



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EFFECTO DEL GRABADO CON ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO
SOBRE EL ESMALTE DE DIENTES DECIDUOS
Y PERMANENTES JÓVENES

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A :

ERIKA GÓMEZ MORA

DIRECTOR: C.D. MARIO ALFREDO SANTANA GYOTOKU
ASESOR: C.D. HÉCTOR ESTEVA VALENCIA

México, D.F.

2002



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

C.D. Mario Alfredo Santana Gytoku:

Por su asesoría, sus ideas, sus atinadas observaciones y su valiosa colaboración en la elaboración de éste trabajo.

C.D. Héctor Esteva Valencia:

Le agradezco su permanente apoyo, su asesoramiento, sus sugerencias y su sincera e incondicional amistad.

A mi familia:

Por su cariño, su fé, confianza y respaldo permanente.

Martha Alicia Pascual Tavira:

En forma muy especial te agradezco tus consejos, tu paciencia y tu invaluable ayuda en la elaboración de éste y otros muchos trabajos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Odontología, y a todos mis profesores.

DEDICATORIA

A ti abuelita Estela:

Por todo el cariño que me has brindado, amiga y consejera incansable en tu ayuda cotidiana y siempre comprensiva, todo mi amor, mi total y más sincero agradecimiento.

A ti papá:

Por tu amor, tu fortaleza y sabiduría que me inspiraron para ser lo mejor que puedo ser.

A mi hermana Dora:

Por sus brillantes ideas que me han alentado constantemente.

A mi hermana Jessica:

Por su constante estímulo, intercambio de ideas y consulta permanente compartiendo madrugadas y que siempre me ha brindado su inestimable apoyo.

A Karla y Valeria:

Con cariño.

Í N D I C E

	Págs.
Introducción.....	
1. Antecedentes.....	1
2. Estructura histológica del esmalte.....	6
2.1 Generalidades.....	6
2.2 Propiedades físicas.....	7
2.3 Composición química.....	8
2.4 Unidad estructural básica del esmalte.....	10
2.4.1 Esmalte prismático.....	10
2.4.1.1 Composición de los prismas.....	12
2.4.1.2 Orientación de los prismas.....	12
2.4.2 Esmalte aprismático.....	14
2.5 Unidades estructurales secundarias del esmalte.....	15
2.5.1 Estrías de Retzius.....	15
2.5.2 Laminillas del esmalte.....	16
2.5.3 Penachos de Linderer.....	16
2.5.4 Bandas de Hunter-Schreger.....	16
2.5.5 Conexión amelodentinaria.....	17
2.5.6 Husos adamantinos.....	17
2.5.7 Periquimatías y líneas de imbricación de Pickerill.....	17

3. Adhesión a la estructura del esmalte.....	20
4. Grabado ácido.....	23
4.1 Generalidades.....	23
4.2 El ácido ortofosfórico como agente grabador.....	25
4.3 Presentación del agente grabador (gel y líquido).....	26
4.4 Concentración del ácido ortofosfórico.....	27
4.5 Tiempo de grabado.....	31
4.6 Tiempo de lavado.....	37
5. Contaminación salival de la superficie del esmalte grabada.....	38
6. Remineralización.....	41
7. Conclusiones.....	43
8. Bibliografía.....	45

INTRODUCCIÓN

La creación de la técnica de grabado ácido ha tenido un efecto profundo sobre muchas fases de la Odontología Clínica, cambiando significativa e irrevocablemente los tratamientos de elección disponibles para los profesionales del área. La técnica de grabado ácido usando el ácido ortofosfórico sobre la superficie del esmalte ha demostrado ser el mejor agente grabador, además de que es un procedimiento clínico fácil, confiable, duradero y económico que mejora la unión de la resina sobre el esmalte grabado en la adhesión de brackets, ferulización de dientes, en odontología restaurativa y en selladores de fosetas y fisuras que utilizan la adhesión como parte de un programa de tratamiento preventivo.

Diversas investigaciones han demostrado que para obtener una adecuada unión de la resina a la superficie del esmalte en dientes deciduos, se requiere de un mayor tiempo de grabado del que se necesita en el esmalte de dientes permanentes jóvenes y dientes permanentes maduros, esto es debido al esmalte aprismático que se encuentra presente en todos los dientes deciduos, y en un 70% en los dientes permanentes jóvenes, lo que provoca que el esmalte del diente deciduo sea altamente resistente a la técnica de grabado ácido.

Este estudio pretende que el clínico obtenga resultados altamente satisfactorios con la técnica de grabado ácido sobre la superficie del esmalte del diente deciduo y del diente permanente joven.

Para lograr un patrón de grabado idóneo, se requiere de una superficie de esmalte receptiva, así como de varias consideraciones del efecto del ácido como agente grabador y el empleo adecuado de la técnica de grabado.

1. ANTECEDENTES

Michael Buonocore fué el investigador pionero que utilizó el ácido ortofosfórico como agente grabador logrando incrementar la adhesión de los materiales acrílicos a la superficie del esmalte; al reconocer que una de las mayores deficiencias en los materiales acrílicos restauradores era la falta de adhesión a la dentina y al esmalte¹. A mediados de la década de los 50's era común el tratamiento previo de las superficies metálicas con ácido ortofosfórico antes de aplicar resina. De hecho la primera prueba fue con ácido ortofosfórico al 85 %, que se había convertido en la norma industrial². En 1955 Buonocore demostró un aumento de 100 veces en la retención de pequeños botones de polimetilmetacrilato en dientes incisivos in vivo, cuando el esmalte fue grabado con ácido ortofosfórico al 85 % por 120 segundos, se dio cuenta que las extensiones de resina³ eran trabadas micromecánicamente con las microporosidades creadas por el grabado ácido. Especuló que el aumento del poder adhesivo podría deberse a varios factores⁴:

- Un gran aumento en la superficie de esmalte disponible para la interacción con la resina como resultado del proceso del grabado ácido.
- La exposición de la matriz orgánica del esmalte que sirve como "red" para la adhesión.
- Una remoción de la estructura adamantina superficial inerte, con exposición de una superficie reaccionante fresca.

¹ Simonsen, R; Thompson, V.; y et. al. Técnica de grabado ácido en prótesis de puentes. 2da reimpresión. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1990. p. 32

² Mc Laughlin, Gerald; Rochette, A. y et. al. Retenedores de adhesión directa. 1era. ed. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina, 1990. p 32

³ Ahora las prolongaciones son llamadas comúnmente con la palabra inglesa de tags.

⁴ Buonocore, Michael A. Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. Dent. Res. Vol. 34, 1955. pp. 849-853

- La presencia en el esmalte de una capa intensamente absorbida de grupos fosfatos altamente polares derivados del ácido.

Demostrándose que con la técnica de grabado ácido se consigue una mejor unión y sellado entre la superficie del esmalte y la resina, independientemente de las preparaciones dentales (Black, 1917).⁵

Buonocore utilizó el ácido ortofosfórico al 85 % para la técnica de grabado ácido en el esmalte; posteriormente Silverstone, comprueba como altas concentraciones de ácido están en relación inversa a la formación de microporos, Buonocore y Gwinnet llegan a la misma conclusión de Silverstone en 1965.⁶

Con el acondicionamiento ácido, se elimina el esmalte y la película antiguos y por completo reaccionados, se aumenta el área superficial y se incrementa también la porosidad del esmalte. A medida que se disuelve éste, surgen patrones que reflejan una disolución selectiva de los prismas microscópicos. Se observan variaciones entre las distintas zonas de un mismo diente y entre unos dientes y otros causados por la diversidad química y morfológica de los tejidos (Gwinnett, 1971). La presencia de esmalte aprismático, bastante frecuente en los dientes recién erupcionados (Ripa y Gwinnett, 1967); crea una diferencia morfológica en el patrón de grabado y un área superficial más restringida para la adhesión (Gwinnett, 1973)⁷.

⁵ Albers, Harry F. Odontología estética. 1era. reimpresión. Ed. Labor. Barcelona, España. 1991. p. 77.

⁶ Guzmán Báez, H. Biomateriales odontológicos de uso clínico. 1era ed. Ed. Cat. Colombia. 1990. p. 199

⁷ Jordan, E. Ronald ; Suzuki, Makoto y et. al. Grabado compuesto estético "Técnicas y materiales". 2 ed. Ed. Mosby. Madrid, España. 1994. p. 354

Los trabajos posteriores al del Dr. Silverstone y otros investigadores demostraron que con ácido ortofosfórico al 37 % aplicado sobre la superficie del esmalte por 60 segundos, producía una pérdida superficial de 10 μm y penetra hasta una profundidad de 20 μm ; y que con una concentración de ácido ortofosfórico al 30 % y como máximo al 50 % durante 60 segundos proporcionaba el patrón más retentivo, para la unión de la resina⁸.

En un informe de 1975, Silverstone y colaboradores definieron tres patrones básicos de grabado de esmalte humano tras la exposición al ácido ortofosfórico:⁹

- Patrón I de grabado .- El efecto desmineralizante con remoción de sales de calcio, se efectúa en el centro del prisma y permanece insoluble la periferia, así la superficie del esmalte se encuentra cubierta de cráteres observada con el microscopio electrónico de barrido. (Fig. 1)

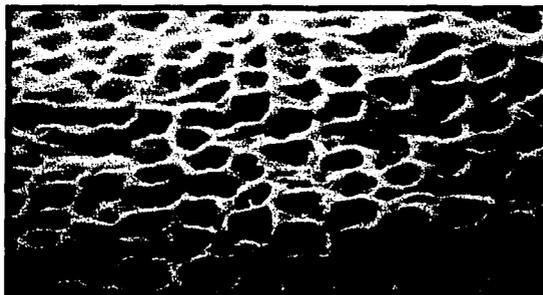


Fig.1 Grabado ácido. Patrón tipo 1

⁸ Guzmán Báez , H. Op. cit. p. 199

⁹ Simonsen. R.; Thompson, V. y et. al. Op. cit. p. 18

- Patrón II de grabado.- La periferia de los prismas aparece erosionada y permanece insoluble la zona central, el microscopio electrónico de barrido nos permite apreciar esta superficie que se parece mucho a un bosque de árboles estrechamente apretados entre sí y vistos desde arriba. (Fig. 2)



Fig. 2 Grabado ácido. Patrón tipo II

- Patrón III de grabado.- Se produce una erosión generalizada y se configuran imágenes que vagamente recuerdan la morfología prismática de ojo de cerradura del esmalte. (Fig. 3)

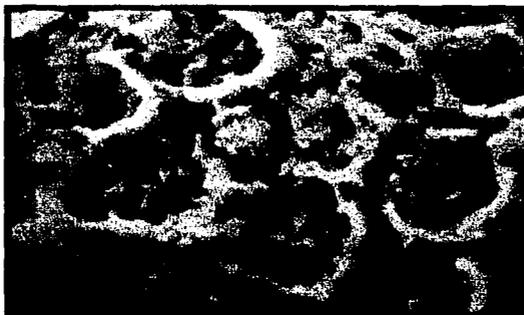


Fig. 3 Grabado ácido. Patrón tipo 3

Se produce el patrón III de grabado cuando el esmalte está constituido por una masa homogénea en vez de la estructura prismática más comúnmente hallada. Los dientes deciduos, precisamente, muestran a menudo una capa así en su estrato más externo. Como éste posee una estructura homogénea, la aplicación del ácido grabador genera sólo una reducción del volumen y no el grabado necesario para la adhesión. Este patrón puede resultar problemático para la adhesión, pues no permite que la resina se retenga en el esmalte.¹⁰

El ácido que se emplee para grabar al esmalte va a tener cierta influencia sobre el desempeño de la unión adhesiva (Judd y Ansell, 1972).¹¹

La eficacia de la adhesión depende de la solubilidad del ácido en agua y del grado de grabado producido por la solución (Brauer y Termini, 1972).¹²

Soetopo y colaboradores. en 1978 establecen que concentraciones tan bajas como la del 2 % de ácido ortofosfórico como agente grabador no producen microporos dentro del esmalte, sin embargo, la resistencia de unión es tan buena como la obtenida con concentraciones mayores.¹³

¹⁰ Mc. Laughlin, Gerald; Rochete, A. y et. al. Op. cit. p. 18

¹¹ Ibsen, L. Robert y Neville, Kris. Odontología restauradora adhesiva. 1ed. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1977. p. 49.

¹² Ib.

¹³ Guzmán Báez, H. Op. cit. p. 199

2. ESTRUCTURA HISTOLÓGICA DEL ESMALTE

Las características histológicas del esmalte en dientes deciduos y permanentes nos permite explicar con más claridad la aplicación de la técnica de grabado ácido.

2.1 GENERALIDADES

El esmalte o tejido adamantino cubre a la dentina a manera de casquete en su porción coronaria.

Es el tejido más duro del organismo, está constituido por millones de prismas altamente mineralizados que lo recorren en todo su espesor, desde la superficie amelodentinaria a la superficie externa en contacto con el medio bucal¹⁴.

Se deriva embriológicamente del ectodermo y se forma a partir del órgano dental, y este a su vez se origina de una proliferación del epitelio bucal.

El esmalte es un tejido acelular, avascular, sin inervación incapaz de repararse, aunque puede haber remineralización¹⁵.

El espesor del esmalte no es constante, varía en las distintas piezas dentarias y en el seno de un mismo diente.

¹⁴ Gómez de Ferraris y Campos Muñoz. Histología y embriología bucodental. 2da reimpresión. Ed. Médica Panamericana, Madrid, España. 2001. p.229

¹⁵ Ib.

En general, el espesor decrece desde el borde incisal o cuspídeo hacia la región cervical. Presenta mayor espesor por vestibular que por lingual, el espesor mayor se encuentra al nivel de mesial. Su mínimo espesor es en la unión amelocementaria, en los surcos intercuspídeos y fosas, pudiendo a veces faltar.

Su espesor máximo (2 a 2.5 mm) se da en cúspides de molares, premolares y caninos superiores, zonas de grandes impactos masticatorios.¹⁶

El espesor en dientes deciduos es la mitad de la que existe en los permanentes. En las cúspides o bordes incisales el espesor es de 1.5 mm, reduciéndose progresivamente en las caras libres y proximales hasta llegar a 0 ó 0.5mm. en la unión amelocementaria.¹⁷

2.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Dureza.- La dureza¹⁸ se relaciona con diferencias en la mineralización. La dureza del esmalte en dientes deciduos es ligeramente inferior a la de los dientes permanentes, aunque estudios recientes indican que en ambos tipos de dientes pueden alcanzar niveles de mineralización semejantes.¹⁹

Permeabilidad.- El esmalte puede actuar como una membrana semipermeable, permitiendo la difusión de agua y de algunos iones presentes en el medio bucal. La impermeabilidad es mayor en el esmalte del diente deciduo que en el diente permanente, debido a su menor grosor.²⁰

¹⁶ Ib. p. 230

¹⁷ Ib. p. 346

¹⁸ Es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o a sufrir deformaciones de cualquier índole, motivadas por presiones. Ib. p. 231

¹⁹ Ib. p. 347

²⁰ Ib. pp. 231, 347

Elasticidad.- Es escasa, pues depende de la cantidad reducida de agua y de sustancia orgánica que posee; dándole las características de ser un tejido frágil, con tendencia a las macro y microfracturas.²¹

2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1 – 2 %), una matriz inorgánica (95 %) y agua (3 – 5 %).²²

- Matriz orgánica.- El componente orgánico es de naturaleza proteica y constituye un complejo sistema de multiagregados polipeptídicos glucosilados sintetizados por los ameloblastos que no han sido caracterizados de forma definitiva, ya que es difícil separar el componente orgánico del esmalte de la dentina. Entre las proteínas presentes en mayor o menor medida en la matriz del esmalte orgánico destacan:²³
 1. Las amelogeninas
 2. Las enamelinas
 3. Las ameloblastinas o amelinas
 4. La tuftelina.

La matriz orgánica es muy polimorfa, amorfa y degradable por los ácidos; contiene glucosaminoglicanos, proteoglicanos y diversas partes de lípidos. Entre los componentes orgánicos del esmalte encontramos: proteínas 0.194 a 0.275 %, lípidos 0.6 %, citratos 0.1 ± 0.02 % ácido láctico 0.01 – 0.03 %,

²¹ lb. p. 231

²² lb. p. 233

²³ lb.

carbohidratos 0.015 ± 0.005 %, colágeno 1.53 – 3.8 % y mucopolisacáridos de 0.1 %.²⁴

- Matriz inorgánica.- Constituída por sales minerales cálcicas de fosfato de carbonato; estas sales se depositan en la matriz del esmalte dando origen a un proceso de cristalización que transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).²⁵

La composición química del esmalte en dientes deciduos no difiere significativamente de los dientes permanentes. Las diferencias esenciales se encuentran en el grado de mineralización algunos estudios indican menores concentraciones de Be, Mo, Li, Ba, Sr. y Al en dientes deciduos que en dientes permanentes, mientras que se detecta Cu, V, y Cd en concentraciones superiores en dientes deciduos que en dientes permanentes.²⁶

La morfología de los cristales según Nylen es de hexágonos elongados cuando se seccionan perpendicularmente al eje longitudinal del cristal y una morfología rectangular cuando se seccionan paralelamente a los ejes longitudinales. Warshansky afirma que los hexágonos no son todos iguales, con el microscopio electrónico de barrido se observan en forma de un paralelepípedo con extremos romboideos.²⁷

²⁴ Jenkins, G. Neil. Fisiología y bioquímica dental. 1ed. Ed. Limusa. México, D.F. 1983. pp. 116 - 123

²⁵ Gómez de Ferraris. Op. cit. p. 234

²⁶ Vrbic, V.; Stupar, A. R. Trace element content of primary and permanent tooth enamel. Caries Res. Vol. 21, 1987. pp. 37-39

²⁷ Gómez de Ferraris. Op. cit. p. 234.

En una síntesis muy esquemática hexagonal, se encuentran iones de calcio en los vértices, en cuyo centro se localiza un ión OH^- . Hay iones de calcio dispuestos en la periferia del hidroxilo y por dentro del anterior hexágono de calcio. Los iones fosfatos se colocan entre los iones de calcio que ocupan los vértices del hexágono externo.²⁸

- Agua .- Se localiza en la periferia del cristal (capa de hidratación); por debajo y más hacia el interior, en el cristal se encuentra la "capa de iones" en la que el catión Ca^{2+} puede ser sustituido por Na^+ , Mg^{2+} , H_3O^+ y el anión OH^- por F^- , Cl^- . El porcentaje de agua disminuye con la edad.²⁹

2.4 UNIDAD ESTRUCTURAL BÁSICA DEL ESMALTE

La unidad estructural básica de este tejido son los prismas del esmalte. El estudio microscópico de los prismas resulta difícil por la composición cristalina de los mismos y por la diferente orientación de los cristales en el seno del prisma.³⁰ De esto surgen las distintas interpretaciones existentes en su observación. Los caracteres estructurales del esmalte prismático y aprismático se detallan a continuación.

2.4.1 ESMALTE PRISMÁTICO

Los prismas son estructuras longitudinales de $4\mu\text{m}$, de espesor, que se dirigen desde la conexión amelodentaria hasta la superficie del esmalte. El diámetro de los prismas varía entre $4 - 10\mu\text{m}$. Es menor en su punto de origen y

²⁸ lb.

²⁹ lb.

³⁰ lb, p. 235

aumenta a medida que se acerca a la superficie libre. El número de prismas varía en relación con el tamaño de la corona evaluándose entre 5 y 12 millones.³¹

En cortes longitudinales los prismas se observan como bastones irregularmente paralelos, y en cortes transversales se observan como "ojos de cerradura de llave antigua".³² (Fig. 4 y 5)



Fig. 4 Prismas observados en un corte longitudinal.



Fig. 5 Prismas observados en un corte transversal.

Los prismas del esmalte son estructuras que se encuentran estrechamente asociadas unos con otros lo que le confiere mayor resistencia al esmalte.

La morfología de "ojos de cerradura" permite distinguir en el prisma dos regiones: cabeza y cola. La cabeza corresponde a la región más ancha y se halla limitada por superficies cóncavas, el diámetro de la misma es de 5 mm , la región de la cola es más delgada encontrándose situada debajo de la cabeza.

La distancia existente entre la parte media del borde convexo de la cabeza hasta la cola es de 9 mm. de longitud. Las cabezas se encuentran

³¹ Ib.

³² Ib. p. 236

ubicadas entre las colas de los prismas suprayacentes y las colas de cada prisma ubicadas entre las cabezas de los prismas subyacentes.³³

El material orgánico es muy escaso y se distribuye en la periferia de los prismas rodeando la estructura en ojo de cerradura (cabeza y cola); este material es muy soluble y corresponde a la denominada "vainas de los prismas".

2.4.1.1 COMPOSICIÓN DE LOS PRISMAS

Los prismas están constituidos por los cristales de hidroxiapatita. En cortes longitudinales se observa que los ejes mayores de los cristales de hidroxiapatita se disponen paralelamente al eje longitudinal del prisma de la región de la cabeza. En la zona de unión de la cabeza con la cola se van inclinando progresivamente hasta adquirir una posición perpendicular (respecto del eje longitudinal del prisma) en la región de la cola.³⁴

2.4.1.2 ORIENTACIÓN DE LOS PRISMAS

Los prismas se dirigen desde la superficie de la dentina hasta la superficie externa del diente, se disponen en hileras o planos circunferenciales alrededor del eje mayor del diente.

Entre las hileras y planos sucesivos existe un cambio de orientación de uno o dos grados.

³³ Ib. p. 237

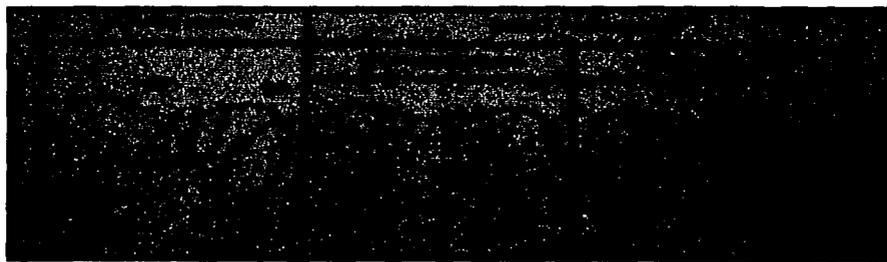
³⁴ Ib. p. 239

Hay que destacar que la orientación de los prismas no es la misma y ofrecen un aspecto diferente según se estudien dientes deciduos o dientes permanentes. Estudios recientes han introducido nuevos conceptos de la orientación de los prismas, quedando de la siguiente manera:³⁵

En la profundidad de fosas y fisuras de las caras oclusales los prismas terminan formando ángulos agudos, entre 67° y 70° en molares deciduos, a diferencia del ángulo formado que es de 60° en molares permanentes.

En las cúspides de los molares deciduos los prismas forman ángulos de 90° con la superficie externa y de igual manera se forman ángulos de 90° en las cúspides de los molares permanentes. En el tercio gingival de los dientes deciduos los prismas se orientan con la superficie externa formando ángulos obtusos hacia oclusal de aproximadamente 120° , no así en los molares permanentes que en su tercio cervical se orientan formando ángulos de 106° .
(Fig. 6)

Fig. 6 Disposición de los prismas del esmalte.



³⁵ Ib. pp.239, 240 y 348

2.4.2 ESMALTE APRISMÁTICO

Es una banda de esmalte que carece de prismas, posee un espesor de 30 μm . Se localiza en la superficie externa del esmalte prismático, esta estructura está presente en todos los dientes deciduos y en un 70 % de los dientes permanentes.³⁶

El origen del esmalte aprismático se relaciona con la ausencia o menor desarrollo de los procesos de Tomes de los ameloblastos responsables de la formación de los prismas y la disposición cristalina.

El esmalte aprismático presenta un inconveniente desde el punto de vista clínico cuando se utiliza el grabado ácido, pues no se logran las microretenciones; por lo que aumenta el tiempo de grabado o se elimina el esmalte periférico.³⁷ (Fig. 7)



Fig. 7 Esmalte prismático y aprismático de un diente deciduo

³⁶ Ib. p. 240

³⁷ Ib. p. 241

2.5 UNIDADES ESTRUCTURALES SECUNDARIAS

Las unidades estructurales secundarias se originan a partir de las unidades estructurales primarias como el resultado del diferente grado de mineralización o del cambio del recorrido de los prismas, y la interrelación del esmalte y la dentina.

Encontramos a las Estrías de Retzius, Laminillas del esmalte, Penachos de Linderer, Bandas de Hunter- Schereger, Husos adamantinos, la Conexión amelodentaria, Periquimatías y Líneas de imbricación de Pickerill.

2.5.1 ESTRÍAS DE RETZIUS

Son líneas o bandas de color pardo oscuro que marcan la sucesiva aposición de capas de tejido adamantino durante la formación de la corona. El color oscuro de las Estrías de Retzius esta la relación con su naturaleza hipocalcificada, la disposición de las estrías es diferente en las distintas regiones del diente: en las cúspides y bordes incisales se extienden de la conexión amelocementaria a conexión amelocementaria del lado opuesto describiendo una curva, en las caras laterales de la corona, tiene un recorrido oblicuo, y ofrecen el aspecto de casquetes en las cúspides y de anillos en las caras laterales.³⁸ (Fig. 8 y 11)

³⁸ Ib. pp. 241, 242, 349 y 350

2.5.2 LAMINILLAS O FISURAS DEL ESMALTE

Son microdefectos estructurales que tienen lugar entre los prismas del esmalte, se extienden en forma rectilínea desde la superficie del esmalte hasta la dentina e incluso pueden penetrar en ella, es tejido poco o nada mineralizado. En el esmalte del diente decíduo existen numerosos microdefectos al nivel de fosas o fisuras de los molares que pueden llegar a comunicar el complejo dentino pulpar de la superficie externa.

En la clínica deben tenerse en cuenta estos microdefectos cuando se realiza la técnica de grabado ácido, para evitar lesionar el tejido pulpar cuando se expone a demasiado tiempo de grabado ácido.³⁹ (Fig. 9)

2.5.3 PENACHOS DE LINDERER

Son estructuras semejantes a las laminillas del esmalte y son comparables a fallas geológicas. Se extienden en el tercio interno del esmalte y se despliegan desde el límite amelodentinario en forma de arbusto. Se cree que los Penachos de Linderer se forman en el desarrollo debido a cambios bruscos en la dirección de los prismas; están formados por tejido poco mineralizado ricos en proteínas del esmalte.⁴⁰ (Fig. 10)

2.5.4 BANDAS DE HUNTER-SCHREGER

Son bandas claras (parazonas) y oscuras (diazonas) de anchura variable y límites imprecisos que se observan en el esmalte ocupando las 4/5 partes del

³⁹ Ib. pp. 242, 244, 350 y 351

⁴⁰ Ib. p. 244

mismo. Su origen resulta del distinto plano de corte de los prismas; si el corte es transversal se observan las bandas claras y si el corte es longitudinal aparecen las bandas oscuras.⁴¹ (Fig. 8)

2.5.5 CONEXIÓN AMELODENTINARIA

Es la relación del esmalte y la dentina, su límite no es rectilíneo, sino que está constituido por cavidades o fosas pequeñas que dan una imagen festoneada en los cortes microscópicos. Corresponde a una zona hipermineralizada.⁴² (Fig. 11)

2.5.6 HUSOS ADAMANTINOS

Son estructuras con aspecto de clavav irregulares que se encuentran al nivel de la conexión amelocementaria. Corresponde a formaciones tubulares que alojan en su interior a las prolongaciones de los odontoblastos que discurren por los túbulos dentinarios. La penetración de estas prolongaciones se realiza previamente a la mineralización del mismo, ubicándose entre los ameloblastos y persistiendo en el interior del esmalte cuando éste se mineraliza.⁴³

2.5.7 PERIQUIMATÍAS Y LÍNEAS DE IMBRICACIÓN DE PICKERILL

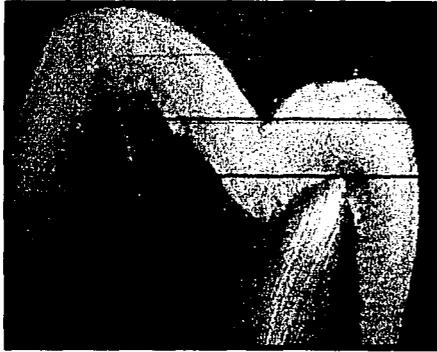
Son formaciones relacionadas con las Estrías de Retzius. Las líneas de imbricación son surcos poco profundos existentes en la superficie del esmalte, generalmente en la porción cervical de la corona; estos surcos son Estrías de Retzius observadas desde la superficie del esmalte.

⁴¹ Ib. pp. 244, 245 y 351

⁴² Ib. p. 246

⁴³ Ib. pp. 247, 248 y 351

Entre los surcos, la superficie del esmalte forma unos rodetes, crestas bajas o rebordes transversales denominados Periquimatías.⁴⁴



Estrías de Retzius

Esmalte.

Bandas de Hunter - Schreger

Dentina

Fig. 8

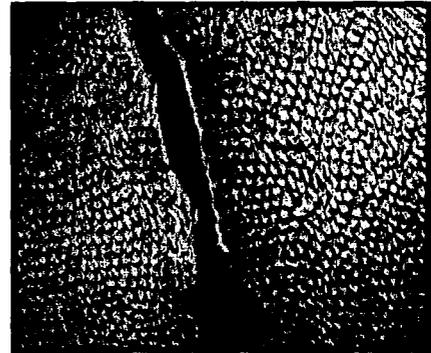
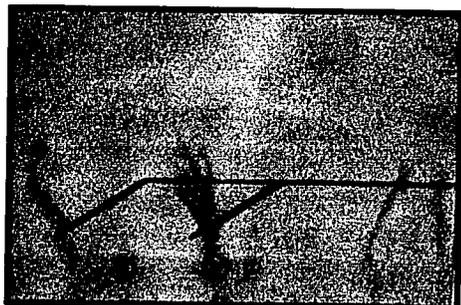


Fig. 9 Microfisuras del esmalte

⁴⁴ Ib. p.248



Penachos adamantinos

Fig. 10

Estrías transversales de los prismas

Estrías de Retzius

Conexión amelodentinaria

Prismas del esmalte



Fig. 11

3. ADHESIÓN A LA ESTRUCTURA DEL ESMALTE

Los cristales de hidroxiapatita son de naturaleza iónica; la hidroxiapatita es un compuesto de iones fosfato y calcio junto con un grupo hidroxilo, lo que permite considerarla como un fosfato de calcio hidratado.⁴⁵

Las uniones iónicas denotan un sólido con elevada energía superficial y atraen a la resina acrílica líquida sin relleno con baja viscosidad, el agente de enlace al esmalte humecta la superficie de alta energía y es llevada dentro de las microporosidades mediante atracción capilar.⁴⁶

Sin embargo, para poder crear esta unión idónea el esmalte debe ser preparado para la adhesión, el esmalte en sí es un sustrato de confianza para la adhesión; pero en condiciones normales se presentan varias barreras mecánicas para la obtención de una adhesión fuerte con resina compuesta.

El diente recién erupcionado está recubierto por la membrana de Nasmyth resultado final de la actividad ameloblástica, estando presente este integumento orgánico evita el grabado adecuado de la superficie adamantina aunque sólo mide de 1 a 2 μm de espesor, éste se adelgaza por abrasión desapareciendo casi totalmente en la edad adulta. La membrana de Nasmyth no es la única barrera a la preparación propiamente dicha del esmalte, si no también las proteínas de la saliva que se adsorben continuamente a la superficie, presentándose una película orgánica en la cual se depositan las colonias de microorganismos que forman la placa, por esta razón, el esmalte no tratado se

⁴⁵ Barrancos Mooney, J. Operatoria dental. 3era ed. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1990. p. 570

⁴⁶ Ib.

considera un sustrato de baja energía superficial, y por lo tanto está químicamente inadecuado para la adhesión.⁴⁷

Para lograr una superficie de elevada energía superficial el odontólogo debe de limpiar mecánicamente la superficie del esmalte para remover la película orgánica, ya que su presencia impide la acción del agente acondicionador al esmalte (Miura, Nakagowa e Ishizaki, 1973), demostraron que para conseguir fuerzas de adhesión máxima entre la resina y el esmalte, había que proceder antes del grabado a una esmerada profilaxis dental, ya que con el grabado sólo, las fuerzas de adhesión obtenidas eran de aproximadamente un tercio. Algunos estudios microscópicos (Gwinnett, 1976), demuestran que el grabado sin el pretratamiento de la superficie del esmalte se consigue un efecto irregular, con gránulos de película orgánica y microorganismos que contaminan la superficie grabada. Se recomienda el empleo de una dispersión acuosa de piedra pómez, y la utilización de un cepillo de profilaxis o una copa de hule (Taylor y Gwinnett, 1973), y posteriormente realizar la técnica de grabado ácido para eliminar una pequeña parte del esmalte.⁴⁸

Los iones hidrógeno que contiene el ácido son capaces de disolver la hidroxiapatita (cristal iónico de fosfato de calcio) de la superficie adamantina y dejar expuesto un esmalte limpio y con una elevada energía superficial como para atraer a la resina.⁴⁹

La solución ácida debe de tener suficiente actividad para ejercer su acción en un periodo breve de tiempo, así como también una acción controlada para no

⁴⁷ Mc. Laughlin. Op. cit. p. 20

⁴⁸ Jordan E. Ronald. Op. cit. p. 350

⁴⁹ Barrancos Mooney, Julio. Op. cit. p. 570

dañar en forma exagerada la estructura del diente, el ácido ortofosfórico ha demostrado ser sumamente conveniente. Al accionar sobre la hidroxiapatita, extrae el calcio que pasa a formar parte de la solución. Cuando se presenta concentrado en cierta cantidad, se forman fosfatos insolubles que al precipitar sobre la superficie del esmalte, limitan la acción del ácido.⁵⁰

Debe tenerse en cuenta la formación de fosfatos (o sales equivalentes en caso de haber utilizado otros ácidos) sobre la superficie del esmalte. Ya que actuó la solución ácida por un lapso de tiempo adecuado, debe lavarse el esmalte profusamente con agua a presión para "barrerlos" totalmente de la superficie del esmalte. En caso contrario, se fracasará en la adhesión entre la resina y el esmalte.⁵¹

Clinicamente el efecto del grabado ácido deberá de ser constatado al observar el cambio producido sobre la superficie adamantina; ésta pierde su brillo característico y toma un aspecto blanco mate al ser secada. La superficie así obtenida no sólo estará limpia si no que se habrá logrado crear en ella las irregularidades dentro de las cuales será posible adherir mecánicamente a nivel microscópico la resina. El grabado del esmalte transforma la superficie lisa del esmalte en una superficie irregular con alta energía superficial de 72 dinas/cm, dos veces más que el esmalte sin grabar.⁵²

La unión entre el esmalte y el material restaurador es establecida por la polimerización de los monómeros dentro de las microporosidades y mediante copolimerización de los remanentes enlaces dobles carbono-carbono con la fase matriz de la resina compuesta, produciendo fuertes enlaces químicos.⁵³

⁵⁰ Ib. p. 571

⁵¹ Ib.

⁵² Ib. p. 571

⁵³ Schwartz, Richard, y et. al. Fundamentos en odontología operatoria, "Un logro contemporáneo" 1era. ed. Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericana. Bogotá, Colombia. 1999. p. 155

4. GRABADO ÁCIDO

4.1 GENERALIDADES

El grabado ácido remueve casi 10 μm . de la superficie del esmalte, disolviendo selectivamente las terminaciones de los prismas en el esmalte restante, y crea una microcapa porosa de unos 25 a 75 μm de profundidad que actúan como un sistema de canales dentro de la cual puede fluir la resina sin relleno. El grabado ácido del esmalte incrementa el área de superficie más de dos mil veces, con lo que se obtiene mayor traba mecánica entre la resina y la superficie dentaria.⁵⁴ (Figs. 12 y 13)

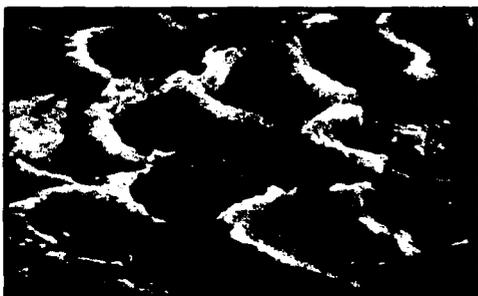


Fig. 12 Superficie microporosa del esmalte tras el grabado con ácido ortofosfórico al 37%



Fig. 13 Interdigitaciones de resina en el esmalte.

⁵⁴ Albers, Harry F. Op. cit. p. 78

La aceptación de la técnica de grabado ácido está apoyada por investigaciones que indican que para provocar una reacción pulpar es necesario que el ácido llegue a 500 micras o menos de la pulpa.⁵⁵

Los efectos logrados con la aplicación de una solución ácida sobre el esmalte dental son:⁵⁶

1. Limpieza de la superficie, disolución de la capa superficial contaminante
2. Desmineralización superficial y profunda por acción del ácido a la hidroxiapatita, formación de fosfatos de calcio, las cuales al ser removidas dejan una superficie microporosa que servirá de anclaje mecánico al adhesivo.
3. Modificación de la capa superficial no reactiva del esmalte, produciendo un sustrato de alta energía superficial, con atracción polar
4. Quedan expuestas las bases o los extremos de los cristales de hidroxiapatita, así como también las caras laterales en algunas de las zonas de los prismas, la acción del ácido se ejerce con mayor profundidad en la base que en las caras laterales de los cristales y por ello, la acción de limpieza y remoción no es uniforme.⁵⁷

Los factores que intervienen en el efecto del ácido ortofosfórico como agente grabador sobre la superficie del esmalte son:

- La concentración del ácido ortofosfórico con y sin pretratamiento mecánico.

⁵⁵ Doyle A, Walter. Clínicas de Norteamérica. Odontología pediátrica 1era.ed. Ed. Interamericana México, D.F. 1973 p.94

⁵⁶ Guzmán Báez, H. Op. cit. p.200

⁵⁷ Barrancos Mooney, Julio. Op. cit. p. 571

- La presentación del agente de grabado (gel o líquido).
- Tiempo de grabado

4.2 EL ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO COMO AGENTE GRABADOR

El grabado ácido que interesa se produce a un pH muy bajo (0.2) durante un tiempo de aplicación corto, comprendido entre 30 segundos, y 120 segundos.⁵⁸

Se han realizado numerosos estudios para medir y comparar los diferentes ácidos a diversas concentraciones sobre la superficie del esmalte, como los ácidos clorhídrico, cítrico y ortofosfórico. Este último es el que se utiliza generalmente, ya que consigue los resultados más constantes: una corrosión uniforme y una profundidad conveniente para concentraciones comprendidas entre el 30 % y el 40 %.⁵⁹

La aceptación del grabado de la dentina, ha llevado a muchos autores a intentar cambiar el grabado del esmalte en la dentina. Para ello se han introducido ácidos más débiles (cítrico, maléico, oxálico) y se han reducido los tiempos de aplicación de los mismos sobre esmalte comprometiendo en ocasiones la fiabilidad de la adhesión.

El uso del ácido ortofosfórico como agente grabador sobre el esmalte hace que este pierda su brillo característico y adopte un peculiar color " blanco mate", que es una evidencia macroscópica de un patrón de grabado correcto. Al utilizar ácidos más débiles, o al reducir tiempos de grabado adecuados, pero que no son evidenciales macroscópicamente. Esta es una de las razones

⁵⁸ Roth, Françoise. Los composites, 1era. ed. Ed. Masson. Barcelona, España. 1994 p. 39

⁵⁹ Ib. p. 43

principales por la que los clínicos y las casas comerciales se inclinan más al uso del ácido ortofosfórico.⁶⁰

4.3 PRESENTACIÓN DEL AGENTE DE GRABADOR (GEL Y LÍQUIDO)

Los efectos desmineralizantes del ácido ortofosfórico como agente grabador en el esmalte pueden ser similares sin importar su viscosidad, no hay datos concluyentes que demuestren diferencia alguna entre la fuerza de adhesión del agente grabador en gel y en líquido (Maijer, 1982).⁶¹

Se han realizado diversas investigaciones acerca de la eficacia del ácido grabador en presentaciones en líquido y en gel. Estas dos presentaciones del ácido se colocaron en las superficies del esmalte y se observó la descalcificación con el microscopio electrónico de barrido. En agentes ácidos en presentación de gel causó la penetración localizada, la cual era más profunda, mientras que el ácido en presentación líquida se expandió en el tejido dando penetraciones más pequeñas en comparación al gel.

Baharav y colaboradores realizaron diversas investigaciones del ácido ortofosfórico en presentaciones de líquido y gel. Ellos encontraron que grabando la superficie del esmalte con el ácido líquido producía una descalcificación irregular; mientras que con el ácido en gel producía una descalcificación más homogénea, profunda y localizada. Para poder obtener una superficie mejor grabada, utilizaron la agitación mecánica (frotamiento sobre la superficie) en la aplicación al esmalte con las dos presentaciones del ácido; una penetración similar del esmalte fue observada con el ácido en gel y líquido.

⁶⁰ Ariyaratnam, Ma. A comparison of surfaces roughness and composite/enamel bond strength of human enamel following the application of the Nd:YAG laser and etching with phosphoric acid. Dent. Materials January 1997 pp. 51-55

⁶¹ Jordan, E. Ronald y et. al. Op. cit. p. 353

Cuando la agitación mecánica no fue utilizada con el ácido en gel produjo una penetración levemente más amplia y profunda del esmalte, pero con pocas porosidades y áreas grandes del esmalte afectado.⁶² Los efectos de la desmineralización de los agentes grabadores del ácido ortofosfórico al esmalte dental pueden ser similares sin importar su viscosidad (Ishikawa, 1989).⁶³

Las ventajas del ácido en gel son que el clínico puede controlar fácilmente la extensión del ácido colocado en la superficie (Ruse y Smith, 1991; Guba, 1994).⁶⁴

Por muchos años se utilizaron ácidos líquidos, la mayoría de los agentes grabadores actuales se presentan en gel (Guba, 1994).⁶⁵

4.4 CONCENTRACIÓN DEL ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO

Numerosas investigaciones han sido desarrolladas para conocer la concentración óptima del ácido ortofosfórico usado como agente grabador en el esmalte, la solución ácida que se utiliza debe tener suficiente actividad para ejercer su acción en un lapso lo suficientemente breve para que sea compatible con el trabajo clínico.

Una posible aclaración de las diferencias en la solubilidad del esmalte puede ser la variación biológica en la composición y estructura del mismo.

⁶² Baharav ,H; Cardash, H.S The efficacy of liquid and gel acid etchants. J. Prosthetic Dentistry Vol. 60, 1998 pp. 545 - 547.

⁶³ Fernando de Goes, Mario. Morphological effect of the type, concentration and etching time of acid solutions on enamel and dentin surface. J. Dent Braz. 1998 pp, 324 - 328

⁶⁴ Perdigao, Jorge- Morphological field emission/SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents at human dent. Dent. Materials. July 1996 pp. 262 -271

⁶⁵ Ib.

La profundidad de grabado o la cantidad de esmalte superficial removido durante el procedimiento de grabado depende de la concentración ácida y el tiempo de grabado (Chiba 1989 , Pashley 1992).⁶⁶

El ácido cuando se presenta concentrado en cierta cantidad se forman fosfatos insolubles que al precipitar sobre la superficie del esmalte, limitan la acción del ácido. Las mayores y/o menores concentraciones forman fosfatos de calcio, con mayor rapidez y, por lo tanto su efecto sobre el esmalte puede resultar menos satisfactorio.⁶⁷

Se ha demostrado que las concentraciones que oscilan del 30 % al 50 % producen las uniones de esmalte-resina más fuertes.

Las concentraciones más bajas son más selectivas sobre la superficie del esmalte y proporcionan canales mas profundos con mayor rapidez para la unión a la resina, mientras que las concentraciones más elevadas son menos efectivas, ya que no eliminan selectivamente el material inorgánico de la matriz orgánica.

Altas concentraciones de ácido ortofosfórico se pueden asociar a la formación de cristales de fosfato de calcio en frente de la disolución, bloqueando otras penetraciones del ácido (Wang y Hume, 1988) y el ácido al 85 % no puede grabar a la estructura del esmalte, como se hace en concentraciones de 10 % al 45 % (Retief, 1975).⁶⁸

⁶⁶ Gottlieb, E.W. y et. al. An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part I: Tensile bond strength studies. J. Prosthetic Dentistry Vol. 48 July 1982 pp. 48 - 51

⁶⁷ Barrancos Mooney. Op. cit. p. 571

⁶⁸ Perdigao, Jorge. Op. cit. pp. 262-271

Con concentraciones del 70 % se ha observado una resistencia tensil menor en comparación con el uso de otras concentraciones menores.

Investigadores como Ohsawa encontraron que la fuerza tensil óptima en una resina de cianocrilato fue obtenida en una superficie de esmalte grabada con una solución de ácido ortofosfórico al ± 24 %.⁶⁹

Los resultados más recientes, se obtienen con concentraciones comprendidas entre el 30 % y el 40 %. Los ácidos de concentraciones débiles (5 al 15 %) y los ácidos de concentraciones más fuertes (60 al 80 %) no producen las modificaciones estructurales ideales para lograr una buena adhesión.⁷⁰

Gwinnet aplicó diferentes tipos de ácidos sobre la superficie del esmalte por periodos de 120 segundos y encontró que el ácido ortofosfórico al 50 % provoca un volumen de esmalte perdido en exceso.⁷¹

El uso de ácido ortofosfórico en concentraciones de entre 30 % - 40 %, con un tiempo de grabado de no menos de 15 segundos. Son recomendados para lograr la superficie más receptiva de esmalte para el enlace. La profundidad de grabados se incrementó a medida que la concentración aumenta hasta que la concentración alcanza 40 % a mayores concentraciones se obtiene un efecto reverso, la mayoría de los agentes tienen concentraciones de entre 30 % y 40 %, la solución ácida de ácido ortofosfórico al 40 % demostró tener resistencias de adhesión y eficacia en el sellado marginal.⁷²

⁶⁹ Gottlieb, E. W. y et. al Op. cit. pp. 48 - 51

⁷⁰ Roth, Françoise. Op. cit. p. 43

⁷¹ Lehman, R y Davidson L. Loss of surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride. Content. Am. J. Orthod Vol 80, 1981 pp. 73 - 82

⁷² Schwartz, Richard y et. al Op. cit. pp. 155 - 157.

Superficies condicionadas con 37 % de solución en gel de ácido ortofosfórico mostró una delimitación más pronunciada de los prismas, las bases de las superficies tienen una distribución más uniforme del patrón de los prismas grabados esta concentración es la que actualmente es la más comercializada en los geles ácidos.⁷³

La cantidad de la superficie de esmalte pérdida después de 60 segundos de un procedimiento de grabado con diez diferentes concentraciones de ácido ortofosfórico da como resultado que la máxima pérdida fue producida grabando con una solución de ácido al 37 %, una concentración al 0.5 % de ácido produce una pérdida de la cantidad de superficie igual que al 80 % de concentración.⁷⁴

La máxima cantidad de superficie de esmalte pérdida fue producida con 37 % de concentración de ácido ortofosfórico (52 μm), con otras concentraciones los investigadores reportaron que con 20 % de concentración se perdía una superficie de esmalte de 14 μm , de 10 % - 45 % se perdía una superficie de esmalte de 12 μm y con 40 %, se perdía una superficie de 22 μm .⁷⁵

En concentraciones al 50 % se obtienen 7 μm de pérdida de superficie del esmalte y decrece a 3.5 μm de pérdida con concentraciones al 60 % ; por lo tanto se recomiendan las concentraciones del 30 % al 40 %, siendo éstas las que brindan resultados más satisfactorios.⁷⁶

⁷³ Barkmeier W; Gwinnet y et. al Effects of reduced Acid Concentration etching time on bond strength an enamel morphology. J. Clin. Orthod Vol. 21, 1987 pp. 395 - 398

⁷⁴ Zidan, Omar y et. al. Phosphoric acid concentration, enamel surface loss and bonding strength. J. Prosthetic Dentistry Vol. 55. 1986 pp. 388 - 392

⁷⁵ Ib.

⁷⁶ Barkmeier W, y et .al. Op. cit. pp. 395 - 398

Otros estudios han demostrado que concentraciones que van de un rango de 0.5 % - 88 % al ser evaluadas demostraron que la tensión máxima se obtiene en concentraciones de un rango que va del 5 % al 20 % en tiempos de 15 segundos de aplicación sobre la superficie del esmalte, aunque no se mostraron cambios significativos en la morfología del esmalte.⁷⁷

El esmalte fluorado tiene una capa de resistencia ácida de 2 - 4 μm de grueso, es inadmisibles la omisión de que la aplicación de fluoruro acorta el periodo del procedimiento de unión. La concentración de fluoruro juega un gran rol en la solubilidad del diente en casos de ataque ácido, con altas concentraciones de fluoruro, sólo se disminuye la disolución de volumen del esmalte por acción del grabado con ácido ortofosfórico.⁷⁸

4.5 TIEMPO DE GRABADO

El tiempo de grabado en esmalte de dientes deciduos difiere de autor a autor, a pesar de que todos ellos usaron ácido ortofosfórico en sus experimentos aplicando tiempos que van de un rango de 2 segundos a 280 segundos.

Existen diferencias entre los efectos del grabado ácido en el esmalte sin tallar, capas exteriores capas internas de esmalte y esmalte tallado.

En la capa de la superficie de prismas menores en el esmalte de dientes deciduos puede resultar desfavorable al grabado ácido reduciendo la calidad de la unión en la resina, sin embargo la remoción de la capa menor de los prismas por molido o tallado previo al grabado ácido, da como resultado un relieve de grabado favorable.⁷⁹

⁷⁷ Ib.

⁷⁸ Lehman R. y Davidson L. Op. cit. pp. 73-82

⁷⁹ Fuks, Ana y et. al. Mechanical and acid treatment of the prismless layer of primary y teeth vs. Acid etching only: A SEM study. J. Dentistry for children, Vol. 44, May - June, 1977 pp. 222 - 225

Se ha demostrado que en todos los dientes deciduos y en el 70 % de los dientes permanentes tienen en su superficie una capa de esmalte aprismático (L. Ripa, 1966).⁸⁰

El esmalte aprismático (carente de prismas) proporciona menor retención de la resina aún cuando se le somete al grabado ácido. Con la remoción de 0.1mm. se elimina esta capa aprismática, y se consigue mejorar la unión de la resina y el esmalte grabado en un 25 % a 50 %, dependiendo de la cantidad de esmalte aprismático presente (P. Scheider, 1981).⁸¹

El grabado ácido actúa más efectivamente sobre las terminaciones de los prismas de esmalte. En odontopediatría el fracaso de los resultados clínicos de grabados es principalmente debido a la mínima solubilidad del esmalte deciduo.

Bozalis y colaboradores encontraron que los patrones de grabado sobre la superficie del esmalte de dientes deciduos son altamente variables al ataque que ocurre en cada prisma periférico o central en una manera imprescindible por las varillas individuales del esmalte o áreas de un diente.⁸²

El tiempo de grabado puede depender de la edad del diente. Los dientes permanentes recién erupcionados se graban mucho más rápido y sólo requieren 30 segundos de grabado para obtener un resultado óptimo. Los dientes que llévan pocos años en boca generalmente necesitan 60 segundos. Los dientes más viejos a veces requieren de un tiempo mayor, quizás hasta 120 segundos.

⁸⁰ Albers, Harry F. Op. cit. p. 79

⁸¹ Ib.

⁸² Bozalis, William y et. al. Mechanical pretreatments and etching of primary tooth enamel. J. Dentistry for children. Vol. 46, 1979 pp. 43 - 49

El tiempo de grabado de un diente permanente adulto es de 60 segundos, mientras que para dientes deciduos es de 120 segundos (P. Schneider, 1981)⁸³

García Godoy y Gwinnett (1991) realizaron investigaciones que revelaron que cada tiempo de grabado ocasionan un efecto significativo sobre la micromorfología del esmalte del diente deciduo, y encontraron que tallando la superficie del esmalte con una fresa de diamante antes del grabado se produce una distribución uniforme de la estructura prismática a pesar del tiempo de grabado.⁸⁴

Estos resultados sugieren que el pretratamiento mecánico y un adecuado tiempo de grabado son necesarios cuando se prepara el esmalte de un diente deciduo para la adhesión.

Coniff, Hamby y Silverstone (1977) reportaron que 120 segundos de grabado fueron necesarios en la superficie del esmalte del diente deciduo para lograr el establecimiento de un patrón de grabado propio.⁸⁵

Muller y Tianoff (1977) encontraron que incrementando el tiempo de grabado se presenta un incremento en las prolongaciones de resina, mejorando la adhesividad resina-esmalte.⁸⁶

⁸³ Albers, Harry F. Op. cit. pp. 83,84

⁸⁴ García Godoy, F. y Gwinnett. Effect of etching times and mechanical pretreatment on the enamel of primary teeth: An SEM study. Am. J. Dent. Vol. 4, 1991 pp. 115 - 118

⁸⁵ Redford, Deborah; Clarkson, Brian y et. al. The effect of different etching times on the sealant bond strength, etch depth, and pattern in primary teeth. Pediatric Dentistry Vol. 8 1986 pp. 11 -

15

⁸⁶ Ib.

Fuks y colaboradores (1977) estudiaron el patrón de grabado sobre la superficie del esmalte de los dientes deciduos usando diferentes tiempos de grabado, y encontraron que con 240 segundos de grabado se brindaba el deseado patrón de grabado. Aunque ellos establecieron que 180 segundos de grabado fué adecuado, a pesar del deseable patrón de grabado de 240 segundos , los autores admitieron la dificultad del aislado con éxito por 240 segundos del diente, especialmente en niños.⁸⁷

Sin embargo, en otros estudios fué encontrado que en esmaltes de dientes deciduos pueden ser grabados por no más de 180 segundos, aunque también hicieron pruebas con 90 segundos de grabado ácido; especulando que la subsuperficie de esmalte expuesta al tallado es más susceptible para el grabado ácido que en el esmalte normal de dientes deciduos.⁸⁸

Nordenvall y colaboradores (1977), hicieron estudios en dientes deciduos, permanentes jóvenes y permanentes maduros variando el tiempo de grabado de 15 a 60 segundos , encontrando que con 15 segundos de grabado en dientes deciduos se obtenían grandes superficies de esmalte irregulares más constantes; el trabajo de ellos soportaba la idea de un acortamiento en el periodo de grabado; aunque la correspondiente profundidad de grabado y resistencia no fueron analizados.⁸⁹

Simonsen (1978), comparó clínicamente la longevidad de selladores sobre dientes deciduos posterior al grabado ácido con 60 y 120 segundos. No encontró una diferencia significativa en la retención del sellador entre los dos tiempos de grabado.⁹⁰

⁸⁷ Fuks, Ana y et. al. Op. cit. pp. 222-225

⁸⁸ Redford, Deborah y et.al. Op. cit. pp. 11 - 15

⁸⁹ Brännström, Martín y Nordenvall, Johan. The effect of acid etching on the enamel, dentin, and inner surface of the resin restoration: A SEM investigation, J. Dent. Res. Vol. 56 No. 8, August 1977 pp. 917 - 923

⁹⁰ Redford, Deborah y et. al. Op. cit. pp. 11-15

Ripa (1979), estudió el grabado ácido en la superficie del esmalte del diente deciduo por 60 segundos. Él concluye que no hay bastante evidencia para soportar el incremento en el tiempo de grabado por más de 60 segundos , el acortamiento del tiempo de grabado pudo ser benéfico para minimizar el tiempo requerido para el aislamiento del diente.⁹¹

Branström y Nordenvall (1980), compararon el efecto de 15 segundos vs. 60 segundos , de grabado de un diente deciduo, un diente joven permanente y un diente permanente maduro bajo el microscopio electrónico de barrido y sus resultados fueron que en dientes deciduos no hubo diferencias significativas entre 15 y 60 segundos de grabado; en dientes permanentes jóvenes las superficies grabadas por 15 segundos , obtuvieron buenos estándares de una superficie irregular tanto como con 60 segundos; en dientes permanentes maduros grabados por un periodo de 60 segundos recibieron altos estándares tanto como con 15 segundos. Con 15 segundos de grabado la superficie irregular de los dientes deciduos comparada con la de los dientes permanentes jóvenes no fue satisfactoria, en cambio con 60 segundos, de grabado la superficie irregular de dientes deciduos y dientes permanentes jóvenes mostraron buenos resultados.⁹²

Redford, Clarkson y Jensen (1986), compararon la fuerza de unión en la superficie del esmalte grabado con periodos de 15, 30, 60 y 120 segundos y encontraron que grabando con 120 segundos, no se incrementa la fuerza de unión en comparación con los periodos de grabado de 15, 30 y 60 segundos.⁹³

⁹¹ Ib.

⁹² Nordenvall, Johan; Brännström y et. al. Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth. A comparison between 15 and 60 seconds of etching. Am. J. Orthod. Vol. 78 No. 1, July 1980 pp. 99 - 108

⁹³ Redford, Deborah y et. al. Op. cit. pp. 11 - 15

Meola y Papaccio comprobaron que con un tiempo de grabado de 60 segundos, no se producen diferencias significativas en la micromorfología de los dientes deciduos. Con un tiempo de 120 segundos, de grabado se obtiene una superficie porosa, pero no se logra la adecuada pérdida intra e interprismática que se necesita para la obtención de un grabado óptimo. En dientes deciduos que fueron grabados por 60 segundos después de la realización de un pretratamiento mecánico la pérdida de la superficie del esmalte fue inconstante e irregular; en cambio con un grabado ácido por 120 segundos previo a la realización de un pretratamiento, se encontró una distribución regular de la pérdida de la sustancia intra e interprismática, así como también la superficie porosa del esmalte fué uniforme y constante.⁹⁴

Hosoya y Goto (1990), realizaron estudios donde encontraron que no hay diferencias significativas en la apariencia de las estructuras de los prismas de la superficie del esmalte en dientes deciduos por grabado ácido con métodos de pretratamiento con periodos de 30 y 60 segundos.⁹⁵

Hosoya (1991), se percató de que todos los dientes deciduos con un pretratamiento mecánico grabados por 60 segundos presentaban un sobregrabado principalmente en el interior de las capas del esmalte. Sugirió que 30 segundos de grabado ácido es un tiempo óptimo sobre la superficie del esmalte tallado de dientes deciduos.⁹⁶

⁹⁴ Meola y Papaccio. Op. cit. pp. 49 - 53

⁹⁵ Hosoya, Yumiko y Goto, George. The effect of cleaning, polishing pretreatments and acid etching times on unground primary enamel. Journal of pedodontics. Vol. 14, 1990 p. 1990 pp. 84 - 92

⁹⁶ Hosoya, Yumiko. The effect of acid etching times on ground primary enamel. J. Clinical Pediatric Dentistry. Vol. 15, 1991. pp. 188 - 194

4.6 TIEMPO DE LAVADO

Existen diversas controversias con respecto al tiempo de lavado tras el grabado ácido sobre la superficie del esmalte, numerosos autores a través de sus investigaciones han tratado de definir el tiempo ideal de lavado, el cual catalogaron en un rango de 30 a 60 segundos, un lavado insuficiente deja productos de desecho sobre la superficie del esmalte que dificultan la insinuación de las prolongaciones de resina dentro de los canalículos del esmalte.

Otros autores han mencionado que con un tiempo de lavado de 15 segundos puede remover los fosfatos de calcio disueltos; aunque se ha encontrado que pueden deteriorar la infiltración de monómeros dentro de las microporosidades del esmalte grabado.⁹⁷

Soetopo y colaboradores demostraron un incremento en la fuerza adhesiva cuando se lava el esmalte durante 60 segundos en comparación con 15 segundos.⁹⁸ Se ha demostrado que esto conduce a una menor fuerza de unión esmalte-resina, se desconocen las implicaciones clínicas de este hecho; ya que en la practica se tiende a lavar por corto espacio de tiempo y ello no parece afectar el resultado de las restauraciones.⁹⁹

Recientemente, los tiempos de lavado tan breves como de un segundo han mostrado no empeorar la resistencia de unión y promover la microfiltración.¹⁰⁰

⁹⁷ Schwartz, Richard. Op. cit. p. 157.

⁹⁸ Mc. Laughlin, Gerald. Op. cit. p. 22

⁹⁹ Albers, Harry. Op. cit. pp. 83, 84

¹⁰⁰ Schuwartz. Op. cit. p. 157

Debemos de tomar en cuenta que el efecto del ácido forma precipitados en la superficie del esmalte; investigaciones mostraron que el ácido ortofosfórico al 50 % aplicado durante 60 segundos, forma un precipitado de monohidrato de fosfato monocalcico el cual es fácilmente removido durante el procedimiento de lavado.¹⁰¹

No así con concentraciones menores del 27 %, en el que se forma un precipitado de dihidrato fosfato dicálcico y es más difícil de remover, lo que requirió mayor tiempo de lavado.¹⁰²

Cuando se emplean ácidos en presentaciones de gel, es conveniente ampliar el tiempo de lavado por lo menos hasta de 30 segundos, para asegurar la total eliminación del gel y sus productos de reacción (Gwinnett, 1981).¹⁰³

5. CONTAMINACIÓN SALIVAL DE LA SUPERFICIE DEL ESMALTE GRABADA

En la actualidad la protección contra la contaminación de saliva sobre el esmalte grabado es fundamental para el éxito de la técnica de grabado ácido.

Al no tener precaución para un aislamiento adecuado, la contaminación por saliva sobre el esmalte grabado altera dramáticamente la topografía de la superficie y la capa de adherencia, siendo ésta la falla más importante en la unión esmalte-resina (Hormati, Fuller y Denehy, 1980).¹⁰⁴

¹⁰¹ Gottlieb. et. al. pp. 48 - 51

¹⁰² Ib.

¹⁰³ Jordan, E. Ronald. y et. al. Op. cit. p. 355

¹⁰⁴ Ib. 38

Silverstone a través de estudios con el microscopio electrónico de barrido comprobó que la superficie de esmalte grabada que se contaminó con fluidos orales por 60 segundos. Se observaba completamente oscurecida debido a los depósitos orgánicos.¹⁰⁵

Algunos autores recomiendan sólo enjuagar con spray de aire / agua las superficies del esmalte expuestas a la saliva por periodos cortos para eliminar la contaminación de la superficie, pero si esta área se lava vigorosamente con agua por 30 segundos. La superficie presentará la capa de adhesión marcada en la región grabada.

Exposiciones salivales sobre el esmalte grabado con intervalos desde 60 segundos hasta 5 segundos forma una película superficial tenaz, que difícilmente se elimina con spray de aire / agua .

La jeringa de aire / agua es otra fuente de contaminación de la superficie de esmalte grabado es posible que la línea del aire se contamine con aceite y / o agua. Si así se presentara puede dejar sobre la superficie grabada una capa microscópica delgada de aceite – agua que impediría la penetración del material restaurativo en el esmalte grabado.

La resina aplicada sobre la superficie contaminada por saliva, su fuerza de unión se ve afectada por arriba del 50 %, comparada con una superficie no contaminada. Aunque también otros estudios han demostrado que cuando una superficie contaminada fue lavada y regrabada la fuerza de unión que se presenta entre la resina y la superficie tratada también es menor en comparación con una superficie no contaminada.¹⁰⁶

¹⁰⁵ Silverstone; Hicks, John, y et.al. Oral fluid contamination of etched enamel surfaces: An SEM study. JADA. Vol. 110, 1985. pp. 329 - 332

¹⁰⁶ Ib.

Cuando el material de resina fue colocado directamente sobre la superficie contaminada con saliva, se presentaron fracturas en todos los sitios de la interfase esmalte – resina.

La conclusión a la que se ha llegado enfatiza:¹⁰⁷

- La importancia de mantener un campo seco para la realización de la técnica de grabado ácido, previo a la colocación del material restaurativo.
- La contaminación por saliva del esmalte grabado por un sólo segundo presenta una capa adherente que disfraza el esmalte grabado.
- Con la exposición de contaminación de saliva por un segundo o menos podría removerse por lavado satisfactoriamente.
- Si existe contaminación salival por un segundo o más, se debe lavar y secar meticulosamente la superficie dentaria y repetir nuevamente el procedimiento completo de la técnica del grabado ácido.

6. REMINERALIZACIÓN

Una de las principales inquietudes y dudas en el uso de agentes ácidos en el esmalte ha radicado en la posibilidad de desmineralizar tejido adyacente que no va a quedar protegido por el material restaurador y la susceptibilidad de la superficie a la caries de este tejido afectado.

La aplicación de un producto de grabado debe llevarse a cabo con un máximo de precisión evitando el desbordamiento sobre la superficie del esmalte,

¹⁰⁷ Ib.

ya que el composite se adheriría fuera de los límites previstos y resultará difícil de eliminar.¹⁰⁸

En estudios realizados in vivo por Albert y Grenoble demuestran que al término de una hora ya comienzan a precipitarse depósitos de fosfato de calcio proveniente de los fluidos orales sobre el tejido desmineralizado y al término de 96 hrs. reportan una completa remineralización del esmalte.¹⁰⁹

Existe un intercambio iónico activo y permanente entre el esmalte y el medio bucal ya que disponemos de la presencia del fluoruro en saliva, en la placa y en el esmalte superficial, y en casos de desmineralización el fluoruro es liberado desde estos sitios contribuyendo a una remineralización posterior.¹¹⁰

El fluoruro provoca cambios radicales en la trama de hidroxiapatita. Situado en una posición normalmente ocupado por un ión hidroxilo, la inclusión de fluoruro aumenta la intensidad de las ligas de hidrógeno y electrostáticas dentro del cristal y forma una trama de apatita termodinámicamente más estable y menos soluble en ácidos.¹¹¹

Un factor importante y que debe tenerse en cuenta es que no se requieren concentraciones elevadas de fluoruro para producir la remineralización, porque si éste se encuentra presente de manera continua en bajas concentraciones puede difundir hacia el interior de la lesión y precipitar como fluorapatita o fluorhidroxiapatita.

¹⁰⁸ Albers, Harry. Op. cit. pp. 78, 79

¹⁰⁹ Guzmán Báez, H. Op. cit. pp. 200, 201

¹¹⁰ Barrancos Mooney, Julio. Op. cit. p. 238

¹¹¹ Ib. p. 339

La administración de fluoruro por vía sistémica ó tópica tiene como objetivo acumular el ión en la saliva, en la placa y en el esmalte superficial para que se encuentre disponible en casos de ataques ácidos.

Se recomienda que se si lleva a cabo la aplicación tópica del fluoruro no se utilicen geles acidulados. Ya que disuelven algunos tipos de partículas de relleno de los composites (Nelson, 1984).¹¹²

¹¹² Albers, Harry. Op. cit. p. 79

CONCLUSIONES

Evidentemente, la técnica de grabado empleando el ácido ortofosfórico sobre el esmalte de dientes deciduos y permanentes jóvenes ha sido un tema controversial en el que difieren la mayoría de los investigadores, tratando de lograr un patrón de grabado idóneo. En esta búsqueda exhaustiva para lograr una corrosión uniforme sobre la superficie del esmalte de los dientes deciduos y permanentes jóvenes, así como la unión más resistente entre el esmalte y resina se debe de tener en cuenta que existen diversas consideraciones; como la cantidad de esmalte superficial removido durante la técnica de grabado, que dependerá del porcentaje de la concentración del ácido ortofosfórico comprendidas entre el 30% y 40% que han demostrado tener una buena resistencia y eficacia en el sellado marginal, las superficies del esmalte condicionadas con 37% de solución ácida en presentación de gel han mostrado una delimitación más pronunciada de los prismas, así como las bases de las superficies tienen una distribución más uniforme de grabado. Cada tiempo de grabado ocasiona un efecto significativo sobre la morfología de la superficie del esmalte del diente deciduo debido a que los patrones de grabado son variables al ataque ácido.

Los agentes ácidos en presentación de gel causan una penetración más homogénea localizada y profunda sobre la superficie del esmalte en comparación con la presentación líquida, pero también es recomendable un pretratamiento mecánico de la superficie del esmalte con la utilización de polvo de piedra pómez, cepillo de profilaxis o una copa de hule, seguido de un adecuado tiempo de grabado para lograr la adhesión, exponiendo a los prismas a la disolución ácida y lograr un sustrato de elevada energía superficial.

El tiempo de grabado para la superficie del esmalte del diente deciduo con un pretratamiento mecánico es de 30 segundos y en el diente permanente joven

es de 15 segundos. El tiempo de grabado cambiará cuando estos dientes no presenten un tratamiento previo y éste será de 60 segundos en los dientes deciduos y de 30 segundos en los permanentes jóvenes, el tiempo de lavado cuando se emplee gel como agente grabador deberá ser mínimo de 30 segundos para asegurar la total eliminación del mismo y sus productos de reacción.

Finalmente para lograr el éxito adecuado en este procedimiento clínico se recomienda evitar la contaminación salival de la superficie grabada, debido a que la saliva sobre el esmalte grabado modificará de manera significativa la topografía de la superficie y la capa de adherencia, siendo esta última la deficiencia más significativa en la unión esmalte – resina. Cuando la contaminación por saliva ha sido por un segundo o menos ésta podrá ser removida por lavado de aire – agua (spray) de manera satisfactoria no alterando la superficie grabada, pero cuando la exposición ha sido mayor a ese tiempo se deberá lavar meticulosamente la superficie dentaria y repetir el procedimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- * Albers, Harry F. Odontología Estética. 1era. reimpresión. Ed. Labor. Barcelona, España. 1991. pp. 77 – 84
- * Ariyaratnam, María. A comparison of surfaces roughness and composite / Enamel bond strength of human enamel folling the application of the Nd: Yag laser and etching with phosphoric acid. Dent. Materials. January 1997. pp. 51 – 55
- * Baharav, H.; Cardash, H.S. y et.al. The efficacy of liquid and gel acid etchants. J. Prosthetic Dentistry. Vol. 60. 1988 pp. 545 – 547
- * Barrancos, Mooney Julio. Operatoria dental. 3era. ed. Ed.Médica Panamericana. Buenos Aires , Argentina. 1999. pp. 336 - 339, 570 – 573
- * Barkmeier, Wayne.; Gwinnett John y et. al. Effect of reduced acid concentration and etching time on bond strength and enamel morphology. J. Clin. Orthod. Vol. 21. 1987. pp. 395 – 398
- * Bozalis, William.; Marshall Grayson W. Jr. y et. al. Mechanical pretreatments and etching of primary – tooth enamel. J. Dentistry for children. Vol. 46. January - February, 1979. pp. 43 - 49
- * Brännström, Martin.; Nordenvall, Johan. The effect of acid etching on enamel, dentin, and inner wurface of the resin restoration: A SEM investigation. J. Dent Rest Vol. 56 No. 8 August 1977 pp. 917 – 923
- * Buonocore, Michael A. Simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J. Dent. Res. Vol. 34. 1955. pp. 849 –853
- * Doyle, Walter A. Clínicas de Norteamérica. Odontología pediátrica. 1era. ed. Ed Interamericana. México, D.F. enero, 1973 pp. 93 – 104
- * Fernando de Goes, M. Morphologic effect or the t,ype concentration and etching time or acid solutions on enamel and dentin surface. J. Dent. Braz . 1998 pp. 324 – 328

- * Fuks, Ana; Eidelman, E. y et. al. Mechanicals and acid treatment of the prismaless layer of primary teeth vs. acid etching only : A SEM study. J. Dentistry for children. Vol. 44 May – June, 1977. pp. 222 – 225
- * García, Godoy F. y Gwinnett, A.J. Effect of etching time and mechanical pretreatment on the enamel of primary teeth: An SEM study. Am. J. Dent. Vol. 4 Jun, 1991. pp. 115 - 118
- * Gómez de Ferraris y Campos Muñoz. Histología y Embriología Bucodental. 2da. reimpresión. Ed. Médica Panamericana. Madrid, España. 2001. pp. 227 - 265 y 343-345
- * Gottlieb, E. W.; Retief, D. H. y et. al. An optimal concentration of phosphoric acid as an etching agent. Part I : Tensile bond strength studies. J. Prosthetic Dentistry. Vol. 48 July, 1982. pp. 48 – 51
- * Guzmán, Báez Humberto José. "Biomateriales Odontológicos de uso clínico". 1era. ed. Ed. Cat. Colombia, 1990 pp. 198 – 201
- * Hosoya, Yumiko. The effect of acid etching times on ground primary enamel. J. of Clinical Pediatric Dentistry. Vol. 15, 1991. pp. 188 – 194
- * Hosoya, Yumiko y Goto, George. The effect of cleaning, polishing pretreatmens and acid etching times on unground primary enamel. J. Pedodontics. Vol. 14. 1990 pp. 84 – 92
- * Ibsen, L. Robert, y Neville, Kris. Odontología Restauradora Adhesiva. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1977. pp. 47 – 58
- * Jenkins, G. Neill. Fisiología y Bioquímica Dental. 1era. edición Ed. Limusa, México 1983. pp. 116 – 123
- * Jordan, E. Ronald y et. al. Grabado compuesto estético " Técnicas y materiales". 2a. ed. Ed. Mosby. Madrid, España. 1994. pp. 24 - 83 y 348 – 361
- * Lehman, R. y Davidson, L. Loss surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride content. Am. J. Orthod. Vol. 80. 1981. pp. 73 – 82

- * Mc. Laughlin, Gerald; Rochette, Alain y et. al. Retenedores de Adhesión Directa. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1978. pp. 17 – 26
- * Meola, M. T. y Papaccio, G. A scanning electrón microscope study of the effect of etching time and mechanical pre- treatment on the pattern of acid etching on the enamel of the primary teeth. International Dental Journal. Vol. 36. 1986. pp. 49 – 53
- * Nordenvall, K. J.; Brännström, M. y et. al. Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth. A comparation between 15 and 60 seconds of etching. Am. J. Orthod. Vol. 78 No. 1. July 1980. pp. 99 – 108
- * Perdigo, Jorge. Morphological field emission – SEM study the effect of six phosphoric acid etching agents of human dent. Dental Materials. July, 1996. pp. 262 – 271
- * Redford, Deborah.; Clarkson, Brian H. y et. al. The effect of different etching time on the sealant bond strength, etch depth and pattern in primary teeth. Pediatric Dentistry. Vol. 8. 1986. pp.11 - 15
- * Roth, Françoise. Los Composites. Ed. Masson. Barcelona, España. 1994. pp. 35 – 45
- * Schwartz, Richard y et. al. Fundamentos en Odontología Operatoria. Un Logro Contemporáneo. 1era.ed. Ed. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericana. Bogotá, Colombia. 1999. pp. 141 – 186
- * Silverstone; y Hick, John y et. al. Oral fluid contamination of etched enamel surfaces: An SEM study. JADA. Vol. 110. 1985. pp. 329 – 332
- * Simonsen, Richard; Van, Thompson y et. al. Técnica de grabado ácido en prótesis de puentes. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1990. pp. 32 - 39
- * V. Vrbic, J; Stupar y et. al. Trace element content of primary an permanent tooth enamel. Caries Res. Vol. 21. 1987. pp. 37 – 39
- * Zidan, Omar y Hill, Gary. Phosphoric acid concentration enamel surface loss and bonding strength. J. Prosthetic Dentistry. Vol. 55. 1986. pp. 388 – 392