



DIÁMETRO DE LOS TÚBULOS DENTINARIOS DESPUES DE UN BLANQUEAMIENTO INTERNO EN PREMOLARES NO VITALES CON DOS AGENTES DE BLANQUEAMIENTO. UN ESTUDIO *IN VITRO*.

Alex Mauricio Castro Hernández ¹, Jonny Alexander Prada Peñaloza ¹, Sandra Milena Briñez Rodríguez ², Sandra Elizabeth Aguilera Rojas ³, Ivonne Andrea Ordoñez Monak ⁴.

1. Odontólogos, Residentes del Postgrado de Endodoncia, Bogotá. UNICOC.
2. Odontólogo, Especialista en Endodoncia, Docente Postgrado de Endodoncia, Bogotá UNICOC.
3. Directora del Centro de Investigaciones, Bogotá UNICOC.
4. Docente del Centro de Investigaciones, Bogotá UNICOC.

amauriciocastro@unicoc.edu.co
jprada@unicoc.edu.co

ABSTRACT

Introduction: the aim of the following research is to determine the change of the diameter of the dentinal tubules, after an internal whitening in non-vital premolars with 35% hydrogen peroxide and sodium perborate with 30% hydrogen peroxide. **Materials and Methods:** 15 human premolars extracted for orthodontic purposes, were cut and the segments of each tooth, Group A and Group B were obtained. Scanning electron microscope (SEM) images of the dentinal tubules were taken to record the CA and CB control groups. The group has been treated with a 35% hydrogen peroxide and group B has been treated with a sodium peroxide with a 30% hydrogen atom for 7 days. The images were then repeated with SEM to record the experimental groups, EA and EB, and the area in μm of each image was determined with the ImageJ program of the National Institutes of Health. The images and statistical graphs of the dentinal tubules were carried out with the post hoc and oneway tests areamicras by groupcod with a value $P = 0.005$ and a confidence interval of 95%. **Results:** significant differences were obtained between CA and AD. ($p = 0.013$); between CB and EB, statistically significant differences are also differentiated ($p = 0.00$). The comparison of the experimental groups EA and EB; EB and EA there are no differences statistically significant differences ($p = 1.00$). **Conclusions:** Exposure of dentinal tubules to bleaching agents such as 35%

hydrogen peroxide and sodium perborate with 30% hydrogen peroxide caused microstructural changes in the diameter of the dentinal tubules.

Keywords. Hydrogen peroxide, endodontics, dentin, internal whitening, history, teeth whitening mechanism.

RESUMEN

Introducción: el objetivo del presente estudio es determinar el cambio en el diámetro de los túbulos dentinarios, después de un blanqueamiento interno en premolares no vitales con peróxido de hidrógeno al 35% y perborato de sodio con peróxido de hidrógeno al 30%. **Materiales y Métodos.** Se cortaron 15 premolares humanos extraídos con fines ortodónticos y se obtuvieron dos segmentos de cada diente, Grupo A y Grupo B. Se tomaron imágenes con microscopía electrónica de barrido (SEM) de los túbulos dentinarios, para registrar los grupos control CA y CB. El grupo A se trató con peróxido de hidrógeno al 35% y el grupo B se trató con perborato de sodio con peróxido de hidrógeno al 30% durante 7 días. Después se repitieron las imágenes con SEM para registrar los grupos experimentales, EA y EB y se determinó el área en μm , de cada imagen con el programa ImajeJ de la National Institutes of Health. Las imágenes se compararon y los análisis estadísticos de los diámetros de los túbulos dentinarios se llevaron a cabo con las pruebas de post hoc y Anova con un valor $P=0.005$ y un intervalo de confianza del 95% **Resultados.** Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre CA y EA. ($p=0.013$); entre CB y EB, también se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.00$). La comparación de los grupos experimentales EA y EB; EB y EA no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p=1,00$). **Conclusiones.** La exposición de los túbulos dentinarios a agentes blanqueadores como el peróxido de hidrógeno al 35% y el perborato de sodio con peróxido de hidrogeno al 30% causó cambios microestructurales en el diámetro de los túbulos dentinarios.

Palabras claves. Peróxido de hidrógeno, Endodoncia, Dentina, blanqueamiento interno, Historia, mecanismo de blanqueamiento de dientes. Perborato de sodio, túbulos dentinarios

INTRODUCCION

Las pigmentaciones dentales han sido un gran problema a nivel estético, se clasifican en pigmentaciones externas e internas dependiendo de la estructura en donde se afecta el diente por el material cromogénico (1).

El blanqueamiento dental surge como una alternativa que logra mejorar la apariencia estética de los dientes. Cuando la pigmentación involucra la parte interna del diente se trata en la consulta de endodoncia con la técnica de blanqueamiento no vital o interno, con la aplicación de agentes

blanqueadores (2). El blanqueamiento interno incorpora el agente blanqueador en la cámara pulpar en un contacto directo con la dentina, los agentes más utilizados en esta terapia son el peróxido de hidrogeno y el perborato de sodio en diferentes concentraciones (3). El ingrediente activo en la mayoría de los productos blanqueadores es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), que se suministra directamente o por la descomposición del perborato de sodio en contacto con agua destilada o peróxido de hidrogeno al 30% (4) (5). Este último se ha utilizado durante muchos años en endodoncia, ya que la literatura lo reporta como uno de los agentes más eficaces en el blanqueamiento dental interno (6) (7).

Estos agentes blanqueadores son oxidantes fuertes, pueden clasificarse como orgánicos (cuando liberan radicales orgánicos) e inorgánicos (cuando sustituyen átomos de hidrogeno por metales). En altas concentraciones, el peróxido de hidrogeno es cáustico, es decir, quema los tejidos al contacto, debido a su bajo peso molecular, esta sustancia puede penetrar la dentina a través de los túbulos dentinarios, liberando oxígeno que rompen los enlaces dobles de los compuestos orgánicos e inorgánicos (8). Para poder realizar el blanqueamiento dental interno es necesario que el agente blanqueador penetre las diferentes capas de dentina y así poder permitir el cambio de color visible (1) (8).

Dentro de la matriz extracelular de la dentina, se encuentran los túbulos dentinarios, que son espacios tubulares formados en su interior. Su estructura es variable dependiendo de la zona del diente, posee una mayor permeabilidad que el esmalte y permiten el paso a distintos elementos o solutos (colorantes, medicamentos, microorganismos etc.), que la atraviesan con facilidad, por tal motivo es importante el diámetro y la distribución de los túbulos dentinarios, que oscilan entre 2 a 4 μm con una longitud promedio de 1.5 a 2 mm de largo (9) (10).

Algunas investigaciones han demostrado que el uso de agentes blanqueadores como el peróxido de hidrogeno al 35%, pueden causar alteraciones en la estructura química de los tejidos duros de la dentina, al modificar su micro-dureza y rugosidad (11). Por otra parte, hay estudios que han demostrado que la exposición de los agentes blanqueadores durante 7 días, era suficiente para provocar una disminución de la resistencia a la tracción, la resistencia al cizallamiento y la micro-dureza de la dentina (12). Este cambio en la composición química de la dentina después del blanqueamiento puede deberse a una reducción del componente orgánico e inorgánico presente (13).

Dado que la dentina intertubular tiene un contenido orgánico relativamente alto de aproximadamente un 20% en peso al compararlo con la dentina peritubular. En contraste a esto tenemos que la dentina peritubular, es hipermineralizada, y es probable que sea más resistente al efecto oxidante del peróxido de hidrógeno (11). Estas alteraciones pueden influir en la resistencia a la fractura de los

dientes sometidos a blanqueamientos, siendo incluso muy crítica en los dientes con terapia endodóntica (5). Dichas alteraciones también incluyen: un aumento de la permeabilidad dentinaria, resistencia a la fractura coronal y por último la posibilidad de una reabsorción radicular externa a nivel cervical, la cual se puede presentar por difusión del agente blanqueador hacia el ligamento periodontal a través de los túbulos dentinarios (14) (15) (16). Heling en 1995, en estudio sobre la penetración *Streptococcus faecali*. Sugirió que el aumento de la permeabilidad de la dentina podría ser a causa de la acidez de los agentes blanqueadores en altas concentraciones, abriendo los túbulos dentinarios, permitiendo la difusión de estos hacia el ligamento periodontal (17).

Teniendo en cuenta lo anterior es importante determinar, que tanto se podría ampliar el diámetro de los túbulos dentinarios, al verse afectada su estructura, a lo cual se podría asumir, que esto permitiría una mayor difusión de los agentes blanqueadores, y a su vez, podría aumentar la probabilidad de una reabsorción radicular externa, una patología con un mal pronóstico en odontología. Es así como se observó que actualmente, no se han establecido reportes sobre el efecto de los agentes blanqueadores en los cambios micro-estructurales en el diámetro de los túbulos dentinarios. Por esta razón el objetivo de estudio era determinar, el cambio en el diámetro de los túbulos dentinarios, después de un blanqueamiento interno en premolares no vitales con peróxido de hidrógeno al 35% y perborato de sodio con peróxido de hidrógeno al 30%.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación es de tipo experimental in vitro, se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con el cual se definió una muestra de 15 premolares, entre superiores e inferiores, extraídos con fines ortodónticos de manera atraumática, no se tuvieron en cuenta para el estudio premolares con pérdida de su estructura durante la extracción, con anomalías en su desarrollo, con restauraciones extensas, con procesos cariosos o fracturados. Después de la extracción, los premolares se conservaron en solución buffer con un pH de 7.0, estos se enumeraron de 1 a 15 y se seccionaron en sentido vestíbulo - palatino y vestíbulo – lingual, premolares superiores o inferiores respectivamente, siguiendo su eje longitudinal y se dividieron en dos segmentos (A y B) obteniendo 30 segmentos.

Se realizó el retiro del tejido pulpar de manera mecánica con una cucharilla de black y luego fueron sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio al 5,25% durante 45 minutos, para disolver el tejido pulpar remanente que podía quedar en los túbulos dentinarios (18). Luego las muestras se enjuagaron durante 5 minutos con solución salina para retirar el hipoclorito de sodio. Cada segmento fue secado a temperatura ambiente por 3 días. Los segmentos de cada diente se marcaron como (A y B) con la numeración respectiva a cada diente de la siguiente manera, al diente 1 del segmento A

se marcó como A1 y al diente 1 del segmento B se marcó como B1 y así consecutivamente hasta los 15 dientes, luego se empacaron en bolsas selle fácil, enumeradas de igual forma del 1 a 15.

Se tomó la imagen inicial de los túbulos dentinarios de los segmentos (A y B) bajo microscopía electrónica de barrido (SEM) a 2000x de magnificación, a nivel de la cámara pulpar, delimitando un área a 2 mm². Estas primeras imágenes correspondieron al grupo control, como control A (CA) y control B (CB). Se obtuvieron por cada campo 3 tomas bajo SEM para cubrir la totalidad del campo de la cámara pulpar. Posterior a esto, se procesó el área de los túbulos dentinarios de cada imagen con el software visualizador **ImageJ**. El cual es un programa de procesamiento de imágenes digitales programado en Java y desarrollado en el National Institutes of Health que permite mostrar, editar, analizar, procesar, guardar, e imprimir imágenes (19). Esto con el fin de determinar el diámetro inicial de los túbulos dentinarios en los dos grupos control.

Una vez obtenidos los resultados del grupo control se le aplicó el agente blanqueador a base de peróxido de hidrógeno al 35% a cada segmento correspondiente al grupo A y el perborato de sodio en combinación con peróxido de hidrógeno al 30 % a cada segmento correspondiente al grupo B, a nivel de la cámara pulpar. Después de la aplicación de los agentes blanqueadores se almacenaron las muestras en una cámara de estandarización de temperaturas entre 37°C a 37.5°C por 7 días, luego se lavaron con agua destilada durante 5 minutos y se secaron a temperatura ambiente por 3 días. Se realizaron nuevamente 3 tomas para cubrir la totalidad del campo y se designaron como grupo experimental A (EA) y experimental B (EB) se procesaron nuevamente el área de los túbulos dentinarios con el software visualizador **ImageJ** para obtener el área promedio de los túbulos dentinarios; sin embargo se observaron irregularidades tomadas por el programa como un área única, obteniendo áreas muy grandes o muy pequeñas, las cuales fueron excluidas si no correspondían al diámetro de 2 a 4 µm (19).

ANALISIS ESTADISTICO

Una vez obtenidas las mediciones de las áreas de los túbulos dentinarios, se promediaron y se sometieron al análisis de varianza ANOVA que determina estadísticamente si los resultados de mayor a dos grupos presentan alguna diferencia significativa o no. Para determinar la diferencia entre cada grupo control y experimental se aplicó la prueba Tukey de Post Hoc, que determina que medidas difieren entre sí, identificando los subconjuntos homogéneos con medidas que no se diferencian, siguiendo el valor p. Esta prueba se utiliza junto con ANOVA en estudios *in vitro*, que implica un número elevado de comparaciones con un nivel de significancia al 5%.

RESULTADOS

Al realizar la comparación entre todos los grupos (CA, EA, CB, EB), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p= 0,000$; ANOVA).

Al comparar entre el grupo CA y el grupo EA, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p= 0,013$; Tukey), siendo mayor el promedio del diámetro de los túbulos dentinarios en el grupo EA con respecto al grupo CA. **Tabla. 1**

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
CA	2394	3,04659	0,56039	2,000	3,999
EA	1113	3,10866	0,57225	2,000	3,999

Tabla. 1 Resultados del promedio del diámetro de los túbulos dentinarios entre el grupo CA y EA.

IMAGEN CA

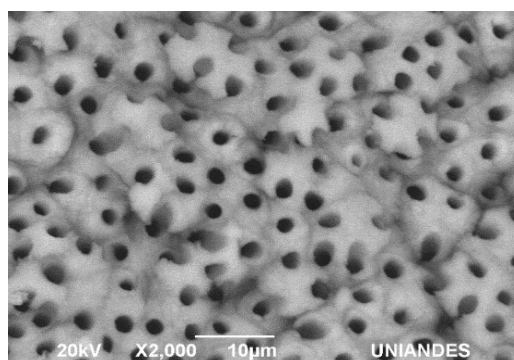
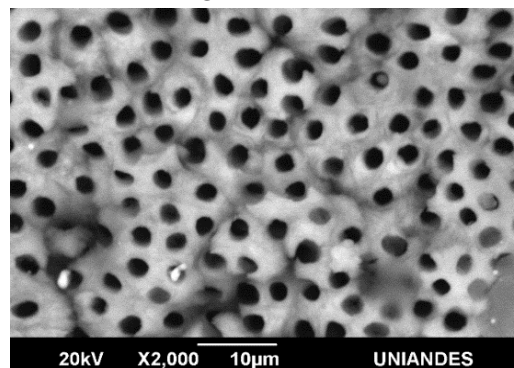


IMAGEN EA



Al comparar entre el grupo CB y el grupo EB, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,000$; Tukey), siendo mayor el promedio del diámetro de los túbulos dentinarios en el grupo CB con respecto al grupo EB. **Tabla. 2**

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
CB	2664	2,99814	0,56629	2,000	3,999
EB	1498	3,11014	0,54898	2,000	3,996

Tabla. 2 Resultados promedio del diámetro de los túbulos dentinarios entre el grupo CB y EB.

IMAGEN CB

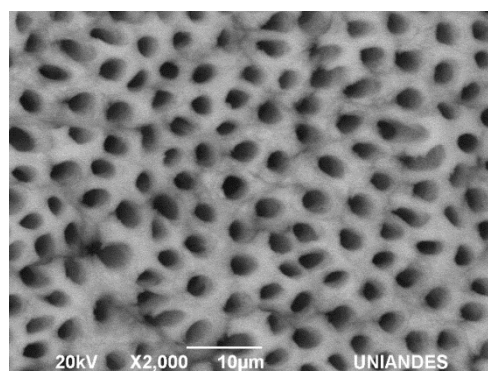
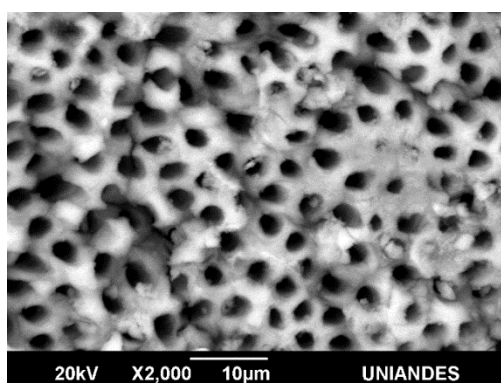


IMAGEN EB



Al comparar entre grupos experimentales EA y EB no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=1$; Tukey). **Tabla. 3**

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EA	1113	3,10866	0,57225	2,000	3,999
EB	1498	3,11014	0,54898	2,000	3,999

Tabla 3 Comparaciones entre grupos experimentales EA y EB.

IMAGEN EA

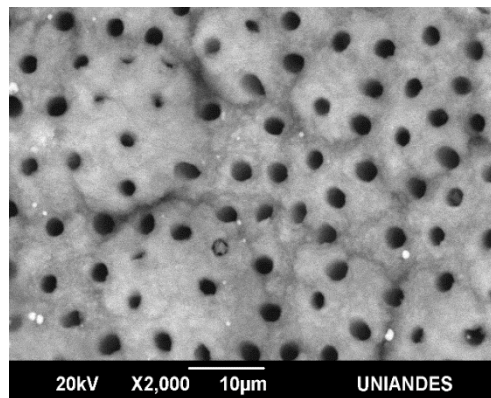
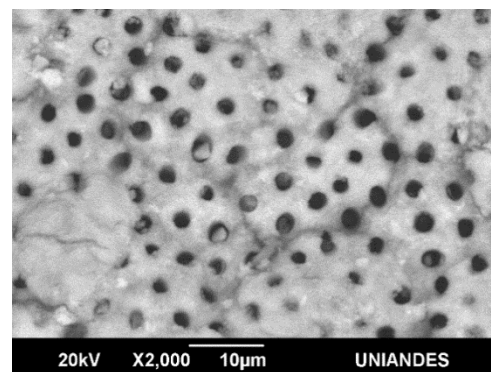
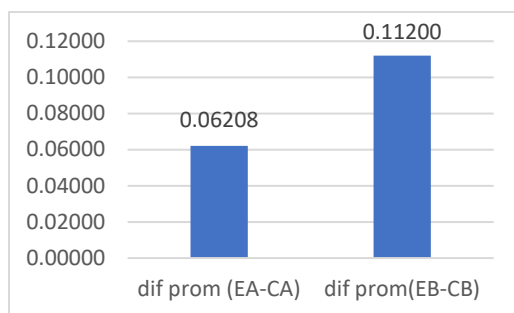


IMAGEN EB



Sin embargo, el comportamiento del peróxido de hidrógeno al 35% en el grupo A fue mejor, ya que, entre el CA y EA, el área que se amplió de los túbulos dentinarios fue menor, con respecto al CB y EB del perborato de sodio más peróxido de hidrógeno al 30%. **Gráfica**



DISCUSION

Las pigmentaciones dentales han sido un gran problema a nivel estético, son complicaciones que ocurren por diversos factores los cuales causan cambios de color en el diente de forma extrínseca o intrínseca, dependiendo la estructura afectada por el material cromogénico (1).

Ante este problema el blanqueamiento dental surge como una alternativa de tratamiento, el cual logra mejorar la apariencia de los dientes. (2). En endodoncia se utiliza la técnica de blanqueamiento dental interno, donde se incorpora el agente blanqueador en el interior de la cámara pulpar en un contacto directo con la dentina; este tipo de técnicas se utiliza en dientes sometidos a previos tratamientos endodónticos (2).

Para este estudio se utilizó el peróxido de hidrógeno al 35% y el perborato de sodio con peróxido de hidrógeno al 30%, ya que han sido los dos agentes blanqueadores más reportados debido a su gran efectividad en el aclaramiento dental, como lo describe Bersezio C y Cols en el 2018 en su estudio, donde informó, la efectividad del peróxido de hidrógeno al 35% en la técnica de blanqueamiento dental no vital a un periodo de 6 meses y Rostein I y Cols en 1991 que estudió la efectividad del perborato de sodio en una mezcla con peróxido de hidrógeno al 30% o agua, para evitar el riesgo de reabsorción radicular externa (6) (7).

Aunque se sabe que con el uso de estos agentes blanqueadores se obtienen buenos resultados en los tratamientos de blanqueamiento dental no vital, también se ha informado sobre los efectos que producen en los tejidos, ya que estos agentes son oxidantes fuertes que rompen las cadenas largas moleculares conjugadas de los pigmentos a cadenas más cortas, como lo reporta Alqahtani MQ y Cols en el 2014 (20). Se presentan en varias concentraciones, Tredwin CJ 2006 evaluó que los agentes blanqueadores en concentraciones altas, es decir del 35%, son cáusticos, produciendo quemaduras en los tejidos al contacto y debido a su bajo peso molecular, estas sustancias pueden penetrar la dentina a través de los túbulos dentinarios, liberando oxígeno que rompen los enlaces dobles de los compuestos orgánicos e inorgánicos de la dentina (8).

Estos hallazgos pueden ser comparables con otros estudios que reportan el efecto de los agentes blanqueadores en la estructura química de la dentina, al modificar su micro-dureza y rugosidad, como lo reportó Chng en el 2005, donde evaluó que el efecto del peróxido de hidrógeno al 30% es más agresivo en la dentina intertubular por su mayor contenido orgánico a diferencia de la peritubular que es más hipermineralizada (11). Rostein I en 1992, informó en un estudio sobre los efectos del perborato de sodio mezclado con hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones, afirmando que la reducción del contenido inorgánico de la dentina podría atribuirse a los cambios que generan estos agentes, en la relación inicial biológica de los componentes orgánicos e inorgánicos presentes (13).

Esto es semejante a lo evaluado por Zalkind y Cols en 1996 donde describió los cambios en la superficie del esmalte, la dentina y el cemento generados por los agentes blanqueadores como el peróxido de hidrógeno que pueden cambiar la estructura de la hidroxiapatita, reduciendo la relación Ca y fósforo de la dentina lo que genera un proceso de desmineralización adicional (21).

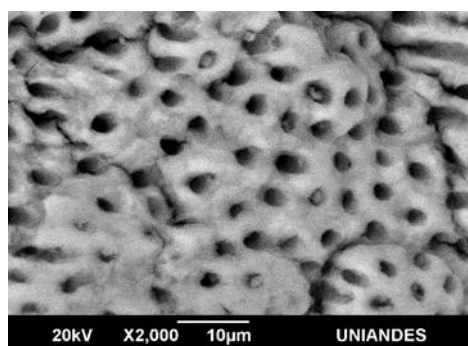
Kawamoto y Cols en el 2004 reportaron que la liberación de iones hidroxilo (OH) por parte del peróxido de hidrógeno al 30% influye en el componente orgánico de la dentina, como resultado de la ruptura de la cadena polipeptídica, causada por la destrucción de aminoácidos que son parte de la composición de la sustancia orgánica, además sugiere que los OH son los responsables del blanqueamiento dental (22). Otro de los efectos adversos más reportados por el uso de agente para blanqueamiento de dientes no vitales, es la reabsorción radicular externa. Harrington en 1979, planteó la hipótesis de que reabsorción radicular externa, puede ser debido a un aumento de la permeabilidad dentinaria, que permitiría la difusión del agente blanqueador a través de los túbulos dentinarios hacia el ligamento periodontal iniciando un proceso inflamatorio de reabsorción (15). Healing I y Cols en 1995 sugirió algo parecido, en un estudio sobre la permeabilidad que generan los agentes blanqueadores, para la penetración del *Streptococcus faecalis*. Los hallazgos de ese estudio, informaron que el efecto oxidante de los agentes blanqueadores en especial del peróxido de hidrógeno, produce un incremento de la permeabilidad dentinaria, permitiendo la penetración bacteriana hacia el ligamento periodontal, mejorando el fenómeno de reabsorción radicular externa (17). Howell RA en 1980, sugiere que el aumento de la permeabilidad dentinaria, podría deberse al grabado ácido de la dentina internamente producido por el peróxido de hidrógeno que "abriría" los túbulos dentinarios para permitir una mejor penetración del agente blanqueador (23).

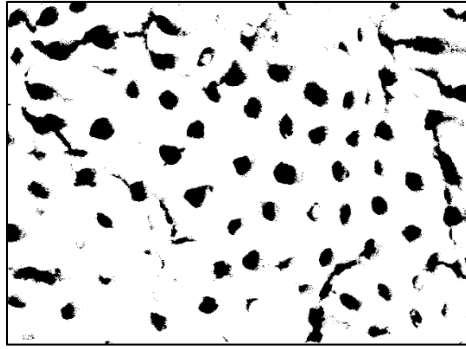
El objetivo de este estudio era corroborar esa hipótesis mediante la aplicación de dos de los agentes blanqueadores más utilizados en el tratamiento del blanqueamiento dental interno como son el peróxido de hidrógeno al 35% y el perborato de sodio en una mezcla con peróxido de hidrógeno al 30%. Los resultados obtenidos en cuanto a los cambios micro-estructurales en el diámetro de los túbulos dentinarios del grupo control, sometidos a los agentes blanqueadores como el peróxido de hidrógeno al 30% y el perborato de sodio con peróxido de hidrógeno al 30% en el grupo experimental,

expusieron una diferencia estadísticamente significativa, con un mayor aumento del diámetro de los túbulos dentinarios en el grupo experimental con respecto al grupo control, reflejado a nivel del área individual de los túbulos dentinarios expuestos a los agentes blanqueadores a diferencia del área individual de los túbulos dentinarios iniciales.

Esto se puede deber al efecto que tienen los agentes blanqueadores sobre estructura de la dentina, como lo planteó Chng Hk en el 2005 al evaluar el efecto del peróxido de hidrógeno al 30% durante 24 horas en la dentina intertubular, concluyendo que se produjeron cambios superficiales significativos en la dentina intertubular y una reducción en el espesor de la dentina peritubular, debido a la diferencia del colágeno en el componente orgánico presente, ya que la dentina intertubular contiene un mayor contenido de colágeno a diferencia de la dentina peritubular que es más mineralizada y carece de colágeno como componente orgánico de su matriz (11).

En las imágenes obtenidas bajo SEM, en el grupo experimental se observaron cambios superficiales de la dentina, como rugosidades, porosidades y micro-grietas que atravesaban algunos segmentos de los túbulos dentinarios, tanto a nivel de la dentina intertubular como la peritubular, debido a la acción de los agentes blanqueadores sobre la superficie de la dentina y la obliteración de los túbulos dentinarios por los cristales del perborato, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Zalkin y Cols en 1996 donde se describe los cambios morfológicos ya nombrados de la superficie de la dentina, al ser expuesta a varios agentes blanqueadores (21). Estas irregularidades de la superficie de la dentina, al ser procesadas por el programa **ImageJ** fueron medidas como un área única, obteniendo áreas de los túbulos dentinarios muy grandes, que no concordaban con el diámetro promedio entre 2 μm a 4 μm descrito por Schilke R y Cols en el año 2000, por lo cual fueron excluidas (10).





Al comparar el grupo experimental manejado con peróxido de hidrógeno al 35% con el grupo control, se observó una diferencia estadísticamente significativa, con un mayor diámetro de los túbulos dentinarios la cual puede ser atribuida al efecto de grabado ácido del peróxido de hidrógeno en concentraciones del 30% sobre la dentina lo que abriría los túbulos dentinarios para permitir una mejor penetración del agente blanqueador como lo sugirió Howell RA en 1980 (23).

Cuando se compara el grupo experimental con la aplicación del perborato de sodio más peróxido de hidrógeno al 30%, con el grupo control, se observa una mayor diferencia del diámetro de los túbulos dentinarios con respecto al grupo control. Lo que podría deberse a la descomposición del perborato en metaborato sódico, peróxido de hidrógeno y oxígeno, aumentando el efecto oxidante sobre la estructura dentinaria como lo describió Sulieman MA en el 2008 (24). Además, por el mayor efecto oxidante que genera la mezcla con el peróxido de hidrógeno al 30%, a diferencia de una mezcla con agua como lo reportó Rotstein I en 1991(6). Es importante aclarar que, aunque el diámetro de los túbulos dentinarios con este agente blanqueador fue mayor en la lectura con el SEM, se observaron que muchos de estos túbulos se encontraban obstruidos por los cristales del perborato de sodio, lo cual se reflejó en la medición total del área de los túbulos dentinarios de esta muestra.

Al comparar los dos agentes blanqueadores no hubo una diferencia estadísticamente significativa, pero el peróxido de hidrógeno al 35%, presentó un mejor comportamiento en la conservación estructural de los túbulos dentinarios, frente al perborato de sodio más peróxido de hidrógeno al 30%, posiblemente por una mayor actividad oxidativa del perborato de sodio en la estructura dentinaria al combinarse con peróxido de hidrógeno en concentraciones del 30% para alcanzar un sinergismo y mejorar el tiempo del efecto blanqueador como lo describe Rotstein I, en 1991 (6).

CONCLUSION

El uso de agentes blanqueadores utilizados en el tratamiento de blanqueamiento dental interno, como son el peróxido de hidrógeno al 35% y el perborato de sodio con peróxido de hidrógeno al 30%

a los 7 días de la aplicación mostraron una diferencia significativa en el aumento del diámetro de los túbulos dentinarios.

Al comparar los dos agentes blanqueadores no existe una diferencia estadísticamente significativa en el aumento del diámetro de los túbulos dentinarios.

Aunque según los resultados el peróxido hidrógeno en una concentración al 35%, es el que presenta un mejor comportamiento en cuanto a conservar el diámetro de los túbulos dentinarios a diferencia del perborato con peróxido de hidrógeno al 30%. Las irregularidades en la superficie de la dentina producida por los dos agentes blanqueadores y la obliteración de los túbulos dentinarios por parte de los cristales del perborato de sodio produjeron áreas de diferentes tamaños en el grupo experimental que fueron excluidas del área total, lo cual disminuyó la cantidad de túbulos dentinarios analizados en el grupo experimental lo que se reflejó en la medición del área total experimental de esta muestra.

Se puede concluir que al usar los agentes blanqueadores en contacto directo con la dentina generan un aumento del diámetro del túbulo dentinario lo que probablemente permitiría una mayor difusión del agente blanqueador hacia el ligamento periodontal, con una subsecuente respuesta de reabsorción radicular externa. La medida de los túbulos dentinarios no es estandarizada porque es difícil obtener el mismo campo en el segmento del diente con la SEM, por lo cual fue necesario tres tomas para intentar cubrir la totalidad del campo.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere una muestra de mayor relevancia para que los resultados sean más confiables.
- Se sugieren más estudios que midan el diámetro de los túbulos dentinarios que permitan tener un punto de comparación y poder extrapolar los resultados a la parte biológica.
- Se sugiere un tratamiento diferente para la lectura de las muestras bajo SEM, como el metalizado de las muestras ya que mejoraría la resolución y permitirá definir mejor los túbulos dentinarios; sin embargo, para realizar esto, se debe tener en cuenta que la muestra se destruye y no permite realizar la aplicación de los agentes blanqueadores en la parte experimental.
- Se sugiere cambiar el programa de medición por otro distinto al **ImageJ**, ya que ocasionó muchos problemas a la hora de procesar las imágenes. Por un programa que además se puedan obtener valores porcentuales.

REFERENCIAS

1. Nathoo SA. The chemistry and mechanism of extrinsic and intrinsic discoloration. J Am Dent Assoc 1997;128:6S–10S.
2. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. J Endod. 2008.
3. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. Crit Rev Oral Biol Med. 2003;14(4):292-304.
4. Carey CM. Tooth whitening: what we now know. J Evid Based Dent Pract. 2014 Jun; 14 Suppl: 70-6.
5. Kuga MC, dos Santos Nunes Reis JM, Fabrício S, Bonetti-Filho I, de Campos EA, Faria G. Fracture strength of incisor crowns after intracoronal bleaching with sodium percarbonate. Dent Traumatol. 2012 Jun; 28(3):238-42.
6. Rotstein I, Zalkind M, Mor C et al. In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronal bleaching of discoloured non-vital teeth. Endod Dent Traumatol 1991; 7: 177-180.
7. Bersezio C, Ledezma P, Mayer C, Rivera O, Junior OBO, Fernández E. Effectiveness and effect of non-vital bleaching on the quality of life of patients up to 6 months post-treatment: a randomized clinical trial. Clin Oral Investig. 2018 Feb 17.
8. 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.
9. M.E.Gomez de ferraris.A, Campos Muños. Histologia Embriologia E Ingenieria Tisular Bucodental.Ed 3.2009. Pag 256.
10. Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. Arch Oral Biol. 2000 May; 45(5):355-61.

11. Chng HK, Ramli HN, Yap AU, Lim CT. Effect of hydrogen peroxide on intertubular dentine. *J Dent*. 2005 May; 33(5):363-9.
12. Chng HK, Palamara JE, Messer HH. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on biomechanical properties of human dentin. *J Endod*. 2002 Feb; 28(2):62-7.
13. Rotstein I, Lehr Z, Gedalia I. Effect of bleaching agents on inorganic components of human dentin and cementum. *J Endod*. 1992 Jun; 18(6):290-3.
14. Tam LE, Kuo VY, Noroozi A. Effect of prolonged direct and indirect peroxide bleaching on fracture toughness of human dentin. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(2):100-9; discussion 110.
15. Harrington GW, Natkin E. External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod*. 1979 Nov; 5(11):344-8.
16. Rotstein I. In vitro determination and quantification of 30% hydrogen peroxide penetration through dentin and cementum during bleaching. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1991 Nov; 72(5):602-6.
17. Heling I, Parson A, Rotstein I. Effect of bleaching agents on dentin permeability to *Streptococcus faecalis*. *J Endod*. 1995 Nov; 21(11):540-2.
18. Andersen M, Lund A, Andreasen JO, Andreasen FM. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol*. 1992 Jun; 8(3):104-8.
19. Collins TJ. ImageJ for microscopy. *Biotechniques*. 2007 Jul; 43(1 Suppl):25-30. Review.
20. Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J*. 2014 Apr; 26(2):33-46.
21. 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.

22. Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod*. 2004 Jan; 30(1):45-50.
23. Howell RA. Bleaching discoloured root-filled teeth. *Br Dent J*. 1980 Mar 18;148(6):159-62.
24. Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000*. 2008; 48:148-69.