

Microdureza y tipos de esmalte en molares humanos

Durso, G.; *Gregorutti, R.; Batista, S.; Tanevitch, A.; Abal, A.; Llombart, G.; Martinez, C.; Llombart, J.; Licata, L. Histología y Embriología. Facultad de Odontología Universidad Nacional de La Plata. 51 entre 1 y 115 La Plata (1900) *LEMIT 52 e/ 121 y 122 Pcia de Buenos Aires. Argentina. graciela Durso@yahoo.com.ar

RESUMEN

En cada tipo de esmalte la estructuración de los prismas y cristales responde a la demanda biomecánica. El esmalte radial, presenta mayor resistencia al desgaste. El esmalte con bandas de Hunter Schreger y el irregular evitan la propagación de fracturas. La dureza del esmalte tiene relación directa con la resistencia a la abrasión. El propósito fue identificar tipos de esmalte y establecer su relación con la microdureza. 12 coronas de molares inferiores seccionadas longitudinalmente fueron incluidas, grabadas y observadas al MEB. Las micrografías se registraron en caras libres y cúspides en el tercio externo (A) y en el tercio interno (B) donde también se midió la microdureza Vickers. Las caras libres mostraron esmalte radial en la zona externa y con bandas en la interna.

ABSTRAC

In every type of tooth enamel, the structure of prisms and crystals makes it possible to meet the biomechanical demand. The radial enamel type, presents higher abrasion resistance. The enamel with Hunter Schreger bands and the irregular enamel avoid fracture propagation. Enamel hardness it has a direct relationship with abrasion resistance. The purpose was to identify the enamel types and to establish their relationship with microhardness. Twelve inferior molar crowns were longitudinally cut, embedded, grinded (A) Hv100 =380,59Vk; (B) Hv100 =316,27 Vk. In the vestibular cusp the inner enamel showed bands and the outer enamel was of the radial type. Microhardness was Hv100 = 390,8Vk in (A); Hv100 =326,31Vk in(B). The outer and harder radial

INTRODUCCIÓN

Durante la masticación se concentran tensiones en áreas pequeñas de los dientes, como las cúspides, por lo cual el esmalte dental debe presentar una microestructura adaptada al desgaste masticatorio y que evite la propagación de fracturas. Analizamos el esmalte dental humano según la clasificación jerárquica de la microestructura del esmalte propuesta por Koenigswald y Clemens¹ aplicada a otros mamíferos. En dicha clasificación se considera la microestructura del esmalte en niveles de complejidad creciente, donde en el nivel inferior se consideran los cristallitos minerales.

Las bandas ocupaban el mayor espesor del esmalte. En el tercio cervical el único tipo de esmalte era el radial. En la cúspide lingual el esmalte interno era de tipo irregular y se completaba con radial hasta la superficie externa. La microdureza (A) Hv100=380,59Vk; (B) Hv100=316,27 Vk En la vestibular el interno mostraba bandas y el externo era radial. La microdureza en (A) Hv100= 390,8Vk, en (B) Hv100=326,31Vk. La ubicación externa, mayor dureza del esmalte radial y su combinación con esmalte interno irregular o con bandas constituyen una adaptación biomecánica de las áreas funcionales.

PALABRAS CLAVES: Radial – irregular - bandas – microdureza -biomecánica

etched and observed under a SEM in free faces and cusps in the outer third (A) and in the inner third (B), where Vickers microhardness was also measured. Radial enamel was identified in the outer zone of the free faces and enamel with bands in the inner. The bands occupied the thickest portion of the enamel. The radial enamel was the only one present in the cervical third. In the lingual cusp the inner enamel was of the irregular type and it was completed with radial as far as the outer surface. Microhardness value was enamel type, combined with the inner enamel type, either irregular or with bands, constitute a biomechanical adaptation of the functional.

KEY WORDS: radial – irregular – bands –microhardness - biomechanical

Desde este nivel, en orden de complejidad creciente, los siguientes niveles son: nivel prismas, nivel tipos de esmalte, nivel patrón y nivel dentición. El nivel tipos de esmalte se refiere a un volumen de esmalte donde los prismas presentan similar morfología con relación a la función biomecánica. Es interesante considerar que los tipos de esmalte se refieren únicamente a esmaltes prismáticos, dado que justamente es la disposición de los prismas lo que determina los diversos tipos de esmalte; los esmaltes prismáticos frecuentemente están organizados en capas y dentro de cada capa los prismas tienen morfología, orientaciones y empaquetamientos similares.

También debemos mencionar que los autores que

estudian el esmalte desde la disciplina odontológica mencionan los prismas como la unidad estructural básica del esmalte, el conjunto de prismas del esmalte formando el esmalte prismático que constituye la mayor parte de esta matriz extracelular mineralizada y el esmalte aprismático en el que la sustancia adamantina mineralizada no constituye ni configura prismas^{2,3,4}

Los prismas pueden estar paralelos entre sí como en el esmalte radial y en el esmalte tangencial o entrecruzarse de manera regular en el esmalte con bandas de Hunter Schreger o irregular en el esmalte irregular. A su vez, en el esmalte irregular el entrecruzamiento de prismas puede ser en haces (esmalte 3D) o en prismas individuales⁵ Para analizar este nivel de la microestructura del esmalte es de gran utilidad el empleo de la microscopía electrónica de barrido y de la técnica de preparación de las muestras para el estudio del esmalte en mamíferos Martin T, Wahlert-J⁶ En cada uno de los tipos de esmalte los prismas tienen una disposición óptima para responder a funciones específicas; sin embargo un solo tipo de esmalte no es apto para cumplir todos los requerimientos biomecánicos del diente por lo que deben combinarse (Koenigswald 1997). En el esmalte radial los prismas, que terminan en la superficie oclusal casi en ángulo recto, permiten conservar bajos rangos de abrasión

OBJETIVOS

Por lo expuesto el objetivo de nuestro trabajo fue relacionar la microestructura del esmalte dental humano con la biomecánica en función

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra fue de 12 molares inferiores extraídos por indicación. Los criterios de inclusión fueron piezas dentales sanas y con la corona íntegra. Cada pieza fue seccionada longitudinalmente en sentido vestíbulo lingual con un disco de carborundum o una fresa doce filos a fin de obtener 2 hemisecciones, luego se separó la porción radicular que fue desechada. Las hemisecciones de la corona se incluyeron en una resina artificial (resina compuesta) para una mejor manipulación durante el desgaste y pulido. Las muestras se identificaron detallando el número de la pieza y sección. Cada sección será pulida en forma progresiva con lija al agua de granulación decreciente con grosores de 200, 600 y 1200 y 2.200 μ sucesivamente. El pulido final se realizó con polvo de óxido de aluminio de 5 μ y agua en una loseta de vidrio y para eliminar las impurezas fueron lavadas con agua a presión y con ultrasonido durante 10'. A fin de destacar las estructuras las muestras grabadas con ácido fosfórico al 37% durante 3", lavadas con agua corriente para detener la acción del ácido y nuevamente lavadas con ultrasonido durante 10 minutos. Una vez

y mejor borde cortante debido a la dirección de los cristales que conforman el prisma. El esmalte radial, con los prismas paralelos entre sí, presenta mayor resistencia al desgaste. Dado que los dientes tienen una tendencia a fracturarse a lo largo del eje mayor del prisma, si estos tienen una orientación paralela entre sí, pueden aparecer rajaduras o crack cuando las fuerzas de tensión superan valores críticos. El entrecruzamiento de prismas en el esmalte irregular provee un mecanismo de detención de rajaduras y potencia la resistencia a las fuerzas tensionales^{7,8}

En relación al desgaste es importante considerar la dureza ya que hay una relación directa entre la dureza y la resistencia a la abrasión o desgaste. Se entiende por dureza la resistencia a la presión, a la abrasión, a la mella y al rayado. Algunos cristales muestran gran dureza en algunas direcciones y en cambio ofrecen dureza mucho menor en la dirección de exfoliación o clivaje. Es el caso de la hidroxiapatita que es anisotrópica; una sustancia es anisotrópica cuando algunas de sus propiedades poseen valores diferentes si se miden en direcciones distintas (la mayor parte de los cristales, salvo los que pertenecen al sistema cúbico). [Diccionario de Química. Stephen Miall y L. Mackenzie Miall (1953). Editorial Atlante S.A., México].

A pesar de la importancia de la microdureza en relación al desgaste del esmalte, no hay datos de microdureza de los diferentes tipos de esmalte.

de la disposición de los prismas y microdureza en los diversos tipos de esmalte.

secas las muestras fueron observadas con una lupa binocular estereoscópica para obtener una plantilla donde se detallan los tipos de esmalte presentes en sus distintas ubicaciones, lo cual facilita la observación al microscopio electrónico de barrido (MEB).

Posteriormente se montaron en porta-tacos para ser deshidratadas, secadas y metalizadas para MEB. Las micrografías se registraron en diferentes zonas de las caras libres (vestibular y lingual) y en las cúspides vestibular y lingual en el tercio externo (A) y en el tercio interno próximo al límite amelodentinario (B) con magnificación de x100 y x250.

Para la determinación de la microdureza fueron desbastadas con lijas al agua hasta mesh 1200 y pulidas con pasta de diamante con un tamaño de partícula 1 μ y de 1/4 μ para el pulido final. La determinación de la microdureza se realizó en los sectores (A) y (B) con microdurómetro Shimadzu del laboratorio metalográfico del LEMIT, con penetradores Vickers, con cargas de 100 gr y un tiempo de aplicación de las mismas de 5".

La microdureza Vickers se obtiene de acuerdo a

la siguiente expresión: $Hv = 1854,4 P/d^2$

Donde P es la carga en gramos y d es la longitud de la diagonal de la impronta en micrometros (μm).

A los efectos de cuantificar los resultados obtenidos

RESULTADOS

A muy baja magnificación se observaron en el el esmalte de ambas cúspides bandas alternadas claras y oscuras. Las bandas semejan arcos que desde las vertientes interna y externa de las cúspides, próximo al límite amelodentinario, confluyen hacia el vértice de la cúspide Fig. 1. Fueron más notorias en la cúspide vesibular y corresponden a paralelas entre ellas y

se utilizó software estadístico básico y bases de datos comerciales estándar (e.g., Statistica 2.1; Microsoft Excel).

aproximadamente perpendiculares a los límites externos e internos del esmalte y ocupaban tres cuartas partes o más del espesor el esmalte Fig. 2.

Mayores aumentos de las bandas confirmaron la disposición de los prismas que lucían en capas ordenadas en sección longitudinal y transversal alternadamente. Fig.3.

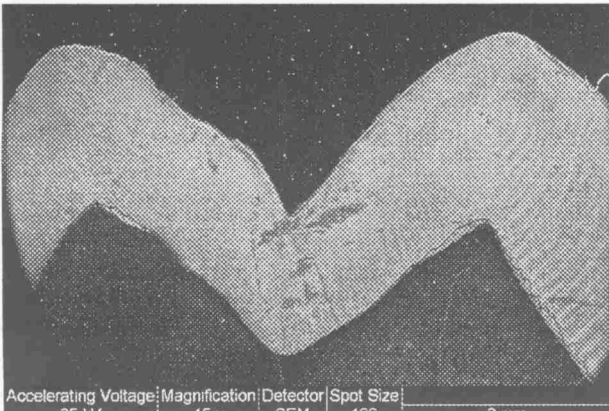


Fig.1 Panorámica de molar inferior, observéanse las bandas de Hunter Schreger

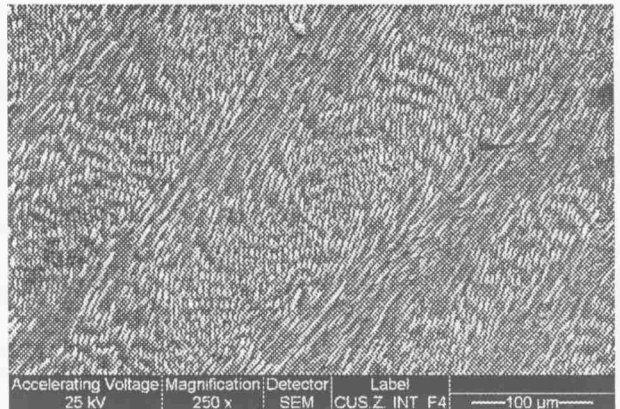


Fig.3 Detalle de esmalte con bandas, observéanse capas de prismas en sección longitudinal y transversal.

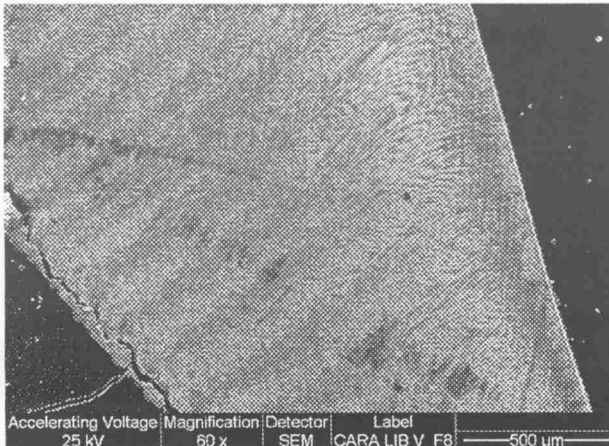


Fig.2 En el tercio medio de la cara libre vestibular se observan las bandas desde el límite amelodentinario (festoneado) y esmalte radial de poco espesor externo.

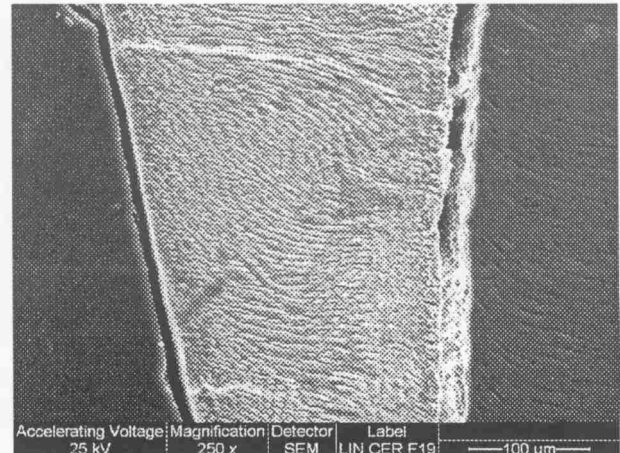


Fig.4 En el tercio cervical de la cara libre lingual el esmalte es radial y en algunas zonas muestra cambios de dirección de prismas.

cambios de dirección de los prismas tal como fue confirmado a mayores magnificaciones.

En el tercio medio de las caras libres, el esmalte era de tipo radial en la zona externa y con bandas en la zona interna. Tanto en la cara vestibular como lingual las bandas ocupaban la mayor parte del espesor del esmalte, mientras que el esmalte radial mostraba poco espesor. Las bandas alternantes claras y oscuras transcurrían desde el límite amelodentinario. A diferencia del tercio medio, en el tercio cervical de las

caras libres el único tipo de esmalte presente era el radial. Los prismas se ordenaban paralelos entre sí y aproximadamente perpendiculares a los límites externo e interno del esmalte. En algunas muestras mostraban discretos cambios de dirección en su recorrido, pero no configuraban esmalte irregular Fig. 4.

En las cúspides se observó diferencias en la combinación de tipos de esmalte; en la cúspide lingual el esmalte interno era de tipo irregular con un marcado entrecruzamiento de prismas y se completaba hasta

Microdureza y tipos de esmalte en molares humanos

la superficie externa con esmalte radial, con los prismas paralelos entre sí. Fig. 5 y 6.

En la cúspide vestibular el esmalte interno mostraba bandas, con capas ordenadas de prismas dispuestos longitudinal y transversalmente sucesivamente, y en el tercio externo era de tipo radial con

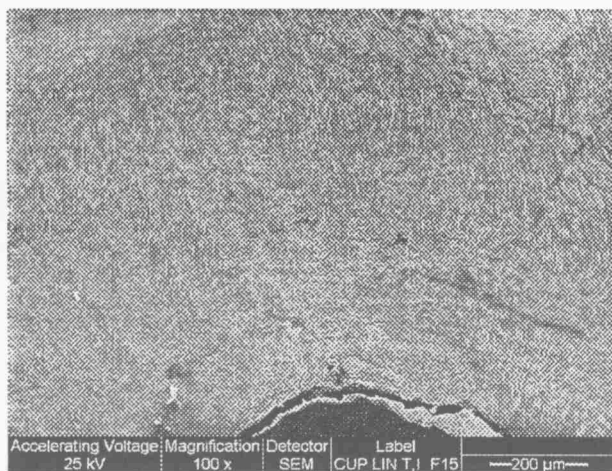


Fig.5 Esmalte interno de la cúspide lingual luce con un irregular recorrido de prismas, compatible al esmalte "nudoso" de la microscopia óptica

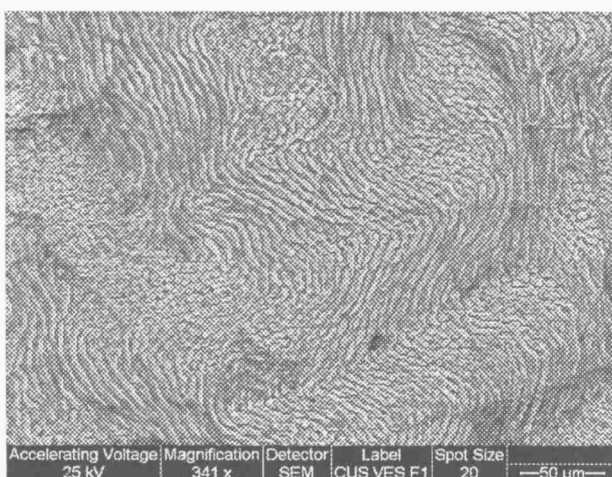


Fig.6 Detalle de esmalte irregular de la cúspide lingual, se observa el intrincado trayecto de los prismas.

los prismas paralelos unos con otros y terminaban perpendiculares a la superficie externa del esmalte sin cambios de dirección. Fig.7 y 8.

Los datos de microdureza indicaron media

DISCUSIONES

A baja magnificación se observaron diversos tipos de esmalte, lo que permite afirmar que los prismas desde el limite amelodentinario hasta la superficie externa sufren cambios de dirección en su recorrido que determinan los tipos de esmalte. No fue considerado en este estudio el esmalte aprismático dado que la clasificación por niveles de complejidad ubica el esmalte aprismático en el nivel prismas, y es en este nivel donde el esmalte puede o no presentar

aritmética de $Hv100 = V_k$. En la cúspide vestibular en el esmalte externo (A) $Hv100 = 390,8 V_k$ En el esmalte interno (B) $Hv100 = 326,31 V_k$ En la cúspide lingual en el esmalte externo (A) $Hv100 = 380,59 V_k$

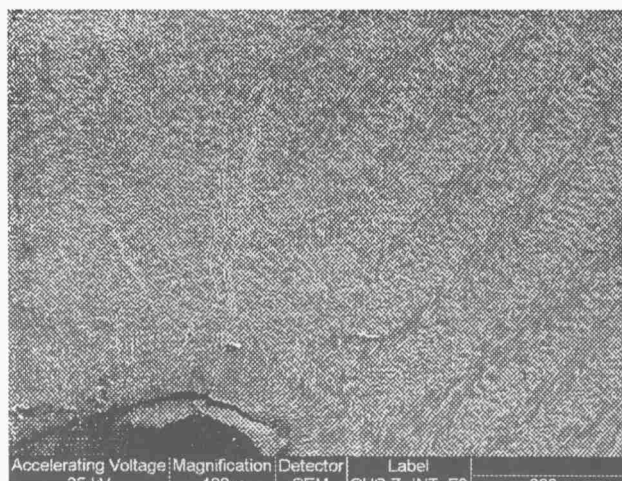


Fig.7 En la zona interna de la cúspide vestibular el esmalte forma bandas

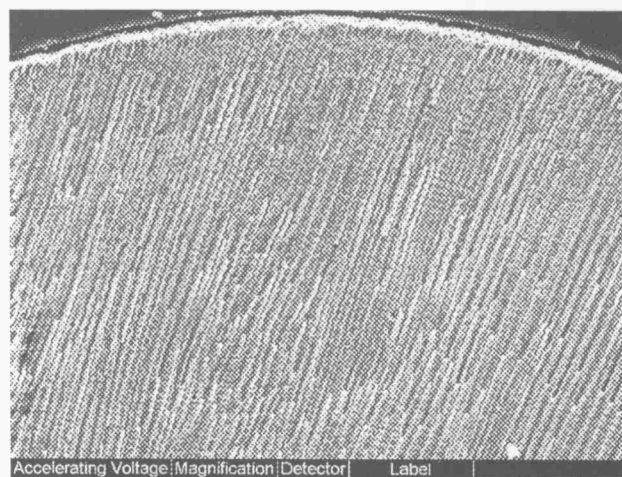


Fig 8 En la zon externa de la cúspide vestibular los prismas transcurren paralelos entre sí, observéense las estriaciones transversales.

Los mayores valores se registraron en el esmalte externo en ambas cúspides, no habiendo una diferencia significativa en los valores de microdureza entre las cúspides, tanto en el esmalte interno como en el externo.

prismas, configurando el esmalte prismático y aprismático respectivamente.

En las muestras observadas se identificaron los siguientes tipos de esmalte prismáticos: esmalte radial, esmalte con bandas de Hunter Schreger (BHS) y esmalte irregular. Dichos tipos de esmalte referentes a esmalte prismático no fueron mencionados por otros autores en dientes humanos. Las bandas de Hunter Schreger se mencionan como un efecto óptico o estructuras

secundarias del esmalte y el esmalte irregular como el "esmalte nudoso" de la microscopía óptica^{2,3,4}, Los resultados obtenidos demuestran que las bandas de Hunter- Schreger corresponden a planos de sección de los prismas debido a las decusaciones durante su recorrido y que cada una de estas bandas constituye un haz de prismas cortados en el mismo sentido (longitudinal o transversal).

En efecto, la estructura fundamental del esmalte, esto es los prismas, no cambia. En otras palabras, en el nivel de análisis representado por los prismas, estos no sufren variación alguna. Sin embargo, cuando se aumenta la escala al aquí denominado "nivel de tipos de esmalte", se aprecia que los prismas cambian radicalmente su orientación en sectores específicos de los dientes. La alternancia de bandas claras u oscuras se aprecia en los cortes dentarios tanto al microscopio (óptico o electrónico) como bajo lupa. En síntesis, las BHS no constituyen un efecto óptico sino un tipo particular de esmalte.

Como ha ocurrido en otros grupos dentarios que hemos estudiado, es de destacar la gran representatividad del esmalte con bandas y su presencia en áreas de las piezas dentarias, como las cúspides, no mencionadas por otros autores de nuestra disciplina. La técnica de preparación de las muestras Martin T, Wahlert J6 a la que hemos hecho modificaciones resultó adecuada para el estudio de la microestructura del esmalte en este nivel, además permitió economizar tiempo en la preparación de las muestras y un mejor control del ácido durante el grabado.

La presencia de diversos tipos de esmalte y su combinación se repite en las muestras estudiadas, constituyendo un patrón, lo cual nos permite coincidir con Koenigswald 1997 en que un solo tipo de esmalte no es apto para cumplir todos los requerimientos

requerimientos biomecánicos del diente por lo que deben combinarse.

El esmalte radial se observó en la parte externa del esmalte, combinado con esmalte irregular o esmalte con bandas en las porciones internas coincidiendo los resultados con nuestros estudios previos en premolares⁹ y con lo expresado por otros autores en lo referente a que el esmalte radial resiste el desgaste masticatorio y el esmalte con entrecruzamiento de prismas detiene las fracturas y aumenta la resistencia a las fuerzas masticatorias, de ahí su presencia en las cúspides^{7,8}. Según Shimizu, Macho, Spears (2005) la capacidad de los prismas de disipar estrés de contactos en la superficie, puede influenciar en el promedio de desgaste del diente.

Coincidimos con los autores que expresan que el entrecruzamiento de prismas en el esmalte irregular provee un mecanismo de detención de rajaduras y potencia la resistencia a las fuerzas tensionales^{7,8}, Según Dos Santos¹⁰ las fuerzas masticatorias generan tensiones de resistencia internas que son de dirección opuesta, por ello las estructuras de refuerzo se localizan próximas al límite con la dentina para resistir fracturas, como observamos en nuestro estudio.

En el cuello de los dientes cuando aumentan las fuerzas tensionales son frecuentes las fracturas y microfracturas del esmalte conocidas como afracción dental. Si bien su etiología es multifactorial, en áreas cervicales de las caras libres además de muy escaso espesor, el único tipo de esmalte que observamos fue el radial, lo que puede explicar la alta fragilidad del esmalte en estas áreas.

Los valores más altos de microdureza en el esmalte externo de tipo radial en ambas cúspides demuestran que está mejor preparado para resistir el desgaste masticatorio.

respuesta al desgaste y el entrecruzamiento de los prismas representa una adaptación funcional que permite minimizar los riesgos de fractura adamantina.

La presencia de esmalte radial y los mayores valores de microdureza en la zona externa de las cúspides determinan una óptima adaptación biomecánica al desgaste, mientras que su combinación con esmalte de tipo irregular o con bandas en el tercio interno de las mismas es una adaptación biomecánica a la fractura.

CONCLUSIONES

La alta densidad en minerales del esmalte lo hace muy frágil, lo que ha resultado en una selección de mecanismos que favorecen el aumento de resistencia a la fractura. La especialización a nivel de la microestructura del tejido es habitual en los dientes de los mamíferos, los que emplean grandes presiones oclusales en sus mecanismos masticatorios.

La disposición de los cristales y prismas en los tipos de esmalte determinan una respuesta al desgaste y la fractura. La disposición de los prismas paralelos unos con otros como en el esmalte radial es una

BIBLIOGRAFÍA

1) Koenigswald, W.; Clemens, W. Levels of complexity in the microstructure of mammalian enamel, and their application in studies of systematics. *Scanning Microscopy* 6:195- 218, 1992.

2) Berkovitz, B.K.; Holland, GR.; Moxham, B.J. *Oral Anatomy- Embriology and Histology* 3^a ed. Ed. Elsevier Ciencia, Madrid. 2002

Microdureza y tipos de esmalte en molares humanos

Oral Histology, Development, Structure and Function. 7th ed, The C.V. Mosby Comp. St. Louis, Mo USA, 2008

4) Gomez de Ferraris, ME.; Campos Muñoz, A. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. 3ª Edición. Ed Médica Panamericana, 2009

5) Koenigswald, W., Sander, P. Glossary of terms used for enamel microstructures. En Tooth enamel microstructure. Koenigswald W., Sander P.(eds) Ed. Balkema, Rotterdam Alemania. pp 267-297, 1997

6) Martin, T., Wahlert, J. Preparing teeth for viewing with scanning electron microscope (SEM) 1999 jun, 1.
<http://research.amnh.org/vertpaleo/enamel/prep.html>

7) Rensberger, J. Mechanical adaptation in enamel. En Tooth enamel microstructure. Koenigswald W., Sander P. (eds) Balkema, Rotterdam. 237- 257, 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) Durso, G.; Paolini, J.; Batista, S., Abal, A.; Tanevitch, A.; Llompart, G.; Llompart, J.; Licata L. Microestructura del esmalte y su relación con la biomecánica. Acta Microscopica. (V 18, N°3 supp C: 44, 2009

10) Dos Santos, J. Oclusión. Principios y Conceptos. Editorial Mundi. pp.164, 1987