

Efecto de los fluoruros en la composición química del esmalte dental posblanqueamiento

Effect of Fluorides over the Chemical Composition of Tooth Dental Enamel Post Bleaching

41

Univ Odontol. 2011 Jul-Dic; 30(65): 41-49. ISSN 0120-4319

DOSSIER AVANCES EN MATERIALES DENTALES

**Paula Alejandra
Baldión Elorza**

Odontóloga, especialista en
Rehabilitación Oral. Docente,
Facultad de Odontología,
Universidad Nacional de
Colombia, Bogotá, Colombia.
Directora del trabajo.

Leidy Catalina Arcos Hurtado

Odontóloga, Universidad
Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.

**Mario Alexander
Mora Portilla**

Odontólogo, Universidad
Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.

RESUMEN

Antecedentes: se ha reportado que el blanqueamiento dental produce cambios en la composición química del esmalte, lo que, en consecuencia, trae alteraciones en la micro-morfología, dureza superficial y adhesión inmediata al esmalte dental. **Objetivos:** identificar cambios en la composición química del esmalte luego de aplicar peróxido de hidrogeno al 38% y determinar el efecto de la aplicación de fluoruros en la concentración de iones. **Métodos:** se evaluaron 36 premolares sanos por microscopía electrónica de barrido para medir el porcentaje de calcio, cloro, fósforo y oxígeno, en tres momentos: 1) en esmalte intacto, 2) al aplicar el agente blanqueador y 3) al aplicar fluoruro de sodio en enjuague y gel. Los datos se analizaron con la prueba SIGNO (paquete estadístico Minitab 15) y un nivel de confianza del 95%. **Resultados:** el blanqueamiento produjo cambios en la composición del esmalte. El oxígeno aumentó un 9,43%, mientras que el calcio disminuyó un 9,25%; el fósforo, un 0,9%, y el cloro, un 0,41%. Al aplicar fluoruro en enjuague, el calcio aumentó 4,29%, y con el gel neutro, un 4,89%. Con ambas presentaciones de flúor el porcentaje de oxígeno y fósforo disminuyó. No se encontraron diferencias estadísticas entre los fluoruros. **Conclusiones:** existen cambios en la composición del esmalte, asociados al uso de peróxido de hidrógeno al 38%; elementos importantes disminuyen su porcentaje en peso, y como consecuencia de la reacción REDOX el oxígeno aumenta. Con la aplicación de fluoruro, independientemente de su presentación, el calcio se incrementa; mientras que el oxígeno disminuye, resultado atribuido al paso del tiempo posblanqueamiento.

PALABRAS CLAVE

Blanqueamiento dental, flúor, composición química, esmalte dental, peróxido de hidrógeno, calcio.

ÁREA TEMÁTICA

Esmalte dental, efecto de sustancias.

ABSTRACT

Background: It has been reported that dental bleaching causes changes in the chemical composition of enamel and, in consequence, in the dental micromorphology, superficial hardness, and immediate bond to dental enamel. **Objective:** Identify changes in the chemical composition of the enamel surface after application of 38% hydrogen peroxide, and determine the effect of fluoride application on ion concentration. **Methods:** Percentage of calcium, chlorine, phosphorus and oxygen was evaluated through scanning electron microscopy in 36 healthy premolars in three stages: 1) intact enamel; 2) after applying bleaching agent; and 3) after applying sodium fluoride rinse and gel. Data were analyzed with the SIGN test (MINITAB15 statistical package) (confidence level = 95%). **Results:** Bleaching caused changes in the enamel composition. Oxygen increased 9.43%, while calcium, phosphorus and chlorine decreased 9.25%, 0.9%, and 0.41%, respectively. Calcium increased 4.29% with the application of fluoride rinse and 4.89% with neutral gel. Both presentations of fluoride produced increases in oxygen and phosphorus decreases. No statistically significant differences were found between fluorides. **Conclusions:** There are changes in the enamel composition associated with the use of 38% hydrogen peroxide. Weight percentage of important elements decreased and, as a result of the redox reaction, oxygen increases. With the application of fluoride, regardless of its presentation, calcium increases. Oxygen decreases, which is attributable to the post-bleaching time.

KEY WORDS

Dental bleaching, fluoride, chemical composition, dental enamel, hydrogen peroxide, calcium.

THEMATIC FIELD

Dental enamel, drug effect.

Artículo correspondiente al trabajo de grado de los dos últimos autores para optar al título de odontólogo y que forma parte de un proyecto del Grupo de Investigación en Materiales Dentales (Grimad), Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Baldión PA, Arcos LC, Mora MA. Efecto de los fluoruros sobre la composición química del esmalte dental posblanqueamiento. Univ Odontol. 2011 Jul-Dic; 30(65): 41-49

Recibido para publicación: 06-07-2011
Aceptado para publicación: 12-10-2011

Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/universitasodontologica>

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, la odontología estética ha experimentado un auge y, por ende, tratamientos como el blanqueamiento dental, realizados por odontólogos y pacientes, se han vuelto muy populares. Varios autores han reportado que el blanqueamiento dental cambia la composición química del esmalte.^{1,2} En consecuencia, ello altera la micromorfología estructural y la dureza superficial,³⁻⁵ así como disminuye la resistencia de unión de las resinas compuestas en los días siguientes al tratamiento de blanqueamiento dental.⁶⁻⁸

Mancera⁹ reportó que hay una pérdida de contenido mineral de calcio y fósforo asociada al uso de peróxido de hidrógeno al 38% y que este cambio puede deberse a que el blanqueamiento induce un fenómeno de oxidación que produce una pérdida de matriz del esmalte. Zalkind y colaboradores,¹⁰ Rotstein y colaboradores¹¹ y Tezel y colaboradores,¹² utilizando peróxido de hidrógeno al 35% y al 38%, así como peróxido de carbamida al 10%, hallaron que el peróxido al 38% causa mayor pérdida de calcio. Ellos concluyeron que dichos cambios dependen de la concentración y el tipo de peróxido, lo cual afecta la sustancia mineralizada del esmalte dental.

Por esta razón, se consideró conveniente determinar qué cambios químicos se producen entre los elementos químicos que componen el esmalte dental como el calcio y el fósforo,^{13,14} después de aplicar peróxido de hidrógeno de alta concentración (38%), y comprobar si el uso de fluoruro de sodio en enjuague y gel tiene un efecto remineralizante en el porcentaje del peso de los elementos analizados en el esmalte dental tratado y en qué presentación este podría ser más efectivo.

El esmalte dental está compuesto fundamentalmente por cristales de fosfato de calcio con una estructura de hidroxiapatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Estos cristales tienen forma hexagonal y son similares a los hallados en el hueso; sin embargo, son más perfectos, porque en el esmalte están condensados. El calcio y el fósforo son los constituyentes químicos más importantes y se encuentran en una relación 10:6 respectivamente; les siguen otros elementos como el magnesio y el carbonato en cantidades variables, así como flúor, hierro, cloro, sodio, potasio, cinc, plomo y estroncio, en concentraciones mínimas. Estos minerales se incorporan al esmalte por adsorción sobre la superficie o por intercambio iónico y se alojan en el interior del cristal o en la capa de hidratación que existe entre los cristales.¹⁵

El peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida funciona como una membrana semipermeable cuando se aplica sobre el esmalte. Las posibles rutas de difusión son, principalmente, las vainas de los prismas, la matriz intercrystalina, las estrías de Retzius, las lamelas del esmalte y los cuerpos fusiformes o husos adamantinos.¹⁶ Ellos favorecen la penetración de la sustancia activa que libera moléculas de oxígeno gaseoso, las cuales producen radicales libres como el anión superóxido y el anión hidroxilo, moléculas que en su estructura atómica presenta un electrón impar en la órbita externa y una configuración espacial que genera una alta inestabilidad.^{17,18}

Estos actúan como sustancia reductora de los pigmentos cromógenos que se presentan por defectos del esmalte, factores intrínsecos o factores extrínsecos. El peróxido de hidrógeno se difunde mediante la matriz orgánica del esmalte; ello genera su acción por medio de una reacción de óxido-reducción (Redox), en que el agente oxidante (anión superóxido) que capta electrones se reduce y el agente reductor (la sustancia que se está aclarando) cede electrones, oxidándose.^{19,20}

Milnar,²¹ Cabrera²² y Azrak y colaboradores²³ afirman que el esmalte dental puede sufrir una pérdida de minerales asociada al procedimiento de blanqueamiento dental, que se acentúa al disminuir el pH. De igual modo, la tasa de concentración de fosfato y calcio disminuye, alterando el componente orgánico de la matriz del esmalte, la cual está acompañada de cambios estructurales con presencia de estrías, alteraciones de la capa aprismática²⁴ y un aumento de la rugosidad superficial.²³ Se ha reportado que, dependiendo de la concentración de peróxido de hidrógeno, el pH varía; en concentraciones menores al 5% en solución, el pH es ligeramente ácido, mientras que con una concentración del 35% el pH disminuye notablemente. Esta característica ácida, su fácil degradación y la posibilidad de reacción con moléculas orgánicas determinan su citotoxicidad. Por lo tanto, con un peróxido de alta concentración, hay mayor producción de radicales y el pH será menor, lo que conlleva tener un alto potencial desmineralizante para los tejidos duros del diente y un mayor potencial desnaturalizante para la fase orgánica del esmalte.²³⁻²⁵

Con respecto al uso de fluoruros después de un blanqueamiento, varios estudios han mostrado que es posible remineralizar el esmalte con sustancias coadyuvantes (por ejemplo, el flúor), para solucionar problemas como disminución de la dureza superficial y de los valores de resistencia de unión de las resinas

a esmalte dental.^{4,25-30} Por ejemplo, Attin y colaboradores²⁹ encontraron un incremento de la microdureza del esmalte en dientes de bovino blanqueados con peróxido de carbamida al 10%, tratados con flúor tópico y en solución.

El presente estudio se propuso identificar, por medio de microscopía electrónica de barrido, cambios en la composición química del esmalte luego de aplicar peróxido de hidrógeno al 38%, y determinar el efecto de la aplicación de fluoruros en la concentración de iones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de diseño experimental *in vitro*, para el cual se seleccionaron 36 premolares recientemente extraídos por indicación ortodóntica, con un tiempo máximo postextracción de tres meses. Los dientes se escogieron verificando la ausencia a la altura coronal de defectos del esmalte aparentes, caries, restauraciones previas, líneas de fractura, fracturas completas del esmalte, dentina expuesta por desgaste o lesiones superficiales y que tuvieran formación radicular completa. Para la recolección de los dientes, cada paciente firmó un consentimiento informado para donar sus dientes específicamente para el presente estudio, el cual fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia.

Cada diente fue limpiado de restos de tejido blando y fue almacenado durante veinticuatro horas en cloramina al 5% y, posteriormente, en agua destilada hasta el momento de efectuar las pruebas. Una vez conseguido el número de dientes necesarios para este estudio, un día antes de realizar las pruebas se colocaron en el Higrobatt a una temperatura de 37 ± 2 °C según las recomendaciones de la Norma Técnica Colombiana 4882.³¹ Previo a la medición, todas las muestras se sometieron a un periodo de secado en un metalizador (Balzers SCD 050 Sputtercoater), para retirar las impurezas y el exceso de humedad.

Luego, por medio de una microsonda que detecta el espectro de emisión de rayos X particular para cada elemento producido por un haz de electrones que actúa sobre la muestra, se captó la intensidad de los rayos X como la medida de la concentración de los elementos. Se realizó este procedimiento, punto a punto sobre la imagen, y así se obtuvo un mapa de composición, que representa la distribución de los elementos en el área observada de la muestra con alta

confiabilidad.^{32,33} Los resultados se obtuvieron en porcentaje en peso y porcentaje atómico. Entre prueba y prueba, los dientes se almacenaron en saliva artificial (Salivar/Farpag) a 37 °C en el Higrobath, para simular las condiciones orales. El porcentaje de los elementos se evaluó en tres momentos:

Momento 1: medición inicial de las 36 muestras con esmalte dental intacto.

Momento 2: medición de las 36 muestras posterior a la aplicación del peróxido de hidrógeno al 38% (Opalescence Xtra-Boost/Ultradent). Este agente blanqueador viene en una presentación de dos jeringas: una contiene el peróxido de hidrógeno líquido y la otra un activador químico que se juntan para preparar la mezcla. Después de mezclados, se separaron las jeringas para aplicar la sustancia directamente en cada diente con una capa de 0,5 mm de grosor, utilizando una punta dispensadora desechable por diente. Después de dos aplicaciones de quince minutos cada una, el agente blanqueador se removió utilizando succión e irrigación.

Momento 3: medición de las 36 muestras, divididas en dos grupos de dieciocho dientes cada uno. En el grupo 1 se aplicó un enjuague de fluoruro de sodio al 0,05% o 225 ppm (Pláx Máx Kids/Colgate); después del blanqueamiento cada diente fue sumergido en 15 ml de enjuague bucal durante sesenta segundos, se enjuagó bajo chorro de agua y se almacenó en saliva artificial, procedimiento que se repitió a las 8:00 a. m. y a las 8:00 p. m. durante dos semanas. En el grupo 2 se aplicó gel de fluoruro de sodio al 2% (Fluofar Neutro/Eufar); las muestras se sumergieron en el gel durante cuatro minutos por día durante siete días. Luego de cada aplicación, se retiraba el gel enjuagando bajo chorro de agua con ayuda de un cepillo suave libre de crema, y las muestras se almacenaban en saliva artificial hasta el momento del secado para la observación en el microscopio. Los datos se registraron en tablas y se organizaron por momento de análisis (1, 2 y 3) y por muestra (1 a 36).

Los resultados se analizaron utilizando el paquete estadístico Minitab 15 con un nivel de confianza de 95%. Los datos de los momentos 1 y 2 se analizaron con la prueba Signo para determinar si existía diferencia entre medianas y si había diferencia entre los datos con tratamiento y los datos control. A los datos del momento 3 se les aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis para determinar si existía diferencia entre medianas y si había diferencia entre el grupo del enjuague y el grupo del gel de fluoruro.

RESULTADOS

Se encontró que con el tratamiento de blanqueamiento dental se presentaron cambios en la composición del esmalte. Los elementos que se detectaron principalmente fueron calcio, fósforo, cloro y oxígeno. Luego de la aplicación de peróxido de hidrógeno al 38%, se encontró un incremento estadísticamente significativo en el porcentaje de peso del oxígeno en un 9,43%, mientras que el calcio disminuyó 9,25%, al igual que el fósforo en un 0,90% y el cloro en un 0,41%. Al aplicar fluoruro en enjuague disminuyó el porcentaje de fósforo 2,89% y con el gel 2,76%; por el contrario, el porcentaje de calcio aumentó con el enjuague 4,29% y 4,89% con el gel. El cloro se mantuvo igual en ambos grupos. El porcentaje de oxígeno disminuyó en los dos grupos tratados con fluoruro, luego de dos semanas de aplicación (tabla 1).

TABLA 1
PORCENTAJE EN PESO DE LA COMPOSICIÓN DEL ESMALTE DENTAL
EN LOS DIFERENTES MOMENTOS DE PRUEBA

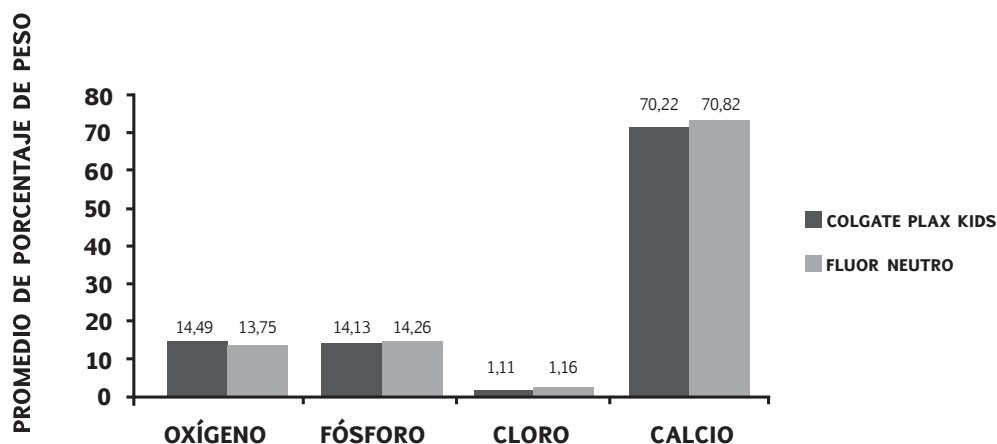
Elemento	Momento 1. Esmalte intacto (%)			Momento 2. Esmalte blanqueado (%)			Momento 3. Enjuague de fluoruro de sodio (%)			Momento 3. Gel de fluoruro de sodio (%)			Valor P comparación enjuague-gel
	N	DS	DS	N	DS	DS	N	DS	DS	N	DS	DS	
Calcio	36	75,34	6,22	36	66,09	9,34	18	70,2	4,41	18	70,8	6,32	<0,345
Fósforo	36	17,01	2,93	36	16,02	2,48	18	14,13	1,87	18	14,26	0,98	<0,674
Oxígeno	36	6,51	3,76	36	15,94	8,03	18	14,49	3,88	18	13,75	2,79	<0,401
Cloro	36	1,51	0,68	36	1,10	0,54	18	1,11	0,32	18	1,16	0,21	<0,834

No se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre el porcentaje en peso de los cuatro elementos en los dientes tratados después de blanqueamiento al ser aplicado enjuague de fluoruro de sodio o gel de flúor neutro (figura 1).

DISCUSIÓN

Varios autores han reportado en la literatura alteraciones en la superficie del esmalte después del blanqueamiento dental, entre ellas, cambios microestructurales en la morfología del esmalte;^{2,3,5,10,24} disminución en las propiedades mecánicas, principalmente la dureza;^{1,4-6,34} resistencia tensil;⁷ resistencia al desgaste;⁶ y alteración en la resistencia de unión de las resinas compuestas adheridas al esmalte blanqueado.⁶⁻⁸ Varias teorías fundamentan estas alteraciones en la pérdida del contenido mineral de la estructura del esmalte,^{4,9-12} por lo que se consideró necesario comprobar este efecto y buscar una alternativa para mejorar los efectos adversos posteriores al blanqueamiento dental.

FIGURA 1
COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE PESO DE LOS ELEMENTOS CON LA APLICACIÓN
DE FLUORURO DE SODIO EN ENJUAGUE Y EN GEL



El presente estudio se realizó para comprobar el efecto del blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 38% en la composición química del esmalte y para valorar el efecto de la aplicación de fluoruro sobre la posible remineralización y recuperación de algunos de los elementos químicos que hacen parte fundamental de la mineralización del esmalte.

Bajo las condiciones de este estudio, se encontró que los cambios en la composición química del esmalte observados después del tratamiento de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 38% fueron estadísticamente significativos, en cuanto a los porcentajes en peso de cuatro elementos: calcio, fósforo, cloro y oxígeno. La disminución en un 9,25% del calcio concuerda con los estudios de Goo y colaboradores,³⁵ Mancera,⁹ Zalkind y colaboradores,¹⁰ y Tezel y colaboradores,¹² quienes comprobaron que el esmalte dental sufre una pérdida de minerales con el uso de agentes blanqueadores en diferentes concentraciones. Dichos cambios se suman a lo encontrado por Shannon y colaboradores,³⁴ quienes, por medio de microscopía electrónica de barrido, identificaron cambios importantes en la topografía del esmalte de especímenes expuestos a peróxido de carbamida al 10% durante cuatro semanas.

Del mismo modo, Hegedus y colaboradores,² por medio de microscopía de fuerza atómica, observaron pérdida de la estructura orgánica del esmalte, hallazgo que asociaron al bajo peso molecular del peróxido de hidrógeno que, al penetrar en el tejido, genera una oxidación que rompe la estructura y presenta fallas en la subsuperficie y la superficie del esmalte. Ellos mostraron que al aumentar la concentración de peróxido de hidrógeno mayor, podrían ser la longitud y profundidad de las fracturas. Tales hallazgos confirman que la técnica de blanqueamiento dental puede causar alteraciones de tipo estructural y químico en el esmalte dental, por lo que es necesario buscar alternativas para manejar los posibles efectos adversos generados como consecuencia del procedimiento.

Se ha reportado que cuando el pH de los agentes blanqueadores está por debajo de 5,2, se desmineraliza el esmalte y hay reabsorción radicular.³⁶⁻³⁸ En este estudio, el porcentaje de peso de calcio disminuyó un 9,25% con la aplicación de peróxido de hidrógeno al 38%. Esto podría atribuirse al pH

del agente blanqueador (Opalescence XtraBoost/Ultradent) puesto que, aunque la casa fabricante afirma que se acerca a la neutralidad, Price y colaboradores³⁶ encontraron que su pH promedio es $3,67 \pm 0,06$; asimismo, la exposición prolongada de cinco a diez minutos a este pH puede causar daño a la estructura dental, restauraciones y tejidos orales.

Ellos recomiendan que, en vista de que puede desmineralizarse la estructura por el bajo pH, sería prudente aplicar flúor tópico en gel al final del tratamiento con este agente blanqueador. Esto concuerda con lo encontrado por Azrak y colaboradores,²³ quienes comprobaron que un agente blanqueador con un pH ácido de 4,6 aumenta la posibilidad de pérdida de minerales y afección a la matriz orgánica, además de producir cambios en la superficie y aumentar la rugosidad.

Esta pérdida de minerales también fue mostrada por Cabrera y colaboradores,²² quienes observaron que con el uso de peróxido de carbamida y peróxido de hidrógeno la tasa de concentración de fosfato y calcio disminuye, y que con ello se produce un daño en el componente orgánico e inorgánico de la matriz del esmalte. Por el contrario, estos resultados están en contraposición a lo reportado por Ernst y colaboradores,³ quienes encontraron que el peróxido de hidrógeno al 30% no cambia de manera significativa la micromorfología superficial del esmalte, lo que puede deberse al uso de una concentración de peróxido de hidrógeno (30%) menor a la utilizada en este estudio y a una medida de pH diferente.

Al analizar el mecanismo de acción del peróxido para producir su efecto blanqueador en la estructura del esmalte, se explica el aumento de peso del oxígeno en un 9,43%, ya que su acción se fundamenta en la difusión de los radicales de oxígeno, mediante la matriz orgánica del esmalte, que quedan inmersos dentro de la estructura en forma de oxígeno residual. Por esta razón, al analizar la disminución de porcentaje de peso de oxígeno después de la aplicación de flúor, se infiere que este proceso químico no sucede por la acción del fluoruro, sino porque la fase experimental de aplicación del fluoruro tuvo una duración dos semanas, tiempo que permitió la liberación parcial de oxígeno residual.

Este mecanismo ha sido ampliamente descrito por autores como Cavalli y colaboradores,³⁹ Dishman y colaboradores,⁸ Cvitko y colaboradores⁴⁰ y Homewood y colaboradores,⁴¹ quienes concluyeron que el uso de agentes blanqueadores con base en el peróxido

de hidrógeno disminuye la resistencia de unión de las resinas compuestas a la superficie dental expuesta, por la inhibición de la polimerización de la resina causada por el contacto con el oxígeno residual y la alteración del contenido mineral del esmalte; sin embargo, esta fuerza de adhesión logra recuperarse luego de cierto tiempo.

No obstante, hasta el momento no se ha podido determinar si esta recuperación se produce por el tratamiento con fluoruros, por la remineralización del esmalte por el flujo salival o por la liberación de oxígeno, que se logra con el paso del tiempo luego del blanqueamiento. Es de resaltar que dos semanas no fueron suficientes para que se liberara la totalidad del oxígeno; solamente alcanzó a disminuir su porcentaje de peso un 2,5%, aproximadamente, hallazgo que concuerda con Bermejo y colaboradores,⁴² quienes reportaron que solo a partir de la cuarta semana se observa una recuperación de la resistencia de unión de las resinas compuestas adheridas al esmalte posblanqueamiento, por la liberación completa del oxígeno residual.

Estudios como los de Lewistein y colaboradores⁴ y da Costa y Mazur⁴³ demostraron los efectos de la aplicación de flúor en dientes posblanqueamiento, al partir de la premisa: las técnicas de blanqueamiento en consultorio y ambulatorias alteran de forma directa la dureza del esmalte. También hallaron que la principal reducción de la microdureza ocurre con el uso de peróxido de hidrógeno de alta concentración y cuando se deja actuar durante un tiempo prolongado. Ellos recomiendan aplicar fluoruro después del blanqueamiento para restaurar la dureza de la superficie del esmalte y de la dentina.

Por lo tanto, si el proceso de fluorización puede formar parte del protocolo posblanqueamiento, es importante evaluar su efecto en los cambios en la composición química del esmalte. Esta composición de las capas superficiales del esmalte, lejos de ser estable, se encuentra en un continuo proceso de cambio que dependerá del pH del medio, de la composición salival y de la estructura de los cristales de apatita. La presencia de flúor en el medio tiene doble efecto en este proceso: reduce la desmineralización e incrementa la remineralización. Lo primero está determinado por la incorporación del flúor a la estructura de apatita, pues ello da lugar a fluorapatita, que reduce la solubilidad del esmalte, ya que los procesos de desmineralización de la fluorapatita requieren un pH inferior al necesario para la desmineralización de los cristales de hidroxiapatita.

Por otro lado, la presencia de flúor favorece los procesos de remineralización ya que, al incorporarse al esmalte y reaccionar con la hidroxiapatita, puede dar lugar a la precipitación de sales de fluoruro cálcico, que actúan como reservorio de flúor al disociarse en iones Ca^{++} y F^- , que favorecen la formación de nueva fluorapatita.⁴⁴ Sin embargo, la remineralización del esmalte a partir del flúor es un mecanismo importante que se refleja en pruebas de dureza superficial, de resistencia al desgaste y de resistencia al ataque ácido de la placa bacteriana como agente anticariogénico; pero en ningún momento se puede afirmar que hay un aporte de iones de calcio a la estructura para recuperar la concentración en peso de este elemento que es alterado por el blanqueamiento dental.

En este estudio se encontró que, luego de aplicar flúor en gel y en enjuague, aumentó el porcentaje de calcio perdido con el proceso de blanqueamiento dental; sin embargo, debe tenerse en cuenta que este fenómeno puede deberse, no a la acción del fluoruro como tal, sino al efecto remineralizante que aporta la saliva artificial (Salivar/Ferpag) usada como medio de inmersión entre prueba y prueba. Este producto contiene calcio, potasio y magnesio, lo cual, no obstante, se estima que podría suceder de una manera más real y productiva *in vivo* con la saliva natural del paciente.^{44,45}

Teixeira y colaboradores⁴⁶ mencionan que, a pesar de la exposición prolongada *in vitro* a saliva artificial para revertir los efectos deletéreos del oxígeno residual, no se logra una rápida neutralización del peróxido de hidrógeno y que es posible que la recuperación sobre los efectos nocivos producidos por el blanqueamiento en los pacientes se alcance en un tiempo menor al obtenido en su estudio, pues a pesar del esfuerzo realizado por simular las condiciones orales, no se logra tener un escenario idéntico al medio oral natural, debido a la falta de la acción remineralizante de la saliva, al intercambio constante de iones y a la dieta del paciente.

Ese concepto es respaldado por Bermejo y colaboradores,⁴² quienes afirman que la alteración estructural del esmalte, debido a una pérdida y erosión de la capa aprismática del esmalte, se repara después de noventa días, sin tratamientos adicionales.

También es importante analizar que al aplicar los dos tipos de fluoruro, se determinó que el porcentaje de fósforo disminuyó, efecto que podría estimarse como negativo, ya que los fosfatos en el esmalte dental, a pesar de estar en una concentración inferior al 20%, parecen mejorar la naturaleza estructural de

la superficie del esmalte haciéndolo más duro y liso. Adicionalmente, se ha reportado que, en virtud de su propiedad detergente, los fosfatos son capaces de interferir con la adhesión de las bacterias de la placa a la superficie del esmalte e inhibir el crecimiento bacteriano.⁴⁶⁻⁴⁷

Al observar los resultados obtenidos por la aplicación de fluoruro, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos productos, y aunque las dos presentaciones demostraron tener efectos leves en la recuperación de la composición química del esmalte, su uso después del blanqueamiento se recomienda por otras razones ampliamente demostradas por otros autores,^{25,28,35} para mejorar propiedades como dureza, resistencia al desgaste y cambios microestructurales de la superficie. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que el mejor efecto reparador puede ser el tiempo de recuperación posblanqueamiento, que permite la remineralización con la saliva y la posibilidad de liberación de radicales libres del oxígeno residual. Lo anterior sugiere que sería importante analizar otro tipo de sustancias que aporten efectivamente iones que remineralicen en poco tiempo la estructura afectada por la aplicación de peróxido de hidrógeno en alta concentración.

CONCLUSIONES

Existen cambios en la composición del esmalte asociados al uso de peróxido de hidrógeno al 38%. Elementos como el calcio y el fósforo disminuyeron su porcentaje de peso. En consecuencia de la reacción Redox, el porcentaje de oxígeno posblanqueamiento aumentó. Luego de aplicar el flúor, independientemente de su presentación, se recupera el porcentaje de calcio. Asimismo, se encontró una disminución en el porcentaje de peso del oxígeno posterior al uso de los fluoruros durante una (gel) y dos semanas (enjuague), resultado atribuido al paso del tiempo después del blanqueamiento, sin que esta liberación sea completa.

RECOMENDACIONES

Evaluar el efecto de sustancias como el fosfato de calcio amorfo y el hidróxido de calcio en solución sobre la estructura dental, para determinar su efecto remineralizante después del blanqueamiento. Incluir en nuevos estudios otros productos blanqueadores recientemente introducidos al mercado con pH neu-

trón y con contenido de flúor, para evaluar los cambios en la composición química del esmalte dental.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo financiero para la elaboración de este estudio, convocatoria interna de la facultad para apoyo de la investigación, año 2009.

REFERENCIAS

- Unlü N, Cobankara FK, Altinöz C, Ozer F. Effect of home bleaching agents on the microhardness of human enamel and dentin. *J Oral Rehabil.* 2004 Jan; 31(1): 57-61.
- Hegedüs C, Bistey T, Flóra-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface *J Dent.* 1999 Sep; 27(7): 509-15.
- Ernst CP, Marroquín BB, Willershausen-Zönnchen B. Effect of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. *Quintessence Int.* 1996 Jan; 27(1): 53-6.
- Lewinstein I, Fuhrer N, Churaru N, Cardash H. Effect of different peroxide bleaching regimens and subsequent fluoridation on the hardness of human enamel and dentin. *J Prosthet Dent.* 2004 Oct; 92(4): 337-42.
- Lopes GC, Bonissoni L, Baratieri LN, Vieira LC, Monteiro S Jr. Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent.* 2002; 14(1): 24-30.
- Metz MJ, Cochran MA, Matis BA, Gonzalez C, Platt JA, Pund MR. Clinical evaluation of 15% carbamide peroxide on the surface microhardness and shear bond strength of human enamel. *Oper Dent.* 2007 Sep-Oct; 32(5): 427-36.
- Cavalli V, Giannini M, Carvalho RM. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on tensile strength of human enamel. *Dent Mater.* 2004 Oct; 20(8): 733-9.
- Dishman MV, Covey DA, Baughan LW. The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dent Mater.* 1994 Jan; 10(1): 33-6.
- Mancera AG. Efecto del blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 38% sobre el contenido mineral del esmalte dental [internet]. *TURevistaDigi.U@T.* 2011 Mar; 5(18). [consultado mayo 2011]. Disponible en: <http://www.turevista.uat.edu.mx/Volumen%205%20numero%202/agente-res.htm>.
- Zalkind M, Arwaz JR, Goldman A, Rotstein I. Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study. *Endod Dent Traumatol.* 1996 Apr; 12(2): 82-8.
- Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod.* 1996 Jan; 22(1): 23-5.
- Tezel H, Ertal OS, Ozata F, Dalgar H, Korkut ZO. Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface. *Quintessence Int.* 2007 Apr; 38(4): 339-47.
- Bonar LC, Shimizu M, Roberts JE, Griffin RG, Glimcher MJ. Structural and composition studies on the mineral of newly formed dental enamel: a chemical, x-ray diffraction, and ³¹P and proton nuclear magnetic resonance study. *J Bone Miner Res.* 1991 Nov; 6(11): 1167-76.
- Jälevik B. Enamel hypomineralization in permanent first molars. A clinical, histo-morphological and biochemical study. *Swed Dent J Suppl.* 2001; (149): 1-86.
- Gómez de Ferraris, M, Campo A. *Histología y embriología bucodental.* Madrid: Panamericana; 1999. p. 227-66.
- Domínguez-Medina N, González-López S, Menéndez-Núñez M. Estudio de las vías de difusión de la mancha blanca del esmalte. *RCOE [internet].* 2002 Oct [citado noviembre 2011]; 7(5): 469-76. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2002000600002.
- Martínez-Coyuela M. Oxygen free radicals and human diseases. *Biochemie* 1995; 77(3): 147-61.
- Rybczyńska M. [Biochemical aspects of free radical mediated tissue injury]. *Postepy Hig Med Dosw.* 1994; 48(4): 419-41.
- Tredwin CJ, Naik S, Lewis NJ, Scully C. Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues. *Br Dent J.* 2006 Apr 8; 200(7): 371-6.
- Lanata E. *Operatoria dental, estética y adhesión.* Buenos Aires: Grupo Guía; 2003. Pp. 13-8, 31, 227-9.
- Milnar FJ. Considering biomodification and remineralization techniques as adjuncts to vital tooth-bleaching regimens. *Compend Contin Educ Dent.* 2007 May; 28(5): 234-6, 238-40.
- Cabrera A. Effect of Hydrogen peroxide activated by ultraviolet light and carbamide peroxide in teeth bleaching. *Rev Estomatol.* 2008; 16(1): 18-24.
- Azrak B, Callaway A, Kurth P, Willershausen B. Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens. *J Esthet Restor Dent.* 2010 Dec; 22(6): 391-9.
- Lopes GC, Bonissoni L, Baratieri LN, Vieira LC, Monteiro S Jr. Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent.* 2002; 14(1): 24-30.
- Cimilli H, Pameijer CH. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on the physical properties and chemical composition of enamel. *Am J Dent.* 2001 Apr; 14(2): 63-6.
- Lewinstein I, Fuhrer N, Churaru N, Cardash H. Effect of different peroxide bleaching regimens and subsequent fluoridation on the hardness of human enamel and dentin. *J Prosthet Dent.* 2004 Oct; 92(4): 337-42.
- Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler D, Bruggers K. Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion. *Quintessence Int.* 1990 Oct; 21(10): 801-4.
- Feagin F, Patel PR, Koulourides T, Pigman W. Study of the effect of calcium, phosphate, fluoride and hydrogen ion concentrations on the remineralization of partially demineralized human and bovine enamel surfaces. *Arch Oral Biol.* 1971 May; 16(5): 535-48.
- Attin T, Kielbassa AM, Schwanenberg M, Hellwig E. Effect of fluoride treatment on remineralization of bleached enamel. *J Oral Rehabil.* 1997 Apr; 24(4): 282-6.
- Chen HP, Chang CH, Liu JK, Chuang SF, Yang JY. Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. *J Dent.* 2008 Sep; 36(9): 718-25. Epub 2008 Jun 24.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). *Métodos de ensayo para la evaluación de la unión adhesiva entre los materiales odontológicos y la estructura dental.* Bogotá: Icontec, Sector 11-Tecnología del cuidado de la salud, Comité Materiales Odontológicos; 25 Oct 2000.

32. Pfefferkorn G, Boyde A. Review of replica techniques for scanning electron microscopy. *Scanning Electron Microscopy*. 1974; (2)1: 75-82.
33. Rodde J. [Semi quantitative in vitro study of the etching of human enamel: scanning electron microscopy observations]. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol*. 1989 Jun; 32(2): 87-98.
34. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int*. 1993 Jan; 24(1): 39-44.
35. Goo DH, Kwon TY, Nam SH, Kim HJ, Kim KH, Kim YJ. The efficiency of 10% carbamide peroxide gel on dental enamel. *Dent Mater J*. 2004 Dec; 23(4): 522-7.
36. Price RB, Sedarous M, Hiltz GS. The pH of tooth-whitening products. *J Can Dent Assoc*. 2000 Sep; 66(8): 421-6.
37. Rotstein I, Friedman S. pH variation among materials used for intracoronary bleaching. *J Endod*. 1991 Aug; 17(8): 376-9 S.
38. Weiger R, Kuhn A, Löst C. Effect of various types of sodium perborate on the pH of bleaching agents. *J Endod*. 1993 May; 19(5): 239-41.
39. Cavalli V, Reis AF, Giannini M, Ambrosano GM. The effect of elapsed time following bleaching on enamel bond strength of resin composite. *Oper Dent*. 2001 Nov-Dec; 26(6): 597-602.
40. Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ Jr, Pires JA. Bond strength of composite resin to enamel bleached with carbamide peroxide. *J Esthet Dent*. 1991 May-Jun; 3(3): 100-2.
41. Homewood C, Tyas M, Woods M. Bonding to previously bleached teeth. *Aust Orthod J*. 2001 Mar; 17(1): 27-34.
42. Bermejo GM, Miranda AM, Saravia MA. Efecto de una sola aplicación de un blanqueador de peróxido de hidrógeno al 35% sobre la fuerza de adhesión al esmalte en diferentes intervalos de tiempo [internet]. *Visión Dental Rev Estomatol*. 2011 Oct [citado noviembre 2011]; Disponible en: http://www.revistavisiondental.net/articulo_blanqueador_deperoxido_dehirono.htm.
43. da Costa JB, Mazur RF. Effects of new formulas of bleaching gel and fluoride application on enamel microhardness: an in vitro study. *Oper Dent*. 2007 Nov-Dec; 32(6): 589-94.
44. Bascones A. *Tratado de odontología*. 2a ed. Madrid. *Avances Médico Dentales*; 1998. p. 2237.
45. Mohd Janurudin J, Ozeki K, Aoki H, Fukui Y. Preparation of a hydroxyapatite and hydrogen peroxide composite for tooth whitening. *Biomed Mater Eng*. 2007; 17(2): 69-75.
46. Teixeira EC, Turssi CP, Hara AT, Serra MC. Influence of post-bleaching time intervals on dentin bond strength. *Braz Oral Res*. 2004 Jan-Mar; 18(1): 75-9. Epub 2004 Jul 20.
47. Adebayo OA, Burrow MF, Tyas MJ. Effects of conditioners on microshear bond strength to enamel after carbamide peroxide bleaching and/or casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP) treatment. *J Dent*. 2007 Nov; 35(11): 862-70.

Leidy Catalina Arcos Hurtado
lcarcosh@unal.edu.co

Mario Alexander Mora Portilla
mamorap@unal.edu.co

CORRESPONDENCIA

Paula Alejandra Baldión Elorza
Ciudad Universitaria
Carrera 30 N° 45-03
Facultad de Odontología
Bogotá, Colombia
pabaldione@unal.edu.co

