de cloruro de sodio.

La concentración de cloruro en el líquido cefalorraquídeo es mayor que en otros líquidos del organismo.

El cloruro en los dientes es capaz de intercambiarse con el grupo hidroxilo de hidroxiapatita, pero no está fijado en tejidos calcificados.

La distribución de la concentración de cloruro, obtenido por análisis de exploración electrónica, muestra una disminución gradual desde la superficie del esmalte hasta la unión dentina esmalte. La distribución de Cloruro es similar en el esmalte de dientes brotados y no brotados.

ESTRONCIO.

La absorción del estroncio ocurre antes de la erupción del diente, seguramente durante la formación del mismo, pues no hay cambio en su concentración con la edad. El nivel de concentración, es aproximadamente constante en el esmalte de la superficie y de la subsuperficie,

Los habitantes de regiones donde la concentración de estroncio era elevada en el agua y las verduras también representaban una concentración más alta de estroncio en sus dientes y huesos.

VANADIO.

Este elemento es esencial para la vida, esto se demostró en experimentos hechos sobre ratas.

Desde entonces se informó que el vanadio estimula la mineralización de los huesos y dientes y que en los roedores es altamente protector contra la caries.

En un estudio realizado en 1974, demuestra que el esmalte proveniente de premolares no cariados de individuos de menos de 20 años de edad y de 50 zonas geográficas muy diferentes se encontró que la concentración media de Vanadio era de 0.036 ppm. El estudio no mostró relación entre su concentración en el esmalte y el origen geográfico o frecuencia alta o baja de caries.

PLOMO.

Un estudio de los dientes de personas que vivían en Inglaterra, utilizando técnicas de análisis de activación que permite un registro de la distribución del plomo en las diferentes regiones del diente, dió valores 38.5 ± 1.7 ppm. para el esmalte externo y 29.4 ± 1.7 ppm. para el interno, contrastante con 50.6 ± 1.9 y $41.0 \pm$ ppm. para dentina.

OLIGOELEMENTOS.

Los oligoelementos pueden clasificarse en tres:

1. Los elementos que no parecen desempeñar un papel biológico importante y que sólo están presentes en los tejidos -

como contaminantes adventicios del ambiente.

2. Los elementos que parecen ser esenciales para los procesos enzimáticos de células vivas, por ejemplo: Fe, Zn, Cu, Mo, I, Co, Mn y Se.

3. Los elementos que probablemente son nutrientes esenciales, pero cuya acción metabólica no está dada, por ejemplo: F, Br, Ba y Sr.

Los oligoelementos pueden ayudar a reducir la frecuencia de caries ya sea modificando la solubilidad del diente, cambiando la morfología dentaria o bien alternando el tamaño o la forma, o ambos, de los cristalitas y por lo tanto, de la estructura adamantina.

Un estudio ideado para determinar la presencia y variación de muchos elementos menores en el esmalte y explicar su influencia sobre el proceso carioso en el esmalte, utilizando la técnica de espectroscopia para analizar 66 oligoelementos inorgánicos en el esmalte humano, se pudo saber que estaban presentes los siete elementos principales más abundantes en los organismos vivos (C, H, O, Na, P y Ca), los gases inertes (He, Ne, Ar, Kr, Xn y Rn) y los ocho elementos radioactivos (Po, At, Fr, Ra, Ac, Th, Pa y U).

Treinta y cinco elementos se encontraban en concentraciones mensurables mientras que treinta y uno, si es que estaban presentes, tenían concentraciones por debajo de los límites

detectables del procedimiento utilizado.

Así, el estudio mostró que por lo menos 41 elementos estaban incorporados al esmalte dentario humano.

b) Componentes orgánicos del diente.

CITRATOS.

El citrato ocurre en mayor concentración en el esmalte de la superficie y de la unión que en el seno del esmalte. No se ha determinado si la distribución varía con la edad.

El citrato, que ha sido hallado en todos los tejidos mineralizados, puede ser:

- 1) Un componente de coprecipitación accidental de fosfatos de calcio.
- 2) Componentes de un péptido rico en arginina con contenido de citrato.
- 3) Un componente en forma de fosfocitrato o de pirofosfocitrato.

Pruebas incompletas indican que el citrato pudiera ser una parte íntima de la estructura mineralizada.

LACTATO.

El lactato sigue casi el mismo cuadro de distribución y contenido que el citrato. Y lo más probable es que ambos componentes estén situados en el agua en el esmalte. El lactato, a diferencia del citrato, no coprecipita con apatita al Ph -

fisiológico y su papel en el tejido mineralizado se presenta aún más a conjeturas que el del citrato.

NITROGENO.

La cantidad de nitrógeno puede usarse como medida de la concentración de materia orgánica en áreas del diente. Brudevold halló que no hay cambio con la edad en la concentración de Nitrógeno en el esmalte, salvo el que ocurre en las últimas décadas de la vida.

Los dientes de más de 50 años difieren de los más jóvenes -- por tener:

1. Mayores concentraciones de N en el esmalte de la superficie.
2. Mayor concentración de N en la unión dentina-esmalte.
3. Menor concentración de N en el seno del esmalte para mayor profundidad.

El contenido de nitrógeno de la dentina está entre 3.4 y 3.5 por 100; y en el esmalte de 0.04 a 0.2 por 100.

PROTEINAS.

La presencia de proteínas en el esmalte y la dentina ya era conocida desde hace unos años.

La proteína de los penachos adamantinos, posee una composición uniforme y siempre está presente en el esmalte humano - temporal y maduro. En la especie humana esta fracción pro-

tefnica se halla presente en los molares permanentes no erupcionados, molares deciduos maduros, incisivos permanentes maduros y en los molares permanentes maduros con la misma composici3n en amino3cidos.

La protefna del penacho es m3s concentrada cerca de la uni3n dentina-esmalte.

El volumen del esmalte no mineral varfa hasta un 20 por 100, suponiendo que todo el mineral es hidroxapatita pura. Este espacio puede estar ocupado por material lquido y org3nico, principalmente protefnas. La concentraci3n de protefnas es elevada debajo de las grietas del esmalte donde la densidad es baja, y es menor tambi3n en el esmalte medio vestibular y medio lingual, que son zonas con concentraci3n elevada de minerales.

Los valores de protefnas del esmalte, oscilan entre 0.05 y - 0.5 por 100.

La composici3n en amino3cidos de la protefna adamantina humana es diferente de la composici3n en amino3cidos de la col3gena y queratina y tiene poca relaci3n con ellas tanto qufmica como ffsicamente. Los t3rminos de "enamelina" y "amelogeno" han sido propuestos como posibles nombres para las protefnas adamantinas.

Las concentraciones de hidroxiprolina que se suponen ser constantes en la col3gena de la dentina aunque a veces podemos notar variaciones importantes. La concentraci3n elevada

de colágena a nivel de la unión dentina-esmalte podría estar relacionada con la presencia de fibras de Korff en la dentina externa. La dentina sana contiene menos hidroxiprolina. El estudio de la dentina cariada muestra una matriz intertubular colágena con aumento del material orgánico granular en la luz de la dentina peritubular. Así pues, parece, que como parte de la reacción esclerótica a la caries, una matriz fibrosa colágena, se deposita en las regiones peritubulares o intratubulares.

CARBOHIDRATOS.

En el esmalte humano solo han sido encontrados los siguientes carbohidratos:

- Galactosa.
- Glucosa.
- Manosa.
- Fucosa.
- Xilosa.
- Ramnosa.

La fracción orgánica insoluble del esmalte contenía más de 80 por 100 de proteína, lo que revela que las azúcares han de ser parte de un complejo carbohidrato-proteína. Las mitades de carbohidrato y proteína de la fracción orgánica soluble no pudieron ser separadas por electroforesis, lo que indica la presencia de azúcares aldósicos o mucopolisacáridos enlazados a proteína.

Se ha podido determinar el contenido de carbohidratos en hidrolizaciones hechas a la dentina sana y dentina cariada preparados por desmineralización e hidrólisis parcial con ácido fórmico o sulfúrico. El contenido de carbohidratos fue expresado arbitrariamente en unidades de "Glucosa", con el uso de los métodos del alfa-naftol, la antrona y la cisteína.

El contenido de hexosamina fue expresado en unidades de "Glucosamina" por el color desarrollado con el reactivo de Ehrlich.

La materia carbohidratada en la dentina cariada pudiera deberse a contaminantes absorbidos del ambiente, polisacáridos bacterianos, polisacáridos salivales o fuentes externas.

El estudio de los componentes de la dentina cemento y esmalte de dientes humanos se usaron procedimientos colorimétricos similares. El contenido total de hexosamina en dentina, cemento y esmalte es 0.08 y 0.03 por 100. El esmalte contenía una cantidad de 10 tanto mayor de sulfato -4 de condroitina y de sulfato -6 de condroitina, o de uno de los dos, que de ácido hialurónico, mientras dentina-cemento tenía 20 tantos esa cantidad. De esto se puede sacar la conclusión de que alrededor de la mitad de las hexosaminas y el resto tienen más probablemente una glucoproteína y una fuente de glucosamina glucana.

La hexosamina desconocida, presente en dentina-cemento, pero no la encontramos en el esmalte. Se llegó al resultado de

que dentina-cemento y esmalte contienen sulfato -4 de condroitina o sulfato -6 de condroitina, o ambos, como la glucosamina glicana en los dientes humanos. La dentina y el esmalte cariado tienen un contenido de carbohidratos de 10 a 12 tantos más que en estos tejidos sanos. Se desconoce si el aumento de carbohidratos es una causa importante o una consecuencia desafortunada del proceso de formación de caries. Se cree que durante la calcificación se pierden carbohidratos y existe la posibilidad que durante las desmineralizaciones ocurra el proceso inverso.

El glucógeno está ampliamente distribuido en el diente en desarrollo se cree que desempeña un papel en la producción de tejidos mineralizados. Se ha sugerido que el glucógeno almacenado en los ameloblastos y el estrato intermedio es la fuente inicial de hexosafosfato, el cual se hidroliza para formar fosfatasa alcalina. El fosfato liberado puede ser utilizado en la formación de sales óseas o en la síntesis del componente mucopolisacárido de tejido duro. La ausencia de glucógeno en los odontoblastos podría deberse al suficiente suministro de hexosafosfato procedente de los ameloblastos, lo que haría innecesaria la acumulación de glucógeno por los odontoblastos.

II. PROTEINAS EN LOS DIENTES.

Es necesario para la mejor comprensión de este capítulo tener los conceptos necesarios acerca del funcionamiento, composición y características de las proteínas en general, y - posteriormente particularizar en la importancia que tienen las proteínas en la formación de las estructuras dentales.

Definición de Proteína.

Las proteínas son compuestos químicos naturales de elevado peso molecular cuya composición elemental es: Carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, como elementos constantes: - también pueden contener azufre, magnesio, hierro, cobre y fósforo. Las proteínas dan origen por hidrólisis a aminoácidos en posición alfa y configuración "L".

Se encuentran formando la mayor parte del contenido celular, en la que desempeña importantes funciones como: biocatalizadores o enzimas, en la transmisión de energía como la Miosina, como reguladores del metabolismo en forma de hormonas, proporcionando protección, como los anticuerpos y las proteínas de la piel, en la transmisión de la información genética por medio de nucleoproteínas, etc.

Clasificación de las proteínas.

1. Aminoácidos:

Son los compuestos más simples que resultan de una hidrólisis de las proteínas.

Existen unos 20 aminoácidos que se encuentran en la mayoría de las proteínas, algunos están presentes en proteínas muy específicas.

Se clasifican a su vez en:

a) Monoamino-monocarboxílicos, entre ellos tenemos:

Glicina

Alanina

Valina

Leucina

Isoleucina

Serina

* Treonina

b) Monoamino-dicarboxílicos

Ac. Aspártico

Aspargina

Ac. Glutámico

Glutamina

c) Diamino-monocarboxílicos

* Lisina

Hidroxilisina

* Arginina

* Histidina

d) Aminoácidos sulfurados

Cistefna

Cerina

* Metionina

e) Aminoácidos cíclicos aromáticos

* Fenilalanina

Tirosina

f) Aminoácidos heterocíclicos

* Triptofano

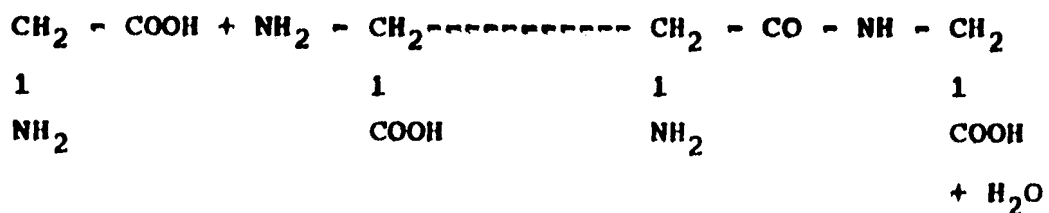
Prolina

Hodroxiprolina

Todos los aminoácidos marcados con un asterisco se denominan aminoácidos esenciales debido a que no pueden sintetizarse en el organismo teniendo que ser suministrados con el alimento.

2. Péptidos:

Químicamente los péptidos son amidas ácidas están formadas por ácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos, ejemplo:



Para su estudio los péptidos se dividen en oligopéptidos y polipéptidos, los oligopéptidos tienen de dos a diez aminoácidos unidos entre sí, los polipéptidos tienen 10 a 100 - aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Como ejemplo tenemos:

Glutation.- Que actúa como coenzima en reacciones de oxidoreducción.

Aserina y Carnosina.- Se encuentran formando partes del músculo.

Formando parte de los polipéptidos encontramos algunas hormonas de la hipófisis y páncreas, también encontramos algunos antibióticos como penicilina, bacitracina, neomicina, kaomicina y gentamicina.

3. Proteidos.

Son compuestos orgánicos complejos formados por una gran cantidad de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

Según su complejidad se dividen en:

a) **Holoproteidos.-** Proteínas formadas únicamente por aminoácidos.

Protaminas

Histonas

Prolaminas

Gluteinas

Albuminas

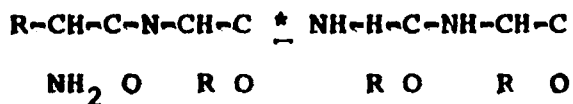
Globulinas
 Escleroproteidos
 Queratinas

b) Heteroproteidos.- Proteinas que por hidrólisis liberan aminoácidos y radicales de naturaleza no proteica denominado radical o grupos protéticos.

Glucoproteidos
 Fosfoprotéidos
 Lipoproteinas
 Nucleoproteidos
 Cromoproteidos

Estructura de las Proteinas.

I. Estructura Primaria.- Está dada por enlaces peptídicos, los cuales son enlaces covalentes, en esta unión los átomos de carbono y nitrógeno forman el esqueleto de la molécula.



II. Estructura Secundaria.- Se establece por unión de dos cadenas, unidas por puentes de hidrógeno.

III. Estructura Terciaria.- Las cadenas que la forman están unidas por puentes de hidrógeno que forman una estructura helicoidal. Las cadenas se enrollan hacia la derecha, por

lo que se llaman alga hélice. Esta estructura es bastante rígida y se estabiliza por ciertas cadenas laterales de -- aminoácidos. Las fuerzas que unen a estas cadenas son:

- a) Puentes de disulfuro.
- b) Puentes de hidrógeno entre los amino-ácidos.
- c) Puentes iónicos.
- d) Puentes hidrofóbicos.
- e) Fuerzas de Van del Walls.

IV. Estructura Cuaternaria.- Es la que resulta de la unión de dos ó más unidades proteícas. Se estabiliza por puentes de hidrógeno por uniones hidrofóbicas y fuerzas electrostáticas. No todas las proteínas tienen estructura cuaternaria.

a) Proteínas del esmalte.

El reciente desarrollo de técnicas más perfeccionadas en la química de proteínas ha permitido estudiar más intensamente las proteínas de los dientes. Aún así los conocimientos -- existentes son bastante limitados pues como es de imaginarse es muy difícil obtener materiales puros en las cantidades ne-- cesarias. Las proteínas de los dientes están rodeadas de -- una cantidad muy grande de minerales y su investigación re-- quiere separación y desmineralización cuidadosa de las tres capas calcificadas del diente sólido, esmalte, dentina y ce-- mento.

El cemento es la capa calcificada que cubre la raíz del dien-- te sumergido y se ha logrado separar por métodos de flota-- ción por densidad diferencial o se ha logrado por medios me-- cánicos por ejemplo con discos de carburo o bajo un chorro de agua.

El esmalte humano es el tejido más mineralizado en los ver-- tebrados y en el diente humano contiene aproximadamente -- 0.05 a 0.2 por 100 de protefna.

La dentina esta entrelazada con el esmalte, lo que hace di-- ffcil poder separar de manera limpia las dos substancias.

Se han utilizado dos métodos principales de separación:

1. Flotación por densidad diferencial.
2. Separación mecánica bajo el microscópio de disec-

ción.

La matriz orgánica del esmalte es sintetizada por células (ameloblastos) derivados del epitelio estratificado de la cavidad bucal primitiva. La matriz adamantina del diente en desarrollo contiene un sistema heterogéneo de proteínas con algunas características únicas como la composición en aminoácidos composición estructural y propiedades de agregación.

Por lo tanto, las proteínas adamantinas son consideradas - cp, p clases distintas de proteínas estructurales llamadas "Enamelinas" o "Amelógenas".

Al estudiar las proteínas del diente tendremos que observar con detenimiento la edad de dicha pieza ya que se notan diferencias muy marcadas entre un diente maduro y uno inmaduro como por ejemplo de estas diferencias tenemos:

1. El total de proteínas contenidas.
2. La solubilidad.
3. La composición en aminoácidos.

El contenido total de proteínas del esmalte humano disminuye desde 15 a 20 por 100 aproximadamente en el diente en desarrollo hasta alrededor de 0.05 a 0.2 por 100 en la madurez.

Durante la maduración se ha observado una pérdida absoluta de 90 por 100 de peso de las proteínas del esmalte, a lo --

cual no se le ha encontrado ninguna razón que lo explique.

El diente humano brotado y maduro su mayor porción de protefna del esmalte es soluble en ácido etilendiaminotetracético (EDTA) y es dializable en cambio por unos estudios realizados por Eastoe halló que 85 por 100 del esmalte fetal es indisoluble en agua y en EDTA.

Se tienen conocimientos de varios estudios que hablan acerca de la composición en aminoácidos de la matriz orgánica del esmalte, y todos ellos mencionan el grave problema que tienen para la purificación de la muestra, ya que generalmente hay contaminación con protefnas de colágena las cuales se encuentran en dentina y cemento. Muchos análisis del esmalte maduro han revelado cantidades variables pero significativas de hidroxiprolina, que es un aminoácido caracterfstico de la colágena.

Según los estudios más recientes el esmalte humano se caracteriza por tener un contenido relativamente alto en serina, ác. glutámico y glicina. Las cantidades de prolina son bastante altas en el esmalte humano. Pequeñas cantidades de hidroxiprolina se encuentran en los hidrolizados de protefnas adamantinas humanas pero todavía no se ha podido determinar si la hidroxiprolina es componente puro de estas protefnas o si proviene de contaminación de la colágena de la dentina.

Refiriéndonos al análisis hecho en fetos humanos en incisio-

vos centrales reveló una composición en aminoácidos diferentes de las proteínas del esmalte maduro. Cabe hacer notar el gran contenido de prolina, que forma una corta parte de los aminoácidos, al igual que un velo contenido en ác. - glutámico, leucina e histidina.



Fig.
Micrografía electrónica de fibrillas de colágena de piel,
se ven bandas que se encuentran a una distancia de 700 -
Amstrongs, aproximadamente.

b) Matriz proteínica de dentina y cemento.

La matriz descalcificada de la dentina humana esta compuesta esencialmente de colágena. La proteína dentinal tiene el diagrama de difracción de rayos X en ángulo obtuso y la composición en aminoácidos distintivos de la colágena. No se ha observado diferencia importante en la composición de los aminoácidos de la dentina cuando el diente madura.

La matriz dentinal de bovinos contiene en combinación con la colágena un componente fosfoproteínico que probablemente es ta enlazado covalentemente a la colágena por medio de un en lace glucosídico-hidroxilisina. La fosfoproteína representa alrededor del 0.024 por 100 del peso total del diente se co no calcificado.

El análisis de la fosfoproteína indica, que es una proteína conjugada, en la cual la mitad proteínica corresponde solo al 50% del total, mientras que el ácido aspártico, serina y fosfato de serina corresponden aproximadamente al 75 por 100 de la mitad proteínica. Aunque todavía no está establecido cual es la función de la fosfoproteína, se ha sugerido que las fosfoproteínas solubles y unidas a la matriz podrían -- desempeñar un doble papel, el de colocar el depósito de mineral en la matriz colágena y el de inhibir la calcificación de predentina.

También constituye colágena la mayor porción de la matriz - orgánica desmineralizada del cemento. La capa de cemento -

de la corona tiene el diagrama de difracción de rayos X y - la composición de aminoácidos de la colágena y muestra continuidad con el cemento que circunda la raíz del diente.

c) Colágena.

En los tejidos conectivos extracelulares la colágena es la proteína mayor y funciona como proteína estructural que -- sirve esencialmente como el principal soporte mecánico de -- los tejidos. La cantidad de la colágena varía de una especie a otra y de un tejido a otro en una misma especie.

La colágena representa un tercio de la proteína total en -- los vertebrados y en algunos invertebrados, como esponjas y equidermos, la colágena podría representar una parte aún ma yor de las proteínas totales del organismo. El contenido - en colágena de la dentina humana normal ha sido calculado - en 18 por 100 por peso seco.

Estructura.

En su mayor parte es insoluble, sin embargo, ciertas condiciones hacen posible obtener in-vitro colágena natural soluble. Se han hecho estudios de material marcado con isótopos que han indicado que extractos de sal neutra de colágena soluble representan la colágena extracelular que acaba de ser sintetizada y es de suponer que la colágena está todavía soluble por que no ha formado aún enlaces transversales con las moléculas de la colágena adyacente.

La molécula de colágena es muy asimétrica. El monómero consiste en tres cadenas de polipéptidos cada una enrollada en una hélice de giro a la izquierda, éstas a su vez forman una hélice mayor de giro a la derecha. Por medio de cromografías los componentes de la porción mayor de colágena de vertebrados, incluyendo dentina y cemento, pueden ser separados en unidades distintas designadas como alfa uno (α_1) y alfa dos (α_2) que tienen aproximadamente el mismo peso molecular (100 000) y que se hallan representados en la proporción 2:1, o sea, que la composición de la cadena es (α_1, α_2).

Una posición menor, pero importante de las colágenas de vertebrados presentan una composición de cadena diferente de (α_1, α_2) . Como ejemplo de tejidos que contienen cadenas diferentes de alfa desde el punto de vista genético y moléculas colágenas con tres cadenas idénticas son la piel y la membrana basal.

Los componentes beta cuyo peso molecular es de 200 000, presentan una composición en aminoácidos que indica que son diámetros formados por dos cadenas alfa. Estos están formados por enlaces cruzados covalentes entre las cadenas alfa.

Los componentes gama tienen la misma composición en aminoácidos que los de la tropocolágena sin fraccionar y probablemente representa muchas combinaciones posibles de cadenas alfa de enlaces covalentes.

Contenido en Carbohidratos.

Las colágenas muy purificadas contienen una pequeña cantidad de carbohidratos identificados principalmente como hexosas covalentes unidas a las cadenas de polipéptidos de la colágena a través de los grupos hidroxil de hidroxilisina.

El número de grupos carbohidratos en una cadena alfa está correlacionado con el número de residuos hidroxilisina en la cadena. Las cadenas α_1 que poseen la menor cantidad de hidroxilisina, contienen de una a dos unidades de carbohidratos por cadena, las cadenas α_2 contienen una cantidad intermedia de hidroxilisina y posee unas 10 unidades de carbohidrato por cadena y, por último, las cadenas poseen cantidades mucho más grandes de hidroxilisina y contienen más de 30 grupos de carbohidratos.

El contenido de carbohidratos de un mismo tipo de colágena puede variar de un tejido a otro. Así si comparamos el -

contenido de carbohidratos en una colágena proveniente de piel humana encontramos que la misma proporción de hidroxililisina se halla glucolisada en ambas pero la proporción gluucosilgalactosihidroxilisina/galactosihidroxilisina en el -- hueso es (0.5) a diferencia a la de la piel (2.0).

III. CARBOHIDRATOS COMPONENTES DE LOS DIENTES.

Los carbohidratos comprenden los azúcares, los almidones, las celulosas y las sustancias íntimamente relacionadas con ellos. También reciben el nombre de glúcidos. Se hallan distribuidos tanto en los tejidos animales como en los vegetales, en las células animales los carbohidratos constituyen una importante fuente de energía para las actividades del organismo.

Se definen químicamente como derivados aldehídicos o cetónicos de alcoholes superiores polivalentes o como compuestos que por hidrólisis dan estos derivados. Por ejemplo: la glucosa y la arabinosa son polioxialdehídos; la sacarosa no contiene ni un grupo aldehído ni cetónico, pero por hidrólisis completa del almidón produce glucosa.

Nomenclatura y clasificación de los carbohidratos.

Los nombres de los carbohidratos se caracterizan por su terminación "osa". Por ejemplo de azúcares individuales tenemos a la glucosa, fructuosa, maltosa y otros.

Los principales grupos de los carbohidratos son cuatro:

- Monosacáridos
- Disacáridos
- Oligosacáridos
- Polisacáridos

Los monosacáridos comprenden todos los carbohidratos sencillos que no pueden hidrolizarse en sustancias de menor estructura molecular,

Los disacáridos son carbohidratos que al ser hidrolizados producen dos moléculas del mismo o de diferentes monosacáridos.

Los oligosacáridos son los compuestos que por hidrólisis dan de dos a diez moléculas de monosacáridos. Los polisacáridos son aquellos carbohidratos que dan, al ser hidrolizados, más de diez moléculas de monosacáridos. Todos los carbohidratos, con excepción de los polisacáridos, se disuelven en el agua, poseen un sabor más o menos dulce y son llamados azúcares.

CLASIFICACION DE LOS CARBOHIDRATOS

MONOSACARIDOS		DISACARIDOS	POLISACARIDOS
pentosas ($C_5H_{10}O_5$)	hexosas ($C_6H_{12}O_6$)	($C_{12}H_{22}O_{11}$)	pentosanas ($C_5H_8O_4$) n
ALDO Arabinosa Xilosa Lixosa Ribosa	ALDO Glucosa Glulosa Manosa Galactosa Talosa	Sacarosa Lactosa Maltosa Celobiosa	Arabana Xilana
CETO Ribulosa Xilulosa	Alosa Altrosa Idosa	Trisacáridos ($C_6H_{10}O_5$) n	Hexosanas ($C_6H_{10}O_5$) n
	CETO Fructuosa Sorbosa	Rafinosa	Almidón Glucógeno Inulina Celulosa
			Derivados de los Carbohidra- tos,
			Hemilcelulosa gomas, mucilagos y sustancias - pécticas,

a) Composición de Carbohidratos en el germen dental.

Los principales carbohidratos que componen al germen dental son: Glucosaminoglucana (GAG), mucopolisacáridos ácidos, glucógeno y otras macromoléculas que contienen carbohidratos.

En estudios realizados se observó, que el contenido de glucógeno era bajo en la etapa de yema, más alto en la etapa de -copa, volviendo a bajar en la etapa de campana, cuando empieza a acumularse la sustancia intercelular.

El principio de la formación del esmalte ocurre después de - la aparición de GAG en la dentina, y a nivel de la unión dentino-esmalte; se puede observar una disminución del contenido de glucógeno y, su total desaparición en los ameloblastos, en función para iniciar la síntesis proteínica.

La papila dentaria, predentina, dentina y el esmalte recién formados sugieren la presencia de glucoproteínas.

Las glucosaminoglucanas se identificaron en los componentes epiteliales del germen dental y junto con los vasos circundantes, van a determinar el desarrollo del retículo adamantino. Pero no hay presencia de GAG en el esmalte formado, - se pudo observar en la papila dentaria, en la predentina y dentina.

Mediante métodos de coloración histoquímica se vio las GAG de los gérmenes de dientes humanos son principalmente sulfato 4 de condroitina (CS_4) y sulfato de condroitina 6 (CS_6).

También existe hialuronato (HA) en la papila.

Matthiessen y Gelin realizaron un estudio bioquímico de los gérmenes dentarios que llevaron a cabo de la siguiente forma. El material extraído con y sin la digestión por papaína, fue precipitado con cloruro de cetilopiridinio (CPC), y analizado. En base al contenido de glucosamina o galactosamina y de la sensibilidad del material aislado a la posición activa de la hialuronidasa testicular, se confirmó la presencia de HA en cantidad doble a la de CS₄ o CS₆ o de ambos.

b) Pulpa dental y su composición en carbohidratos.

La matriz extracelular de la pulpa dental humana se caracteriza por la presencia de glucoproteínas, GAG y proteínas que contienen cantidades considerables de grupos - amino (colágena).

La estructura de las glucoproteínas no se conoce bien pero se cree que contienen ácido siálico, es posible que las glucoproteínas de la pulpa dental posean una estructura específica. La membrana basal de los vasos sanguíneos de la pulpa dental abunda particularmente en las glucoproteínas.

Las macromoléculas de la pulpa dental tienen propiedades similares.

La matriz extracelular de la pulpa dental se compone de fracciones, una fácilmente soluble en agua y soluciones salinas, y la otra insoluble y resistente a la extracción como amorti-

guadores neutros o ácidos. Estas dos fases se cree que están en equilibrio y sus cantidades relativas varían en condiciones fisiológicas y patológicas.

En la pulpa dental vieja, como en el tejido conectivo viejo, hay aumento de colágena enlazada transversalmente a expensas de glucoproteínas y GAG.

Esto podría ser la causa de modificaciones en la distribución de electrolitos y de la alta frecuencia de calcificación en la pulpa dental vieja.

Investigaciones bioquímicas realizadas para estudiar las macromoléculas de carbohidratos de la pulpa dental se obtuvieron los siguientes resultados: Indicaron que la cantidad de HA, presente en la pulpa, aumenta considerablemente (de 10 a 25 por 100 de las GAG totales), durante el desarrollo, mientras que la HS permanece constante y los CS (4 ó 6) de DS disminuyen considerablemente (de 81 y 6 por 100 a 67 y 2 por 100).

Algunas de estas GAG podrían provenir de los vasos sanguíneos de la pulpa, en tanto que otras podrían ser componentes específicos del tejido.

Se considera de HS y probablemente DS dependen de las interacciones entre fibras colágenas y moléculas de agua para formar un compartimiento elástico capaz de compensar las presiones tan elevadas que suelen crearse en la cavidad dentaria -

durante la masticación.

Se ha demostrado que estas presiones son las más altas de todo el organismo y en este caso el tejido elástico actúa como cojín no comprimible que protege así los vasos sanguíneos, - las terminaciones nerviosas y la capa de odontoblastos.

El aumento de HA durante el desarrollo se adapta perfectamente a esta disminución de CS, podría relacionarse con el proceso de calcificación inminente.

El papel de GAG y de las proteoglucanas en el proceso de calcificación se ha llegado a la teoría de que posiblemente las proteoglucanas podrían actuar como inhibidoras de la calcificación, habiéndose comprobado que estas macromoléculas enlazan los iones de calcio e impiden la precipitación del fosfato de calcio. Por lo tanto, la calcificación empezaría después de la desaparición de las proteoglucanas y GAG, probablemente por activación de enzimas específicas de degradación.

Linde ha demostrado la presencia de proporciones relativamente altas de CS (5 por 100 del total de GAG) o en la pulpa de incisivos de ratas. Además, encontró que el recambio de estas GAG es más rápido que el medido para los mismos compuestos en otros tejidos, como cartílago y piel, lo cual confirma que una modificación de su metabolismo podría estar relacionada con el desarrollo y crecimiento del diente.

Esto demuestra que modificaciones en la composición de las -

GAG de la pulpa dental podrían estar ligadas a las diferentes fases del desarrollo dentario y que la presencia de microorganismos infectantes capaces de provocar su degradación prematura podría afectar el orden de los acontecimientos fisiológicos.

c) Cemento, dentina, esmalte y sus células.

El citoplasma de cementoblastos y cementocitos es variablemente basófilo. También es metacromático, en especial en torno de lagunas, cementocitos, fibras de Sharpey y las regiones interlamelares. El citoplasma de odontoblastos mediante tinción se puede observar que al teñirse y no poderse separar con tratamiento con cianstasa, no es glucógeno.

La dentina desmineralizada se tiñe fácilmente mientras la dentina no desmineralizada no se tiñe. Cortes de dentina desmineralizada de dientes normales, completamente formados pero sin brotar, se tiñen fuertemente y muestran metacromasia (lo que indica la presencia de GAG), mientras la predentina no se tiñe. Pero, en cortes no desmineralizados, la predentina se tiñe metacromáticamente y la dentina queda sin teñir.

Engle, Wislocki y Sognnaes han demostrado que hay presente glucógeno en grandes cantidades en el epitelio bucal, lámina dental, epitelio de esmalte externo y retículo estrellado de dientes fetales. También se ha podido percibir glucógeno en el estrato intermedio, ameloblastos, odontoblastos y papilas

dentales de un feto humano de 130 mm. de longitud.

Aunque no se mostró glucógeno en dientes adultos, Egdí químicamente asegura la presencia en la porción insoluble de la matriz orgánica de esmalte y, en menor grado, en la dentina.

También se ha informado de la presencia de complejos carbohidratoproteína en las matrices de dentina y esmalte de dientes y de gránulos de glucoproteínas en el citoplasma de los odontoblastos y ameloblastos. La periferia de túbulos de dentina tiene una sustancia que no solo es metacromática, sino también fuertemente basófila a Ph 2 a 3. Este material circunda las protuberancias odontoblásticas.

El esmalte en calcificación en las regiones interprismáticas y la estricación transversal de los prismas son fuertemente metacromáticos.

En conclusión, histoquímicamente se sugiere que hay glucógeno presente en células osteógenas y odontógenas antes de iniciarse la calcificación y que hay complejos carbohidratoproteína presentes en el interior del citoplasma de osteoblastos activos, cementoblastos, odontoblastos y ameloblastos y en la sustancia fundamental que los rodea.

La sustancia fundamental del retículo estrellado, del órgano del esmalte y las regiones interprismáticas de prismas de esmalte en calcificación parecen ser ricas en GAG, como -

indican la metacromasia y la basofilia. Las mismas reacciones para GAG son evidentes en la sustancia fundamental de las papilas dentales, en las regiones periféricas de los túbulos dentinales, en la sustancia fundamental del saco dental y en las fibras de Sharpey del cemento.

Lo que todavía no se logra es extraer y caracterizar los componentes dentales que contienen carbohidratos.

En 1965, se pudo medir la cantidad total y la distribución de aminoazúcares en esmalte y dentina-cemento, además se aislaron varias GAG presentes en el mismo material.

Se encontró que las fracciones dentina-cemento y esmalte de dientes humanos contienen, respectivamente, 0.08 y 0.03 por 100 de aminoazúcares totales. De ésta, la glucosamina representa el 42 y 47 por 100 del total, respectivamente, dentina-cemento y esmalte, mientras galactosamina representa 43 y 54 por 100. La fracción dentina-cemento contenía un tercer compuesto que representa 15 por 100 de hexosamina total.

Las aisladas de dentina-cemento fueron ácido hialurónico, -- sulfato 4 de condroitina y sulfato 6 de condroitina, del esmalte se aislaron las mismas GAG.

También se encontró que el volumen total de GAG era mas bajo en los tejidos mineralizados, lo cual se afirma con las teorías de la pérdida de GAG que ocurre antes de la mineralización. Finalmente se ha demostrado que CS_6 , es más abundante

en la predentina, posee mayor capacidad para la unión con Ca que CS_4 , que es más abundante en la dentina. Así, una disminución de la proporción CS_6/CS_4 de predentina a dentina representaría una disminución de la capacidad de unión con Ca de las GAG, con la consiguiente disponibilidad de calcio para la precipitación de los cristales de hidroxiapatita.

Es posible que las GAG sulfatadas y no sulfatadas del esmalte y dentina participen en el inicio y evolución de las caries dentarias. El reblandecimiento de la dentina en los dientes cariados ha sido atribuido, por lo menos en parte, a pérdidas de HA y CS debido a la acción de enzimas estreptococcicas similares a la hialuronidasa.

De esto se deduce que los estreptococos aislados de dientes cariados pueden multiplicarse en medios de cultivo cuya única fuente de carbono es el ácido hialurónico o el sulfato de condroitina. Además, la unión dentina-esmalte y la dentina peritubular poseen cantidades reducidas de fibras ricas en GAG.

Esto podría explicar que el sitio donde empieza la caries es la unión dentina-esmalte (después de terminar la destrucción del esmalte por la caries) y por que los estreptococos penetran en los túbulos y produce una dentina cariada, blanda y friable en las regiones peritubulares y no en las regiones intertubulares con fibrillas abundantes.

Carbohidratos componentes de dientes

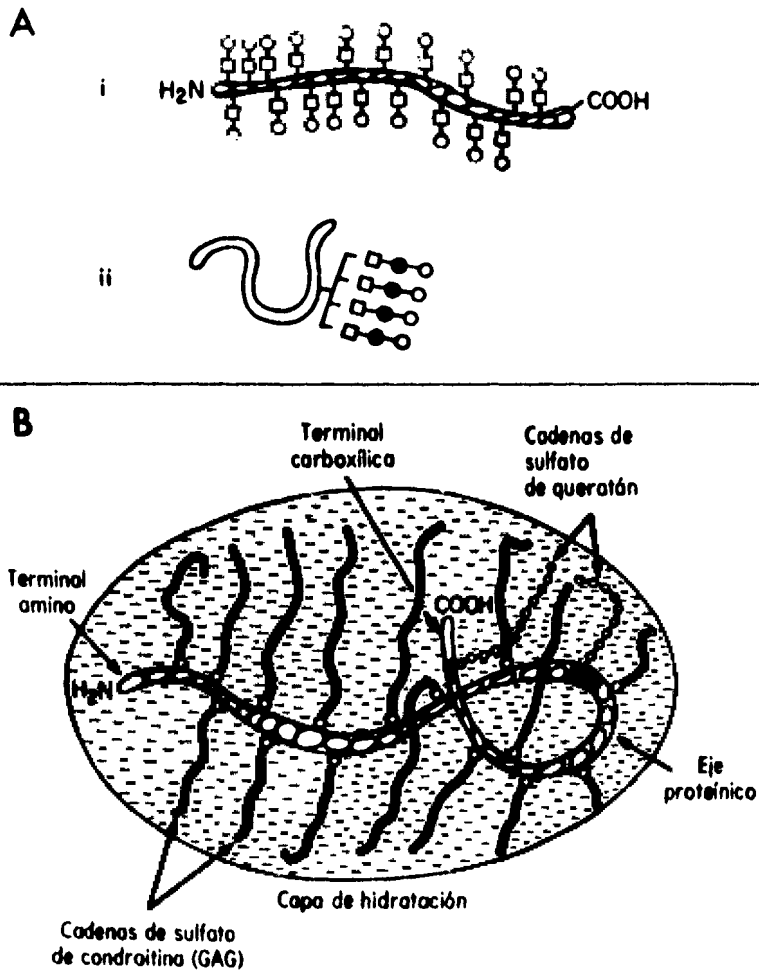


Fig. 2

Representación esquemática de las glucoproteínas y proteoglicanas.

Ai, segmento de glucoproteínas como las secretadas por las glándulas salivales, que muestran las numerosas cadenas de oligosacáridos.

Aii, segmento de glucoproteínas que contienen un número menor de cadenas de oligosacáridos más complicados.

B, Proteoglucana de cartilago que muestra la columna ver
tebral peptidica con cadenas de sulfato de condroitina y
sulfato de queratán.

IV. LIPIDOS EN LOS DIENTES.

a) Los lípidos son un grupo heterogéneo de compuestos emparentados, real o potencialmente, con los ácidos grasos. Tienen la propiedad común de ser (1) relativamente insolubles - en agua y (2) solubles en los solventes de las grasas como el éter, el cloroformo y el benceno. Así, los lípidos incluyen a las grasas, a los aceites, a las ceras y a los compuestos relacionados.

Un lipoide es una sustancia semejante a las grasas aunque de hecho no esté relacionada con los ácidos grasos, sin embargo, en ocasiones los términos de "lípidos" y "lipoide" se emplean como sinónimos.

Los lípidos son constituyentes importantes de la dieta, no sólo debido a su elevado valor energético, sino también porque las vitaminas liposolubles y los ácidos grasos esenciales se encuentran asociados a las grasas de los alimentos naturales. En el organismo las grasas sirven de modo eficiente como fuente de energía, tanto directa como potencialmente, cuando se almacenan en el tejido adiposo. También sirven como material aislante en el tejido subcutáneo y alrededor de ciertos órganos. El contenido en lípidos del tejido nervioso es particularmente elevado. Las combinaciones de lípidos y proteínas (lipoproteínas) son constituyentes importantes de las células, presentes tanto en la membrana celular como en las mitocondrias dentro del citoplasma y sirven también como

medio para el transporte de lípidos en sangre.

Clasificación.

La siguiente clasificación de los lípidos ha sido propuesta por Blor:

1. Lípidos simples: Esteres de ácidos grasos con diversos -
alcoholes.

a) Grasas.- Esteres de ácidos grasos con el glicerol. -
Una grasa en estado líquido se conoce como aceite.

b) Ceras.- Esteres de ácidos grasos con alcohol superior
res diferentes del glicerol.

2. Lípidos compuestos: Esteres de ácidos grasos que contien
en otros grupos químicos además de un alcohol y del ácido -
graso.

a) Fosfolípidos.- Grasas sustituidas que contienen, adem
más de ácidos grasos y glicerol, un residuo de ácido
fosfórico, compuestos nitrogenados y otros substituy
entes. Estos lípidos incluyen a las lecitinas, a --
las cefalinas, a los liposítoles, a la fosfatidilser
rina, a los plasmalógenos , a las esfingomielinas.

b) Cerebrósidos.- Compuestos de ácidos grasos con carb
ohidratos, contienen nitrógeno, pero no ácido fosf
fórico.

- c) Otros lípidos compuestos incluyen a los sulfolípidos y a los aminolípidos, dentro de esta categoría también se puede colocar a las lipoproteínas.
- d) Derivados de los lípidos.- Sustancias obtenidas por la hidrólisis de los compuestos de los grupos arriba mencionados. Entre estas sustancias se encuentran - los ácidos grasos tanto saturados como no saturados, el glicerol, los esteroides, alcoholes además del glicerol y de los esteroides, aldehídos grasos y las --- proteínas de las lipoproteínas.

b) Lípidos en dentina sana y cariada.

Para demostrar la presencia de lípidos en esmalte y dentina se necesitan utilizar métodos histoquímicos. Tanto los túbulos odontoblasticos de dientes completamente mineralizados - como las líneas de incremento del esmalte se tiñen fácilmente con colorantes para lípidos. Los cortes de dientes cariados revelan la presencia de mayores cantidades de lípidos en el esmalte y en la matriz peritubular de la dentina. Aunque gran parte del material cariado teñido se debe a la presencia de bacterias, algo también corresponde a lípidos enlazados, - que son "desenmascarados" al eliminar total o parcialmente el mineral. El origen endógeno de este lípido en dientes sanos desmineralizados por medio de ácidos, en estos experimentos los dientes fueron colocados en agar estéril que contenía - ácido láctico. Después de 20 días de descalcificación pro-

gresiva, los dientes presentaron coloración positiva primero para calcio, después para proteínas y finalmente para lípidos.

Identificación y determinación cuantitativa de los lípidos.

Se utilizó cromatografía sobre papel para identificar las - clases específicas de lípidos contenidos en dentina sana y - cariada, Dirksen demostró la presencia de ésteres de colesterol, triglicéridos, ácidos grasos, colesterol, diglicéridos, monoglicéridos y de varios fosfolípidos como el fosfatidilinositol, esfingomielina, lecitina, fosfatidiletanolamina, lisolecitina y de tres fosfátidos no identificados en la dentina sana.

La presencia de fosfatidilserina ha sido confirmada en la dentina cariada. Como este lípido no fue extraído de material - no cariado, algunos autores sugieren un posible enlace de sal inorgánica con los lípidos, lo cual llevó al análisis del lípido de la matriz desmineralizada de la dentina.

Los lípidos obtenidos por extracción de la dentina sana y de dentina descalcificada con EDTA fueron separados y determinados cuantitativamente, los pesos de lípidos totales fueron - determinados con métodos gravimétricos antes de la separación sobre columna y es evidente que los pesos combinados de las - clases individuales de lípidos no se aproximan a los pesos - totales. Recientes estudios realizados sugieren que en los tejidos mineralizados alrededor del 50 por 100 de los ácidos grasos totales se hayan bajo la forma de ácidos grasos lí--

bres una clase de lípidos que no fue cuantificada en los estudios antes mencionados. El hallazgo de que los extractos de lípidos de tejidos calcificados (esto incluye también hueso) difieren en cuanto a tipo y cantidad según esté o no desmineralizado el material de muestra, ha sido comprobado muchas veces en varios experimentos.

Comparación del contenido de lípidos en dentina sana preparada por dos procedimientos de extracción diferentes.

	+	++
Total de lípidos en peso	40.90	176.60
Esteres de colesterol	2.89	4.14
Colesterol libre	3.42	6.53
Triglicéridos	1.59	1.61
Diglicéridos	0.75	1.15
Monoglicéridos	0.45	0.80
Fosfolípidos	0.45	4.95

+ Extracción con cloroformo-metanol.

++ Descalcificación con EDTA.

Todos los valores anteriores están basados en mg. por 100 g. de dentina seca.

c) Vitaminas liposolubles.

Las vitaminas son clasificadas en dos grupos principales cuando son estudiadas desde el punto de vista de su solubilidad.

Las vitaminas hidrosolubles y sus derivados funcionan como --

coenzimas en muchas vías metabólicas del organismo. Mientras que las vitaminas liposolubles cumplen otras funciones de las cuales algunas quedan todavía por aclarar. Las vitaminas A, D, E y K se hayan asociadas con la fracción lipídica de los alimentos y su absorción por el organismo depende de la presencia de bilis para producir su emulsión.

Vitaminas E y K.

La información acerca de los efectos de las vitaminas E y K sobre la mineralización de los huesos y dientes es muy escasa. La vitamina K, factor antihemorrágico, es esencial para la síntesis del factor de coagulación, o sea la protrombina. Durante la coagulación, la protrombina es convertida en trombina, la cual a su vez, es indispensable para la conversión del fibrinógeno en coágulo de fibrina.

La vitamina E fue aislada cuando se observó que las dietas deficientes en vitamina E producían esterilidad en la rata, y esto explica su designación como factor antiesterilidad.

Probablemente su función metabólica abarca la propiedad de funcionar como antioxidante, lo cual a su vez ayuda a estabilizar las membranas biológicas, en la rata, la deficiencia de vitamina E, además de producir la esterilidad, destruye la integridad del órgano adamantino. La hipervitaminosis E produce la aparición de esmalte blanco gredoso y el órgano adamantino se torna edematoso y desorganizado.

Vitamina A.

Después de haber establecido cuales eran los mecanismos bioquímicos de la vitamina D se pudo hacer un estudio definitivo de la vitamina A. Existen varias formas de vitamina A.

Así, la vitamina A₁ es un alcohol primario no saturado. Entre las demás formas cabe señalar un aldehído, el retinol, un ácido retinoico y varios ésteres que todos son biológicamente activos. Los precursores vegetales de la vitamina A, los carotenos, son convertidos en vitamina A durante la digestión y absorción.

Los principales depósitos de vitamina A se encuentran en el hígado, encontrándose en cantidades menores en riñones, glándulas suprarrenales y tejido adiposo. Las grandes cantidades de vitamina A contenidas en algunos aceites de peces explican porqué al principio ésta fue confundida con la vitamina D.

El papel tan importante desempeñado por la vitamina A en el ciclo visual y en la prevención de la hiperqueratosis folicular es bien conocido. La hipovitaminosis A crónica produce xeroftalmia, queratomalacia y ceguera permanente. La acumulación del exceso de queratina en placas blancas espumosas sobre la córnea es también característica de la hipovitaminosis A. Generalmente, estos síntomas son atribuibles a alteraciones en las estructuras epiteliales que ocurren durante la hipovitaminosis A y en las que las células epiteliales -

degeneran hacia un tipo estratificado escamoso con queratinización creciente.

Los efectos de la vitamina A sobre tejidos calcificados han sido estudiados en detalle. Así se sabe que la deficiencia de vitamina A altera el patrón de resorción y formación ósea produciéndose un engrosamiento descomunal del hueso. Los cortes histológicos revelan la presencia del hueso sobrado en algunas áreas con falta completa o parcial de resorción ósea en otras partes. Las posiciones normales de los osteoblastos y osteoclastos durante el crecimiento aparecen invertidos dando lugar a patrones óseos normales. La comprensión de varios nervios craneales y vertebrales por este crecimiento óseo suele provocar lesiones nerviosas graves. Por lo tanto, se considera que la vitamina A dirige la acción de los osteoblastos y osteoclastos tanto en el crecimiento normal del hueso como en su remodelación por medio de mecanismos todavía no aclarados.

Vitamina D.

De las cuatro vitaminas liposolubles, los estudios para aclarar la acción fisiológica de la vitamina D fueron los que más aportaron en la última década. Se encontraron signos de hipovitaminosis D en el hombre de la antigüedad cuyos restos esqueléticos muestran signos tanto de raquitismo como de osteomalacia.

Quizá la función más importante de la vitamina D es la de

mantener niveles sanguíneos normales de calcio y fósforo sé
ricos. Se considera que la vitamina D debe ser activada an
tes de efectuar esta función fisiológica.

Las vitaminas D forman un grupo de compuestos, todos los cu
ales son esteroides que ocurren en la naturaleza y especialmen-
te en los organismos animales. Algunos de estos esteroides -
conocidos como provitamina D, cuando se irradian con luz ul
travioleta de longitud de onda alrededor de 264 m, adquieren
la propiedad de curar o prevenir el raquitismo, enfermedad -
caracterizada por producir anomalías esqueléticas debi--
das a un defecto en la calcificación. No obstante que todas
las vitaminas D poseen propiedades antirraquíticas, hay una
considerable diferencia en su actividad biológica cuando se
prueban en diversas especies animales. Por ejemplo: el ero
sterol, (Vitamina D₂) es un vitamín antirraquítico poderoso
para el hombre y para las ratas, pero no para los pollos.

Por otra parte el vitamín D₃ muestra mayor actividad en po-
llos que en las ratas o en el hombre.

V. HISTOQUIMICA DE DIENTES EN DESARROLLO.

El desarrollo del diente humano es un proceso fisicoquímico - complejo y dinámico, cada diente se desarrolla a partir de una yema dentaria que se forma profundamente, bajo la superficie en la zona de la boca primitiva que se transformará en los maxilares. O sea cada diente deriva de un germen dental, presentándose dos tejidos embrionarios, ectodermo y mesodermo.

La yema dentaria consta de tres partes:

- 1) El órgano dentario, derivada del ectodermo bucal.
- 2) Una papila dentaria, proveniente del mesénquima y
- 3) Un saco dentario que también deriva del mesénquima.

El órgano dentario produce el esmalte, la papila dentaria, origina a la pulpa y la dentina, y el saco dentario forma no solo el cemento, sino también el ligamento periodontal.

Cuando el embrión tiene 5 ó 6 semanas de edad, se ve el primer signo del desarrollo dentario, los primeros gérmenes en aparecer son los de la región mandibular anterior.

Conforme continúa la proliferación celular, cada órgano dentario aumenta en tamaño y cambia de forma. A medida que se desarrolla, toma la forma parecida a la de un casquete, con la parte externa de éste dirigida hacia la superficie bucal.

En el interior del casquete, las células mesénquimatosas, au-

mentan en número. Con esta proliferación la zona del mesénquima se transforma en papila dentaria.

En seguida se forma la tercera parte de la yema dentaria, rodeando al órgano dentario y a la papila dentaria combinados.

El mesénquima en esta zona adquiere cierto aspecto fibroso, y las fibras rodean la parte profunda de la papila y el órgano dentario. Las fibras envolventes corresponden al saco dentario.

Continúa cambiando la forma del órgano dentario. La depresión ocupada por la papila dentaria profundiza hasta que el órgano adquiere una forma que ha sido descrita como campana, se realizan, la lámina dentaria, que hasta este momento --- conectaba al órgano dentario con el epitelio bucal, se rompe y la yema pierde su conexión con el epitelio de la cavidad bucal primitiva.

a) Histogénesis.

Empezaremos definiendo la palabra histogénesis,

histos=tejido génesis= producción

Es el estudio de la generación y desarrollo de los tejidos nuevos. O sea proceso de especialización de las células de los tejidos.

Las células en conjunto de cualquier capa germinal al principio son semejantes en su estructura y carencia de especificidad.

dad. Después de presentar determinada diferenciación g μ mif μ ca, dichas células asumen progresivamente caracteres distintos, al período temprano de diferenciación de formas y estructuras citológicas, se le designa con el sufijo blasto, después de algún tiempo se especializan hasta constituir una célula adulta.

La derivación y desarrollo de tejidos dentales puede ser considerada en las fases fisiológicas e histogénica de:

1. Iniciación
2. Proliferación
3. Histodiferenciación y morfodiferenciación
4. Aposición

Etapas de desarrollo.

Es un proceso continuo, y es necesario dividir el proceso de desarrollo del diente en varias "etapas".

De acuerdo con la forma de la parte epitelial del germen dentario. Puesto que el epitelio odontógeno no solamente produce esmalte, sino que también es indispensable para la iniciación de la formación de la dentina, los términos de órgano del esmalte y de epitelio del esmalte externo o interno son sustituidos por lo de órgano dentario y epitelio dentario.

Etapas.

- I. Lámina dentaria y etapa de yema,

II. Etapa de casquete.

III. Etapa de campana.

IV. Vaina radicular epitelial de Hertwig y formación de la raíz.

I. Lámina dentaria y etapa de yema.

Lámina dentaria.- Durante la sexta semana de vida embrionaria, se observa el primer signo de desarrollo dentario. En esta etapa el epitelio bucal consiste de una capa basal de células cilíndricas y otra superficial de células planas. Las gotitas de glucógeno en su citoplasma se pierden durante la elaboración de preparaciones. Algunas células de la capa basal del epitelio bucal comienzan a proliferar a un ritmo más rápido que las células adyacentes, se origina un engrosamiento epitelial en la región del futuro arco dentario y se extiende por todo el borde libre de los maxilares. Se observa lo que va a ser la lámina dentaria, o sea la porción ectodérmica del diente, se ven mitosis tanto en el epitelio, como en el mesodermo,

Yemas dentarias.- Al mismo tiempo que se realiza la diferenciación de la lámina dentaria, se originan en cada maxilar, salientes redondas u ovoideas, (diez) que corresponden a la posición futura de los dientes deciduos y que son las yemas dentarias. Así se inicia el desarrollo de los gérmenes dentarios y las células proliferan más aprisa.

II, Etapa de casquete.

La yema dentaria continúa proliferando. El crecimiento desigual en sus diversas partes da lugar a la formación de la etapa de casquete, se caracteriza por una invaginación poco marcada en la superficie profunda de la yema.

Epitelio externo o interno.- Las células periféricas de la etapa del casquete forman el epitelio dentario externo, la cual consiste en una hilera de células cuboideas y el epitelio dentario interno, formado por una capa de células cilíndricas.

Retículo estrellado.- Las células del centro del órgano dentario epitelial, situadas entre los epitelios externo e interno, comienzan a separarse por aumento del líquido intercelular y se disponen en una malla llamada retículo estrellado. Sus espacios están llenos de un líquido mucoso, rico en albúmina, da al retículo estrellado consistencia acojinada que sostendrá y protegerá a las células formadoras del esmalte.

Las células del centro del órgano dentario forman el nódulo del esmalte, el centro de la invaginación epitelial muestra un crecimiento ligero, bordeado por los surcos del esmalte labial y lingual. Al mismo tiempo se origina en el órgano dentario, una extensión vertical del nódulo del esmalte, llamada cuerda del esmalte. Ambas estructuras son temporales que desaparecen antes de comenzar la formación del esmalte.

Papila dentaria.- El mesénquima, comienza a multiplicarse -

bajo la influencia organizadora del epitelio proliferante - del órgano dentario. Se condensa para formar la papila dentaria, que es el órgano formador de la dentina y pequeños rasgos de la pulpa. Los cambios en la papila dentaria aparecen al mismo tiempo que el desarrollo del órgano dentario - epitelial. La papila dentaria muestra gemación activa de capilares y mitosis, y sus células periféricas, contiguas al epitelio dentario interno, crecen y se diferencian después - hacia odontoblastos.

Saco dental.- El desarrollo del órgano y la papila dentarios, son simultáneos, entonces se presenta una condensación marginal en el mesénquima que los rodea. Y en esta zona se forma una capa más densa y más fibrosa, que es el saco dentario -- primitivo.

III. Etapa de campana.

El órgano del esmalte adquiere forma de campana al profundizarse el epitelio.

Epitelio dentario interno.- Formado por una sola capa de células cilíndricas, los ameloblastos miden 4 a 5 micras de -- diámetro y 40 micras de alto.

Las células del epitelio dentario interno tienen influencia organizadora sobre las células mesenquimatosas subyacentes, que se diferencian hacia odontoblastos.

Estrato intermedio.- Son capas de células escamosas, localizadas entre el epitelio dentario interno y el retículo estrellado. Estas células son esenciales para la formación del esmalte.

Retículo estrellado.- Se expande, por el aumento del líquido intercelular. Las células son estrelladas, con prolongaciones que se anastomosan.

Antes de la formación del esmalte, el retículo estrellado se retrae por la pérdida de líquido intercelular.

Epitelio dentario externo.- Las células del epitelio dentario externo se aplanan hasta adquirir forma cuboidea baja.

Lámina dentaria.- En todos los dientes, excepto en los molares permanentes, la lámina dentaria prolifera en su extremidad profunda para originar el órgano dentario del diente permanente, mientras se desintegra en la región entre el órgano y el epitelio bucal. El órgano dentario se separa poco a poco de la lámina, más o menos en el momento en que se forma la primera dentina.

Papila dentaria.- Se encuentra encerrada en la porción invaginada del órgano dentario. Las células periféricas de la papila dentaria mesenquimatosa se diferencian hacia odontoblastos bajo la influencia organizadora del epitelio. Primero toman forma cuboidea y después cilíndrica y adquieren la potencialidad específica para producir dentina.

La membrana basal que separa al órgano dentario epitelial de la papila dentaria, antes de la formación de la dentina, se llama membrana preformadora.

Saco dentario.- Antes de comenzar la formación de los tejidos dentales, el saco dentario muestra disposición circular de sus fibras y parece una estructura capsular. Al desarrollarse la raíz las fibras se diferencian hacia fibras periodontales que quedan incluidas en el cemento y en el hueso alveolar.

Etapa avanzada de campana.- Es el límite entre el epitelio dentario interno y los odontoblastos de línea la futura --- unión dentino-esmáltica,

La unión de los epitelios dentarios interno y externo en el margen basal del órgano epitelial, en la región de la línea cervical, dará origen a la vaina radicular de Hertwig.

IV. Vaina radicular epitelial de Hertwig y formación de las raíces.

El desarrollo de las raíces comienza después que la formación del esmalte y la dentina ha llegado al nivel de la futura unión cemento-esmáltica. El órgano dental epitelial --- desempeña una parte importante en el desarrollo de la raíz, pues forma la vaina radicular epitelial de Hertwig, la cual modela la forma de las raíces e inicia la formación de la dentina. La vaina consiste en los epitelios dentarios externo e interno. Los residuos de la vaina persisten como -

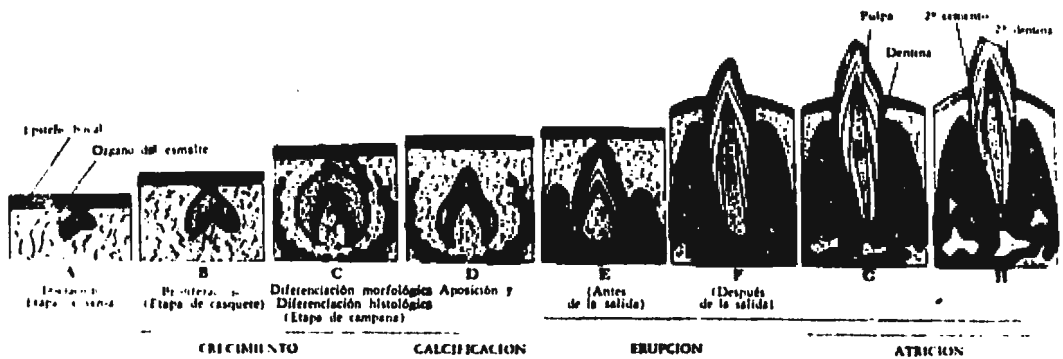


Fig. 11. Evolución secuencial del ciclo vital del diente. (Modificada de Schour I. y Masler M. I.A.D.A. 27, 1965, 1966.)

Fig. 3

Diagrama del ciclo vital de un incisivo cadúco.

restos epiteliales de malassez en el ligamento periodontal.

b) Dentinogénesis.

Los odontoblastos en la dentinogénesis, se cree que desempeñan un papel de nutrición y formación de dentina, es evidente que estas células son necesarias para la formación de dentina.

La dentinogénesis aparece en una secuencia dibásica, primero la elaboración de matriz orgánica, no calcificada llamada predentina. La segunda, de mineralización, comienza hasta que se ha depositado una banda bastante amplia de predentina. Hasta que la matriz se completa, la anchura de la capa de dentina se mantiene constante.

La formación y calcificación de la dentina comienza en las puntas de las cúspides o en los bordes incisivos y avanza hacia dentro. Cuando la dentina de la corona se ha depositado, las capas apicales toman forma de conos alargados.

Formación de la predentina.- Al aparecer los haces de fibrillas, es el signo de desarrollo de la predentina. Cerca de la membrana basal, las fibras adquieren una posición como abanico, estas fibras se conocen como de Korff, son precolágenas pero últimos estudios se cree que sean colágenas.

Las fibras de Korff son el constituyente más importante de la matriz, esto por su disposición en abanico.

Mineralización.- Después de haberse depositado varias micras de predentina, la mineralización de las capas más cercanas a la unión dentinoesmáltica comienza en islotes pequeños, que se fusionan y forman una capa continua, calcificada. La mineralización avanza hacia la pulpa.

El comienzo y el avance de la mineralización se acompaña de muchos cambios en la sustancia fundamental de la matriz orgánica.

c) Amelogénesis.

El desarrollo del esmalte o sea la amelogénesis ocurre en dos procesos:

1. Formación de la matriz orgánica y
2. Mineralización y maduración de la matriz del esmalte.

Después de la formación inicial de dentina, células del epitelio dental interno empiezan la formación de esmalte y por eso se designan ameloblastos.

La primera matriz de esmalte se deposita fuera de las células por los ameloblastos, en una capa delgada a lo largo de la dentina. Esta se ha denominado membrana dentinoesmáltica y es continua con la sustancia interprismática. Después se deposita matriz entre las extremidades distales de los ameloblastos, delineando las prolongaciones de Tomes. En este momento aparecen barras terminales en las extremidades

distales de los ameloblastos.

El siguiente paso en la formación de la matriz del esmalte es el llenado de las extremidades distales de las prolongaciones de Tomes con material de la matriz, para formar segmentos de prismas de esmalte. La transformación de las prolongaciones de Tomes en sustancia de matriz secretada por los ameloblastos se realiza de la perifería al centro.

El producto final de los ameloblastos es la cutícula del esmalte, una membrana orgánica delgada que cubre toda la superficie del esmalte.

La mineralización de la matriz del esmalte se efectúa en dos etapas. En la primera, aparece mineralización parcial en los segmentos de matriz y la sustancia interprismática conforme se depositan.

La segunda etapa o de maduración, se caracteriza por la mineralización gradual hasta el final.

Los análisis químicos muestran que la disminución de volumen de la matriz orgánica se debe a la extracción de cantidad importante de proteínas, pero principalmente de agua.

A base de diferencias funcionales y citológicas, se pueden reconocer dos clases de ameloblastos. Estas son los ameloblastos altos que son células sintetizadoras y secretorias destinadas a la elaboración inicial de la matriz de esmalte, y los ameloblastos cortos o postsecretorios, los cuales funcionan en

la maduración del esmalte por eliminación de materia orgánica y agua del esmalte.

Los ameloblastos altos se asocian con un estrato intermedio - en el cual parece ser intensa la actividad enzimática. La estrecha asociación del estrato intermedio con vasos sanguíneos y su alto contenido de fosfatasa alcalina se cree que esta capa podría servir como barrera para intervenir en el transporte selectivo de ciertas materias a la parte basal de los ameloblastos. La función de la fosfatasa alcalina no es conocida, pero se puede asociar con mecanismos de transporte biológicos.

También se ha sugerido que la fosfatasa alcalina desdobla organofosfatos inhibidores.

La formación de proteínas es intracelular, esto debido a que, el producto de las células proteinizantes es retenido. Parece evidente que el esmalte contiene una proteína con grupos -SH.

Durante la maduración, son eliminados materia orgánica y líquido, y en el esmalte en desarrollo entran sales de calcio, por medio del órgano dental epitelial. La cristalización inorgánica comienza después del depósito inicial de la matriz de esmalte orgánica.

Prosigue el crecimiento de cristales de apatita y aparecen cristales de apatita maduros. En el esmalte maduro, la materia orgánica ha sido reemplazada casi completamente por una matriz calcificada.



- 1.- Dentina mineralizada
- 2.- Fibras de Korff
- 3.- Fibras reticulares de la pulpa
- 4.- Predentina
- 5.- Odontoblasto

Fig. 4

Unión dentino-pulpar, en que se observan las fibras de Von Kowff, penetrando en la dentina en desarrollo.

c) Cementogénesis.

La cementogénesis consiste en la formación de una capa cementoide no calcificada y su transformación en cemento calcificado.

La formación de dentina en la raíz está influida por la vaina epitelial de Herwig, la cual durante un tiempo separa la dentina de la raíz, del saco dental circundante. A medida que degenera la vaina epitelial, se observan células de la zona interna del saco dental cerca de la superficie de la raíz.

Estas células se diferencian en células cuboides, los cementoblastos, los cuales elaboran tejido cementoide. La formación de cemento va siempre precedida del depósito de una fina capa de tejido cementoide.

Las fibras argirófilas del saco dental sirven al parecer como fuente de colágena para la formación de las fibrillas de la colágena de sustancias cementoide. Mucopolisacáridos de tejido conectivo son transformados en la sustancia fundamental, la incorporación de fosfato de calcio y el depósito de cristales de apatita a lo largo de las fibrillas de la colágena.

Cemento, ligamento peridental y hueso alveolar forman el suspensorio para un diente. El cemento puede clasificarse como celular o acelular, no hay diferencia funcional entre las dos clases.

VI. PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE ESMALTE Y DENTINA.

a) Propiedades físicas del esmalte.

El esmalte forma una cubierta protectora, de espesor variable, sobre toda la superficie de la corona. Sobre las cúspides de los molares y premolares humanos, alcanza un espesor máximo - de 2 a 2.5 mm., aproximadamente, adelgazándose hacia abajo - hasta casi como filo de navaja a nivel del cuello del diente. La forma y el contorno de las cúspides reciben su modelado final en el esmalte.

Debido a su elevado contenido en sales minerales y a su disposición cristalina, el esmalte es el tejido calcificado más -- duro del cuerpo humano. La función específica del esmalte es formar una cubierta resistente para los dientes, haciéndolos adecuados para la masticación.

El esmalte varía en dureza desde el de la apatita, que es en la escala de Mohs, la quinta hasta el topacio, que ocupa el octavo lugar. Esta escala se encarga de comparar diferentes minerales con durezas variables:

1. Talco
2. Yeso.
3. Calcita
4. Fluorita
5. Apatita
6. Ortoclasa (feldespato)

7. Cuarzo
8. Topacio
9. Zafiro
10. Diamante

La estructura específica y la dureza del esmalte lo vuelven quebradizo, hecho particularmente notable cuando pierde su cimiento de dentina sana. La gravedad específica del esmalte es de 2.8.

Otra propiedad física del esmalte es su permeabilidad. Se ha descubierto, con trazadores radioactivos, que el esmalte puede actuar en cierta forma como una membrana semipermeable, permitiendo el paso completo o parcial de ciertas moléculas: Ca^{2+} , I^- , etc. Lo mismo sucede con sustancias colorantes.

El color de la corona cubierta de esmalte varía desde blanco amarillento hasta blanco grisáceo. Se ha sugerido que el color está determinado por las diferencias en la translucidez del esmalte, de tal modo que los dientes amarillentos tienen un esmalte translúcido y delgado a través del cual se ve el color amarillo de la dentina, y que los dientes grisáceos poseen esmalte más opaco. La translucidez puede deberse a variaciones en el grado de la calcificación y la homogeneidad del esmalte. Los dientes grisáceos frecuentemente presentan color ligeramente amarillento a nivel de las zonas cervicales, debido probablemente a que la delgadez del esmalte permite llegar a la luz hasta la dentina subyacente amarilla, y

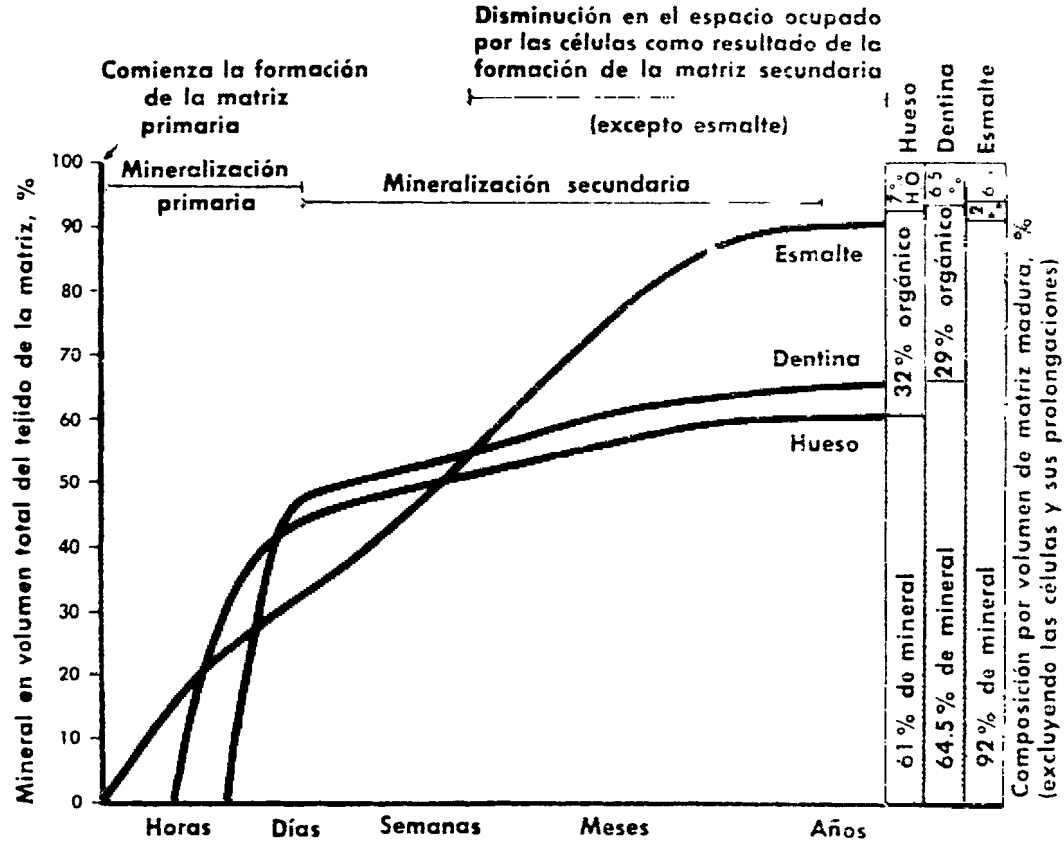


Fig 5
Formación, mineralización y maduración de algunos tejidos mineralizados

reflejarse. Las zonas incisivas pueden tener un tono azulado, donde el borde delgado está formado únicamente por una capa doble de esmalte.

Propiedades físicas de la dentina.

La dentina constituye la mayor parte del diente. Como tejido vivo, está compuesta por células especializadas, los odontoblastos y una sustancia intercelular. Aunque los cuerpos de los odontoblastos están sobre la superficie pulpar de la dentina, toda la célula se puede considerar tanto biológica como morfológicamente, el elemento propio de la dentina. En sus propiedades físicas y químicas la dentina se parece mucho al hueso. La principal diferencia morfológica entre ellos es que algunos osteoblastos que forman el hueso están encerrados en la sustancia intercelular como osteocitos, mientras que la dentina contiene únicamente prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos.

En los dientes de sujetos jóvenes la dentina tiene ordinariamente color amarillento claro. A diferencia del esmalte, que es muy duro y quebradizo, la dentina puede sufrir deformación ligera y es muy elástica. Es algo más dura que el hueso, pero considerablemente más blanda que el esmalte. El contenido menor en sales minerales hace a la dentina más radiolúcida que el esmalte.

Bajo la luz polarizada, la dentina muestra una birrefringencia ligeramente positiva. De hecho, las fibrillas de la ma-

triz orgánica son ópticamente positivas y los cristales inorgánicos son ópticamente negativos. La birrefringencia observada representa un efecto neto.

b) Propiedades químicas del esmalte.

El esmalte consiste principalmente de material inorgánico --- (96%), y sólo una pequeña cantidad de sustancia orgánica y -- agua (4%). El material inorgánico es semejante a la apatita.

En la matriz del esmalte la mineralización comienza inmediata mente después de que es secretada, y el lapso en la mineralización después de la formación de la matriz es mayor en la -- dentina que en el hueso. La mineralización primaria y secundaria (maduración) del esmalte, aumenta el contenido mineral mediante una curva relativamente suave. Tanto en el hueso -- como en la dentina más de la mitad del mineral se acumula rápidamente (mineralización primaria). Las curvas de nuestro esquema se aplanan después, cuando aparece la mineralización secundaria. Las curvas continúan elevándose lentamente, con forme se llena con matriz mineralizada el espacio ocupado -- por las células (formación secundaria de matriz) en el hueso y en la dentina.

La naturaleza de los elementos orgánicos del esmalte no se -- conoce completamente. Durante su desarrollo y con las reacciones de tinciones histológicas, la matriz del esmalte se -- parece a la epidermis queratinizada. Métodos más específicos han revelado grupos sulfhidrilos y otras reacciones que su--

gieren queratina.

De modo parecido, los hidrolizados de matriz madura de esmalte han demostrado una relación de aminoácidos que sugiere que ratina. Los estudios con difracción a los rayos X revelan -- que la estructura molecular es típica del grupo de las queratinas llamadas queratinas beta-cruzadas.

Las reacciones histoquímicas permiten suponer que las células formadoras del esmalte de los dientes en desarrollo contienen también un complejo de proteína-polisacárido y que un mucopolisacárido ácido entra en el esmalte mismo, en el momento en que la calcificación es un hecho prominente. Se requiere de muchas más investigaciones para determinar los caracteres normales del esmalte y los cambios que ocurren con la edad.

Propiedades químicas de la dentina.

La dentina está formada por 30% de materia orgánica y agua y de 70% de material inorgánico. La sustancia orgánica consta de fibrillas colágenas y una sustancia fundamental de mucopolisacáridos. La difracción de los rayos X ha demostrado que el componente inorgánico consiste de hidroxiapatita como en el hueso, el cemento y el esmalte. Las sustancias orgánicas e inorgánicas se pueden separar mediante descalcificación o -- incineración. En el proceso de la descalcificación, los constituyentes orgánicos pueden ser retenidos y mantener la forma de la dentina. La incineración elimina a los constituyentes orgánicos. Las sustancias inorgánicas se retraen, pero retie

nen la forma del órgano y se vuelven muy quebradizas y porosas.

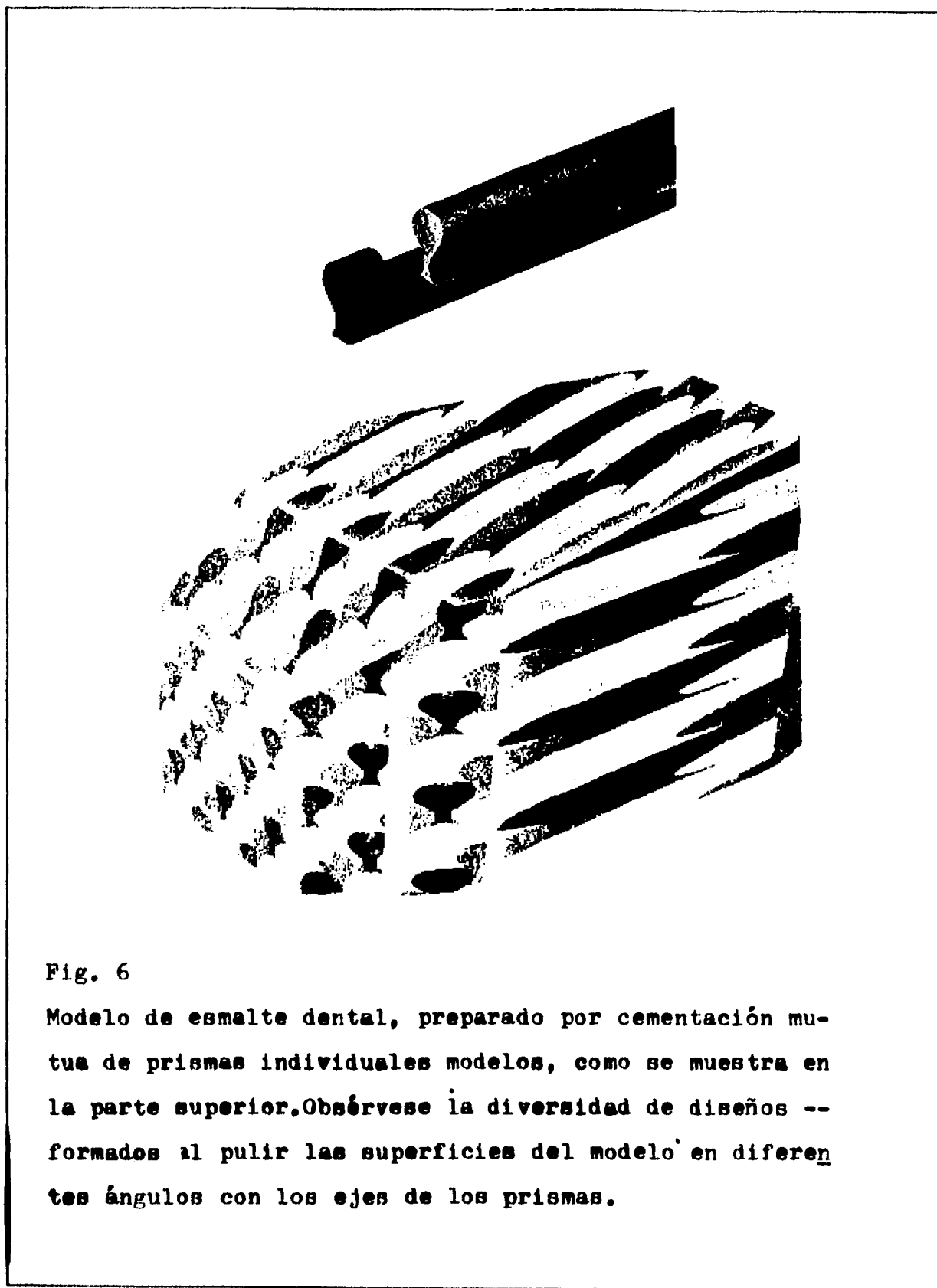


Fig. 6

Modelo de esmalte dental, preparado por cementación mutua de prismas individuales modelos, como se muestra en la parte superior. Obsérvese la diversidad de diseños -- formados al pulir las superficies del modelo en diferentes ángulos con los ejes de los prismas.

c) Estructura del esmalte.

Prismas.- El esmalte está formado por bastones o prismas, vainas del esmalte y una sustancia interprismática de unión. Se ha calculado que el número de prismas del esmalte va desde -- cinco millones, en los incisivos laterales inferiores, hasta 12 millones en los primeros molares superiores. A partir de la unión dentioesmáltica siguen una dirección hacia afuera - hasta la superficie del diente. La longitud de la mayor parte de los prismas es mayor que el espesor del esmalte, debido a su dirección oblicua y su curso ondulado. Los prismas localizados en las cúspides, la porción más gruesa del esmalte, - son más largos que los situados en las zonas cervicales de -- los dientes.

Generalmente se afirma que el diámetro de los prismas mide 4 de promedio, pero esta medida varía necesariamente, puesto que la superficie externa del esmalte es mayor que la superficie - dentinal donde se originan. Su diámetro aumenta, a partir de la unión dentinoesmáltica hasta la superficie, en proporción de 1:2 aproximadamente.

Los prismas tienen aspecto cristalino claro, lo que permite a la luz pasar a través de ellos. En corte transversal aparecen en forma hexagonal y algunas veces se ven redondos u ovals. Muchos prismas de esmalte humano parecen escamas de pescado en cortes transversales.

Estructura submicroscópica.

Los elementos estructurales que forman los prismas del esmalte son tan pequeños que no se pueden observar directamente bajo el microscopio de luz. Con el advenimiento del microscopio electrónico, que ha sido aplicado al estudio de la estructura dentaria durante más de 15 años, se ha obtenido nueva información tanto acerca de la matriz orgánica del esmalte como sobre su componente cristalino. La observación de cortes de esmalte maduro descalcificado ha revelado una red de fibrillas orgánicas finas en todo el espesor de los prismas. Existen ciertas pruebas de que los cristales de apatita pueden ser depositados no solamente en los huecos de esta malla fibrilar, sino que se pueden formar también alrededor de las fibrillas mismas.

Bajo el microscopio electrónico los cristales de apatita aparecen algo aplanados y como cintas, y se originan en forma paralela al eje longitudinal del prisma. La disposición paralela en el interior de los prismas esta lejos de ser perfecta y algunos grupos de cristales pueden estar desviados hasta 40 grados en relación del plano axial del prisma. Las medidas de los cristales básicos del esmalte no se han definido aún, y las longitudes más usadas varían entre 0,05 y 1 micra. Con frecuencia sus diámetros oscilan entre 0,02 y 0,04 micras.

En un corte transversal, los prismas tienen un aspecto que recuerda algo a ojo de llave. Los prismas son de cinco micras

cras de diámetro aproximadamente, en la parte superior redonda (cabeza) y miden alrededor de nueve micras desde la parte superior de la cabeza hasta el extremo de la cola. Los prismas siempre están orientados de manera que la cabeza de la sección transversal del prisma señala hacia la superficie de oclusión del diente y la cola hacia la región cervical del diente.

Unos investigadores construyeron un modelo tridimensional de prismas de esmalte en forma de ojos de llaves que muestra que el aspecto de los prismas varía en diferentes ángulos de la sección del plano. Prácticamente todos estos diseños correspondientes a la construcción tridimensional han sido encontrados en varias investigaciones de cortes de esmalte real al microscopio electrónico.

En este concepto estructural no se requiere la existencia de una sustancia interprismática y no hay pruebas de que exista esta sustancia. La prolongación de la cola de un prisma entre prismas adyacentes en la fila siguiente podría interpretarse como una sustancia interprismática y microscopía óptica. La vaina del prisma, entre los prismas, es en realidad una región de brusca discontinuidad en la orientación cristalina.

Recientemente han proporcionado una explicación de la variación cristalina dentro del prisma. Los investigadores de años anteriores habían aceptado, en general, la idea de una razón uno a uno entre el número de prismas y el número de -

ameloblastos, también habían aceptado, que durante el desarrollo de un ameloblasto se formaba un prisma. Nuestros estudios revelan que en el esmalte humano cada prisma es resultado de la actividad de secreción de cuatro ameloblastos. Bajo esta propuesta, la orientación de los cristalitos en el esmalte - está gobernada por dos factores mayores:

- 1) Los cristalitos crecen en ángulo recto con la superficie del frente de mineralización cuando y donde es posible, pero
- 2) Donde hay un movimiento relativo entre la superficie del ameloblasto y la superficie del frente en mineralización, los cristalitos tienden a orientarse en la dirección de este movimiento.

Así, en la cabeza del ojo de llave, los cristalitos están orientados en la dirección del eje longitudinal del prisma y perpendicularmente a la prolongación de Tomes de los ameloblastos. En el lado cervical del prisma, los cristalitos están orientados en esencia perpendicularmente al eje longitudinal del prisma y también perpendicularmente al plano de deslizamiento entre la superficie de la prolongación de Tomes y el frente en mineralización.

Estructura Cristalina del Esmalte.

La organización estructural del esmalte ha sido extensamente estudiada, de manera principal por microscopia ordinaria microscopia en polarización, espectrometría infrarroja, difracción de rayos X, difracción electrónica y microscopia electrónica. Como las dimensiones de los cristalitas que forman la fase mineral del esmalte son bastante menores que el poder de resolución del microscopio óptico, las últimas tres técnicas citadas han sido las que han proporcionado más información. Por las técnicas ópticas sólo puede obtenerse prueba indirecta de la estructura submicroscópica del esmalte.

Los primeros análisis químicos indicaron que la materia mineral del esmalte era una sal, fosfato de calcio. Después investigaciones por difracción de rayos X confirmaron que la fase mineral corresponde a una clase de compuestos conocidos como "APATITAS". Específicamente, la apatita particular presente en el esmalte es hidroxiapatita. Sería más correcto mencionarla como una apatita de carbonato. El papel de carbonato en el esmalte será examinado minuciosamente por varios investigadores los cuales no han podido llegar a saber por completo cual es su posición con respecto a la apatita.

Las apatitas se caracterizan por la preservación de una configuración cristalina específica aún bajo la influencia de la sustitución de algunos componentes químicos. La hidroxiapatita pura puede representarse estequiométricamente como --

$\text{CO}_{10} (\text{PO}_4)_6 (\text{OH})_2$. Sin embargo, magnesio, estroncio, radio e iones de hidronio pueden substituir al calcio en su posición, fluoruro puede substituir al hidróxilo en su lugar, de lo que resulta fluorapatita y carbonato puede entrar como sustituyente por dondequiera en la red cristalina las apatitas que ocurren geológicamente en la naturaleza son, entre otros francolita, dahlita (ambas contienen carbonato), y la fluoroapatita ya mencionada. El cristal puede considerarse como construido de pequeñas unidades de forma paralelepípedas, las "celdas unidades" o "elementales". La repetición de estas celdas en la dirección de los tres ejes representa el cristal completo.

Las dimensiones de la celda unidad y las posiciones de los iones en la celda han sido determinadas en virtud del empleo de varias técnicas experimentales principalmente análisis por difracción de rayos X. Las longitudes de los ejes de la celda unidad (horizontales son $a_1 = a_2 = 9.42$ Amstrongs). Mientras los ejes (verticales son de 6.88 Amstrongs). La disposición espacial de los iones que componen la celda ha sido descrita por Trauts como: "la celda unidad hexagonal", que es la unidad más pequeña, en el espacio, de las estructuras que contienen todos los elementos de simetría cristalográficos del cristal completo, es un paralelepípedo, cuyas aristas están formadas por los dos ejes 'a' horizontales, que forman un ángulo de 120 grados, y por los ejes 'c' verticales en ángulo recto con los ejes 'a'. La celda unidad contiene 10 Ca^{2+} , 6 PO_4^{3-} y dos iones OH^- . Los oxígenos de los fosfatos están dispuestos en grupos tetraédicos que encierran el fosfato y están unidos

a él más fuertemente que a los iones Ca, los cuales están dispersos entre los grupos PO_4 , a medida que éstos se incorporan para formar el cristal. Los dos iones OH están situados en los ejes hexagonales 'c' cada uno rodeado de tres iones Ca, al mismo nivel. Los otros cuatro iones Ca ocupan lugares sobre los dos ejes trigonales verticales que pasa por la celda, a un tercio y dos tercios a lo largo de la diagonal larga de la celda.

A tamaño y forma de los cristalitos: Los cristalitos en el esmalte son considerablemente más largos que los que ocurren en huso dentina o cemento. Muchos cristales de la apatita que ocurren naturalmente crecen en la forma de prismas hexagonales. Los cristalitos de esmalte en desarrollo toman la forma de barras o plaquetas y existe algún desacuerdo en cuanto a su longitud varfa entre 1 2000 y 2 100 Å, y cuya anchura oscila entre 150 y 250 Å.

La investigación de la forma de cristalitos de la dentina en desarrollo, por técnicas esteroscópicas, proporciona una vista de cristales individuales a diferentes ángulos. Los cristales que dieron un perfil estrecho denso en una orientación presentaban perfiles anchos, menos densos, cuando se inclinaban en torno de sus ejes longitudinales. Una estructura acircular no se comportaría de esta manera por ello se llegó a la conclusión de que los cristales de dentina son estructuras parecidas a placas. A medida que el esmalte madura, los cristales se empaquetan más densamente.



Fig. 7

Corte por desgaste hecho a través del esmalte. Los prismas están cortados longitudinalmente. Se observan las estriaciones transversales de los prismas.

El diminuto tamaño de los cristales de apatita desempeña un papel decisivo al determinar su composición química variable. Como los cristallitos de esmalte tienen un grueso de sólo unas pocas celdas unidades, una gran fracción de los átomos están situados en la superficie o cerca de ésta.

d) Dentina.

Fase mineral.- La dentina está siempre menos mineralizada que el esmalte, pero su contenido mineral es más alto que el del hueso o el cemento. La fracción mineral de la dentina varía desde 68 a 79 por 100, en peso, aproximadamente, en contraste con el 97 por 100 en peso, aproximadamente, en el esmalte. Los cristallitos de dentina son considerablemente más pequeños que los del esmalte. El grueso aproximado es en promedio de 20 a 35 A más sus longitudes son de ordinario de 200 a 300 A, aunque se ha medido cristallitos hasta de 1 000 A. El volumen de un cristallito de esmalte es aproximadamente 200 tantos mayor que el de un cristallito de dentina. Como las reacciones químicas están confinadas en la superficie de los cristallitos de apatita, el menor tamaño del cristal de dentina, acompañado de un área de superficie correspondientemente mayor, hace que la dentina sea menos estable que el esmalte. Se ha hallado que de ordinario, aunque no siempre, la razón Ca/P en dentina más baja que en esmalte del mismo diente y que exhibe más variabilidad. Se ha informado de la presencia de fosfato cálcico (FCA) en dentina. Se halló que 35 por 100 de la fase mineral dentina es FCA aproximadamente la misma fracción que en el

hueso compacto.

Estructura de la dentina.

La dentina, a diferencia del esmalte inerte, conserva un componente celular vital, el odontoblasto, cuando madura. Sin embargo, la dentina, al igual que otros tejidos conectivos, consiste primariamente de sustancia extracelular con sólo una pequeña cantidad de materia celular. El componente extracelular ocurre primariamente en la forma de una matriz colagenosa densamente mineralizada, que encierra estructuras tubulares. Esta matriz colagenosa densamente mineralizada, forma el cuerpo del diente, protege la pulpa dental y proporciona unión y apoyo subyacente al esmalte protector que recubre el diente y al cemento. En dentina madura es posible demostrar, en un corte transversal, las siguientes estructuras:

1. Dentina intertubular
2. Capa hipomineralizada externa
3. Dentina peritubular
4. Capa hipomineralizada interna
5. Prolongación dentinal del odontoblasto

En un solo corte no es fácil demostrar todas estas estructuras.

La dentina intertubular consiste en una armazón colagenosa mineralizada que se extiende entre los túbulos dentinales. Las fibras colagenosas exhiben las bandas típicas transversales a

640 A de distancia interbandas. La disposición y distribución de las fibrillas colagenosas pueden verse en un corte de la matriz de dentina desmineralizada.

La porción tubular de la dentina madura consta de la prolongación odontoblástica interna, que está separada de la dentina peritubular por una capa hipomineralizada interna. La dentina peritubular está separada igualmente de la dentina intertubular por la capa hipomineralizada externa.

La prolongación odontoblástica es la prolongación citoplasmática del odontoblasto a través del túbulo. Cerca de la vecindad del borde predentina-pulpa, se ha mostrado claramente que la prolongación odontoblástica es una prolongación del citoplasma del odontoblasto, con continuidad de la membrana de plasma, que se extiende dentro del túbulo dentinal. A este nivel, la prolongación odontoblástica conserva todavía algunos organitos citoplásmicos, entre ellos el retículo endoplásmico y mitocondrias. Al progresar desde el borde predentina dentina, para penetrar en la dentina más madura, ha resultado difícil el estudio de la prolongación del odontoblasto a causa del alto contenido mineral de la dentina madura. En la dentina mineralizada, la prolongación odontoblástica se reduce a dos micras, aproximadamente, y no siempre puede demostrarse la continuidad del citoplasma. En estudios en que se empleó desmineralización y fijación de la dentina madura, algunos túbulos dentinales exhibían fibrillas colagenosas, Otros estaban vacíos o mostraban la presencia de agregados de materia granular en la luz del tú

bulo.

La dentina peritubular es una materia hipermineralizada depositada entre la dentina intertubular y la prolongación del odontoblasto. Este tejido se presume es depositado o secretado por el propio odontoblasto. Con la maduración del túbulo hay una reducción del diámetro de la prolongación del odontoblasto, desde cinco micras o una a dos micras, aproximadamente al nivel de dentina intermedia, con el aumento correspondiente en el grosor de la dentina peritubular. La dentina peritubular parece ser la fase de dentina más densamente mineralizada, pues tiene una densidad de 2.14 comparada con la densidad de 2.1 a 2.2 de la dentina total.

Las fibrillas colagenosas en la dentina peritubular son más estrechas que en las áreas dentinales tubulares internas. Las fibrillas peritubulares tienen diámetros en el intervalo de 250 a 500 A, en comparación con la anchura de fibrillas de 600 a 700 A hallado en la dentina intertubular.

Se deposita continuamente materia en las paredes de los túbulos en la formación de la dentina peritubular hasta que la luz del túbulo está casi o completamente obliterada. Hasta que ocurre el cierre completo, la dentina peritubular, muy mineralizada, está separada del resto de la prolongación del odontoblasto por la capa hipomineralizada. Con la dentina intertubular se forma antes que la dentina peritubular en un plano cualquiera dado, los dos tejidos están separados por una estrecha zona de

tejido hipomineralizado. Esta zona se llama la capa hipomineralizada externa.



1

2

3

4

5

6

7

- 1.- Barras terminales basales
- 2.- Ameloblastos
- 3.- Barras terminales distales
- 4.- Matriz del esmalte.
- 5.- Matriz intercelular
- 6.- Prolongación de Tomes
- 7.- Matriz del esmalte

Fig. 8

Microfotografía que muestra la formación de las prolongaciones de Tomes y las barras terminales, el primer paso - en la formación de los prismas del esmalte.

VII. BIOQUIMICA DE LA PULPA DENTAL.

Los primeros estudios de la pulpa, fueron realizados por Wurtz en 1856, pero únicamente se reconocieron los efectuados en 1878 por Magotot.

El primer trabajo completo sobre la química de la pulpa, por Whitslar en 1889. El señaló la necesidad de estudiar esta materia viva, pero era difícil por el tamaño de la pulpa y su inaccesibilidad.

Hodge en 1936 realizó estudios de lípidos pulpaes.

Estudios bioquímicos acerca de la fosfatasa alcalina en odontogénesis, por Engel y Furuta (1942), Bevelander y Johnson (1945) y Green, Fischer y Morse (1948).

a) Histología y función.

Histológicamente, la pulpa guarda notable semejanza en el tejido conectivo de las encías, salvo algunas consideraciones bioquímicas. Tiene a su cargo mantener la actividad odontoblastica y la nutrición del tejido conectivo mineralizado.

La pulpa es notablemente sensible a su ambiente y, aunque parece estar bien aislada, es normalmente influida y dañada por una sucesión constante de factores físicos y químicos. Los extremos de calor y de presión son transmitidos fácilmente a ella y no sólo pueden causar daño traumático, sino también daños químicos

por cambios iónicos y alteraciones en la configuración molecular de sus macromoléculas. Puede producirse daño químico directo por materiales de empaste como AgNO_3 , XnO e eugenol, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaF .

Pueden además ser simples precipitantes de proteínas. Microorganismos pueden atacar la pulpa en todo su perímetro, creando daños bioquímicos de manera semejante como lo hacen en otros tejidos conectivos.

Histológicamente la pulpa ha sido descrita como "Tejido conectivo primitivo". La pulpa es un tejido suelto o líquido en estado muy dinámico. Contiene pocas células; fibroblastos que tienen a su cargo la producción de fibras y la odontogénesis, células mesenquimatosas, se cree que estén encargadas de la producción de mucopolisacáridos e histiocitos que intervienen en mecanismos de defensa. Entre estas células están dispersos unos cuantos elementos vasculares, nervios y canales linfáticos,

Entre las células hay una red de fibras, mayoría colágenas. Todos estos elementos formados están en suspensión en la sustancia fundamental compuesto de líquido de pulpa, de origen vascular, al cual se han agregado mucopolisacáridos primitivos de esta sustancia.

Este tejido tan simple ofrece cuatro funciones;

1. Arquitectónica o formadora.- Elaboración de fibras colágenas y de dentina.



- 1.- Cuerpos de odontoblastos
- 2.- Dentina
- 3.- Fibras argirófilas de Korff
- 4.- Capilar
- 5.- Capilar
- 6.- Fibras colágenas

Fig. 9

Elementos fibrosos y celulares en la pulpa.

2. Nutritiva.- Nutrición a la dentina, mediante los odontoblastos, utilizando sus prolongaciones.
3. Sensorial.- Los nervios de la pulpa contienen fibras sensitivas y motoras. Las fibras sensitivas, tienen a su cargo la sensibilidad de la pulpa y la dentina, conduce la sensación de dolor. Su función principal es la iniciación de reflejos para el control de la circulación en la pulpa.
4. Protectora o defensiva.- La reacción defensiva se puede expresar con la formación de dentina reparadora si la irritación es ligera, o como reacción inflamatoria si la irritación es más seria.

Las funciones arquitectónica, sensorial y protectora de la pulpa son ejecutadas por las células, cuyo número es escaso en --proporción con la gran masa de sustancia fundamental. La funcción nutritiva de la pulpa y el exceso de su masa residen en --su extenso material intercelular, que representa su composición química, pero no su metabolismo.

b) Bioquímica de los odontoblastos.

El cambio más importante en la pulpa dentaria, durante el desarrollo, es la diferenciación de las células del tejido conjuntivo cercanas al epitelio dentario hacia odontoblastos.

Los odontoblastos son células muy diferenciadas del tejido conjuntivo. Su cuerpo es cilíndrico y su núcleo oval. Cada célula se extiende como prolongación citoplásmica dentro de un tú-

bulo en la dentina.

La forma y la disposición de los cuerpos de los odontoblastos no es uniforme en toda la pulpa.

Su función es la de formar dentina y se encarga de su nutrición. Deben de considerarse como las células de la dentina, toman parte en la sensibilidad de la dentina.

Respiración y actividad odontoblástica de la pulpa bioquímicamente.

Acido Ribonucléico (RNA).

Una de las funciones de mayor importancia de odontoblasto es la síntesis de fibras de colágena. Esto es siempre y cuando las células sintetizan alguna proteína, el patrón para esa proteína en particular es transmitido desde el DNA cromosómico en el núcleo a ribosomas en el retículo endotelial del citoplasma, en forma de plantillas constituidas por ácido ribonucléico (RNA).

Esta sustancia que caracteriza las células su basofilia, y por esta razón los odontoblastos activos son más basófilos que los inactivos. El RNA está en su máximo cuando se está sintetizando colágena y baja cuando las células vuelven a su estado de reposo, como después de formación secundaria de dentina. Aumenta el contenido de RNA a medida que se diferencian odontoblastos de fibroblastos y el ácido está ausente cuando se disminuye la síntesis de colágena.

Fosfatasa alcalina.

La fosfatasa alcalina interviene en la separación de iones de fosfato del enlace de éster orgánico, en el proceso de calcificación, se encuentran grandes cantidades de fosfatasa alcalina en odontoblastos pulpares, especialmente cuando están activos en la calcificación, pero también cuando la pulpa esta en estado inflamatorio. También esta presente fosfatasa ácida en la sustancia fundamental de la pulpa junto con fibras de colágena.

Lípidos.

El metabolismo de carbohidratos función característica de células de la pulpa es un metabolismo que favorece la síntesis de ácidos grasos. Hodge halló que la pulpa contiene 0.91 por 100 de lípidos, 0.70 por 100 de fosfolípidos y 0.11 por 100 de colesterol. El colesterol aumenta con la edad.

Proteasas y peptidasa.

La pulpa contiene diversas enzimas capaces de hidrolizar, a aminoácidos, los restos de fibras de colágena degeneradas y otros desechos celulares. La presencia de las proteasas en la pulpa se ha comprobado con técnicas histológicas en preparaciones de odontoblastos de la pulpa se han encontrado proteasas y dipeptidasas capaces de digerir hemoglobina y de reducir colágena a sus aminoácidos libres.

Glucógeno.

El glucógeno se encuentra en todas aquellas áreas donde existen mecanismos de calcificación.

Se ha demostrado la presencia de gránulos de glucógeno en odontoblastos de la pulpa. Desaparecen durante la calcificación activa y aparecen nuevamente en estado de reposo, esto de ida a su función.

Metabolismo de carbohidratos de la pulpa.

El metabolismo de carbohidratos en la pulpa tiene varios fines, aparte de la función de producción de energía, 1) El suministro de materiales para la síntesis de los mucopolisacáridos constituyendo la mayor porción de la pulpa; 2) La síntesis de restos de carbono para las grandes cantidades de glicina, prolina e hidroxiprolina necesarias para la síntesis de colágena; y 3) La provisión de alcoholes orgánicos para la formación de ésteres fosfato en el proceso de calcificación.

Además, la rápida producción de tejido colágena supone para la pulpa una gran demanda de pentosas usadas en la síntesis de RNA.

Estudios sobre la respiración de la pulpa dió como resultado:

Las células de la pulpa tiene a su cargo la respiración de toda su masa, su cociente respiratorio es aproximadamente (CR) (CO_2) 0.90. El consumo de oxígeno es máximo durante la dentinogénesis.

Estudios in vitro se observó que el tejido sigue respirando durante 8 a 12 hrs., sin necesidad de adición de glucosa y sin usar reservas celulares de lípidos o proteínas. La pulpa pro-

duce gran cantidad de ácido en condiciones anaerobias actuando como factor regulador en su metabolismo.

c) Bioquímica de las fibras de la pulpa.

Los fibroblastos de la pulpa son idénticos a los encontrados - en cualquier otra parte del tejido conjuntivo laxo. Las fibras de la pulpa son en parte argirófilas y en parte colágenas.

Conforme aumenta la edad se disminuye la cantidad de fibroblastos, aumentándose el número de fibras.

Las fibras son sintetizadas por los odontoblastos y son de dos tipos principalmente. En la matriz hay predominio de colágena y se encuentra elastina en la paredes de los canales vasculares aferentes mayores.

Las dos proteínas son la única fuente conocida de hidroxiprolina en la materia viva.

Las fibras colágenas son una parte integral del contenido de nitrógeno de la pulpa. Este contenido tiende a aumentar con la edad.

La síntesis de colágena no parece aumentar con la edad, sino sólo como una respuesta a la irritación.

d) Bioquímica de la sustancia fundamental de la pulpa.

La sustancia fundamental de la pulpa parece ser de consistencia

cia de mucho más firme que la del tejido conjuntivo laxo fuera de la pulpa, viene siendo gelatinosa.

En general se asemeja, a la del tejido conectivo gingival. Está compuesta de líquido de pulpa dental derivado del plasma sanguíneo y que tiene mucopolisacáridos coloidales, que tienen su origen en los elementos celulares de la pulpa. Una parte líquida de la sustancia fundamental abandona también la pulpa por su sistema linfático y menos proporción, por vía de la dentina, el cemento y el esmalte. La sustancia fundamental contiene mayor calcio y fosfato que el exudado de plasma. El contenido de calcio y fluoruro aumenta con la edad, además el fluoruro es más alto en áreas geográficas en que es mayor el contenido de fluoruro del agua potable. El aumento de citrato de la pulpa, produce descalcificación, esto por la administración de parathormona.

La pulpa contiene las mismas cantidades de glucosa y otros metabolitos de peso molecular bajo que el plasma sanguíneo. Y aproximadamente la quinta parte del contenido de proteína del plasma.

La proteína está compuesta mayormente de albúmina y globulinas.

Proporciones parecidas a las del plasma sanguíneo, el líquido pulpar tiene un contenido de proteína mucho mayor que el de los líquidos dentinal y del esmalte, que son ultrafiltrados.

Los mucopolisacáridos coloidales de la sustancia fundamental aumentan su viscosidad, permitiendo difundir los nutrientes,

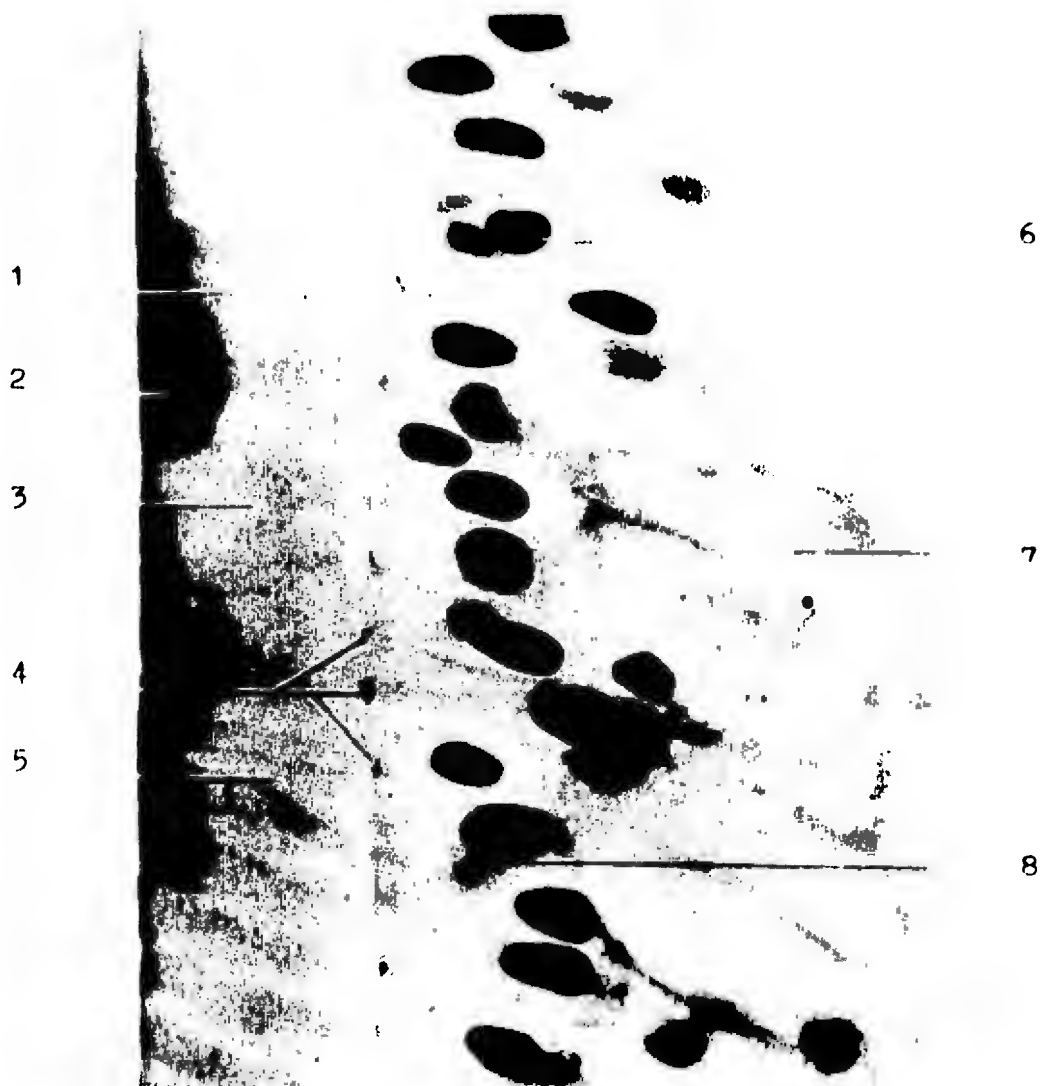
El ácido hialurónico y el sulfato de condroitina B, son glucosaminoglucanas (GAG), comunes a todas las sustancias fundamentales, en la pulpa se encuentran en concentraciones de 0.55 mg/gm de peso húmedo de tejido.

Algunas funciones de los mucopolisacáridos en la pulpa: estabilizan fibrillas de colágena en fibras; intervienen también en el enlace de calcio en áreas mineralizadas, y así participan en el mecanismo de calcificación.

La pulpa dental es un tejido único bioquímicamente, a causa de la notable adaptación de unos cuantos tipos de células para -- efectuar diversas funciones.

Además tiene un sistema glucolítico normal, contiene un sistema respiratorio de derivación de fosfato de pentosa, esto le permite tener diversos grados de isquemia, contribuir también a la síntesis de RNA con grandes cantidades de ribosa. La -- pulpa tiene una estructura muy organizada, conserva naturaleza permeable y líquida.

Sus enzimas respiratorias y el estado de agregación de sus mucopolisacáridos son sensibles a influencias ambientales.



- 1.- Predentina
- 2.- Dentina
- 3.- Prolongaciones odontoblásticas
- 4.- Barras terminales
- 5.- Prolongaciones odontoblásticas
- 6.- Cuerpo de odontoblasto
- 7.- Pulpa
- 8.- Cuerpo de odontoblasto

Fig. 10

Cuerpos de los odontoblastos.

C O N C L U S I O N E S

Después de haber realizado el presente trabajo se concluye que la bioquímica dental es una ciencia joven, que aún está en desarrollo, por lo que hay temas que les faltan elementos de discusión suficiente para aclarar una gran cantidad de dudas que persisten actualmente.

Esta tesis nos presenta un panorama general de la bioquímica y reúne algunas de las diferentes teorías, referentes a la -- composición bioquímica de las estructuras dentales con objeto de servir de material de apoyo al estudiante de Odontología -- quién desafortunadamente encuentra dificultad para obtener -- una amplia bibliografía al respecto y al mismo tiempo al Cirujano Dentista quién por características de toda disciplina que se encuentra en constante dinamismo, necesita actualizarse.

== B I B L I O G R A F I A ==

1. Ansell, G.B.A. y Hawthorne, J.N.: Phospholipids, Chemistry, Metabolism and Funtions. Primera Edición Elsevier Publishing Company. Amsterdam, Holanda. 1964.
2. Bhagavan, N.V.: Bioquímica. Primera Edición. Editorial Interamericana. México 1968.
3. Bohinski, B.C.: Bioquímica. Primera Edición. Editorial -- Fondo Educativo Interamericano, S. A. E.U.A. 1978.
4. Brewster, R.Q. y McEven, W.E.: Química Orgánica. Séptima Edición. Editorial C.E.C.S.A. México 1976.
5. Cantarow, A. y Schepartz, B.: Bioquímica. Cuarta Edición. Editorial Interamericana. México 1969.
6. Clark, J.M.: Bioquímica Experimental. Primera Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1966.
7. Gandarias, J.M.: Bioquímica y Fisiología General. Sexta - Edición. Ediciones Toray. España 1974.
8. Harper, H.A.: Manual de Química Fisiológica. Tercera Edición. Editorial El Manual Moderno. México 1961.
9. Haurowitz, F.: Química y Función de las proteínas. Primera Edición. Ediciones Omega. España 1969.
10. Laguna, J.: Bioquímica. Segunda Edición. Editorial La -- Prensa Médica. Mexicana. México 1970.
11. Lazzari, E.P. Bioquímica Dental. Segunda Edición. Editorial Interamericana. México 1978.
12. Lehinger, L. A.: Bioquímica. Quinta Edición. Ediciones

Omega, S. A. España 1972.

13. Lenz del Río, A.: Química Orgánica elemental. Tercera Edición. Editorial Patria, S. A. México 1969.
14. Sicher, H.: Histología y Embriología Bucales. Tercera Edición. Editorial La Prensa Médica Mexicana. México 1980.
15. Ville, A.C.: Biología. Sexta Edición. Editorial Interamericana. México 1974.