

EFFECTO DE ELECTROLITOS SOBRE EL GRADO DE LIMPIEZA DEL BARRILLO DENTINARIO

Marlyn Berrios¹, Mariel López², Alirio Balza³ y Juan Carlos López⁴

¹Postgrado en Rehabilitación Bucal, Facultad de Odontología. ²Estudiante de pregrado de la Escuela de Ingeniería Química. ³Centro de Microscopía Electrónica "Ernesto Palacios Pru". ⁴Laboratorio de Química Experimental Aplicada (QUEXA), Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Trabajo financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCHT) Universidad de Los Andes, Proyecto 0-226-0807C. berriosm@ula.ve.

Resumen

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la composición química de electrolitos, Na⁺, Ba²⁺ y Fe³⁺ (naturaleza o carga y concentración) sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario de la superficie de dentina. Se evalúa el efecto de 21 tratamientos, conformados por soluciones de tres sales de cloruro a diferentes concentraciones, sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario de la superficie de dentina profunda de 42 especímenes seleccionados al azar, obtenidos a partir del corte de seis terceros molares humanos no cariados, extraídos por indicación ortodóntica y conservados en suero fisiológico bajo refrigeración durante tres semanas. Se diseñó una escala para medir el grado de limpieza del barrillo dentinario con aplicación potencial en investigaciones sucesivas. Se encontró que la composición química electrolítica del tratamiento afecta el grado de limpieza del barrillo dentinario sobre la dentina. El efecto de los electrolitos sobre el grado de limpieza de los distintos tratamientos parece estar correlacionado con el fenómeno de la doble capa eléctrica, la cual se activa con el pH del medio.

Palabras clave: electrolitos, barrillo dentinario, doble capa eléctrica, grado de limpieza

Abstract

The effect of electrolytes on dentin smear layer cleaning.

The objective of this research is evaluate the effect of the chemical composition of electrolytes, Na⁺, Ba²⁺ y Fe³⁺ (nature or charge and concentration) on smear layer cleaning grade of dentin surface. The effect of 21 treatments, chloride salts at several concentrations, on cleaning grade of dentin smear layer is evaluated in depth-dentin surface of 42 specimens selected randomly; obtained from the cut of six human third molars caries relief, with extraction orthodontic indicated thereafter refrigerated in physiologic serum during three weeks. A scale for measuring the cleaning grade of dentin smear layer is designed with potential application in consecutive researches. The treatment electrolytic chemical compositions reveal that it has an effect on the cleaning grade of dentin smear layer. It appears that the cleaning grade of the several treatments is correlated with the electrical double layer which is markedly activated by the medium pH.

Key words: electrolytes, smear layer, electrical double layer, cleaning grade

INTRODUCCIÓN.

Uno de los problemas actuales que enfrenta la odontología restauradora es el de la adhesión de materiales restauradores a la dentina, debido a que no es tan fuerte y duradera como la del esmalte (Van Landuyt et al. 2007). Una buena adhesión implica un contacto íntimo entre el adhesivo y el sustrato (Aguilar-Mendoza et al. 2008, Smith 1996), por lo que, normalmente, las perspectivas de tratamiento se basan sobre la efectiva penetración del adhesivo en la dentina parcialmente desmineralizada (Peumans et al. 2005), la formación de una capa híbrida o de interdifusión entre el adhesivo y la dentina (Breschi et al. 2008, De Munck et al. 2005), y la remoción parcial o total de la capa de barrillo dentinario "pobremente" adherida a la superficie de la dentina (Marshall et al. 1997). Este último aspecto relacionado con la limpieza de la superficie es el

principal requerimiento para lograr una fuerte unión entre el adhesivo y el sustrato (Marshall et al. 2010). El barrillo dentinario es una capa de desechos o residuos que resulta de la instrumentación dental, la cual cubre los componentes estructurales normales de la dentina (Ayad 2001, Brännström y Nordenvall 1977, Marshall et al. 1997) y penetra entre 1 y 2 micrómetros dentro de los túbulos dentinarios (Pashley 1991). Teniendo en cuenta que la capa de barrillo disminuye la fuerza de adhesión de las resinas compuestas (Ayad 2001, Echeverría 2004), muchos sistemas adhesivos incluyen soluciones ácidas para tratar la superficie de la dentina como paso previo a la aplicación del adhesivo (De Munck et al. 2005). El ácido fosfórico al 37 % es la solución ácida más común en dichos sistemas, debido a su comprobada efectividad en la remoción del barrillo

dentinario y a su posible efecto desmineralizador o solubilizador de la dentina peritubular (Brajdić et al. 2008, Franchi y Breschi 1995).

Tani y Togaya (1995) exploraron métodos de pre-tratamiento de la superficie dentinaria sin la aplicación de ácidos. Trataron las muestras dentinarias con una solución acuosa diluida de tiocianato de potasio (KSCN) y observaron que la capa de residuo se removió satisfactoriamente, no obstante, al añadir sales metálicas trivalentes (FeCl_3 , $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$), la elución de los tapones dentinarios decreció y los túbulos permanecieron cerrados. Ayad (2001) empleó distintos agentes ácidos (ácido poliacrílico al 25%, ácido fosfórico al 10%, ácido cítrico al 10%, ácido láctico al 20% y ácido fosfórico al 32%) y encontró que la extensión de la remoción de la capa de residuo dentinario y, por ende, el proceso de adhesión ulterior, se ven afectados de alguna manera por el pH y el tipo de solución ácida empleada. También, observó que con ácido láctico al 20% (pH=1,40) y ácido fosfórico al 32% (pH=0,16), los túbulos se abrieron casi completamente y también notó una importante pérdida de tejido peritubular (desmineralización), aunque en el primero de los casos dicho efecto fue mucho menos evidente.

Los resultados de un estudio reciente, llevado a cabo con la finalidad de analizar el efecto de la aplicación del ácido fosfórico al 37% durante cero, 5 y 15 s en la superficie de la dentina superficial y profunda sobre el número, diámetro y densidad de túbulos dentinarios abiertos y parcialmente obstruidos por el barrillo dentinario, sugieren que el ácido no remueve el barrillo dentinario por demineralización o solubilización, por consiguiente, su mecanismo de acción puede ser otro diferente relacionado con la formación de una doble capa eléctrica (Berrios y López 2010). La doble capa eléctrica representa la disposición de las cargas interfaciales que presentan los sólidos y los líquidos cuando sus superficies entran en contacto con una solución acuosa electrolítica (Salager 1998b). Las fuerzas repulsivas electrostáticas que componen la doble capa eléctrica pueden alterarse considerablemente al cambiar la concentración, la valencia y la naturaleza de los electrolitos (Salager 2007). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la composición química de electrolitos, Na^+ , Ba^{2+} y Fe^{3+} (naturaleza o carga, y concentración) sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario de la superficie de la dentina.

METODOLOGÍA.

En la presente investigación, de carácter experimental y de corte transversal, se evaluó el efecto de 21 tratamientos, conformados por soluciones de tres sales de cloruro a diferentes concentraciones, sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario de la superficie de dentina profunda. Para ello, se seleccionaron al azar 42 especímenes de dentina profunda, los cuales se obtuvieron a partir del corte de seis terceros molares humanos no cariados, extraídos por indicación ortodóntica y conservados en suero fisiológico bajo refrigeración durante tres semanas.

Preparación de las soluciones de sales de cloruro.

Las soluciones electrolíticas se prepararon a partir de sales de cloruro mono, di y trivalentes: cloruro de sodio (NaCl), cloruro de bario (BaCl_2) y cloruro férrico (FeCl_3), respectivamente. Los reactivos sólidos se mezclan con agua destilada para obtener soluciones al 0.4 N de NaCl , BaCl_2 y FeCl_3 . Las soluciones de menor concentración de cada una de las sales (0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001 y 0.0000001 N) se obtienen por dilución para un total de 21 soluciones. El pH de las soluciones se midió con un pH-metro (Metrohm 620 pH-meter).

Obtención de los especímenes.

La corona de los molares se corta transversalmente, en una dirección perpendicular a su eje longitudinal 4 a 5 mm desde la cúspide más prominente según radiografía control (figura 1), con una fresa de carborundo cilíndrica #506 e instrumento rotatorio de alta velocidad con irrigación permanente de agua (figura 2). Este corte expone la superficie de dentina profunda (a una distancia de 1 a 2 mm de la pulpa) y la capa de desecho (barrillo dentinario). Los molares, con la superficie de dentina profunda, así expuesta, se seccionan posteriormente en una dirección mesio-distal y vestibulo-lingual con un disco de diamante, de 0.3 mm de espesor, mediante instrumento de baja velocidad (figura 3) para obtener más de ocho especímenes por diente de 4 mm² de área (superficie de dentina profunda) y 2 mm de largo aproximadamente (figura 3). En este caso, se obtuvieron 46 especímenes, de los cuales se seleccionaron y distribuyeron al azar 42 de acuerdo a los 21 tratamientos y de esta manera obtener dos réplicas.

Tratamiento de la superficie de la dentina.

Sobre la superficie de dentina profunda de cada uno de los especímenes se aplica el tratamiento respectivo empleando para ello un miniaplicador. La

solución se deja actuar durante 40 segundos, luego se lava con un chorro de la misma solución de tratamiento, generado por una inyectora de 12 ml de capacidad y, finalmente, se airea suavemente la superficie durante 2 s.



Fig. 1. Radiografía control con testigo metálico milimetrado.



Fig. 2. Corte transversal de la corona de uno de los dientes.



Fig. 3. Corte longitudinal del diente para obtener los especímenes de dentina.

Observación al microscopio electrónico de barrido.

Los especímenes se prepararon y se montan en un porta muestra para ser observados a través del microscopio electrónico de barrido (Hitachi S-2500) (figura 4). Las microfotografías se tomaron directamente de la pantalla del microscopio mediante una cámara digital (Sony DSC-W100). Se obtuvieron cinco microfotografías, a 1300 X, de la superficie de dentina profunda tratada de cada especimen. Los lugares para la toma de las

fotografías se seleccionaron de manera arbitraria: en el centro de la muestra y en las cuatro esquinas ligeramente distanciadas del borde de las paredes laterales del espécimen, esto con la finalidad de evitar efectos de borde. La réplica 1 del tratamiento con cloruro férrico al 0.4 N se desprendió del porta muestra durante el proceso de observación por lo que no se observó. De esta manera se obtuvo un total de 205 microfotografías las cuales se evaluaron para determinar el grado de limpieza del barrillo dentinario.



Fig. 4. Especímenes montados en el porta-muestras del microscopio electrónico de barrido.

Determinación del grado de limpieza.

Cuatro evaluadores calificados valoraron el grado de limpieza del barrillo de cada una de las microfotografías con base en sus características y mediante una escala que se describe más adelante (figura 5).

Escala para la medición del grado de limpieza de barrillo dentinario.

La escala utilizada para medir el grado de limpieza de barrillo dentinario se define de acuerdo con los siguientes criterios:

1. El grado de apertura de los túbulos dentinarios es el criterio principal a tomar en cuenta para la valoración del grado de limpieza. Un túbulo dentinario abierto se observa como un área de forma circular oscura rodeada de un anillo de color claro. Este criterio se refiere al número de túbulos abiertos y al diámetro de apertura de los mismos. Mientras mayor es, tanto el número de túbulos abiertos como el diámetro de éstos, mayor es el grado de limpieza. Un mayor grado de limpieza puede permitir la observación, dependiendo del ángulo de observación, de pequeños orificios o ramas colaterales en el interior de los túbulos dentinarios (Mjör y Nordahl 1996).
2. Área superficial cubierta por barrillo dentinario: Las partículas de dentina se unen entre sí formando el barrillo dentinario. Este criterio se refiere al área superficial cubierta de barrillo dentinario; mientras

menor es el área cubierta por el barrillo mayor es el grado de limpieza.

Indicios de la presencia de túbulos dentinarios debajo de la capa de barrillo. El barrillo se introduce dentro de los túbulos dentinarios formando tapones que obturan los túbulos de manera parcial o total. La obturación parcial implica túbulos dentinarios, a una misma

3. lugar se observa una mancha irregular de color claro que sugiere la presencia de un túbulo dentinario que denominamos indicio. En este último caso a mayor número de indicios de la presencia de túbulos dentinarios mayor es el grado de limpieza. La forma de estas manchas o indicios también puede variar dependiendo del grado de limpieza. Cuando predominan las manchas en forma de puntos o pequeñas líneas, la limpieza es menor que cuando

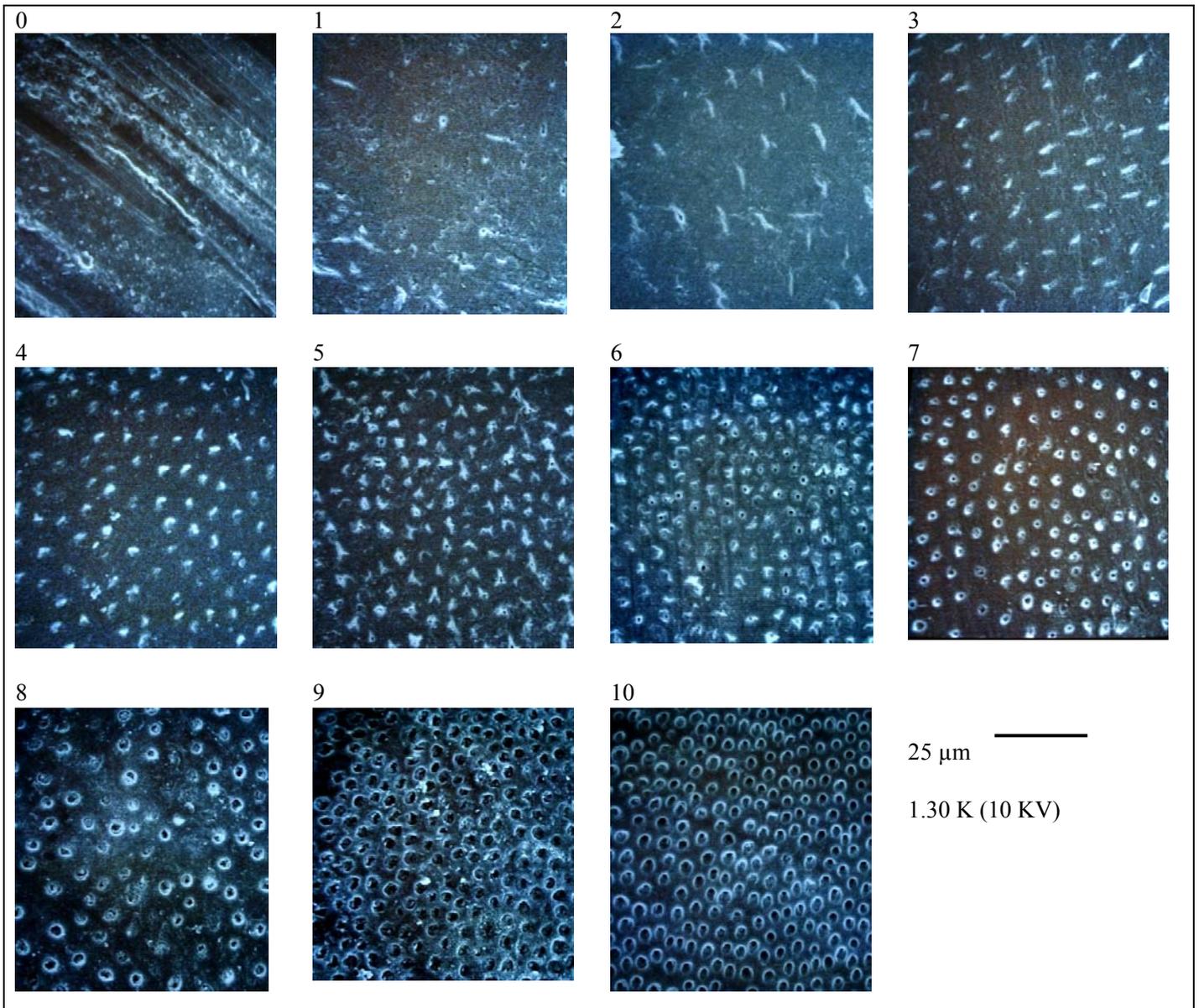


Fig. 5. Escala para medir el grado de limpieza de barrillo dentinario.

profundidad de corte, con un diámetro aparente menor al real que se percibe con la disminución del aro de color claro. La obturación total no deja ver la luz del túbulo dentinario, en su

.....predominan las que son en forma redondeada.
 4. Cuando el espesor de la capa de barrillo es grueso no se observan los indicios.
 5. Densidad “similar” de túbulos dentinarios en todos los especímenes: la densidad de túbulos dentinarios aumenta a medida que el corte de la dentina se

aproxima a la pulpa (Fosse et al. 1992). Siendo la profundidad de corte, aproximadamente, la misma se asume igual densidad superficial de túbulos dentinarios en cada uno de los especímenes observados.

La escala para medir el grado de limpieza del barrillo dentinario consiste en once valores enumerados de menor a mayor del 0 al 10, los cuales se describen a continuación:

- Grado 0: se llama así al grado en el que no hay limpieza de barrillo dentinario. El área superficial cubierta por barrillo dentinario es tan grande que forma una capa de un espesor tal que no permite observar ni siquiera un indicio de la presencia de túbulos dentinarios.
- Grado 1: una capa “densa” de barrillo dentinario cubre la superficie de la dentina y se observa al menos un indicio de la presencia de los túbulos dentinarios.
- Grado 2: hay indicios de la presencia de túbulos dentinarios distribuidos sobre toda la superficie de la dentina, los cuales lucen como puntos y/o pequeños segmentos de línea. La densidad de indicios es baja y no se observan túbulos dentinarios abiertos.
- Grado 3: igual al anterior con la diferencia de que la densidad de indicios de la presencia de túbulos dentinarios es mayor.
- Grado 4: similar al anterior con la diferencia de que las manchas claras que dan indicios de la presencia de túbulos dentinarios son de forma predominantemente redondeada.
- Grado 5: corresponde al grado medio de limpieza, o grado de limpieza regular. Se observa gran cantidad de indicios de la presencia de túbulos dentinarios de forma predominantemente redondeada. Se observan algunos túbulos dentinarios parcialmente obstruidos que permiten ver cierta luz del interior de los mismos. Puede observarse áreas cubiertas por barrillo dentinario. No se observan túbulos dentinarios abiertos.
- Grado 6: igual al anterior con la diferencia de que se observan túbulos dentinarios abiertos de diámetro inferior a 2.5 µm.
- Grado 7: predominan los túbulos dentinarios abiertos con diámetro menor a 2.5 µm. Puede observarse áreas cubiertas por barrillo dentinario.
- Grado 8: en este grado predominan los túbulos dentinarios abiertos de diámetro mayor a 2.5 µm. Pueden observarse indicios de la presencia de algunos túbulos dentinarios, así como áreas cubiertas de barrillo dentinario. También pueden

observarse partículas de barrillo dentinario en el interior de algunos túbulos.

- Grado 9: la densidad de túbulos dentinarios abiertos de diámetro mayor a 2.5 µm es mayor que la del grado 8. Pueden observarse algunas partículas de barrillo dentinario sobre la superficie de la dentina y obstruyendo la luz de algunos túbulos.
- Grado 10: es el grado de limpieza óptimo; todos los túbulos dentinarios visibles están abiertos, los cuales son de gran diámetro. No hay presencia de partículas de barrillo dentinario. Se observa, en algunos casos, ramas colaterales en el interior de los túbulos.

El grado de limpieza del barrillo dentinario proporcionado por cada uno de los tratamientos es el promedio de las observaciones de los cuatro evaluadores (tabla 1).

Tabla 1. Grado de limpieza del barrillo dentinario de acuerdo con los diferentes tratamientos.

Electrolito	NaCl	BaCl ₂	FeCl ₃	*P
Concentración (N)				
1 x 10 ⁻⁷	*2.48	0.93	0.73	0.0001
1 x 10 ⁻⁵	*1.55	2.65	2.20	0.01
1 x 10 ⁻⁴	*1.53	2.35	2.33	0.05
1 x 10 ⁻³	2.55	3.03	3.16	n. d.
1 x 10 ⁻²	*2.68	1.03	*5.78	0.0001
1 x 10 ⁻¹	0.00	*1.05	0.00	0.0001
4 x 10 ⁻¹	*1.23	*0.20	0.50	0.05

RESULTADOS.

Las diferencias estadísticas entre los valores promedio correspondientes al grado de limpieza en relación con la concentración de los electrolitos se muestran en la tabla 1. Tanto en la tabla 1 como en la figura 6 se observa la relación entre el grado de limpieza y la concentración de las sales empleadas. El grado de limpieza del barrillo dentinario varía entre 0 y 3 cuando los tratamientos son soluciones de NaCl y BaCl₂, y entre 0 y 6 cuando son de FeCl₃. El punto señalado por la flecha en la figura 6 indica el grado de limpieza promedio más alto (5.78) el cual corresponde al tratamiento con FeCl₃ a una concentración de 0.01 N. Entre dicho valor y el segundo más alto, 3.16 perteneciente al tratamiento con FeCl₃ a 0,001 N, hay una diferencia estadística muy altamente significativa (p < 0.000). En la misma figura se pueden apreciar cuatro zonas de limpieza: 1) una zona de electrolitos diluidos el grado de limpieza varía entre 0.73 y 2.48; 2) zona de limpieza por efecto de los electrolitos, en esta zona el grado de limpieza es mayor que en la zona

anterior y varía entre 1.5 y 3.16; 3) zona de limpieza con influencia de otros mecanismos, en esta zona el grado de limpieza varía entre 1.03 y 5.78; y 4) zona de concentración alta de electrolitos en la que el grado de limpieza varía entre 0 y 1.23.

La figura 7 muestra la variación del pH, para cada uno de los electrolitos, con la concentración; en ella se aprecia que las soluciones de NaCl son neutras en todo el intervalo de concentración evaluado. En los casos de BaCl₂ y FeCl₃, el pH de la solución varía, primero de manera abrupta con la concentración, luego el pH de la solución sigue un valor de manera asintótica. Para el FeCl₃ el grado de limpieza más alto coincide con un valor de pH 2.77.

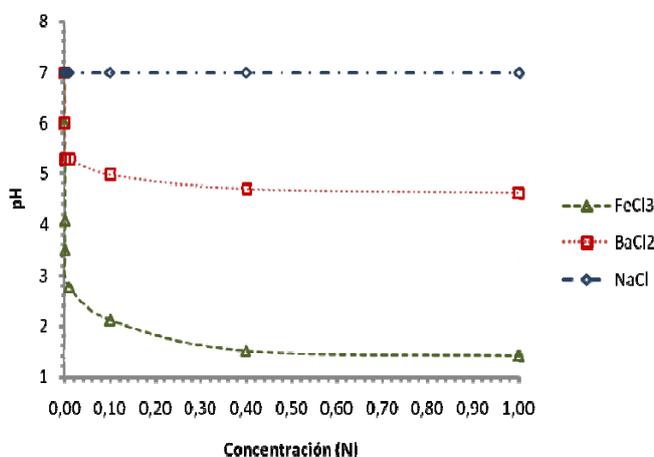


Fig. 7. Variación del pH de acuerdo con el tipo de electrolito y su concentración cuando se le agrega polvo de dentina.

DISCUSIÓN.

Se evaluó el efecto de la composición química de soluciones electrolíticas sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario. El grado de limpieza fue medido mediante una escala diseñada especialmente para esta investigación con potencial aplicación en investigaciones sucesivas.

Los resultados indican que la composición química juega un papel importante en el grado de limpieza del barrillo dentinario adherido a la dentina. De la figura 6 se observa que tanto el tipo (carga) del catión como su concentración afectan el grado de limpieza.

Las diferencias encontradas sugieren que el fenómeno de la doble capa eléctrica pareciera estar influenciando la adhesión de las partículas de barrillo dentinario a la superficie de la dentina profunda; cuando el espesor de la doble capa crece, favoreciendo las fuerzas repulsivas, la adhesión del barrillo dentinario a la superficie se debilita haciendo

más fácil su remoción. Es bien conocido que la doble capa eléctrica que se forma sobre superficies en contactos con fases fluidas se induce por la presencia de electrolitos en la fase fluida y la carga superficial (Rosen 2004). Además, se conoce que ésta se comprime con la concentración de los electrolitos presentes y con la carga de los mismos (Salager 2007). Cuando los electrolitos se encuentran a muy baja concentración la doble capa eléctrica se forma de manera incipiente (zona 1, de electrolitos diluidos, figura 6) lo cual implica que la barrera energética que tienen que sobrepasar las partículas para ser removidas es relativamente grande (figura 8). Con el aumento de la concentración de los electrolitos la barrera energética, que se opone a la separación de las partículas de barrillo, disminuye (zona 2, del efecto de los electrolitos, figura 6); de esta manera, las partículas pueden ser removidas más fácilmente (figura 8) y una vez removidas, permanece una pequeña barrera que impide que éstas se re-adhieran. Cuando la concentración de los electrolitos es mucho mayor el espesor de la doble capa eléctrica se comprime (zona 4, de concentración alta de electrolitos, figura 6) y la barrera energética se atenúa, de manera tal que, las partículas que se separan vuelven a adherirse a la superficie (Salager 2007).

Un hallazgo importante en esta investigación es la gran diferencia encontrada entre el grado de limpieza proporcionado por el tratamiento con cloruro férrico a 0.01 N y el grado de limpieza de los demás tratamientos (tabla 1 y figura 6). En este caso, la sola presencia de los electrolitos no puede explicar cómo a través de la doble capa eléctrica el grado de limpieza se incrementa de manera tan significativa (zona 3), por lo que ha de existir, al menos, otro mecanismo que coadyuva al aumento del grado de limpieza en este nivel. Los resultados expresados en la figura 7 permiten explicar dicho mecanismo; el ión sodio no se hidroliza mientras que, tanto el de bario como el hierro sí lo hacen, siendo el de hierro el que más se hidroliza por ser el ión más pequeño y tener una carga mayor, lo cual resulta en una concentración de iones hidronios más alta (pH menor) para una misma concentración normal (tabla 2) de los cationes.

Probablemente, el ion férrico se hidroliza lo suficiente como para incrementar la concentración de iones H₃O⁺ a un nivel tal que estos interactúan lo suficiente con la superficie tanto de las partículas de barrillo dentinario como de la dentina. Los iones H₃O⁺ son un ácido de Lewis, es decir, que tienen alta

tendencia para absorber un par de electrones no compartido (Whitten et al. 1992). Esta disposición provoca que dichas especies encuentren en la superficie de la dentina, una base de Lewis, específicamente en la de la hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, un sustrato (grupo fosfato) ideal para reaccionar, por lo que en lugar de llevarse a cabo una adsorción de tipo física, lo que ocurre es una de tipo química conocida como quimisorción (Salager 1998a) activándose la doble capa eléctrica de una manera importante. En estas circunstancias, la doble capa eléctrica presenta una carga superficial mayor que crece con la concentración de los iones hidronios; así, el espesor de la doble capa eléctrica se incrementa y con ello aumentan las fuerzas repulsivas superando a las fuerzas atractivas, de modo que un chorro de solución puede remover las partículas fácilmente de la superficie de la dentina.

Volviendo a la figura 7 y teniendo en cuenta los resultados de la figura 6, se puede hacer la conexión entre ellas en varios de los tratamiento; en el caso de el FeCl_3 0,01N, el grado de limpieza es máximo y la curva de pH presenta un cambio brusco de pendiente; antes de dicho punto el pH cambia precipitadamente con la concentración, mientras que posterior a dicho punto el pH cambia de manera más suave. Esto sugiere que a concentraciones menores a dicho punto, la concentración de los iones H_3O^+ no es suficiente para activar la doble capa eléctrica de manera importante; justo a dicha concentración se alcanza un umbral que activa la doble capa eléctrica;

a concentraciones de FeCl_3 mayores la superficie se activa por la presencia de los iones H_3O^+ , pero por causa de una mayor concentración de electrolitos la doble capa eléctrica se comprime, lo cual contrarresta dicho efecto, disminuyendo el grado de limpieza de manera importante. Otro punto que sustenta esta hipótesis se puede apreciar en el hecho que, a la concentración 0,01N, el tratamiento con bario es el que menos limpia, debido a que no alcanza la concentración de los iones H_3O^+ , del Fe^{+3} , como para activar la doble capa eléctrica, pero si es lo bastante alta como para comprimirla más que el ion sodio debido a su carga +2.

CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones de este estudio, se derivan las siguientes conclusiones:

1. La composición química electrolítica del tratamiento afecta el grado de limpieza del barrillo dentinario sobre la dentina.
2. La doble capa eléctrica puede explicar el efecto de los electrolitos sobre el grado de limpieza de los distintos tratamientos.
3. Las diferencias entre los distintos tratamientos puede deberse a la carga superficial que tiene cada una de las superficies (carga del catión) y a la concentración de los electrolitos.
4. El pH del medio activa la doble capa eléctrica afectando el grado de limpieza.
5. La concentración alta de electrolitos comprime la doble capa eléctrica disminuyendo el grado de limpieza del barrillo dentinario.

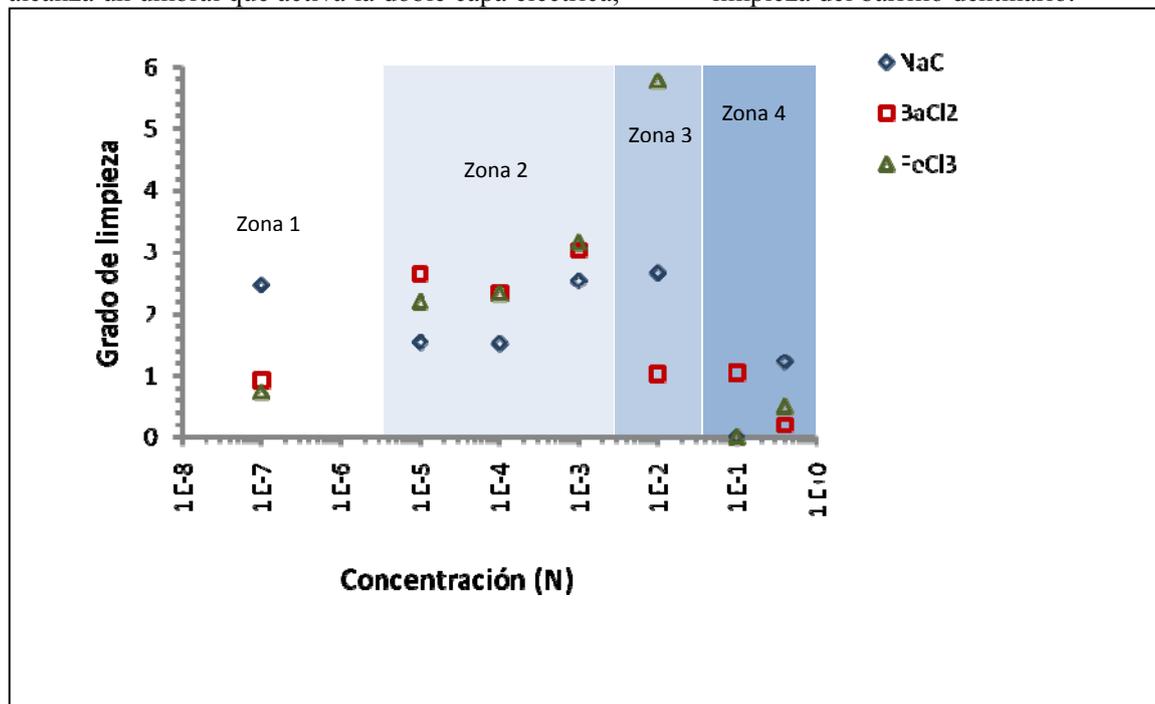


Fig. 6. Grado de limpieza del barrillo dentinario de acuerdo con la concentración de las sales empleadas.

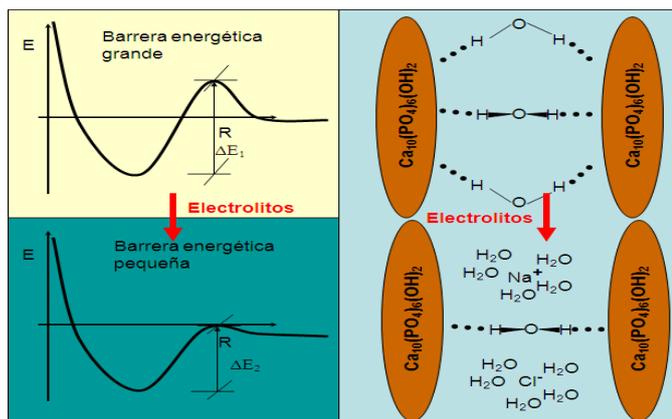


Figura 8. Mecanismo microscópico molecular propuesto para explicar el efecto de la presencia de los electrolitos sobre el grado de limpieza del barrillo dentinario.

Tabla 2. Hidrólisis de las diferentes sales estudiadas

$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}_{(\text{ac})}^+ + \text{Cl}_{(\text{ac})}^-$
$\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ba}_{(\text{ac})}^{+2} + 2\text{Cl}_{(\text{ac})}^-$
$\text{Ba}^{+2} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ba}(\text{OH})^+ + \text{H}_3\text{O}^+$
$\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(\text{ac})}^{+3} + 3\text{Cl}_{(\text{ac})}^-$
$\text{Fe}^{+3} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})^{+2} + \text{H}_3\text{O}^+$
$\text{Fe}(\text{OH})^{+2} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2^+ + \text{H}_3\text{O}^+$

AGRADECIMIENTOS.

Los autores desean agradecer la invaluable ayuda prestada (personal y equipos) al Centro de Microscopía Electrónica “Ernesto Palacios Pru”, al Laboratorio de Química Experimental Aplicada (QUEXA) y al Postgrado en Rehabilitación Bucal de la Facultad de Odontología; igualmente, se agradece el financiamiento (Proyecto 0-226-0807C) al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCHT), todas, dependencias de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.

REFERENCIAS.

Aguilar-Mendoza JA, Rosales-Leal JI, Rodríguez-Valverde MA et al. 2008. Wettability and bonding of self-etching dental adhesives influence of the smear layer. *Dental Materials*. 24:994-1000.

Ayad M. 2001. Effects of rotary instrumentation and different etchans on removal of smear laye ron human dentin. *The journal of prosthetic dentistry*. 85: 67-72.

Berrios M y López JC. 2010. Caracterización de la dentina en sus diferentes etapas previas a la adhesión. *Medula*. 18 (2): 103-110 (en prensa).

Brajdié D, Krznarié OM, Azinovié Z et al. 2008. Influence of different etching times on dentin surface morphology. *Collegium antropologicum*. 32:893-900.

Brännström M y Nordenvall KJ. 1977. The effect of acid etching on enamel, dentin, and de inner surface of de resin restoration: A scanning electron microscopic investigation. *Journal of Dental Research*. 56:917-923.

Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A et al. 2008. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*. 24: 90-101.

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M et al. 2005. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 84:118-32.

Echeverría LB. 2004. Evaluación in vitro de la viabilidad de la capa inhibida y de las uniones resina-resina utilizando diferentes técnicas adhesivas. Tesis para optar por el título de cirujano dentista. Guatemala. En:

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/09/09_1438.pdf.

Leído el 21 de septiembre de 2008.

Fosse G, Saele PK y Eide R. 1992. Numerical density and distributional pattern of dentin tubules. *Acta odontologica scandinavica*. 50:201-210.

Franchi M y Breschi L. 1995. Effects of acid-etching solutions on human enamel and dentin. *Quintessence International*. 26: 431-435.

Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH et al. 1997. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of Dentistry*. 25:441-458.

Marshall SJ, Bayne SC, Baier R et al. 2010. A review of adhesion science. *Dental Materials*. 26: e11-e16.

Mjör IA y Nordahl I. 1996. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Archives of oral biology*. 41:401-412.

Pashley DH. 1991. Clinical correlations of dentin structure and function. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 66: 777-781.

Peumans M, Kanumilli P, De Munck J et al. 2005. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*. 21: 864-881.

Rosen M. 2004. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. Tercera Edición. Wiley- Interscience. Estados Unidos.

Salager JL. 1998a. Cuaderno FIRP S160A. Adsorción-Mojabilidad. En:

http://www.oilproduction.net/files/Adsorcion_mojabilidad.pdf. Leída 14 de Marzo de 2010.

Berríos et al. 2010. Efecto de electrolitos en la limpieza del barrillo dentinario. MedULA 19: 102-110.

Salager JL. 1998b. Cuaderno FIRP S610A. Doble Capa Eléctrica Interfacial. Universidad de los Andes. Escuela de Ingeniería Química. Mérida, Venezuela.

En:

<http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S610A.pdf>

f. Leído el 29 de Agosto de 2009.

Salager J. 2007. Cuaderno FIRP S614-A. Teorías relativas a la estabilidad de coloides liofóbicos (DLVO y Von Smoluchovski). En:

<http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S614>

[A.pdf](#). Leída: 29 de agosto de 2009.

Smith DC. 1996. Adhesives and sealants. En: Ratner BD, Hoffman AS, Shoen FJ et al. Eds. Biomaterials

Science. An introduction to materials in medicine. Academic Press. San Diego, California. Pp: 319-328.

Tani Y y Togaya T. 1995. Dentin surface treatment without acids. Dental Materials Journal. 14: 58-69.

Van Landuyta KL, Snauwaertb J, De Muncka J et al. 2007. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials. 28: 3757-3785.

Whitten KW, Gailey KD, Davis RE. 1992. Química General. 3ª ed. McGraw-Hill. Madrid.

Recibido: 7 marzo 2010. Aceptado: 15 junio 2010.