

ESTUDIOS SOBRE LA MICROESTRUCTURA DEL ESMALTE EN DIENTES DECIDUOS

RESUMEN

Hay escasos estudios de la microestructura del esmalte de dientes temporarios y no refieren a la funcionalidad. El esmalte dental de la dentición primaria presenta la misma unidad estructural que los permanentes: el prisma del esmalte, con diferencias en su orientación. Los objetivos del trabajo fueron: identificar los tipos de esmalte en dientes anteriores y posteriores temporarios humanos y realizar un microanálisis elemental, mediante microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM), determinar la inclinación y microdureza de las bandas de Hunter Schreger y la microdureza del esmalte interno y externo. Las muestras fueron preparadas con una técnica para el estudio del esmalte de mamíferos, observadas en un ESEM con un detector EDS (Energy Dispersive Spectrometer). Se identificó esmalte aprismático y prismático y los tipos radial, irregular y con bandas. Se registraron los mayores valores de microdureza en las bandas oscuras y el esmalte externo. El esmalte aprismático presentó menor porcentaje de iones Ca y casi el doble de Cl que el prismático. El ángulo de las bandas fue menor en la zona incisal que en la media. El estudio de la microestructura del esmalte en relación con la dirección de los prismas y la disposición de las bandas en dientes deciduos, tiene implicancia en la comprensión de los fenómenos de abrasión, desgaste y fracturas a los que está expuesto el diente, pero además en lo concerniente al comportamiento clínico y patológico de este tejido.

ABSTRACT

Studies on enamel microstructure of deciduous teeth are scarce and do not refer to functionality. Tooth enamel in primary dentition and in permanent teeth presents the same structural unit: enamel prism with different orientation. The objectives of this work were: to identify enamel types in deciduous anterior and posterior human teeth and to perform an elementary microanalysis using an environmental scanning electron microscope (ESEM), to establish the slope and microhardness of Hunter Schreger bands and the microhardness of inner and outer enamel in anterior teeth. The samples were prepared with a technique for studying mammalian enamel and were observed under ESEM with an EDS (Energy Dispersive Spectrometer) detector. Aprismatic and prismatic enamel types were identified, as well as the radial, irregular and HSB prismatic types. The highest values of microhardness were recorded in dark bands and outer enamel. The aprismatic enamel presented a lower percentage of Ca ions and nearly as much as twice the percentage of Cl ions compared to the prismatic enamel. The angle of bands was smaller in the incisive than in the medial zone. The study of enamel microstructure in relation to both prism direction and the arrangement of bands in deciduous teeth has implications not only for understanding the phenomena of abrasion, wear and fractures to which the tooth is exposed, but also for what concerns the clinical and pathological behaviour of this tissue.

Autores

*Durso, G.
Tanevitch, A.
Batista, S.
Abal, A.
Llompарт, G.
Llompарт, J.
Martinez, C.
Licata, L.
Perez, P*

Facultad de Odontología. UNLP.

Calle 51 1 y 115 La Plata. (1900).
Pcia. de Buenos Aires. Argentina
gracieladurso@gmail.com

PALABRAS CLAVES:

*Esmalte
Deciduos
Microestructura
Microdureza
Biomecánica*

KEY WORDS:

*Enamel
Deciduous
Microstructure
Microhardness
Biomechanical*

INTRODUCCIÓN

El esmalte dental está constituido por un empaquetamiento de prismas dispuestos en hileras circunferenciales alrededor del eje axial de la corona dental. Un prisma no sigue un trayecto rectilíneo a través del espesor del esmalte, sino que adopta un trayecto sinusoidal describiendo curvas (4 ó 5) antes de seguir una recta en el tejido periférico del esmalte¹. El diámetro de los prismas varía entre 4 y 10 micrones, es menor en su punto de origen y aumenta gradualmente a medida que se acerca a la superficie libre². El esmalte dental de la dentición primaria presenta la misma unidad estructural que los permanentes: el prisma o varilla del esmalte. No obstante, presenta algunas particularidades que lo diferencian de estos en lo que respecta a su orientación. De acuerdo con algunos autores^{3,4} los prismas están orientados en ángulo recto con la superficie de la dentina. En la zona cervical y central de la corona son casi horizontales y cambian de dirección hacia el borde incisal o cúspide, siendo más oblicuos hasta casi verticales. Actualmente, estudios realizados en dientes primarios, demuestran que los prismas forman ángulos obtusos hacia oclusal de 120° en la zona cervical, 90° en las cúspides y 67° en fosas. Como fue mencionado, los prismas no tienen un curso recto, sino que se desvían de la siguiente manera: si dividimos la parte media de la corona en discos horizontales, los prismas de discos adyacentes se curvan en dirección opuesta. La disposición de los prismas en cúspides y bordes incisales es más compleja pues los haces parecen entrelazarse de manera más irregular. Ten Cate (1989) sostiene que la dirección de los prismas (varillas) tiene importancia clínica porque el esmalte se fractura entre hileras adyacentes. El cambio regular de la dirección de los prismas reduce el riesgo de segmentación axial y ocasiona la presencia de las bandas de Hunter Schreger. Éstas se observan como zonas claras y oscuras alternadas bajo el microscopio óptico, cuando cortes longitudinales de dientes son observados con luz oblicua reflejada^{1,2,5,6}. Se originan en el límite amelodentinario y no ocupan todo el espesor del esmalte. Estudios al microscopio electrónico demostraron que cuando los prismas son seccionados transversalmente dan origen a las parazonas (bandas claras) y secciones longitudinales dan lugar a las diazonas (bandas oscuras)².

Estudiamos la microestructura del esmalte según un sistema jerárquico de niveles de complejidad creciente de Koenigswald y Sander⁷: cristalitas, prismas, tipos de esmalte, patrones y denticiones. En el nivel prismas, encontramos en estudios previos que la variabilidad de la morfología de los prismas en sección transversal (redonda, ovoide y en ojo de cerradura) depende del plano en que son seccionados los mismos; el ojo de cerradura citado en la literatura odontológica, se observa cuando la sección no es perfectamente transversal. En el nivel prismas, los cristalitas pueden o no configurar prismas, constituyendo el esmalte prismático y aprismático respectivamente. El esmalte prismático constituye el mayor volumen del esmalte en dientes permanentes y temporarios. El aprismático se

encuentra próximo al límite amelodentinario y en la superficie externa en los dientes temporarios y ocasionalmente en permanentes; es más resistente que el prismático al grabado ácido que requieren los materiales odontológicos.

Los prismas durante su trayecto determinan tipos de esmalte: radial, con bandas de Hunter Schreger e irregular, cuyos límites están dados por el cambio de dirección de los mismos.

En la clasificación mencionada las bandas son consideradas como un modo específico de decusación de prismas que define un tipo de esmalte en dicha escala: el esmalte con bandas de Hunter-Schreger⁶. Esta clasificación jerárquica, permite incorporar el concepto de tipos de esmalte no como meras formas estructurales sino como diseños capaces de cumplir con funciones específicas⁶. Las Bandas de Hunter Schreger estudiadas al microscopio electrónico de barrido, presentan una orientación variable según la zona del diente: son más horizontales en la zona media y con una inclinación ascendente hacia la cúspide. El presente trabajo surge porque hay escasos estudios de la microestructura del esmalte de dientes temporarios y no refieren a la funcionalidad.

OBJETIVOS

1) Identificar los tipos de esmalte en dientes anteriores y posteriores temporarios humanos mediante microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM) y establecer relaciones funcionales.

2) Identificar esmalte prismático y aprismático en dientes deciduos mediante microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM) y analizar en los mismos los elementos químicos presentes.

3) Determinar la inclinación y microdureza de las bandas de Hunter Schreger en el esmalte de dientes temporarios anteriores.

4) Determinar la microdureza del esmalte interno y externo en dientes temporarios anteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 12 dientes temporarios anteriores y 12 posteriores exfoliados con esmalte sano. Dado el tamaño pequeño de los dientes deciduos, estos fueron incluidos íntegros en resina acrílica en sentido vestíbulo palatino a los fines de obtener un bloque que facilite los pasos siguientes de la técnica. Se realizaron desgastes en sentido vestíbulo lingual hasta encontrar dentina y cámara pulpar. Las muestras se pulieron con lijas al agua de granulación decreciente 200, 600 y 1200 y 2.200 μ sucesivamente y para el pulido final con una mezcla de polvo de óxido de aluminio de 5 μ y agua sobre una lozeta de vidrio.

Se lavaron con agua a presión y ultrasonido durante 10 minutos para arrastrar los restos del material de pulido. A los fines de destacar las estructuras se grabaron con ácido clorhí-

drico al 10% durante 2" a 3"; la acción del ácido se interrumpió lavando las muestras con un chorro de agua corriente. Posteriormente se lavaron nuevamente con ultrasonido, se dejaron secar y se fotografiaron con lupa estereoscópica.

Las muestras se observaron sin metalizar en un microscopio electrónico de barrido ambiental, (ESEM) FEI Quanta 200, en las zonas interna y externa de las cúspides y en caras libres (vestibular y palatino) en las zonas incisal, media y cervical. Se identificaron esmalte primático y aprismático y los tipos de esmalte prismático presentes. Se determinaron campos de esmalte prismático y aprismático, en los que se realizó el microanálisis elemental mediante el detector EDS (energy dispersive Spectrometer) que posee el microscopio electrónico de barrido. Se realizaron mediciones del espesor del esmalte con software adaptado al microscopio electrónico. Con las imágenes se obtuvieron calcos de la inclinación de las bandas en las zonas media e incisal de los dientes anteriores. Se midió el ángulo formado por la dirección de la banda y una tangente al límite con dentina, abierto hacia oclusal.

Las muestras observadas al microscopio electrónico de barrido fueron utilizadas para determinación de microdureza. La microdureza de las bandas se determinó con microdurómetro Shimadú, penetradores Vickers y cargas de 25 gramos durante 5", disponibles en el Laboratorio Metalográfico del LEMIT (Laboratorio de Ensayo de Materiales y Tecnologías).

Se realizaron mediciones de microdureza Vickers en el esmalte externo e interno de las caras vestibular y palatino en los tercios cervical, medio e incisal. Para el ensayo de microdureza se utilizaron cargas de 10 gramos aplicadas durante 10" con los equipos del LIMF (laboratorio de Investigaciones de Metalurgia Física-Facultad de Ingeniería-UNLP)

RESULTADOS

Dientes Posteriores

En el nivel prismas se identificó una capa de esmalte aprismático externo, con los cristales paralelos entre sí y perpendiculares al límite externo de espesor entre 12-40 μ . Fig. 1.

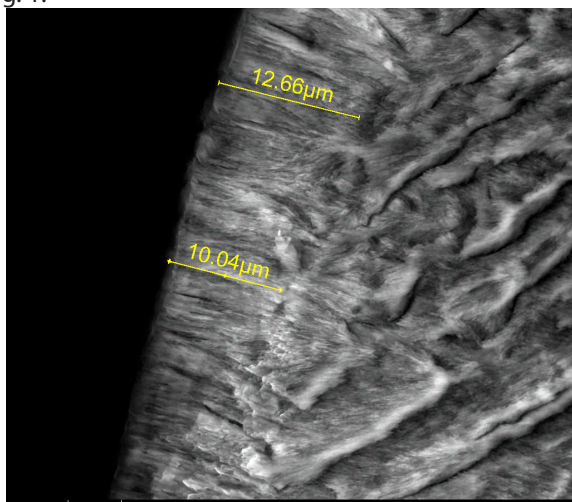


Fig.1 Esmalte prismático y aprismático. ESEM x6000

En las cúspides se observó esmalte con bandas en forma de arcos que desde el límite con la dentina se dirigen hacia el vértice de las mismas. Fig. 2.

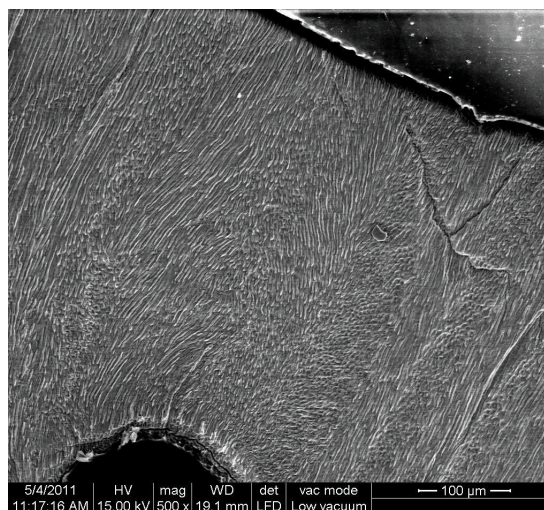


Fig. 2 Cúspide de molar, esmalte con bandas. ESEM x500

El esmalte externo es radial, aunque es frecuente que este se pierda por el desgaste y se expongan las bandas. En las vertientes internas de las cúspides las bandas ocupan poco espesor en relación al esmalte radial a diferencia de las externas donde ocupan 2/3 del espesor del esmalte; el restante es esmalte radial con los prismas que transcurren oblicuos a la superficie externa del esmalte. Fig.3 y 4.

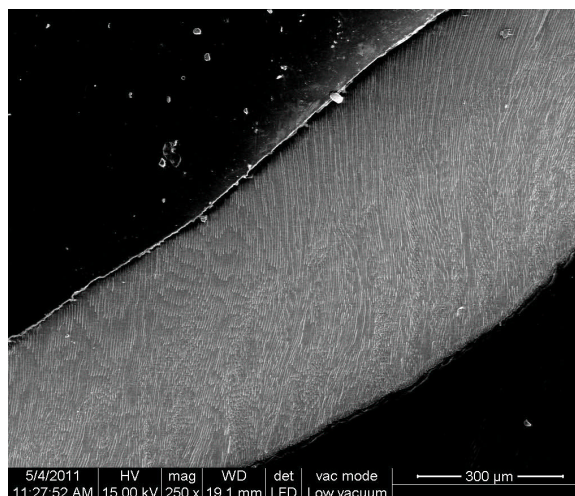


Fig.3 Vertiente interna de la cúspide de molar ESEM x250

En las fosas el esmalte profundo es irregular y con bandas hacia la superficie. A diferencia de los permanentes, en las cúspides no se encontró esmalte irregular con un intrincado entrecruzamiento de prismas, compatible al esmalte "nudoso" de la microscopía óptica. En las caras libres las bandas eran frecuentes en el tercio medio perdiéndose hacia cervical donde el único tipo de esmalte observado fue el radial. En el tercio medio las bandas presentan forma de arcos que parten de la conexión con la dentina ocupando los dos tercios internos del espesor del esmalte.

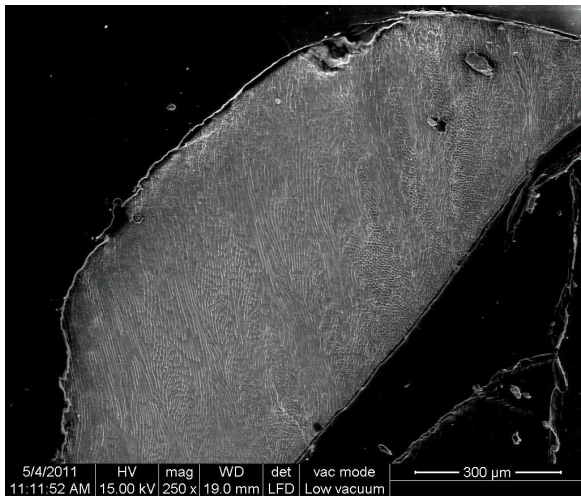


Fig.4 Vertiente externa de la cúspide de molar ESEM x250

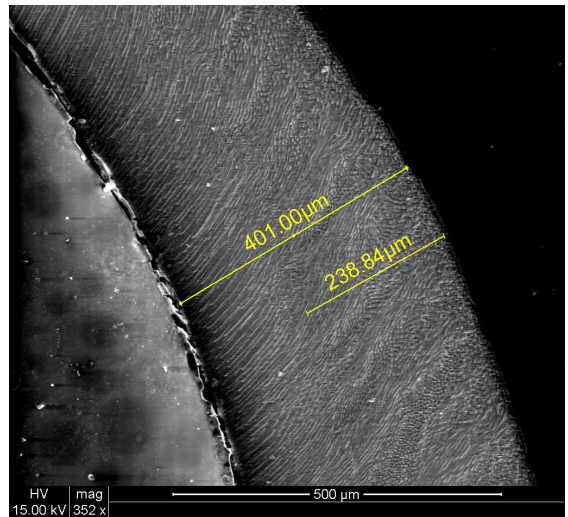


Fig.6 Tercio medio palatino de canino. Esmalte radial externo y con bandas interno ESEM x352.

El tercio externo del esmalte corresponde a esmalte radial, con los prismas paralelos entre sí. Las bandas claras al MEB correspondían a prismas en sección transversal y las oscuras a secciones longitudinales de los mismos.

Dientes Anteriores

En la zona incisal de las caras vestibular y palatina se encontró esmalte con bandas en los dos tercios internos del esmalte y radial en el externo. Fig. 5.

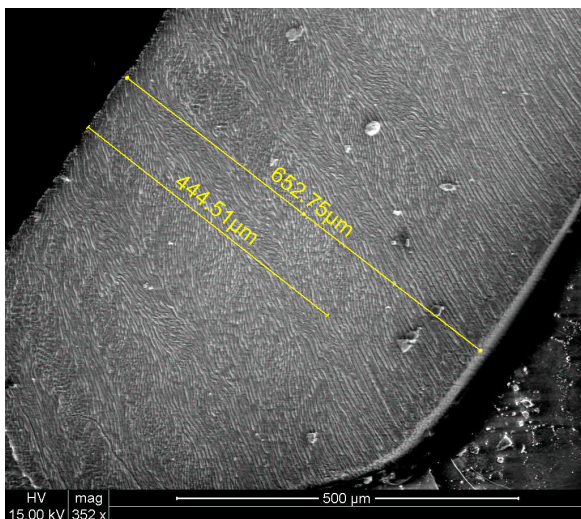
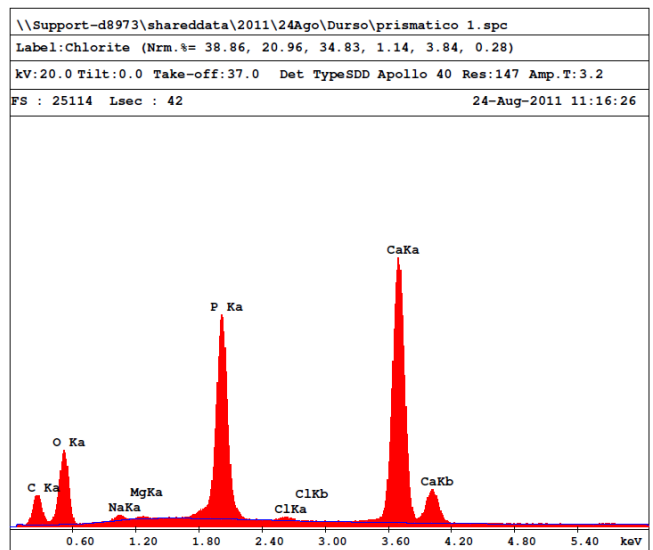


Fig.5 Zona incisal de canino. Esmalte con bandas interno y radial externo ESEM x352

En el tercio medio el esmalte interno presentaba bandas que ocupaban en vestibular menos de la mitad del espesor del esmalte y en palatino aproximadamente dos tercios del mismo; el esmalte externo era de tipo radial Fig.6. En cervical de ambas caras libres el único tipo de esmalte era radial y se identificó frecuentemente esmalte aprismático externo de 12-40 µ de espesor. El esmalte radial mostraba en todas las zonas los prismas ascendentes hacia incisal, menos en el tercio incisal de vestibular donde eran perpendiculares a la superficie externa del esmalte.

En el grupo de dientes anteriores no se encontró el esmalte irregular o “nudoso” de la microscopia óptica.

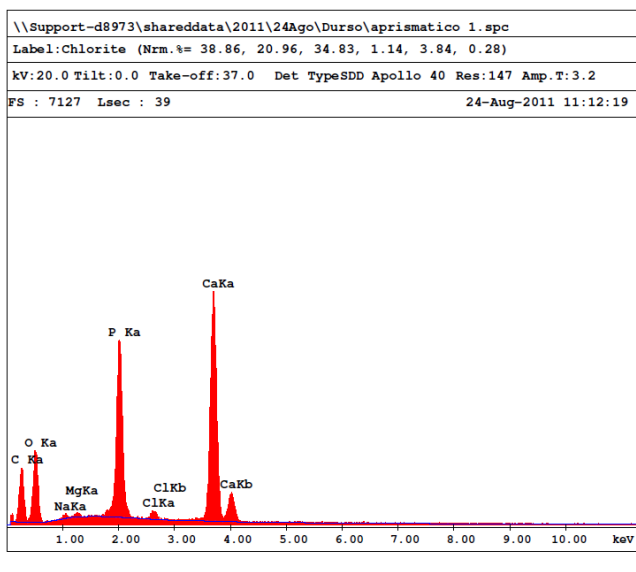
El microanálisis de elementos químicos mostró los siguientes resultados en el esmalte prismático Wt %: C 15.31, O 32.23, Na 0.73, Mg 0.24, P 16.95, Cl 0.35, Ca 34,18 y en el aprismático Wt %: C 24.07, O 30.96, Na 0.62, Mg 0.38, P 14.53, Cl 0,77; Ca 28. 96. Fig.7 y 8.



**EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default**

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	15.31	26.89	0.0327	1.0505	0.2033	1.0006
O K	32.23	42.49	0.0468	1.0328	0.1405	1.0001
NaK	0.73	0.67	0.0025	0.9665	0.3567	1.0019
MgK	0.24	0.21	0.0012	0.9908	0.5026	1.0039
P K	16.95	11.54	0.1412	0.9546	0.8644	1.0095
ClK	0.35	0.21	0.0029	0.9335	0.8600	1.0243
CaK	34.18	17.99	0.3180	0.9616	0.9674	1.0000
Total	100.00	100.00				

Fig.7 Análisis EDS de esmalte prismático



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	24.07	38.70	0.0556	1.0436	0.2212	1.0005
O K	30.69	37.05	0.0455	1.0261	0.1446	1.0001
NaK	0.62	0.52	0.0022	0.9603	0.3712	1.0017
MgK	0.38	0.30	0.0019	0.9844	0.5209	1.0035
P K	14.53	9.06	0.1217	0.9476	0.8764	1.0088
ClK	0.77	0.42	0.0064	0.9264	0.8802	1.0221
CaK	28.96	13.96	0.2697	0.9548	0.9753	1.0000
Total	100.00	100.00				

Fig.8 Análisis EDS de esmalte aprismático

Se encontró que las bandas presentaban una inclinación hacia oclusal en la zona media que se acentuaba hacia el borde incisal. El ángulo promedio en la zona media fue de 66,67° DE 13,95° (n=9) y en la zona incisal fue de 54,72° DE 5,81° (n=11) Fig 9. La diferencia fue de 11,93°, t=2,4 p=0,037. La diferencia fue estadísticamente significativa. Las bandas formaron ángulos más agudos hacia la cúspide. Esto determina que las bandas forman ángulos más abiertos en la zona media y se inclinan a medida que se acercan al borde incisal.

Las mediciones de la microdureza (media aritmética) fueron: bandas claras Hv25= 227,5 V_k y bandas oscuras Hv25=174,5V_k.

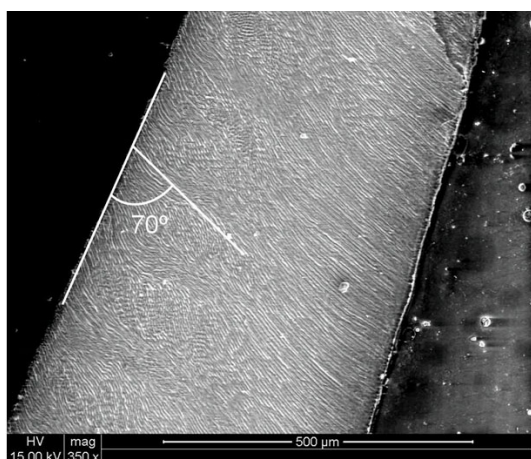


Fig.9 Perfilograma del ángulo de la banda en el tercio medio de un canino.

	MUESTRA 1 INTERNO	MUESTRA 2 EXTERNO
MEDIA ARIT.	251,158	351,475
DESV. EST.	27,257	63,846
N	12	12

	GRUPO 1 INCISAL	GRUPO 2 MEDIO	GRUPO 3 CERVICAL
N	8	8	8
MEDIA ARIT.	303,825	326,338	273,788
DESV. EST.	66,493	90,090	45,524

En dientes anteriores se realizaron 24 mediciones de microdureza en el esmalte interno y externo en las zonas incisal, media y cervical. Los resultados estadísticos indicaron mayor microdureza en el esmalte externo comparado con el interno; el análisis se realizó con $p < 0,05$ siendo la diferencia estadísticamente significativa con $p < 0,000$. Tabla I. El análisis estadístico entre zonas indicó que la diferencia entre las zonas cervical, media e incisal no es significativa $p < 3,47$. Tabla II

DISCUSIONES

Numerosas investigaciones se han centrado en diferentes aspectos de la microestructura del esmalte, arribando a conclusiones no siempre concordantes entre sí. Mediante la microscopia electrónica de barrido y la preparación del material con una técnica utilizada en esmalte de mamíferos modificada, hemos logrado resultados confiables. La presencia de más de un tipo de esmalte responde a la función y su combinación en áreas determinadas de los grupos dentarios posibilita definir patrones y relacionar estrechamente la morfología con la función biomecánica que cumplen las estructuras. El esmalte dental es un tejido muy duro pero frágil. Este problema ha tenido dos soluciones, una el reemplazo continuo de la dentición y otra la especialización de la microestructura del esmalte. La especialización dada por el entrecruzamiento de prismas, como ocurre en el esmalte con Bandas de Hunter Schreger (HSB), es un mecanismo eficaz para aumentar la resistencia a la fractura en los mamíferos que emplean fuerzas oclusales altas durante la masticación. El esmalte radial, con los prismas paralelos entre sí, es más resistente al desgaste mientras que el esmalte con bandas y el irregular, con decusación de prismas, son resistentes a la fractura^{8,9}. La no presencia de esmalte irregular con intrincado entrecruzamiento de prismas, compatible al esmalte "nudoso" de la microscopia óptica, que es frecuente en la parte profunda de las cúspides de los permanentes, puede explicarse por las menores presiones masticatorias a que son sometidos los dientes deciduos. Otros investigadores en estudios con microscopia electrónica de barrido y luz polarizada categorizaron el esmalte aprismático en "falso", "moderado", "esencial" y "complejo" según como alcanzaban la forma de prismas inequívocos¹⁰. Encontramos solo el patrón de bandas para el esmalte aprismático, pero no otros patrones de distribución como formas aisladas seme-

jantes a escalones o islas observados con luz transmitida con interferencia de contraste diferencial por otros investigadores¹¹. En coincidencia con Kodata T (1989) la frecuencia del esmalte aprismático era mayor en la región cervical, disminuyendo hacia incisal. Es importante destacar que las muestras estudiadas por nosotros son piezas exfoliadas con desgastes incisales importantes, que en algunas muestras dejan el esmalte con bandas en la superficie. Existen algunas posibles causas para explicar las curvaturas de las bandas, según estudios de Osborn¹: en el esmalte incisal existe una discrepancia entre la superficie de la dentina y la externa del esmalte que los prismas compensan aumentando la frecuencia de sus oscilaciones, su diámetro hacia la superficie externa y su inclinación oclusal. El espesor del esmalte es mayor a nivel del borde incisal y cúspides y decrece hacia la región cervical tanto en dientes permanentes como en temporarios, sólo que en éstos el espesor se reduce a la mitad. En los dientes primarios, el tamaño reducido de la corona, el espesor delgado de esmalte (1,5mm en cúspides) y la dirección oclusal de los prismas en las zonas laterales, contribuyen a la disminución del ángulo que forman las bandas en su nacimiento. Asimismo, las estrías de Retzius de los temporarios son más oblicuas que en permanentes por lo que el ángulo formado con el límite amelodentinario es menor. Con respecto a la microdureza de las bandas, los valores están por debajo de la microdureza promedio, aunque coincidimos con otros autores que la dureza de la dentina como del esmalte dental depende de la zona del diente¹². Las zonas del esmalte estudiadas, tercio incisal, medio y cervical de las caras libres, presentaron los mayores valores de microdureza en el esmalte externo. Esto demuestra que, en esta ubicación el esmalte está preparado para resistir el desgaste o abrasión, coincidiendo con la presencia del esmalte radial.

CONCLUSIONES

El esmalte con bandas se ubica en la porción interna del esmalte y el radial en la externa. Los tipos de esmalte responden a la función, el radial resiste la abrasión, y el de bandas evita la propagación de fracturas; su combinación posibilita definir patrones y relacionarlos con las áreas funcionales de las piezas dentarias. Los valores altos de microdureza relacionados con el esmalte radial expresan la resistencia superficial del esmalte a ser rayado o abrasionado. El esmalte con bandas en cambio, presenta menores valores debido al entrecruzamiento de sus prismas y la mayor cantidad de sustancia orgánica. Como en otros grupos dentarios estudiados por nosotros, estas estructuras refuerzan el esmalte y evitan la propagación de fracturas. Como se registró en dientes permanentes las HSB se combinan con esmalte radial en la porción externa. La variación de la microdureza entre bandas claras y oscuras confirma las investigaciones que indican diferencias en el desgaste, microradiografías, coloración y grabado ácido de las mismas. La ubicación y disposición de las bandas tiene relación con las áreas funcionales de los dientes y la diferente orientación cristalina determina sus propiedades físicas. El mayor porcentaje de iones cloro en el esmalte aprismático puede explicar su menor solubilidad a los ácidos y el

mayor tiempo requerido para el grabado ácido que requieren los materiales de uso odontológico.

El estudio de la microestructura del esmalte en relación con la dirección de los prismas y la disposición de las bandas en dientes deciduos, tiene implicancia en la comprensión de los fenómenos de abrasión, desgaste y fracturas a los que está expuesto el diente, pero además en lo concerniente al comportamiento clínico y patológico de este tejido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Osborn, J.W., A 3-dimensional model to describe the relation between prism directions, parazonal and diazonal and Hunter-Schreger bands in human tooth enamel. *Archs Oral Biol.*, 35(11): 869-878, 1990
2. Gomez de Ferraris, ME; Campos Muñoz, A. *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*. 3ª ed. Madrid. Médica Panamericana, pp 271-315, 2009
3. Bhaskar, SN: *Histología y Embriología Bucal de Orban*. 9ª ed. El Ateneo, Buenos Aires, pp 49-115, 1986.
4. Nancy, A. *Ten Cate's Oral Histology, Development, Structure and Function*. 7th ed. The C.V. Mosby Comp. St. Louis, Mo USA, pp 141-90, 2008
5. Abramovich, A. *Histología y embriología dentaria*. 2ª ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, pp 118-152, 1999
6. Goin, F; Durso, G; Anselmino, C; Batista, S; Tanevitch, A; Abal, A. *Microestructura del esmalte dentario: definiciones y conceptos*. R.A.O.A. Buenos Aires, 95 (5): 393-398, 2000.
7. Koenigswald, W. & Sander, P. *Glossary of terms used for enamel microstructures*. Pp. 267-297 en *Tooth enamel microstructure*, Koenigswald, W. & Sander, P. (eds.), Ed. Balkema, Rotterdam, 1997
8. Shimizu, D; Macho, GA & Spears, IR. *Effect of prism orientation and loading direction on contact stresses in prismatic enamel of primates: implications for interpreting wear patterns*. *Am.J Phys Anthropol.* 126 (4): 427-34, 2005
9. Rensberger, J. *Mechanical adaptation in enamel*. En *Tooth enamel microstructure*. W Koenigswald, P Sander (eds), Balkema, Rotterdam. 237- 257, 1997
10. Kodaka, T; Nakajima, F; Higashi, S. *Structure of so called "Prismless" enamel in human deciduous teeth*. *Caries Res* 23(5):290-6, 1989
11. Kodaka, T; Nakajima, F; Kuroiwa, M. *Distribution patterns of the surface "prismless" in human deciduous incisors*. *Bull Tokyo Dent Coll* 30 (1):9-19, 1989
12. Reyes Gasga J. *Estudio por microscopía electrónica del esmalte dental humano*. *Tecnología y desarrollo* 3 (1), 2007