

HISTOGÉNESIS DEL ESMALTE DENTARIO. CONSIDERACIONES GENERALES

Histogenesis of the dental enamel. General considerations

Msc. Lizette Albertí Vázquez^I; Dra. Maheli Más Sarabia^{II}; Dra. Silvia Martínez Padilla^{III}; Dra. María Josefina Méndez Martínez^{IV}

I. Msc. en Investigación Educativa. Especialista de I Grado en Anatomía Humana. Profesor Asistente. Instituto Superior de Ciencias Médicas "Carlos J. Finlay". Camagüey

II. Especialista de I Grado en Periodoncia. Profesor Instructor.

III. Especialista de I Grado en Estomatología General Integral.

IV. Especialista I Grado en Bioquímica Clínica. Profesor Asistente.

RESUMEN

Se realizó una actualización científica sobre el proceso de formación del esmalte dentario para describir sus principales sucesos y analizar la relación funcional entre algunas proteínas y este proceso. El esmalte dentario se forma en el órgano de esmalte del germen dentario y las células productoras de este tejido son los ameloblastos. Durante la

formación del tejido las capas de órgano y los ameloblastos sufren modificaciones que garantizan el aporte vascular al órgano, la deposición de la sustancia orgánica y su posterior mineralización donde intervienen las proteínas amelogenin, enalemin, ameloblastin y la colágena tipo X.

DeCS: esmalte dental/anatomía & histología

ABSTRACT

A scientific updating about the process of formation of the dental enamel was carried out to describe its main events and to analyze the functional relation between some proteins and this process. The dental enamel is formed in the enamel germ of the dental germ and the productive cells of this tissue are the ameloblasts. During the formation of the tissue, the coats of organ and the ameloblasts suffer modifications that guarantee the vascular contribute to the organ, the deposition of the organic substance and its subsequent mineralization where the proteins amelogenin, enalemin, ameloblastin and the type X collagen, intervene.

DeCS: dental enamel/anatomy; histology

INTRODUCCIÓN

El hombre tiene en su boca los elementos más resistentes a la acción del fuego, los ácidos y la putrefacción, los dientes.¹ Esta característica de las piezas dentarias se debe a su propia estructura formada por elementos calcificados como el esmalte, la dentina y el cemento.

Debido a su elevado contenido en sales minerales y a su disposición cristalina, el esmalte es el tejido calcificado más duro del cuerpo humano.

Su función específica es formar una cubierta resistente para los dientes lo que los hace adecuados para la masticación.²

El proceso de formación del esmalte se denomina amelogénesis y se caracteriza por la producción de una matriz orgánica y la deposición de sales minerales dentro de ella.³

El estudio del desarrollo de los tejidos del diente es un tema obligado para los profesionales de la estomatología, sin embargo no existe una revisión actualizada del tema por lo que se realizó una nueva revisión bibliográfica con el objetivo de describir los principales sucesos que ocurren durante la formación del esmalte dentario y la relación funcional entre algunas proteínas del esmalte y su proceso de formación.

DESARROLLO

Para comprender el proceso de formación del esmalte dentario es preciso tener en cuenta algunas consideraciones generales sobre la organogénesis dentaria. Clásicamente se describe este fenómeno según un esquema de cuatro etapas sucesivas que comienza con la diferenciación de las yemas epiteliales que se forman por la profundización y proliferación del epitelio de la lámina dental en el mesénquima subyacente y en el lugar que ocuparán los futuros órganos dentales. Luego pasa por la constitución de los órganos en casquete y campana, concluye con la morfogénesis de los folículos en el seno de los cuales se elaboran los tejidos dentarios.³⁻⁵

Varios autores coinciden en la descripción de los fenómenos que ocurren en cada etapa de la formación del diente. Se consideraron que los eventos más relevantes de cada etapa fueron los siguientes:

Se reconoce como lámina dental o listón dentario a la primera estructura que se diferencia durante el desarrollo de los dientes y aparece durante la 6^{ta} semana de vida intrauterina. El listón está formado por células epiteliales altas en la superficie y poliédricas en la zona central.^{6,7}

Etapa de yema: es una etapa fugaz que se aprecia en la zona de la lámina dental correspondiente a cada diente, un abultamiento en forma de disco que constituirá las yemas epiteliales. El mesénquima subyacente en contacto con la yema presenta una condensación esférica de células mesenquimatosas que evolucionará para constituir la papila dental.⁵

Etapa de casquete: quedan diferenciadas estructuras como el órgano dental epitelial, la papila dental y el saco dental, responsables de la formación de todos los tejidos del diente y del tejido periodontal. Comienza la histodiferenciación del órgano dental. En su parte cóncava se forma el epitelio adamantino interno en el cual las células cuboideas se transforman en cilíndricas y en la porción convexa del casquete, se forma el epitelio adamantino externo en el cual las células cuboideas no cambian su forma además y el retículo estrellado a consecuencia de la segregación de glicosaminoglicanos por la células poliédricas centrales del órgano dental.^{3,5}

Etapa de campana: en esta etapa se establecen los patrones coronarios de cúspides bordes y fisuras. Se desarrolla el estrato intermedio entre el retículo estrellado y el epitelio adamantino interno el cual es esencial en la formación del esmalte al producirse los materiales que pasan a los ameloblastos y a la matriz del esmalte durante la amelogénesis. El retículo estrellado se expande por aumento de la sustancia intercelular. Al final de esta etapa el epitelio adamantino externo se dispone en pliegues en los que penetran proyecciones del saco dental que proporcionan vasos capilares al órgano del esmalte durante la amelogénesis. Se produce la diferenciación de los ameloblastos y de los odontoblastos. Por la influencia organizadora de las células del epitelio adamantino interno, las células de la papila dentaria se diferencian en odontoblastos, mientras que las células cilíndricas de este epitelio, originarán a los ameloblastos. La papila dental en su evolución posterior formará la dentina y la pulpa. El saco dental adopta forma circular y formará al cemento, al ligamento periodontal y al hueso alveolar propio. En el último estadio se pierde la continuación del órgano dental donde la lámina y el saco dental rodeará completamente al germen dentario. Cuando la diferenciación de los tejidos del germen alcanza su nivel máximo se inicia la formación de los tejidos mineralizados.

Esta nueva etapa se reconoce por numerosos autores como etapa de folículo dentario, aunque otros solo la consideran como una etapa avanzada de la campana.^{3,5}

El proceso de formación del esmalte dentario es conocido como amelogénesis, en éste intervienen los ameloblastos y las células del estrato intermedio que elaboran una matriz orgánica diferente a la de los demás tejidos calcificados del diente constituida por una proteína fibrosa semejante estructuralmente a la queratina. Este proceso se desarrolla en un área avascular adyacente en la cual se encuentran vasos sanguíneos.^{7,8}

En la literatura revisada son numerosos los autores que coinciden con los acontecimientos que suceden durante la amelogénesis y que es necesario enfatizar en ellos.^{6,7,9}

Partiendo de que la formación de los tejidos mineralizados se inicia en la zona de las cúspides y bordes incisales y que es la dentina el primer tejido dentario que se forma, se describen estos acontecimientos teniendo en cuenta aquellos donde más coincidencia se encontró durante la revisión realizada.⁹

En la etapa de folículo dentario el epitelio adamantino interno muestra una intensa actividad citogenética en esta etapa y está separado de la papila dental por la lámina basal, cuyo límite será la futura unión amelodentinal.

Las células del epitelio externo del órgano dental, se vuelven irregulares y en su lado convexo aparecen pliegues en el interior de los cuales penetran capilares del saco dental, que asegurarán el aporte nutricional al órgano dentario en las etapas sucesivas al detenerse el aporte de la papila dental cuando se forman las primeras capas de dentina.

Previa a la diferenciación completa de los ameloblastos, estas células en interacción con las adyacentes de la papila determinan la forma del límite amelodentinario y de la corona del diente a la vez ocasionan la diferenciación de las células de la papila en odontoblastos y ocurre la formación de las primeras capas de dentina.¹⁰

Consecutivamente los capilares del saco dentario proliferan y el retículo estrellado reduce su tamaño, lo que acorta la distancia entre los vasos y el epitelio interno del órgano dental.

Luego de formadas las primeras capas de dentina se inicia la secreción de la matriz del esmalte. En el polo secretorio de los ameloblastos se concentran numerosas vesículas cuyo contenido se segrega y forma la matriz orgánica del esmalte. La primera matriz que se deposita forma una capa delgada en contacto con la dentina y recibe el nombre de membrana dentinoesmáltica.¹¹

Luego de la formación de la membrana dentiniesmáltica, la matriz se deposita delineando una proyección del ameloblasto conocida como proceso de Tomes, a través del cual se continúa la secreción del esmalte.¹²

A medida que se forma la matriz, los ameloblastos se desplazan hacia afuera en dirección al epitelio externo, hasta formar el total del esmalte dentario.¹³

Coincidentemente con la deposición de la matriz aparecen dentro de ella los cristales de hidroxiapatita que al parecer son segregados por las vesículas del polo secreto del ameloblasto, ello explica que no se pueda apreciar una zona de matriz sin calcificar como ocurre en los otros tejidos mineralizados del diente.^{14,15}

Es habitual la calcificación de la matriz del esmalte para su mejor comprensión se divide en tres etapas, la impregnación por estratos que es casi simultánea con la formación de la matriz y determina la impregnación de esta con 25 ó 30 % de la masa total de sales que debe contener el esmalte. Este proceso marcha con cierto retraso con respecto a la formación de la matriz de manera que siempre queda una fina capa más profunda, vecina a límite amelodentario que son las más antiguas y más calcificadas con respecto a las más superficiales que no han recibido sales o recién comienza a recibirlas, o sea, esta primera fracción de las sales de calcio se deposita en estratos siguiendo la misma dirección en que se ha depositado la matriz. La impregnación en masa donde le llega

el 60 ó 70 % de su masa total de sales con lo que se completa el 93 ó 95 % de sustancia inorgánica que posee el esmalte maduro. En esta etapa las sales no se depositan en capas, sino en forma masiva y se distribuyen homogéneamente por toda la matriz orgánica, las sales se mantienen en estado coloidal, esta impregnación comienza por las cúspides y progresa hacia el cuello en planos aproximadamente perpendiculares a las líneas de Retzius. La última etapa es la cristalización durante todo este período las sales de calcio se movilizan al estado de solución o de compuestos orgánicos coloides. Recién cuando se ha completado la afluencia de sales de sales inorgánicas se produce su cristalización, se inicia en la superficie de las cúspides o bordes incisales y progresa hacia la zona cervical.^{5,16,17}

Se analizó también la importancia del comportamiento de las sustancias orgánicas y del agua en la calcificación. Para la impregnación de las sales de calcio en la sustancia orgánica es necesario una gran proporción de agua, la cristalización requiere que gran parte de esa sustancia orgánica y agua sean nuevamente eliminadas. Se considera que la consistencia cartilaginosa del esmalte inmaduro está dada por la matriz orgánica que en este período es insoluble a los ácidos y radiotraslúcida. Después de la cristalización el esmalte pierde agua, se vuelve duro y se hace soluble a los ácidos.^{6, 15}

Papel de las proteínas en el desarrollo del esmalte

Durante al menos tres décadas las proteínas se conocen por estar presentes sin desarrollar el esmalte dental. Las proteínas de la matriz del esmalte como la asmelogenin, la ameloblastin y el enamelin son divididas rápidamente por proteinasas después de ser secretadas y sus productos de división son acumulados en la profundidad de las capas de esmalte maduro, mientras las proteínas sin dividirse son observadas solamente en la superficie. Estos resultados sugieren que las proteinasas son necesarias para activar las proteínas del esmalte, así las proteínas precursoras y sus productos de división pueden desempeñar diferentes funciones.¹⁸

Aunque la función de la enamelin es desconocida participa en la nucleación y extensión del cristal del esmalte y en la regulación del medio del cristal.¹⁹

Amelopenin es una proteína específica del esmalte en desarrollo rica en restos de prolina, leucina, histamina y glutamina, es sintetizada por los ameloblastos. Esta proteína comprime la masa de la matriz extracelular que vuelve mineralizada con una fase de hidroxapatita para formar el esmalte maduro.

Aunque la función de esta proteína en la biomineralización del esmalte es desconocida, recientes observaciones in vivo conducen a que puede ayudar al desarrollo organizado de los cristales del esmalte.^{20, 21}

Al usar pruebas inmunohistoquímicas, pruebas ELISA, se prueba que la colágena tipo x está presente en los gérmenes dentales durante la maduración del esmalte. Intensa actividad inmunohistoquímica para colágena tipo X fue observada en el esmalte y las partes apicales de los ameloblastos secretores en el estado de campana, cuando la dentina y la matriz del esmalte están todavía sin formarse. Estos resultados sugieren que la colágena tipo X es una de las moléculas candidatas presentes en la matriz del esmalte que pueden estar involucradas en la mineralización de este tejido.^{22,23}

Entre las numerosas funciones de los ameloblastos secretores se encuentra la síntesis y resorción de las proteínas de la matriz del esmalte y del transporte de calcio durante la formación del tejido. Las proteínas amelogenin y enamelin están localizadas en la senda biosintética y en el esmalte en formación.²²

El transporte activo de calcio a través de los ameloblastos hacia el esmalte en crecimiento es demostrado. Una proteína moduladora dependiente que es la calmodulina está localizada en los ameloblastos, sugiere que la mineralización temprana del esmalte depende de la regulación de la calmodulina de la actividad Ca-ATPasa.

CONCLUSIONES

1. Para la comprensión del desarrollo del germen dentario se describieron diferentes etapas, de yema, casquete, campana y

folículo, que se designaron de acuerdo a la forma que presentó la parte epitelial del germen en cada una de ellas.

2. Los gérmenes dentarios se diferenciaron en tres partes, en las cuales se desarrollaron los tejidos dentarios. Estas son, el órgano dental del que se forma el esmalte, la papila dental de la que se forma la dentina y la pulpa y el saco dental del que se origina el cemento.
3. En el proceso de la amelogénesis intervinieron dos tipos de células, los ameloblastos y las células del estrato intermedio.
4. Durante la amelogénesis, las diferentes capas del órgano dental así como las células encargadas de formar el esmalte, sufrieron una serie de modificaciones que garantizaron el aporte vascular al órgano, la deposición de la sustancia orgánica y su inmediata mineralización.
5. La calcificación o mineralización del esmalte ocurre en tres etapas: impregnación por estratos, impregnación por masa y la cristalización.
6. Las proteínas del esmalte, amelogenin, enamelin y ameloblastin, están involucradas en la formación del esmalte y la colágena tipo X en la mineralización de este tejido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tabata S. Fluid flow in the dental pulp hypothesized by a morphologica study. Dent 1998; 34: 3-7.
2. Trowbridge H. Review of dental pain histology and physiology. J Endod 1985; 12: 445- 52.
3. Osborn JM, Tencate AR. Dentine sensivity. En: Advances dental histology. 4ed. Bristol: Editorial Wright PSG; 2003.p. 109-17.
4. Bartlett JD, Simmes JP. Proteinases in developing dental enamel. Crit Rev Gral Biol Med 2001; 10(4): 25-41.
5. Ham CC, Hart TC, Dupont BR, Chen JJ, Sun X, Quian Q. Moning human enamelin DND, chomosamal localization and analysis of expression during tooch development. J Dent Ress 2000; 73 (4): 912-9.

6. Finchom AG, Simmer JP. Amelogenin, proteins of developing dental enamel. *Ciba Found Symp* 2000; 205: 118-30.
7. Jalszeghyss HK, Modis L, Hami HM. Type X collagen in human enamel developemt: apossible role in mineralization. *Acta Odontol Seand* 2000; 58 (4): 171-6.
8. Oguita Y, Iwai-LY, Higashi Y. A histological study of the organie elements in the humal enamel focusing on the extent of the odont blast process. *Okajimas Folia Awat Isn* 2003; 74(6):34.
9. Dhamija S, Krebsbach PH. Role of cbf1 in ameloblastin gene transcription. *J Biol Chem* 2001; 276(37):1.
10. Bartlett JD, Simmes JP. Proteinases in developing dental enamel. *Crit Rev Gral Biol Med* 1999; 10 (10): 25 –41.
11. Cabrera DM. Histoembriología bucodentaria. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 1990. p. 67.
12. Erausquin J. Histología embriología dentaria. La Habana: Instituto Cubano del Libro; 1971.p.227-30.
13. Finchom AG, Simmer JP. Amelogenin, proteins of developing dental enamel. *Ciba Found Symmp* 1997; 205:11-30.
14. Kremer BA, Loss BG, Velden O, Winkelhoff AJ, Crandijk J, Bulthuis HM, et al. Pecto estreptococcus micros smooth rough genotypes in perodontis and gingivitis. *J Periodontal* 2000; 71(2):209-18.
15. Jalszeghys HK, Modis L. Hami HM. Tipe x collagen in human enamel developmet: apossible role in mineralization. *Acta Odontol Seand* 2000; 58 (4):171-6.
16. Orban. Histología embriología bucal. La Habana: Instituto Cubano del Libro, 1973.p.39-57.
17. Rodríguez CA, Valiente ZC. Aspectos fundamentales de la Forense. *Rev Cub Estomatol* 1990; 27(1): 7-13.
18. Sasak TM, Yanayisawa T. Structure and funtion of secretory ameloblacts in enamel formation. *Ciba found Symp* 1997; 205 :32-46.
19. Steele P. Review of dental hygiene, Pyladelphia: Lea Febiger; 1996.p.10-20.
20. Rodríguez Calzadilla A, Valiente ZC. Aspectos fundamentales de la Estomatología Forense. *Rev Cub Estomatol* 1990; 27(1):7-13.
21. Andrade M. Ensinando a pessar. *Abo Nac* 2002; 6(2): 70-3.
22. Arraigada E. Embriología e histoembriología bucodentaria. [en línea] [fecha de acceso 15 de mayo de 2004]. URL disponible en:

<http://www.idap.com.mx/apuntes/Embriología/Odontogénesis%2810%29.doc>

23. Anthony L. Neely the natural history of periodontal disease in man. Risk factors for progression of attachment loss in individuals receiving no oral care drugs. J Periodontal 2001; 72(8):1006-15.

Recibido: 20 de junio de 2005.

Aceptado: 6 de febrero de 2006.

Msc. Lizette Albertí Vázquez. Msc. en Investigación Educativa. Especialista de I Grado en Anatomía Humana. Profesor Asistente. Instituto Superior de Ciencias Médicas "Carlos J. Finlay". Camagüey