



Penetración de peróxido de hidrógeno al 35% en la cámara pulpar en dientes bovinos tras activación con LED o láser Nd:YAG

Samira Esteves Afonso Camargo, DDS, MsC

Estudiante de doctorado, Facultad de Odontología, Departamento de Patologías Orales
Universidad Estatal de São Paulo - UNESP São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Paula Elaine Cardoso, DDS, MsC

Estudiante de doctorado, Facultad de Odontología, Departamento de Endodóntica
Universidad Estatal de São Paulo - UNESP São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Marcia Carneiro Valera, DDS, MsC, PhD

Facultad de Odontología, Departamento de Endodóntica,
Universidad Estatal de São Paulo - UNESP São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Maria Amélia Máximo de Araújo, DDS, MsC, PhD

Facultad de Odontología, Departamento de Odontología Restauradora
Universidad Estatal de São Paulo - UNESP São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Alberto Noriyuki Kojima, DDS, MsC

Estudiante de doctorado, Facultad de Odontología, Departamento de Materiales Dentales
Universidad Estatal de São Paulo - UNESP São José dos Campos, São Paulo, Brasil

Correspondencia: Samira Esteves Afonso Camargo

Winkelheldweg, 15, Oberisling, Regensburg 93053, Alemania.

e-mail: samiraafonso@uol.com.br



Resumen

El objetivo del presente estudio es la evaluación de la penetración en la cámara pulpar del peróxido de hidrógeno al 35% activado por LED (diodo emisor de luz) o láser Nd:YAG en dientes de bovinos tras una técnica de blanqueamiento en consulta. Se dividieron 48 incisivos laterales bovinos en cuatro grupos, se colocó un buffer de acetato en la cámara pulpar y se aplicó el agente blanqueante del modo siguiente: grupo A ($n=12$); activación por LED; grupo B ($n=12$), activación por láser Nd:YAG (60 mJ, 20 Hz); grupo C ($n=12$), sin fotocuración ni por diodo emisor de luz ni por láser. La solución de buffer de acetato fue transferida a un tubo de cristal y se añadió Leuco Crystal Violet y peroxidasa de rábano (HRP), lo que produjo una solución de color azulado. La densidad óptica de dicha solución se determinó por medios

espectrofotométricos y se convirtió en su equivalente en microgramos de peróxido de hidrógeno. Los resultados se analizaron mediante tests ANOVA y de Tukey (5%). Se verificó que el efecto de la activación fuera significativo, pues los grupos activados por LED o láser presentaban una penetración de peróxido de hidrógeno mayor en la cámara pulpar ($0,499 +/- 0,622$ mg), en comparación con los grupos negativos ($0,198 +/- 0,218$ g). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la penetración de peróxido de hidrógeno en la cámara pulpar entre los dos tipos de activación (LED o láser). Los resultados sugieren que la activación por láser produjo un incremento de la penetración de peróxido de hidrógeno en la cámara pulpar.

(*Eur J Esther Den 2009;2:210-216*)





En la actualidad, el blanqueamiento dental es un tratamiento muy extendido debido a la sencillez en su aplicación. Este tratamiento ofrece una armonía cromática dental, componente esencial en la estética. Además, el blanqueamiento dental es una técnica relativamente poco invasiva y permite preservar el tejido dental.¹

Los propios pacientes pueden realizar un blanqueamiento en dientes vitales bajo la supervisión de un odontólogo mediante peróxido de carbamida del 10 al 22% o de peróxido de hidrógeno del 3 al 9,5%; la técnica puede llevarse a cabo en la clínica con peróxido de carbamida del 35 al 37% o de peróxido de hidrógeno del 30 al 38%.^{1,2}

Se sabe que el mecanismo de acción de los agentes blanqueantes pasa por la oxidación de componentes orgánicos en los que la estructura que va a ser blanqueada dona electrones al agente blanqueante, la modificación de los anillos de carbono pigmentados y su conversión a cadenas de color más claro.³ Esta reacción es posible a causa del bajo peso molecular de las soluciones de peróxido, permitiendo su difusión a través del esmalte y la dentina.^{4,5}

La penetración del agente blanqueador a través de los tejidos dentales puede facilitarse por las alteraciones en la composición química de los dientes, que estos mismo agentes propician disminuyendo la proporción de calcio y fosfatos en el esmalte y la dentina.^{6,7} Sin embargo, *in vivo*, este daño mineral es reversible a causa del potencial de remineralización de los tejidos dentales después del tratamiento blanqueador.⁸

Una de las principales preocupaciones sobre el blanqueamiento dental es la penetración del peróxido en el esmalte y la dentina, alcanzando la pulpa. Sin embargo, los efectos de la penetración de peróxido siguen siendo materia de discusión. Mientras algunos autores consideran que este agente blanqueador

es seguro,⁸ otros creen que el peróxido de hidrógeno puede irritar los tejidos pulpares⁹ o alterar la estructura dental.^{2,10}

Los mecanismos de fotoactivación de los agentes blanqueantes podrían inducir a la penetración del peróxido en la cámara pulpar. El agente blanqueante se activa mediante una fuente luminosa para acelerar su descomposición, lo que libera radicales libres como el O₂-, o bien oxida los pigmentos de decoloración.¹¹ Sin embargo, es posible que la fotoactivación produzca la penetración de los radicales oxidantes en la cámara pulpar.

El objetivo del presente estudio es la evaluación de la penetración en la cámara pulpar del peróxido de hidrógeno al 35% activado por LED (diodo emisor de luz) o láser Nd:YAG en dientes bovinos tras una técnica de blanqueamiento.

Métodos y materiales

Este proyecto fue desarrollado de acuerdo con el código ético en investigación.

Se extrajeron 48 incisivos laterales bovinos, que posteriormente se almacenaron en una solución salina a -18 C hasta el momento de su utilización. Todos los dientes se examinaron al estereomicroscopio (Zeiss Stemi C 2000) con objeto de elegir aquellos sin defectos en superficie.

Las raíces se cortaron con disco a 3 mm a partir de la unión amelo-cementaria. Se retiró el tejido pulpar mediante Limas Hedström (Mailleffer, Michigan, EE UU) y se irrigó la cámara pulpar con una solución salina. Las cavidades pulpares se ampliaron mediante una fresa redonda (n. 1016, KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil) para permitir la introducción de una micropipeta en la cámara pulpar. Se seleccionaron dientes de dimensiones similares para obtener cámaras pulpares de tamaño estándar que permitieran la aplicación de un



buffer de acetato de 100 µl en los dientes bovinos.

Se dividieron los dientes en cuatro grupos según fuese el procedimiento de la activación del gel blanqueante (peróxido de hidrógeno a 35%; Whiteness HP, FGM, Joinville, Schlieemann, Brasil). En el grupo A (12 dientes), el fotocurado se llevó a cabo por LED (Biolux laser, Bio-Art); en el grupo B (12 dientes), la activación se llevó a cabo mediante láser Nd: YAG (PulseMaster 600 IQ, Dental American Technologies, Corpus Christi, Texas, EE UU), con los siguientes parámetros: 60 mj y 20 Hz. En el grupo C (12 dientes), se aplicó el gel blanqueador sin fotocurado; finalmente, en el grupo de control, se sumergieron los dientes en agua destilada.

Los dientes se aislaron con dos capas de esmalte de uñas, dejando expuesta una zona vestibular para aplicación del agente blanqueante. Las cámaras pulparas se secaron y se colocó un buffer de acetato de 100 µl de 2 mol/l en la cámara pulpar de cada una de los dientes utilizados. El buffer de acetato era necesario para estabilizar el peróxido de hidrógeno que pudiera penetrar en la cámara pulpar para una cuantificación posterior. Todos los dientes se fijaron verticalmente en una placa de cera para permitir la aplicación del agente terapéutico.

En los grupos A y B, 2 minutos después de la aplicación del gel blanqueante, se activó la solución mediante LED o láser Nd: YAG (60 mj/20 Hz), respectivamente, durante 1 minuto. La irradiación lumínica y del láser se aplicaron perpendicularmente respecto a la superficie vestibular de diente, sin producirse contacto con el agente blanqueante. Se repitieron los procedimientos tres veces en intervalos de 5 minutos, con un total de 20 minutos de aplicación en cada caso.

En el grupo C, el agente blanqueante se aplicó en la superficie vestibular durante 20 minu-

tos; seguidamente se retiró y se enjuagó la superficie con un chorro de agua. En el grupo de control no se aplicó el agente blanqueante y se sumergieron las superficies vestibulares en agua destilada durante 20 minutos.

Se retiró la solución de buffer de acetato mediante una micro jeringuilla (Terumo Microsyringe MS-100, Terumo, Tokio, Japón) y se transfirió a un tubo de ensayo. Las cámaras pulparas de cada una de las piezas dentarias se aclaron con agua destilada que se añadía en el mismo tubo de cristal. También se añadieron Leucocrystal Violet (100 µl de 0,5 mg/µl; Sigma-Aldrich, San Luis, Missouri, EE UU) y 50 µl de 1 mg/µl de peroxidasa de rábano (HRP) (Sigma-Aldrich) en cada uno de los tubos y se diluyó la solución en 3 ml de agua destilada.

Se midió la densidad óptica del color azulado resultante en los tubos mediante un espectrofotómetro (UV Spectrophotometer UV-1203, Shimadzu, Kyoto, Japón) a una longitud de onda de 596 nm. Se empleó una curva estándar de cantidades conocidas de peróxido de hidrógeno para convertir los valores de densidad óptica obtenidos de las muestras a microgramos (µg) equivalentes de peróxido de hidrógeno. Las lecturas de densidad óptica se normalizaron con el grupo de control (= 0) y se analizaron estadísticamente las diferencias entre los valores medios empleando el análisis de varianza a dos vías (ANOVA) y el test de Tukey (5% de nivel de significancia).

Resultados

Los resultados (expresados en µg) de los dientes bovinos en las cuatro condiciones experimentales fueron los siguientes: grupo A (LED), $1,1310 \pm 0,2472$ µg; grupo B (láser Nd:YAG), $2,260 \pm 0,3036$ µg; grupo C (ninguna activación), $0,150 \pm 0,0698$ µg; finalmente, el grupo de control no presentaba penetración de peróxido de hidrógeno (0 µg) (Fig. 1).

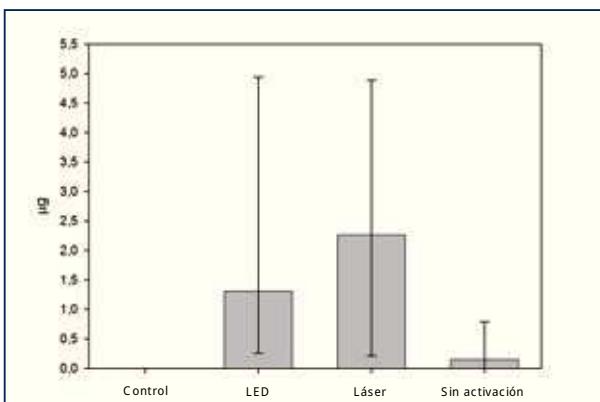


Fig. 1 Valores de penetración de peróxido de hidrógeno según las condiciones experimentales: LED (grupo A), láser (grupo B), sin activación (grupo C) y grupo de control.

Se observó una mayor penetración de peróxido de hidrógeno en los grupos tratados con agentes blanqueantes en comparación con el grupo de control. Sin embargo, sólo los grupos A (LED) y B (láser Nd:YAG) presentaron una diferencia significativa ($P < 0,005$). La comparación de los grupos experimentales, a excepción del grupo de control, demostró que existía una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos A y B en relación al grupo C (ninguna activación) = ($P < 0,005$). Los grupos A y B no se mostraron estadísticamente diferentes entre sí ($P = 0,1710$) (Tabla 1)

Discusión

La penetración de los agentes blanqueantes se produce principalmente a causa de su bajo

peso molecular y de su capacidad para desnaturalizar proteínas, lo que incrementa el movimiento de iones en el esmalte y la dentina.^{12,13} Por lo tanto, cuanto mayor sea el periodo de contacto entre el peróxido de hidrógeno y el esmalte, mayor será su penetración, tanto en cantidad como en profundidad.⁴ Haywood⁴ observó que el peróxido de hidrógeno al 35% alcanza la pulpa más rápidamente y que tras 15 minutos de exposición había 12 veces más penetración de peróxido que cuando se empleaba peróxido de carbamida al 10%. En el presente estudio se verificó que el peróxido de hidrógeno al 35% penetraba en la cámara pulpar tras 20 minutos de exposición al agente blanqueante.

La penetración del peróxido en la cámara pulpar puede verse facilitada por las alteraciones que produce el agente blanqueante en los tejidos dentales. El peróxido de hidrógeno es capaz de producir alteraciones químicas en la composición de los dientes, reduciendo la cantidad de calcio y fosfato en el esmalte y en la dentina.¹⁵ Sin embargo, esta perdida mineral no es clínicamente significativa a causa de la capacidad de remineralización de los tejidos dentales después de un tratamiento blanqueante.¹⁶ Turssi et al¹⁷ observaron que en el grupo tratado sólo con peróxido de hidrógeno no había ningún aumento significativo en la permeabilidad del esmalte cuando el agente blanqueante se activaba con una lámpara LED/láser o con una halógena de tungsteno de cuarzo (QTH) y todos los grupos sometidos a agentes

Tabla 1 Test de Tukey (5%) para los grupos experimentales y de control.

Grupos	Media (± SD)	Grupos homogéneos*
LED	1,310 ± 0,2472	A
Láser	2,260 ± 0,3036	A
Sin activación	0,150 ± 0,0698	B
Control	0	B

*Las distintas letras se corresponden a datos estadísticamente distintos.



blanqueantes mostraron mayor permeabilidad que el grupo que no fue sometido a dichos agentes y que no fue irradiado.

El tejido pulpar puede protegerse a sí mismo del daño producido por el peróxido de hidrógeno (bajo condiciones de estrés oxidativo a causa de la aplicación del agente blanqueante) mediante la ruptura enzimática de la molécula por la peroxidasa y la catalasa.¹⁰ Estos sistemas enzimáticos celulares eliminan el exceso de oxígeno. Sin embargo, se ignora cuánto peróxido de hidrógeno tolera el tejido pulpar.^{9,18}

Los agentes blanqueantes pueden activarse por medio de fuentes lumínicas como los láser de argón, CO₂ o Nd:YAG, LED, lámparas halógenas, luz de arco de plasma o instrumental manual calentado.¹¹ Así pues, el calor y la luz se han empleado empíricamente para catalizar la descomposición del peróxido de hidrógeno y acelerar el blanqueamiento dental.¹⁰ En el presente estudio, se demostró que dichas fuentes lumínicas pueden producir una mayor penetración del agente blanqueante a la cámara pulpar, lo que puede producir daño pulpar *in vivo*. Sin embargo, no se simuló ni se observó presión pulpar del fluido dentinal que pudiera reducir la tasa de difusión del peróxido de hidrógeno dirigido a la pulpa.

Las fuentes lumínicas como el láser o el LED no se absorben significativamente por el gel blanqueante incoloro porque la mayor parte de la energía se refleja o se transmite. Por lo tanto, es esencial emplear un agente blanqueante coloreado para que pueda absorber la luz.^{10,21} En el presente estudio, se empleó Whiteness HP (peróxido de hidrógeno al 35%) a causa de su coloración roja.

Baik et al²⁰ y Luk et al²¹ observaron que la aplicación de luces láser mejoraba significativamente la eficacia blanqueante de algunos productos, pero causaba significativos incrementos de temperatura en las superficies interior y exterior de los dientes. Baik et al²⁰ mos-

traron que las fuentes lumínicas como los láseres de argón y las luces de arco de plasma incrementaban la temperatura del gel blanqueante y del interior de la pulpa. Un aumento de la temperatura en el interior de la pulpa puede afectar la sensibilidad del paciente y la salud pulpar. Sin embargo, Hein et al¹⁹ y Ladalardo et al²² observaron que el empleo de LED produce un aumento máximo de 2 °C, calentando sólo los agentes blanqueantes y no los tejidos dentales.

Aunque en el presente estudio no se evaluaron los cambios de temperatura en los dientes, se observó que el peróxido de hidrógeno mostraba una mayor penetración en los grupos tratados con activación por LED o láser Nd:YAG. Así pues, la activación producía la penetración del peróxido de hidrógeno en la cámara pulpar. En cambio, Papathanasiou et al²¹ evaluaron la efectividad del fotocurado (sin conversión al calor) del peróxido de hidrógeno al 35% en un sistema de blanqueamiento en consulta. Los autores verificaron que la activación de la fuente lumínica no producía una diferencia estadísticamente significativa en comparación con la falta de activación, lo que indica que el fotocurado es opcional en el caso del sistema de blanqueamiento dental al 35%.

En el presente estudio, se evaluó solamente la penetración del peróxido en el interior de la pulpa en dientes bovinos. Se sabe que los dientes humanos y los de los bovinos presentan diferencias morfológicas, pues los bovinos son más porosos y poseen un número distintos de túbulos dentinarios en comparación con los primeros. Cuando se emplean dientes bovinos para simular procedimientos de hibridación dentinaria en zonas cercanas a la pulpa, existe una baja permeabilidad porque el diámetro de los túbulos dentinarios de los dientes bovinos es menor que en los dientes humanos, y la zona dentinaria intertubular es mayor.²⁴ Se ha observado que la penetración del peró-



xido en dientes humanos es mayor que en los dientes bovinos.²

Los estudios sobre la sensibilidad pulpar durante el blanqueamiento de dientes vitales muestran que aunque las reacciones pulpares son habituales, pueden considerarse reversibles.^{8-10, 12} Sin embargo, sería interesante llevar a cabo más estudios sobre los efectos *in vivo* de los agentes blanqueantes, en especial cuando se emplea fotocurado.

Conclusiones

La activación de los agentes blanqueantes mediante LED o láser Nd:YAG incrementó la penetración del agente blanqueante en la cámara pulpar. Sin embargo, es posible que dicha penetración no refleje exactamente la situación en el caso de los dientes humanos, pues en este estudio se emplearon dientes bovinos y no se recogió la presión pulpar del fluido dentinario.

Bibliografía

1. Rosenstiel SF, Gegauff AG, McCafferty RJ, Johnston WM. *In vitro* tooth color change with repeated bleaching. *Quintessence Int* 1991;22:7-12.
2. Camargo SE, Valera MC, Camargo CH, Gasparoto Mancini MN, Menezes MM. Penetration of 38% hydrogen peroxide into the pulp chamber in bovine and human teeth submitted to office bleach technique. *J Endod* 2007;33:1074-1077.
3. Goldstein GR, Kiremidjian-Schumacher L. Bleaching: is it safe and effective? *J Prosthet Dent* 1993;69:325-328.
4. Haywood VB. Overview and status of mouthguard bleaching. *J Esthet Dent* 1991;3:157-161.
5. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching: how safe is it? *Quintessence Int* 1991;22:515-523.
6. McEvoy SA. Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. II. Current techniques and their clinical application. *Quintessence Int* 1989;20:379-384.
7. Rotstein I, Lehr Z, Gedalia I. Effect of bleaching agents on inorganic components of human dentin and cementum. *J Endod* 1992;18:290-293.
8. Matis BA. Degradation of gel in tray whitening. *Comp Cont Educ Dent* 2000;28:S28,S31-35;quiz S49.
9. Li Y. Tooth bleaching using peroxide-containing agents: current status of safety issues of gel in tray whitening. *Comp Cont Educ Dent* 1998;19:783-786.
10. Benetti AR, Valera MC, Mancini MN, Miranda CB, Baldacci I. *In vitro* penetration of bleaching agents into the pulp chamber. *Int Endod J* 2004;37:120-124.
11. Blankenau R, Goldstein RE, Haywood VB. The current status of vital tooth whitening techniques. *Comp Cont Educ Dent* 1999;20:781-784.
12. Gokay O, Yilmaz F, Akin S, Tuncbilek M, Ertan R. Penetration of the pulp chamber by bleaching agents in teeth restored with various restorative materials. *J Endod* 2000;26:92-94.
13. Walsh LJ. Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. *Austr Dent J* 2000;45:257-269;quiz 289.
14. Seale NS, Wilson CF. Pulpal response to bleaching of teeth in dogs. *Pediatric Dent* 1985;7:209-214.
15. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod* 1996;22:23-25.
16. McCracken MS, Haywood VB. Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. *J Dent* 1996;24:395-398.
17. Turssi CP, Schiavoni RJ, Serra MC, Froner IC. Permeability of enamel following light-activated power bleaching. *Gen Dent* 2006;54:323-326.
18. Thitinanthapan W, Satamanont P, Vongsavan N. In vitro penetration of the pulp chamber by three brands of carbamide peroxide. *J Esth Dent* 1999;11:259-264.
19. Hein DK, Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM, Hansen LD. In-office vital tooth bleaching: what do lights add? *Comp Cont Educ Dent* 2003;24:340-352.
20. Baik JW, Rueggeberg FA, Liewehr FR. Effect of light-enhanced bleaching on *in vitro* surface and intrapulpal temperature rise. *J Esth Rest Dent* 2001;13:370-378.
21. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *J Am Dent Assoc* 2004;135:194-201;quiz 228-229.
22. Ladraldo TC, Pinheiro A, Campos RA, Brugnara Junior A, Zanin F, Albernaz PL, Weckx LL. Laser therapy in the treatment of dentine hypersensitivity. *Braz Dent J* 2004;15:144-150.
23. Papathanasiou A, Kastali S, Perry RD, Kugel G. Clinical evaluation of a 35% hydrogen peroxide *in-office* whitening system. *Comp Cont Educ Dent* 2002;23:335-338,340,343-344;quiz 348.
24. Tonami K, Takahashi H. Effects of aging on tensile fatigue strength of bovine dentin. *Dent Mat* 1997;16:156-169.