

# EVALUACIÓN CLÍNICA DE LA EFECTIVIDAD DE LA ACCIÓN DE CUATRO SISTEMAS DIFERENTES DE FOTOACTIVACIÓN CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

Trabajo de investigación para la obtención del Título de Máster en Ciencias Odontológicas

2013

Facultad de Odontología.

Departamento de Odontología Conservadora.

Universidad Complutense de Madrid.

Carlos Oteo Morilla

*EVALUACIÓN CLÍNICA DE LA EFECTIVIDAD DE LA ACCIÓN DE CUATRO SISTEMAS DIFERENTES DE FOTOACTIVACIÓN CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO*

Trabajo de investigación para optar al Título de Máster en Ciencias Odontológicas.

**Carlos Oteo Morilla**

Director.

**Prof. Dr. D. Carlos Oteo Calatayud.**

Departamento de Estomatología II

Facultad de Odontología

Universidad Complutense de Madrid.

Madrid, 2013

**D. Carlos Oteo Calatayud**, Profesor Titular del Departamento de Estomatología II de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid,

**Certifica que:**

El trabajo de investigación titulado: “*Evaluación clínica de la efectividad de la acción de cuatro sistemas diferentes de Fotoactivación con peróxido de hidrógeno.*” del que es autor D. Carlos Oteo Morilla, ha sido realizado en este Departamento bajo mi dirección y supervisión, reuniendo en mi opinión todos los requisitos para ser presentado y defendido para la obtención del Título de Máster en Ciencias Odontológicas.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma el presente certificado en Madrid a 10 de junio de dos mil trece.

*Fdo. Prof. Dr. Carlos Oteo Calatayud*

# ÍNDICE

<b>1.-INTRODUCCIÓN</b> .....	4
1.1- Historia.....	4
1.2.- Alteraciones de color. Tinciones.....	5
1.3.- Color.....	7
1.3.1.- Percepción del color.....	9
1.3.2.- Métodos de medida del color.....	11
1.4.- Agentes blanqueantes.....	14
1.4.1.- Peróxido de hidrógeno.....	14
1.4.2.- Peróxido de carbamida.....	15
1.4.3.- Mecanismo de acción de los agentes blanqueantes.....	15
1.5.- Técnicas de blanqueamiento.....	16
1.5.1.- Técnica de blanqueamiento domiciliario (at-home).....	16
1.5.2.- Técnica de blanqueamiento en consulta (in-office).....	17
1.5.2.1- Sistema de activación.....	18
1.5.2.2.- Fuentes de luz.....	20
<b>2.-JUSTIFICACIÓN</b> .....	24
<b>3.-HIPÓTESIS DE TRABAJO</b> .....	24
<b>4.-OBJETIVOS</b> .....	25
<b>5.- MATERIALES Y METODOS</b> .....	25
<b>6.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	34
<b>7.- RESULTADOS</b> .....	35
<b>8.- DISCUSIÓN</b> .....	38
<b>9.- CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>10.- BIBLIOGRAFÍA</b> .....	47

# 1.-INTRODUCCION

El blanqueamiento dental es actualmente uno de los tratamientos más demandados en odontología<sup>(1)</sup>. Esta gran demanda se debe, en la mayor parte de los casos al deseo de los pacientes de mejorar su estética, debido a que distintos factores han podido modificar el color de los dientes. Los posibles factores que pueden producir estas alteraciones pueden ser externos e internos. Los factores externos afectan a la superficie externa del diente y los factores internos están relacionados con modificaciones en la estructura interna del diente.

## 1.1.- HISTORIA.

La historia del blanqueamiento dental se remonta a más de 2000 años antes de Cristo. Los médicos romanos del siglo I recomendaban el cepillado con orina para blanquear los dientes. Entre los siglos XIV y XVIII el tratamiento para blanquear los dientes consistía en desgastar el esmalte con lijas metálicas y luego se les aplicaba una solución de ácido nítrico. El blanqueamiento dental ha sido descrito como tratamiento odontológico desde hace más de un siglo<sup>(2)</sup>. Se utilizó inicialmente en 1916 para el tratamiento de la fluorosis y el material utilizado fue ácido clorhídrico. No fue hasta 1930 cuando el peróxido de hidrógeno activado con calor fue aceptado como tratamiento<sup>(2)</sup>. Se empleaban altas concentraciones de peróxido de hidrógeno al 30% y 35% combinadas con la aplicación de calor. En 1937 se describió el uso de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) junto con éter y calor para el tratamiento de la fluorosis

endémica. En esta técnica transmitían el calor a través de instrumentos de metal previamente calentados y aplicados sobre el esmalte moteado.

La utilización de la intensidad de la luz para aumentar la temperatura del peróxido de hidrógeno y acelerar el proceso de blanqueamiento químico fue descrito por primera vez por Abbot en 1918<sup>(3)</sup>.

Se han descrito otras muchas técnicas para activar el peróxido con técnicas de calor, como utilizar instrumentos calientes, aunque luego se comprobó que se corría el riesgo de poder provocar un daño irreversible a la pulpa, por eso empezaron a centrarse en activar el peróxido con con espectros de luz que no calentasen la pulpa, como las luces halógenas, diódos, arcos de plasma o láser<sup>(4,3)</sup>.

## 1.2.- ALTERACIONES DEL COLOR. TINCIONES.

Las partículas responsables de generar tinciones son los cromóforos. Éstos son el conjunto de átomos de una molécula responsable de su color. También se definen como sustancias que presentan gran cantidad de electrones capaces de absorber energía o luz visible y excitarse para así emitir diversos colores.

Los cromóforos derivan fundamentalmente de fuentes químicas como los componentes orgánicos (carotenos), los iones metálicos (hierro, estaño) o de la combinación de ambos (sangre). Éstos pueden depositarse sobre la superficie del esmalte (tinciones externas) o bien penetrar al interior del diente (tinciones internas).

#### a).- TINCIONES EXTERNAS.

Se producen por la unión de los cromóforos al esmalte a través de fuerzas electrostáticas (Van der Waals)<sup>(5)</sup>.

Un ejemplo de este tipo de tinción es la película que se genera a partir de restos alimenticios que quedan en contacto con los dientes en áreas que son muy poco accesibles al cepillado dental y a la acción de los dentífricos<sup>(6)</sup>. Este tipo de tinciones se asocia también al hábito tabáquico o al consumo de bebidas con una alta saturación de colorantes como vinos tintos, té y colas.

Gran parte de estas tinciones externas pueden ser eliminadas a través de la acción mecánica del cepillado dental o de profilaxis realizadas en consulta odontológica<sup>(7)</sup>. Sin embargo, existen otras tinciones que persisten afectando a la apariencia del paciente, por lo que es necesario realizar otros tratamientos que mejoren la estética dental como puede ser el blanqueamiento dental.

#### b).- TINCIONES INTERNAS.

El uso de ciertos agentes pueden generar tinciones que alteran la estructura interna del diente provocando un cambio en su apariencia externa<sup>(3)</sup>; así actúan la clorhexidina, algunas sales con metales como el estaño y el hierro o antibióticos como las tetraciclinas. En el caso de las tinciones por tetraciclinas no se conoce bien el mecanismo de generación de tinciones, pero se piensa que se debe a la combinación de la molécula de tetraciclina con el calcio mediante el proceso de quelación y la posterior incorporación a los cristales de hidroxiapatita del diente. La fluorosis también es un tipo de macha intrínseca que se debe a la concentración excesiva de flúor sistémico durante la formación y calcificación de la matriz del esmalte.

Las tinciones por etiologías pulpares, traumatismos o necrosis generan pigmentación interna por la acumulación de subproductos hemorrágicos en el interior de los túbulos dentinarios. Las alteraciones del color de los dientes causadas por un tratamiento endodóntico, también son consideradas tinciones intrínsecas.

Una vez establecido el correcto diagnóstico y origen de la tinción, se puede realizar alguno de los tres métodos que actualmente existen para eliminarlas:

a) Aplicación de ácidos en combinación con abrasión mecánica: son eficaces pero es un tratamiento invasivo ya que elimina tejido dental. Se utiliza en tinciones muy superficiales.

b) Técnicas de blanqueamiento: permiten tratar tinciones superficiales e internas. Son procedimientos que se pueden realizar en consulta por los profesionales (técnica in-office) o domiciliario por los propios pacientes (técnica at-home). En algunos casos es necesario utilizar ambos métodos, en consulta y domiciliario para obtener los mejores resultados.

### 1.3.- COLOR

Es un fenómeno físico-químico asociado a las infinitas combinaciones de la luz y relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético que perciben los humanos a través del órgano de la visión. Todo cuerpo iluminado absorbe o transmite una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas como colores según las longitudes de ondas

correspondientes (Figura 1). El ojo humano sólo percibe el color cuando existe una iluminación suficiente, por debajo de la cual la visión se reduce al blanco y negro.

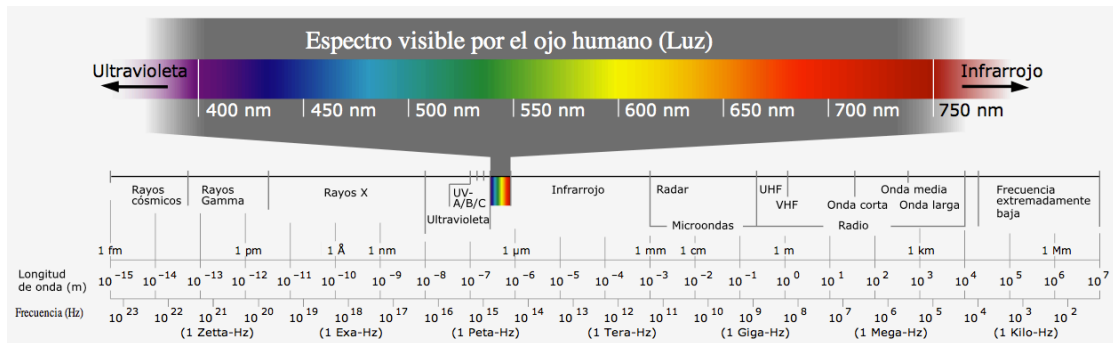


Fig.1. Espectro de luz visible por el hombre.([http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_visible](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible)).

La luz visible se compone de fotones (partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio) que tienen un rango de longitud de onda entre 360nm y 780nm. Por debajo de esta longitud de onda (<400) se localiza la radiación ultravioleta (color azul), mientras que una longitud más amplia (>700nm) corresponde al rango de los infrarrojos (Tabla 1).

Color	Longitud de onda
Rojo	~ (620-760) nm
Naranja	~ (580-620) nm
Amarillo	~ (560-580) nm
Verde	~ (490-560) nm
Azul	~ (430-490) nm
Violeta	~ (380-430) nm

## Tabla.1

Las principales características que definen el color son: tono (matiz, color), valor (value) y saturación (croma). El tono es la característica que permite diferenciar entre colores azul, rojo, amarillo, etc. El valor indica la luminosidad del color y su rango desde el negro puro hasta el blanco puro. El croma es el grado de saturación del color y describe su intensidad.

El valor es la propiedad del color que permite describir las relativas diferencias entre luminosidad y oscuridad; es independiente del color y probablemente, la dimensión más importante para la percepción humana del color, de las tres anteriormente descritas. Por ello en los estudios de color es la propiedad más valorada<sup>(6)</sup>.

### 1.3.1- PERCEPCION DEL COLOR

La percepción del color es un fenómeno complejo y la apariencia de los dientes puede estar influenciada por varios factores, los cuales actúan a nivel del cerebro y del ojo humano. Estos factores incluyen componentes extrínsecos como las condiciones de luz, e intrínsecos como translucidez, opacidad y brillo. La percepción que tenemos del color es la porción visible del espectro de la onda electromagnética no absorbida<sup>(8)</sup>. Debido a esto, el color está determinado por la longitud de la onda misma o de energía irradiada. Esta característica del color es la dimensión que permite distinguir un color de otro.

El tipo de incidencia de la luz y su transmisión a través del diente, el reflejo, la dispersión y la absorción de la misma son cualidades conocidas

como propiedades ópticas de los dientes y deben de ser tenidas en cuenta por el observador en el momento de tomar el color.

Estas propiedades pueden estar influenciadas por la dirección, el movimiento y color de la luz.

La experiencia y la adaptación del observador también tienen un papel importante en el momento de la percepción del color.

Para realizar la toma de color dental se debe tener en cuenta que los resultados pueden variar por factores externos e internos<sup>(9)</sup>. El entorno es un factor externo que comprende la luminosidad del sitio donde se registra el color, el fondo empleado, etc. Los factores internos son los relacionados directamente con los dientes que hacen que la reflexión de la luz pueda cambiar. Las características morfológicas como las concavidades y las convexidades de la superficie del esmalte no solamente definen su textura sino que también pueden ser una variante que modifica la vía de reflexión de la luz afectando su absorción sobre la superficies y la apariencia del color de los dientes<sup>(10)</sup>.

Una de las dificultades más frecuentes que aparecen cuando se intenta comparar los colores, es la percepción del tono (color). Para facilitar este procedimiento se han desarrollado escalas de color descritas de acuerdo a la teoría básica tri-dimensional de Munsell en términos de color, valor y saturación<sup>(11,12)</sup>. Este sistema es considerado el mejor de los sistemas basados en principios de percepción. Munsell observó que para obtener una visualización y descripción del color de forma apropiada, era necesario un

sólido tridimensional en lugar de una carta bidimensional mediante el cual era posible mostrar la distribución de los colores en tres dimensiones.

Entre los factores externos que pueden influenciar en la percepción y toma de color existen los factores humanos como la experiencia, la edad y la fatiga<sup>(9)</sup>. También hay factores externos ambientales como la luminosidad del lugar, el color de fondo empleado, etc. En términos generales la percepción del color puede cambiar dependiendo de la presencia o ausencia de uno de ellos. A pesar de estas limitaciones el ojo humano ha demostrado ser un sistema capaz de identificar las más ligeras diferencias del color<sup>(13)</sup>.

La determinación del color comparando los dientes con una guía de color estándar es el método más frecuentemente utilizado en odontología<sup>(9,12)</sup>. La zona del diente utilizada para la selección de color es el tercio medio, debido al rango de colores que cambia desde incisal a gingival.

Las variaciones en el valor son las más fácilmente percibidas por el ojo humano<sup>(10)</sup>. Para contrarrestar efectos subjetivos como la fatiga visual, se recomienda que el valor deba ser seleccionado primero y a partir de esta característica se organice la guía de colores desde la luminosidad a la oscuridad<sup>(6,3,14,15,16)</sup>.

### 1.3.2.- MÉTODOS DE MEDIDA DEL COLOR

Las directrices en la medición del color se basan actualmente en el uso de los parámetros estipulados por la CIELAB (CIE Commission Internationale de l' Eclairage).

La CIE (1976) define los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  como valores que tienen una medición perceptual:  $L^*$  es la luminosidad, la cual se relaciona con la intensidad del color; mientras que  $a^*$  y  $b^*$  son coordenadas sobre los ejes rojo-verde y amarillo-azul respectivamente. A partir de estos parámetros, diferentes investigadores han utilizado estas características para la medición del color de los dientes en vivo<sup>(5,14)</sup>.

En la actualidad existen varias técnicas para medir el color.

- a) Comparación visual con guía de colores.
- b) Utilización de instrumentos como colorímetros, espectrofotómetros y espectralradiómetros.
- c) Análisis de imágenes digitales.

a) La valoración del color a través de la comparación visual con una guía de color, es la técnica más utilizada en los últimos cincuenta años. Solo ha tenido un cambio desde 1970 y fue la estandarización de la iluminación, debido a que es un factor externo modificador que puede influenciar en la calidad e intensidad de la luz sobre el diente. En esta técnica, la propiedad de color que debe ser seleccionada primero es el valor<sup>(11)</sup>.

En 1960 se desarrolló una guía simplificada de color de dientes (The Vita Lumin Vacuum Shade Guide), que fue aceptada por los profesionales dentales. Esta guía fue proporcionada por la casa comercial Vita (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) en febrero de 1998 se cambió el nombre de Vita Lumin Vacuum Shade Guide por el de Vitapan Classical Shade Guide<sup>(17)</sup>. Actualmente, ésta es la guía más utilizada para valorar la eficacia de los blanqueamientos dentales por comparación de tonos<sup>(5,18)</sup>.

b) Los colorímetros son filtros de los componentes verde, rojo y azul de la luz. Utilizan 3 o 4 fotodiodos de silicio los cuales tienen una corrección espectral que simula las funciones estándar del ojo humano sobre la superficie a evaluar. Por ello, puede utilizarse como alternativa de la valoración visual.

Los espectrómetros y espectroradiómetros son instrumentos utilizados para producir la más exacta medición de color. El espectrofotómetro se diferencia del espectroradiómetro fundamentalmente en que, el espectrofotómetro presenta una fuente de luz estable. El funcionamiento tradicional de estos dispositivos consiste en un fotodiodo (semiconductor construido con una unión principalmente de diodos y transistores, sensibles a la incidencia de la luz visible o infrarroja) detector que realiza un escaneo y registro de la cantidad de luz y su longitud de onda. Sin embargo, son considerados más lentos que los filtros de los colorímetros<sup>(7,10,11)</sup>.

c) Las cámaras digitales son un nuevo dispositivo utilizado para comparar la imagen digital registrada con una guía de colores estándar. Las cámaras contienen foto-sitios que tienen la misma función que los fotodiodos, cada foto-sitio responde solo a una intensidad de luz que se refleja sobre la superficie a evaluar. La ventaja de este método es que la cámara registra cada uno de los tres colores primarios en cada localización del pixel (menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital)<sup>(7,11,19)</sup>.

## 1.4.- AGENTES BLANQUEANTES

### 1.4.1.- PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

Actualmente, el material más utilizado para realizar blanqueamientos dentales es el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Éste ha sido encontrado en bajas concentraciones en la lluvia, en la superficie del agua y en tejidos humanos<sup>(20)</sup>. Es un líquido incoloro con sabor amargo y altamente soluble en agua. Además es un agente oxidante con muchas aplicaciones industriales como por ejemplo en la fabricación de textiles, en la elaboración de alimentos, en tratamientos capilares, en la destilación de vinos y en el blanqueamiento dental entre otros. Desde 1993, el uso del peróxido de hidrógeno ha sido aceptado como producto cosmético y de higiene oral, aprobado por la ADA (Asociación Dental Americana).

El peróxido de hidrógeno tiene un bajo peso molecular y por lo tanto difunde a través de la matriz orgánica del esmalte y la dentina. Durante el blanqueamiento, el peróxido de hidrógeno crea un proceso de oxigenación sobre la superficie del diente donde interactúa rompiendo las uniones de las moléculas de la tinción. Una vez en el interior de la estructura dental, al combinarse con distintos catalizadores o activadores (luz, calor, ultrasonidos, etc.) el proceso del blanqueamiento dental puede acelerarse. Algunas fuentes de luz actúan como aceleradores de la degradación del peróxido en su interior generando oxígeno y radicales libres<sup>(21,22)</sup>.

#### 1.4.2.- PERÓXIDO DE CARBAMIDA

El peróxido de carbamida ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}\cdot\text{H}_2\text{O}_2$ ) es un producto químico soluble en agua compuesto por peróxido de hidrógeno y urea. Cuando se descompone forma aproximadamente un 3% de peróxido de hidrógeno y un 7% de urea. El peróxido de carbamida se utiliza como decolorante o desinfectante. Se incorpora en productos de consumo como tintes decolorantes para el pelo, en gotas antisépticas para el tratamiento de afecciones de los oídos, en colutorios, en productos para tratar lesiones bucales y en dentífricos. Cuando es utilizado como agente blanqueador se le añade carbopol y otros espesantes como glicerina para producir un gel y mejorar sus propiedades.

#### 1.4.3.- MECANISMO DE ACCION DE LOS AGENTES BLANQUEANTES

En 1970 Cohen y col, realizaron la primera publicación indicando que existía un mecanismo químico por el cual el peróxido de hidrógeno ingresaba a la dentina y lograba un aclaramiento en el diente<sup>(23)</sup>.

Aunque en la actualidad sigue sin estar claro el mecanismo por el cual el peróxido de hidrógeno realiza el blanqueamiento, se piensa que el peróxido de hidrógeno oxida una amplia variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos y es posiblemente éste, el mecanismo por el cual se produce el blanqueamiento del diente<sup>(3)</sup>.

El esmalte dental está compuesto principalmente de materiales orgánicos, los cuales poseen en su estructura química cadenas largas con dobles enlaces de carbono y grupos carboxilos. Cuando se rompen una o más

de las dobles uniones en las cadenas, por la acción de oxidación del peróxido de hidrógeno, se produce el proceso de blanqueamiento<sup>(3)</sup>.

El peróxido de hidrógeno al ser un producto oxidante tiene la propiedad de difundir en el interior del diente, y al descomponerse químicamente produce radicales libres hidroxilos<sup>(24)</sup>. Una de las características de los radicales libres es ser inestables. Esta inestabilidad le permite interactuar con las macromoléculas que conforman la estructura química de los pigmentos que se alojan entre las sales inorgánicas del esmalte dental<sup>(3,25,26)</sup>. Este proceso de oxidación fragmenta las macromoléculas de las tinciones en moléculas más pequeñas. Al romperse los dobles enlaces permiten que el diente tenga un aspecto más claro porque se presenta un mayor reflejo de la luz en el diente produciéndose así un efecto de blanqueamiento<sup>(23,27)</sup>.

## 1.5.- TECNICAS DE BLANQUEAMIENTO

Actualmente se emplean dos técnicas para el tratamiento de blanqueamiento dental. Una de ella es la técnica domiciliaria (at-home), que permite utilizar peróxido de carbamida o de hidrógeno a bajas concentraciones, la otra es la técnica en consulta (in-office) que emplea peróxido de hidrógeno en altas concentraciones<sup>(3,23,26)</sup>.

### 1.5.1.- TECNICA DE BLANQUEAMIENTO DOMICILIARIO (AT-HOME).

Esta técnica puede realizarse de diferentes maneras. Una de ellas emplea férulas de acetato de vinilo fabricadas a partir de un modelo previo de la arcada del paciente en cuyo interior se aplica el agente blanqueante y se colocan sobre los dientes. Otras lo aplican con pinceles por adhesión del agente sobre los dientes a modo de barniz. Actualmente también se han

desarrollado nuevos sistemas que utilizan tiras adhesivas impregnadas del agente blanqueante.

La técnica de blanqueamiento domiciliario utiliza peróxido de carbamida en concentraciones del 10 al 20% o peróxido de hidrógeno en concentraciones bajas del 6-10%. Estas técnicas son conocidas como *at-home* o domiciliarias porque suelen realizarse en casa y la frecuencia, momento y número de aplicaciones varían dependiendo la concentración del gel<sup>(3,23,27,28,29,30)</sup>.

#### 1.5.2.- TECNICA DE BLANQUEAMIENTO EN CONSULTA (IN-OFFICE).

Esta técnica se realiza en clínica y es conocida como *in-office*, de consulta o profesional. Se usan concentraciones altas de peróxido de hidrógeno, principalmente entre un 25%, y un 38% y puede ser activado o no con luz o calor<sup>(29)</sup>. Los sistemas de blanqueamiento en consulta producen resultados más rápidos en comparación con la técnica domiciliaria.

El peróxido de hidrógeno puede ser activado con luz, calor, o ultrasonidos con el fin de acelerar el proceso de oxidación y liberación de radicales libres. Por este motivo desde finales de los años setenta, las lámparas de fotopolimerización han sido utilizadas como fuente de activación para acelerar el proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno<sup>(31)</sup>.

### 1.5.2.1.- SISTEMAS DE ACTIVACION

Como ya se ha descrito, el efecto de blanqueamiento generado por el peróxido de hidrógeno sobre el diente puede estar acelerado por la utilización de factores físicos que interactúen con el oxígeno<sup>(32)</sup>.

Las reacciones químicas en el gel de blanqueamiento se pueden doblar y acelerar cuando se aumenta la temperatura en 10°C<sup>(3)</sup>. Sin embargo, algunos autores mencionan que el excesivo calor puede causar daños irreversibles en la pulpa dental<sup>(2,33,34,35)</sup>. Las fuentes lumínicas empleadas para activar el peróxido de hidrógeno también aumentan la temperatura, debido a la amplia longitud de onda que presentan<sup>(35)</sup>.

Sin embargo, para contrarrestar el calor, la presentación del material de blanqueamiento en gel reduce la temperatura en la superficie dental de un 87 a 96%, actuando como una capa de aislamiento. Además, este gel tiene grandes cantidades de agua, la evaporación de este componente produce un efecto de frío sobre la superficie del diente<sup>(33)</sup>.

También puede utilizarse luz para activar el peróxido de hidrógeno. Se emplea principalmente con concentraciones de peróxido de hidrógeno del 25 al 38%<sup>(2)</sup>. Algunas de estas presentaciones se basan en la presencia de componentes fotosensibles que permiten iniciar una reacción catalizadora del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al entrar en contacto con la luz<sup>(5)</sup>.

El aumento de la velocidad de reacción en estos sistemas puede ser debido a dos procesos físico-químicos: Termocatalisis y Fotolisis

## 1.- Termocatalisis:

El aumento de producción de los radicales hidroxilos se presenta como resultado del aumento de la temperatura de acuerdo a la ecuación resultante:



Cuando la luz se aplica sobre el gel del blanqueamiento, una pequeña fracción es absorbida y esta energía se convierte en calor. Éste es el principal mecanismo de acción de los blanqueamientos activados con luz. Por este motivo, algunos productos para blanqueamiento son mezclados con colorantes específicos como por ejemplo el caroteno, ya que el color naranja-rojo incrementa la absorción de luz azul<sup>(36)</sup>.

Ya que el calor genera un aumento de la permeabilidad del diente al peróxido, favoreciendo su eficacia, se aconseja que la aplicación de estos sistemas se realice en periodos cortos para evitar efectos secundarios<sup>(36)</sup>.

## 2.-Fotolisis:

El aumento de producción de los radicales hidroxilos provenientes del peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) también es posible mediante la activación directa del gel a través de la luz. A este proceso se le conoce como fotolisis. La luz de una frecuencia específica es absorbida, resultando una separación del  $\text{H}_2\text{O}_2$  en dos radicales de hidroxilo. La energía requerida para este proceso corresponde a una frecuencia de luz con una longitud de onda de 248nm. Las diferentes fuentes de luz utilizadas en la técnica de blanqueamiento dental en consulta alcanzan valores superiores a estos rangos de luz, y es por ello que son utilizadas para estos tipos de tratamientos<sup>(36)</sup>.

### 1.5.2.2.- FUENTES DE LUZ

La luz aumenta la eficacia de acción del gel de blanqueamiento, aunque este proceso no está demostrado en su totalidad. Sin embargo, algunos estudios publican importantes resultados al utilizar el peróxido de hidrógeno activado con luz<sup>(18,19,24,36,37,38)</sup>. El objetivo de ello es que la lámpara emita energía suficiente para que interactúe con los componentes fotosensibles del gel de blanqueamiento<sup>(7)</sup>.

Actualmente existen varios tipos de lámparas de luz, con longitudes de onda que comprenden el espectro de luz visible.

Entre los diferentes tipos de lámparas que se pueden utilizar se encuentran la lámpara de luz halógena, de diodo, láser, de plasma y de rayos ultravioleta.

a) La lámpara de luz halógena: su rango de longitud de onda es entre 400 y 500 nanómetros (nm), los cuales son necesarios para la activación del gel blanqueante. Su fuente de luz proviene de un bulbo halógeno de 12 volts/ 75 watts, cuya longitud de onda apropiada la produce un filtro especial<sup>(24,39)</sup>.

b) Lámparas de luz emitida por diodos. Se caracterizan principalmente porque su luz no se emite por el calentamiento de filamentos metálicos, sino por emisión de energía a partir de diodos simétricamente orientados que emiten una luz azul que varía entre 440 y 490 nm. Estas lámparas a diferencia de otras no generan calor y por ello no necesitan de un sistema de ventilación<sup>(40)</sup>.

c) Láser. Los tipos de láser utilizados para blanqueamiento dental son los de ión de argón con un rango de longitudes de onda de 488 a 514nm y láser de diodo con longitudes de onda de 790nm a 980nm<sup>(41)</sup>. Uno de los efectos secundarios de estos sistemas es que aumentan la temperatura intrapulpar por lo que se aconseja disminuir los tiempos de exposición<sup>(31,33)</sup>. El láser presenta una longitud de onda constante que reduce el riesgo de generar posible efectos secundarios como quemaduras asociados a diferentes longitudes de ondas como los rayos infrarrojos y de luz ultravioleta<sup>(42)</sup>.

d) La lámpara de arco de luz de plasma, tiene un ánodo de tungsteno y un cátodo en forma de tubo de cuarzo lleno de gas de xenón (Gas noble inodoro, muy pesado e incoloro). Cuando la corriente pasa a través del xenón produce una luz blanca, pero a través de sus filtros emite un espectro de luz aproximadamente entre azul-verde que comprenden los 400nm-500nm necesarios para la activación del gel de blanqueamiento<sup>(42)</sup>.

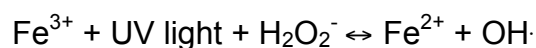
e) Luz ultravioleta. Una de las características de la luz ultravioleta es que presenta un alto espectro de propagación en la materia<sup>(36)</sup>. Actualmente la única lámpara que utiliza este tipo de luz para la técnica de blanqueamiento dental in-office es la lámpara Zoom<sup>®</sup> de la casa Discus Dental. Esta lámpara emplea un rango de luz de 350nm-400nm. Su fuente es un halide (componente químico halógeno con elementos electropositivos como sodio o potasio)<sup>(22)</sup>. La luz ultravioleta emite energía que activa el gel de peróxido de hidrógeno, el cual es catalizado por una reacción, llamada reacción foto-Fenton. En esta reacción participa el hierro el cual actúa como agente de disolución<sup>(43)</sup>.

El gel de peróxido de hidrógeno del antiguo sistema Zoom<sup>®</sup> ha sido modificado para incluir dos componentes en el nuevo sistema Zoom2<sup>®</sup>. El primero es el gluconato ferroso para activación del peróxido de hidrógeno y el segundo es el fosfato de calcio amorfo, el cual se utiliza para prevenir la sensibilidad dental. Cuando se mezcla en la jeringa dispensadora el gel de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con el gel activador que contiene hierro, el resultante de esta combinación al ser irradiado por la energía de la luz ultravioleta aumenta el efecto catalítico del Fe<sup>2+</sup> (hierro). En este momento se inicia la reacción foto-Fenton, la cual tiene la característica de ser un proceso de continua auto-renovación o cíclico<sup>(43)</sup>. En presencia de tinciones cromóforas presentes en los dientes, los radicales libres generados por la vía de la oxidación rompen las uniones de carbono en la molécula de la tinción produciéndose el blanqueamiento del diente<sup>(37)</sup>.



*Reacción Fenton*

El hierro (Fe<sup>2+</sup>) reacciona con peróxido (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) produciendo hierro (Fe<sup>3+</sup>) y radicales libres (OH<sup>-</sup>), este radical libre resultante, es una molécula extremadamente inestable y por tanto, con gran poder reactivo. El radical libre interactúa con las moléculas de carbono de las tinciones. Este proceso es denominado reacción Fenton.



### *Regeneración Foto-Fenton de la reacción fenton*

En este fenómeno juega un papel muy importante la radiación propagada a través de las ondas electromagnéticas de los rayos ultravioleta (radiación electromagnética) al interactuar con la molécula de hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) y el radical libre ( $\text{OH}^\cdot$ ) resultante de la anterior reacción Fenton, el cual lleva un electrón desapareado muy susceptible de crear enlace con otro átomo. En este caso el hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) interactuara con el radical libre ( $\text{OH}^\cdot$ ). En este proceso el hierro perderá un electrón que será tomado por el radical libre, para posteriormente formar un hidroxilo ( $\text{OH}$ ). De esta forma se restablece una nueva molécula que nuevamente seguirá teniendo interacción con el hierro, regenerándose de forma cíclica la generación de radicales libres.

La ventaja de la reacción del foto-Fenton es que aumenta las cantidades de radicales libres de hidroxilo. Esta reacción es cíclica y se renueva periódicamente sin que termine<sup>(37)</sup>.

## **2.-JUSTIFICACIÓN.**

La creciente demanda de estética dental, ha impulsado que se desarrollen diferentes tratamientos en este área de la Odontología. El blanqueamiento dental es uno de los procedimientos más demandados en este momento. Por ello los fabricantes ofrecen a los odontólogos y pacientes, modernos equipos y técnicas de blanqueamiento dental que permitan obtener resultados satisfactorios en tiempos cortos.

Actualmente existen diferentes tipos de fotoactivación para el blanqueamiento dental. Ya que existen variedades de productos y de fuentes de luz, nos lleva a plantearnos, si todas consiguen el mismo resultado o hay diferencias entre ellas.

## **3.-HIPOTESIS DE TRABAJO.**

Como hipótesis de trabajo podemos afirmar que no existen diferencias significativas en la eficacia del tratamiento de blanqueamiento dental fotoactivado independientemente del tipo de luz que se utilice.

## **4.-OBJETIVOS.**

1.-Valorar si la activación con luz del peróxido de hidrógeno aplicado sobre la superficie externa del diente produce un blanqueamiento mas efectivo que la aplicación de un placebo activado con el mismo tipo de luz.

2.-Evaluar la eficacia clínica de cuatro sistemas diferentes de blanqueamiento dental por luz y peróxido de hidrógeno.

3.-Comparar estos cuatro diferentes sistemas de blanqueamiento dental después de realizar dos sesiones de blanqueamiento en consulta.

## **5.- MATERIAL Y METODO.**

Se realizó un ensayo clínico longitudinal controlado a boca partida, randomizado, a doble ciego y transversal comparativo entre cuatro grupos de estudio.

Fueron incluidos 44 individuos mayores de 18 años, sin enfermedades sistémicas conocidas o diagnosticadas, con dientes anterioresuperiores de canino a canino totalmente erupcionados y con un color A3 o más oscuro de la guía Vita ordenada por valor.

Fueron excluidos aquellos pacientes que presentasen:

- Caries, enfermedad periodontal o restauraciones protéticas en los dientes de estudio
- Pacientes fumadores.
- Hipoplasias de esmalte, fisuras o fracturas del esmalte.
- Pacientes portadores de aparatología fija de ortodoncia.
- Erosiones cervicales y recesiones gingivales con antecedentes de sensibilidad.
- Individuos con antecedentes de sensibilidad dental.
- Mujeres embarazadas o en periodo de lactancia.
- Participación en otras investigaciones o ensayos clínicos que hayan usado sistemas de blanqueamiento anteriormente.

El protocolo de este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Clínico de Madrid (Código interno P-09/072).

Se realizó una prueba de potencia para una diferencia de medias de 2.0 y una desviación estándar de cambio de 2.6. Con un tamaño de muestra de 44 pacientes el poder fue de 0.8 (SamplePower version 2.0).

A todos los sujetos participantes del estudio se les facilitó información escrita y oral de las indicaciones y contraindicaciones de los diferentes sistemas de blanqueamiento. Se les informó del objetivo del estudio y se incluyeron en él todos aquellos que estuvieron de acuerdo con el mismo y que cumplieran los criterios de inclusión. A cada uno se le entregó un consentimiento informado para que, una vez estuvieran de acuerdo, lo firmasen.

Antes de iniciarse el estudio, a todos los pacientes se les proporcionó el mismo cepillo dental Vitis medio®. (Dentaid. 08034 Barcelona. España) y la misma pasta de dientes Fluor-aid 250® (Dentaid. 08034 Barcelona. España) para que lo utilizaran durante las dos semanas previas y mientras durase el estudio. También se les dieron recomendaciones para que durante ese periodo de tiempo la dieta no contuviera ningún tipo de colorantes.

Se formaron cuatro grupos de estudio. Cada uno de ellos correspondía a un sistema de fotoactivación en el que se realizó un blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al porcentaje determinado por el fabricante.

Grupo 1: Sistema Zoom

Grupo 2: Sistema Beyond

Grupo 3: Sistema Rad II

Grupo 4: Sistema Láser

Los pacientes se asignaron a cada grupo de una manera controlada y basándonos en el color inicial que presentasen, de modo que en los cuatro grupos hubiera las mismas tonalidades iniciales y todos los sistemas partiesen de pacientes similares, quedando cuatro grupos de 11 pacientes.

Los registros de color fueron realizados por un espectrofotómetro. El espectrofotómetro utilizado fue el easysshade® (VITA), primero se calibraba en su base y luego se medía tres veces el diente en su zona media, para cerciorarnos que mediamos siempre en el mismo sitio, se realizó una férula

semirrígida al paciente con planchas de tres milímetros de Dentaflux (28110 Algete, Madrid, España) , con una perforación del tamaño del terminal de la maquina, de modo que siempre tomase el mismo punto. De las tres veces debía coincidir dos para que fuese fiable, y se anotaba el CieLab (se aceptaron diferencias de hasta dos puntos entre mediciones).

El cálculo de las mediciones de color entre el color inicial y el de cada sesión se realizaron mediante la fórmula matemática:

$$\Delta E_1 = \sqrt{(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2}$$

A cada sujeto participante en el estudio se le realizaron controles durante tres semanas. Al inicio se les tomó el color con un espectrofotómetro mediante el sistema cieLab. A la semana de la primera sesión se realizó el mismo control con el mismo sistema y se volvió a aplicar otra sesión. Finalmente a la semana se volvió a tomar el color observando que variaciones había en el del sistema Cielab,.

Al iniciar el blanqueamiento se elegía el lado que llevaría el producto A y el que llevaría el B. El producto A contenía un placebo, que estaba compuesto por glicerina, mientras que el B contenía el peróxido de hidrógeno que se fuese a utilizar en cada caso, estos datos no fueron comunicados al operador en ningún momento durante el estudio.

Para la elección de la arcada se lanzaba una moneda al aire (cara la arcada izquierda portaría el producto A y cruz se realizaría al revés).

## **GRUPOS DE ESTUDIO**

### **1.- ZOOM2**

Previamente al tratamiento, se colocó un retractor de labios, mejillas y lengua proporcionado por el fabricante. Se protegieron de la luz ultravioleta el resto de los tejidos blandos orales con gasas opacas. También se aplicó una resina fotopolimerizable Liquidam<sup>®</sup> (Discus Dental 8550 Higuera Street Culver City, CA 90232, USA) sobre las encías con el fin de protegerlas tanto de la luz ultravioleta como de la acción del peróxido de hidrógeno y se utilizaron gafas protectoras tanto con el paciente como el operador. Se procedió a aplicar el tratamiento en ambas arcadas.

Se aplicó producto A y B sobre la superficie vestibular del incisivo central, incisivo lateral y canino de ambas arcadas, con un espesor de dos milímetros y se expuso a la luz de la lámpara ultravioleta Zoom2<sup>®</sup> (Discus Dental 8550 Higuera Street Culver City, CA 90232, USA) de blanqueamiento durante tres periodos de 15 minutos, renovando el gel de blanqueamiento en cada periodo (Fig. 8). Durante las sesiones se protegía al paciente con gafas de protección ante la luz. Posteriormente, se eliminó el peróxido de hidrógeno con aspiración y lavado con agua a presión. Se retiró el retractor, las gasas y protector gingival y se volvió a lavar toda la boca con abundante agua con el fin

de eliminar todos los posibles restos que pudieron quedar del gel de peróxido de hidrógeno.



Fig. 8

Una vez terminado el tratamiento se realizó un nuevo registro de color de los dientes de ambas hemiarquadas, tanto de la tratada con peróxido de hidrógeno como la del placebo.

A continuación, se realizó una aplicación de gel de fosfato de calcio amorfo (amorphous calcium phosphate), ACP Relief® (Discus Dental 8550 Higuera Street Culver City, CA 90232, USA) durante 10 minutos sobre la cara vestibular de todos los dientes, con el fin de reducir la sensibilidad dental posterior al tratamiento.

A todos los pacientes se les proporcionó una hoja explicativa de las comidas y bebidas que no debían ser consumidas mientras durase el estudio, entre ellas las colas, café, té, vino tinto y bebidas con colorantes. Tampoco deberían tomar alimentos como tomates, fresas y en especial las que emplean

colorantes como el azafrán, con el fin de evitar posibles cambios de color en los dientes debidos al consumo de este tipo de alimentos.

Se realizó el mismo tratamiento la semana posterior a la primera sesión registrando el color de los dientes tras esa misma sesión.

En la tercera semana se tomó el color final para no vernos influidos por la deshidratación de los dientes tras la sesión de blanqueamiento.

## **2,3 y 4.- BEYOND / RAD II / LASER**

Previamente al tratamiento se aislaron los tejidos blandos (labios y mejillas) con el protector Optragate system<sup>®</sup> (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

Las encías fueron protegidas del peróxido de hidrógeno con Liquidam<sup>®</sup> (Discus Dental 8550 Higuera Street Culver City, CA 90232, USA).

El láser (quicklase, 18 Dover Street, CANTERBURY CT1 3HD United Kingdom) se calibró en el programa dos, específico para blanqueamiento.

El sistema Rad II (SDI Limited, Australia, 5-9 Brunsdon Street) tan solo tiene un botón de encendido que para solo tras los 10 minutos que dura el sistema.

El sistema Beyond (Beyond Technology Corp, Santa Clara, CA, USA) también tiene solo un botón con el que empieza la sesión.

Se aplicó el gel de peróxido de hidrógeno en la hemiarcada correspondiente, y el placebo en la contralateral, en capas de dos milímetros y se aplicaron tres sesiones de 10 minutos cada una renovando el gel de blanqueamiento en cada

periodo, a excepción del láser que tan solo se aplicó 10 segundos en cada diente. Durante las sesiones se protegía al paciente con gafas de protección ante la luz

El gel de peróxido de hidrógeno varió según que máquina utilizásemos, para la Beyond se aplicó Beyond Max 35%, para la Rad II Polaoffice plus 37,5% y para el láser QuickWhite 35%.

Se realizó el mismo tratamiento la semana posterior a la primera sesión registrando el color de los dientes antes de dicha segunda sesión.

En la tercera semana se tomó el color final para no vernos influidos por la deshidratación de los dientes tras la sesión de blanqueamiento.

Después cada paciente recibió tratamiento domiciliario para igualar ambas hemiarquadas y la arcada inferior para lo cual se tomaron impresiones de la arcada superior e inferior con un hidrocoloide irreversible de alginato Hidrogum® (Zhermack GmbH Deutschland Öhlmühle 10, DE 49448 – Marl, Germany) para confeccionar férulas de acetato de vinilo y realizar un blanqueamiento con la técnica domiciliaria en todos los dientes inferiores y superiores (Fig. 9). De esta manera se igualó la tonalidad de los dientes expuestos y no expuestos a la activación del peróxido de hidrógeno, así como los dientes inferiores que no participaron en el estudio.



Fig. 9

El gel de blanqueamiento empleado fue peróxido de carbamida al 16% Opalescence (ULTRADENT)

La duración de este tratamiento fue de dos semanas y se verificó la igualdad de las tonalidades de las dos arcadas superior e inferior en una cita control a la sexta semana, para que hubiese estabilizado el color.

## **Análisis estadístico**

Los análisis se han realizado empleando el software SPSS V14 (SPSS Inc, Chicago, IL).

Primeramente se realizó la prueba de contraste de normalidad de Kolmogorov Smirnov para no descartar que la distribución de las medias del color de cada uno de los grupos siguiera la normalidad. La comparación de los valores medios del color entre los grupos de tratamiento al inicio del estudio fue realizada usando un test de Kruskal-Wallis

Para las comparaciones inicial-final o test-control se ha empleado un test estadístico adecuado para mediciones emparejadas, en este caso el test de Wilcoxon.

## 6.- RESULTADOS

Se formaron cuatro grupos de estudio a los que se aplicó peróxido de hidrógeno al porcentaje determinado por el fabricante.

	<i>MEDIA EN BASELINE</i>	<i>D1 TEST</i>	<i>D2 TEST</i>	<i>D1 CONTROL</i>	<i>D2 CONTROL</i>	<i>MEDIA EN FINAL</i>
GRUPO ZOOM	75,6	7,78	11,28	1,68	1,59	84,2
GRUPO BEYOND	76,1	5,44	7,51	1,33	1,03	78,56
GRUPO LÁSER	74,5	6,93	10,22	1,23	1,41	78,32
GRUPO RAD II	75,3	6,92	8,73	1,36	1,48	83,3

Tabla 2. Tabla descriptiva de los valores medios en función del tiempo en los cuatro grupos de estudio.

Los valores de la primera columna de la tabla dos corresponden a la media de los valores de la medida del color (tan solo se tuvo en cuenta la L del sistema cie LAB, ya que determina la luminosidad del diente) que la máquina easyshade determinó de los dientes incisivo central superior y canino superior que conformaban cada hemiarcada en baseline.

En las siguientes columnas se observa la media de los deltas tanto en test como control, así como la primera y la segunda semana de blanqueamiento.

Los resultados obtenidos en las distintas fases del estudio son los siguientes:

### 1.- BASELINE

Los resultados obtenidos en los cuatro grupos mostraron una media de color inicial de alrededor de 75 con una D.S. de 2. Por tanto, la diferencia entre

estos cuatro grupos no fue estadísticamente significativa, por lo que los cuatro grupos de estudio partieron de un mismo valor de L.

## 2.- D1 TEST

El Grupo Zoom tras la segunda semana obtuvo un delta E de 7,78, siendo el valor más alto de los cuatro sistemas, el que menor valor obtuvo fue el sistema Beyond. No obstante, la diferencia entre los cuatro sistemas no resultó estadísticamente significativa.

## 3- D2 TEST

El grupo Zoom muestra de nuevo los valores más altos, siendo este de (11,28) frente al que menos obtiene, que es de nuevo el sistema Beyond (7,51) seguido por RadII (8,73). Encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos Zoom-Beyond ( $p=0.004$ ) y Zoom-RadII ( $p=0.004$ ) pero no entre Zoom-láser.

## 4.- D1-D2 CONTROL

Observando los resultados, en las arcadas que portaron el placebo, el delta del cambio es muy reducido en comparación con el de el grupo test, no obstante, en la tercera semana se encontraron diferencias siempre y cuando comparemos cualquier grupo con Beyond.

Zoom-beyond ( $p=0.007$ ) , Rad II-Beyond ( $p=0.040$ ) , Láser-Beyond ( $p=0.047$ )

## 6.- COMPARACIONES INTRAGRUPPO.

ENTRE CONTROL Y TEST EN LOS 4 TRATAMIENTOS APLICADOS

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

<i>Comparativa</i>	<b>P</b> <b>Láser</b>	<i>P</i> <i>Rad II</i>	<b>P</b> <b>Zoom</b>	<i>P</i> <i>Beyond</i>
D1 TEST-D1 CONTROL	p <.003	p <.003	p <.003	p <.003
D2 TEST-D2 CONTROL	p <.003	p <.003	p <.003	p <.003

Tabla 3. Test de comparaciones de Wilcoxon.

<i>Comparativa</i>	<b>P</b> <b>Láser</b>	<i>P</i> <i>Rad II</i>	<b>P</b> <b>Zoom</b>	<i>P</i> <i>Beyond</i>
D2 TEST-D1 TEST	p <.005	p <.004	p <.003	p <.005
D2 CONTROL-D1 CONTROL	p <.26	p <.32	p <.28	p <.06

Tabla 4. Test de comparaciones de Wilcoxon.

Si observamos la comparación resultante de cada comparación en la tabla tres, observamos que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos test (que aplicaron peróxido de hidrógeno) y los grupos control (que aplicaron placebo).

En la tabla cuatro observamos la diferencia que hay entre la segunda semana y la tercera, en el grupo test si que hay diferencias estadísticamente significativas entre la tercera semana y la segunda, mientras que en el grupo control las diferencias no son significativas.

## 7.- DISCUSIÓN.

Este estudio se realizó sobre los dientes anteriores superiores y se aplicó el diseño experimental a boca partida. La principal ventaja de este método es que permite tener un patrón fijo de comparación del color en el mismo paciente a través de los dientes anteriores superiores contra-laterales. La mayoría de los trabajos realizados para evaluar la eficacia de los diferentes sistemas de blanqueamiento utilizan diseños experimentales evaluando el blanqueamiento sobre diferentes pacientes siendo necesario un tamaño de muestra mayor ya que las condiciones de los dientes son diferentes de unos pacientes a otros para poder establecer un control<sup>(9,12,17,30,44,45)</sup>.

El diseño a boca partida utilizado en nuestro estudio y en otros trabajos como en el de Kugel y col. (2006) para la evaluación clínica de la activación química de blanqueamiento a través del sistema de la activación con luz, permite tener un control y establecer estudios comparativos entre ambas hemiarcadas además de entre diferentes pacientes<sup>(19)</sup>.

Se evaluó la eficacia del tratamiento con una lámpara de luz ultravioleta Zoom2<sup>®</sup> con peróxido de hidrógeno al 25%, registrando el color inicial de los dientes con la guía Vita, comparándolo con los cambios de color inmediatos postratamiento y una vez terminado el blanqueamiento. Así mismo, se evaluó la estabilidad del color obtenido, en los intervalos de control de la primera, segunda y cuarta semana.

El método de medida ha sido realizado mediante espectrofotómetro, esto nos evita tener datos subjetivos como en los estudios en los que dos

observadores calibrados miden el color con la Guía Vita Clásica® ordenada por valor. Ése era, hasta el momento, uno de los métodos más utilizados y del que se tiene mayores referencias, en los estudios de blanqueamiento<sup>(9,12,17,30,44,45)</sup>.

Sin embargo, utilizar espectrofotómetros presenta ventajas e inconvenientes<sup>(46)</sup>. Hasegawa y col., 2000, evaluaron la eficacia del espectrofotómetro al medir la traslucidez en los incisivos centrales en 97 sujetos. El modelo utilizado fue el PR-650® (Photo Research 9330, Chatsworth, Calif.). En este estudio se encontraron diferencias significativas en los valores medios del color a lo largo del eje axial de un mismo diente en su cara vestibular, debido a que la luminosidad es más alta en el tercio incisal y tercio medio, y más baja en el tercio cervical. Además, en este último los valores de amarillo y rojizos son más altos. Esto supuso obtener resultados diferentes al realizar medidas en un mismo diente<sup>(47)</sup>.

En este estudio, para evitar el problema analizado por Hasegawa, se confeccionó para cada paciente una férula de posicionamiento, para así tomar el color del diente siempre en la misma ubicación, y evitar todo lo posible errores de lectura tal y como lo hace Kim-Pusateri, et al (2009)<sup>(48)</sup>. El grosor de la férula influye mucho en la estabilidad del cabezal de la máquina Easyshade, en nuestro estudio fue de 3 mm, pero en algunos estudios llegan a hacerla más gruesas para evitar cambios de inclinación en el terminal de la máquina Easyshade<sup>(49,50)</sup>.

Los colorímetros también pueden presentar variaciones en los registros de color. Para obtener una medición fiable con este instrumento la superficie a

medir debe de ser lisa, cualidad morfológica que no en todos los dientes se cumple<sup>(3,42)</sup>.

A pesar de tener espectrofotómetro, en un estudio de revisión realizado por Joiner y col., 2004, no se encontraron diferencias significativas entre la utilización del espectrofotómetro y la medición visual<sup>(7)</sup>.

También, se le pidió al paciente cerrar repetidamente la boca, antes y durante la toma de color, para evitar la deshidratación del diente y sesgar el registro<sup>(51)</sup>.

Muchos de los pacientes, nada más terminar el blanqueamiento, presentan un color muy blanquecino, que no siempre se mantiene con el paso de unos cuantos días, esto puede deberse sobre todo al proceso de deshidratación que se produce en los dientes durante el blanqueamiento, de modo que inmediatamente después del tratamiento, el diente tiene la apariencia de ser más blanco. Los estudios de Carrasco y col. (2007) y Kashima-Tanaka y col. (2003) demostraron que los dientes presentan un proceso de deshidratación y que cuando se rehidrata el diente, se manifiesta como una recuperación o efecto rebote en el color de blanqueamiento obtenido en el momento inmediato post tratamiento<sup>(38,25,52)</sup>.

Los resultados obtenidos con la utilización de luz para activar el peróxido de hidrógeno pueden ser diferentes según algunos autores. En estudios realizados por Papathanasiou y col.( 2002), el blanqueamiento dental con lámpara de luz halógena se asoció en parte al proceso de deshidratación que presentó el diente por la producción de calor de las lámparas<sup>(53)</sup>. Sin embargo, en un estudio realizado por Tavares y col. (2003) describe que además de la

luz, el calor que proviene de la lámpara es una ventaja añadida que permite aportar un aparente blanqueamiento en el momento de terminar el tratamiento<sup>(35)</sup>.

En el estudio de Kugel y Col., 2006, sólo 4 pacientes de 10 lograron el color B1, de los cuales 2 fueron en el diente incisivo central superior y otros 2 en el diente incisivo lateral superior. De ellos solamente un incisivo lateral superior mantuvo su color a la segunda semana. Este trabajo atribuye la pérdida de estabilidad del color a la deshidratación del diente debido al calor generado en las lámparas halógenas y de plasma. Observaron que la activación con luz produce un aumento considerable de calor que es capaz de catalizar la disociación del peróxido de hidrógeno en agua y liberación de oxígeno<sup>(19)</sup>. En el estudio de Papathanasiou y col. (2002), se utilizó como fuente lumínica la lámpara halógena. En una muestra de 20 pacientes, sólo tres alcanzaron el color B1, pero no se especifica la estabilidad del color posterior al tratamiento. Este estudio menciona que se presenta un cambio de color de una media de 1.7 entre la utilización de la fuente lumínica y la no utilización, pero que esta diferencia es el resultado de la deshidratación generada por el calor<sup>(53)</sup>.

Uno de los motivos que pueden explicar este hecho es la cualidad que tiene el peróxido de hidrógeno de ser una molécula inestable y su capacidad de difundirse y penetrar en el interior del diente, lo que le permitiría seguir actuando aún después de ser eliminado de la superficie del esmalte. El peróxido de hidrógeno puede generar oxígeno, con o sin el uso de una fuente de luz<sup>(29,38)</sup>.

Un aumento de la temperatura puede duplicar las reacciones químicas en el peróxido de hidrógeno<sup>(45)</sup>. Estudios de Kugel y col. (2006) observaron que la activación con luz produce un aumento considerable de calor que es capaz de catalizar la disociación del peróxido de hidrógeno en agua y liberación de oxígeno<sup>(19)</sup>.

En nuestro estudio hemos medido el color siempre una semana después de dar cada sesión, justo antes de empezar con una nueva sesión, de ese modo nos evitábamos cualquier sesgo que pudiera ocasionarnos el medir el color de los dientes estando estos deshidratados.

Para las medidas del color, se utilizó el  $\Delta E$ , que es una forma de medir la diferencia existente entre dos colores. La medida  $\Delta E$  (léase "delta E" o, menos apropiadamente, "error delta" puesto que eso es lo que finalmente representa) es, supuestamente, la diferencia mínima entre dos colores que el ojo humano medio es capaz de distinguir. En definitiva, es medir la distancia entre puntos en un espacio tridimensional (un espacio de color Lab).

La medición para saber cuánto es un valor  $\Delta E$  se puede realizar con un espectrofotómetro como hicimos en nuestro estudio y con diversos métodos de cálculo.

Los valores de  $\Delta E$  delta considerados admisibles son usualmente muy bajos: Entre dos y tres y medio son valores ya perceptibles como 'colores distintos' por el ojo no adiestrado. Lo cierto es que hay tonos en los que el ojo percibe antes las diferencias (por ejemplo, los tonos de piel) Delta E,  $\Delta E$ . 2011.

En un estudio de Kim-Pusateri et al (2009) demostraron que este método da más confianza y es más estable con un 96% de éxito<sup>(48)</sup>.

Clínicamente, no se han encontrado con frecuencia problemas en los tejidos blandos, sin embargo, puede existir una irritación de la encía o mucosa durante la fase inicial del tratamiento. Histológicamente, varios autores como Hoffman, Meneghini (1979) y Tenovuo, Larjava (1984), llegaron a la conclusión de que los fibroblastos gingivales se ven afectados por el peróxido de hidrógeno<sup>(54,53)</sup>.

Para realizar el estudio y evitar así este efecto secundario, colocamos un protector gingival, para poder evitar la inflamación de las encías de los dientes que blanqueamos con peróxido de hidrógeno<sup>(30)</sup>.

En nuestro estudio decidimos que los pacientes no fueran distribuidos en los grupos de una forma randomizada, tal y como lo hacen el resto de artículos que hemos encontrado, debido a que no se debe permitir que el azar introduzca en un grupo colores más oscuros, dando ventaja a ese sistema para blanquear más.

Analizando los resultados obtenidos en el estudio, en la segunda semana de seguimiento observamos que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro sistemas, determinando así que una semana no es suficiente para producir un cambio importante por parte de ninguno de los sistemas, aunque el sistema zoom, tiene un valor bastante más elevado que el resto de los sistemas.

En la tercera semana, en cambio, si que existen diferencias significativas entre Zoom-Rad II y Zoom-Beyond, pero no entre Zoom-Láser. El sistema ultravioleta de Zoom, demostró ser superior siempre, aunque no significativo en la primera semana, si que lo fue en la segunda, obteniendo los resultados más elevados en la comparativa entre sistemas. Esto podría deberse a la reacción fentón y foto-fentón que hemos mencionado en la introducción.

El sistema láser fue el que obtuvo los segundos resultados más altos, siendo estos también superiores a los que obtuvo el sistema Beyond.

Otro sistema de láser (LaserSmile -Biolaser<sup>®</sup>) fue evaluado en un estudio de Lin y col. (2008). En este estudio se utilizó en 86 sujetos, los cuales registraron cambios de color de  $5.67 \pm 3.01$  de tonos de la guía Vita, utilizando peróxido de hidrógeno al 35%. El tiempo de aplicación fue en una sola cita de tres sesiones; la inicial de siete minutos y la segunda y tercera de cuatro minutos, respectivamente. Este estudio menciona que el empleo de láser produce resultados instantáneos iguales a los del sistema de blanqueamiento Zoom<sup>®(18)</sup>.

En un estudio reciente de 2013, Polydorou comparó Beyond con un láser, y demostró en 60 pacientes como el láser era el más efectivo, quedando Beyond por debajo de la activación química (sin activación por luz)<sup>(54)</sup>.

En este estudio hay que tener en cuenta, que hemos comparado cuatro sistemas diferentes, con sus respectivos tiempos de utilización, sus determinados porcentajes de concentración y sus propiedades individuales, lo cual quizás no estandariza en condiciones iguales a todos los sistemas.

Nosotros buscábamos comparar tan solo sistemas, con sus diferentes porcentajes y características.

Cuando tenemos que utilizar uno de estos sistemas en clínica, cada sistema ha de ser utilizado con su producto y su fotoactivación, ya que los activadores de algunos sistemas o el gel de gluconato férrico de la zoom intervienen de manera significativa en la activación del peróxido.

Quizás aunque la Zoom tiene el porcentaje más bajo de peróxido de hidrógeno, el efecto fentón y foto-fentón produce una mejora considerable de la producción de radicales de oxígeno, esta sensación de potenciador del gel ya la han experimentado muchos autores en diferentes artículos mencionados, como por ejemplo el de Gerard Kugel en 2009 o Andrew Gallagher en 2002<sup>(55,56)</sup>.

En cuanto a las comparaciones intragrupo observamos en la primera tabla como el lado test blanqueó más que el lado control, como era de esperar, ya que independientemente del tipo de activación, el lado test portaba un peróxido de hidrógeno.

Por último al comparar la tercera semana con la segunda en el grupo test, también encontramos diferencias significativas, dando a entender esto, que una semana no es suficiente para alcanzar los máximos valores de aclaramiento de los dientes con estos sistemas, a pesar de que algunas casas comerciales tan solo aconsejan utilizar un día su lámpara.

Futuros estudios deben dedicar sus esfuerzos a averiguar de alguna forma, cual es el límite de sesiones que necesita una persona para conseguir

un blanqueamiento completo, y asimismo tratar de predecir, según el paciente cuantas sesiones son necesarias según su color de base.

## **8.- CONCLUSIONES**

1.- Los cuatro sistemas produjeron un mayor cambio en el lado test que en el lado control (que portaba el placebo)

2.- Los cuatro sistemas de fotoactivación obtuvieron eficacia clínica con dos sesiones de tratamiento.

3.- El peróxido de hidrógeno a la concentración del 25% con la Fotoactivación ultravioleta (sistema zoom) obtuvo los mejores resultados en la segunda y tercera semana, siendo significativo en esta última al compararlo con los demás sistemas menos con el láser.

4.- El sistema Beyond obtuvo los valores más bajos en las dos semanas de evaluación, siendo significativa la diferencia con todos los demás sistemas.

## 9.- BIBLIOGRAFÍA.

1. Bistey T, Nagy IP, Simó A, Hegedus C. In vitro FT-IR study of the effects of hydrogen peroxide on superficial tooth enamel. *J Dent.* 2007 Apr.;35(4):325–330.
2. Y Li. Biological properties of peroxide-containing tooth whiteners. *Food Chem Toxicol.* 1996 vol 34 (9) pp. 887-904
3. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent.* 2006 Aug.;34(7):412–419.
4. Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965 Apr.;19:515–530.
5. Viscio D, Gaffar A, Fakhry-Smith S, Xu T. Present and future technologies of tooth whitening. *Compend Contin Educ Dent Suppl.* 2000 Jan.;(28):S36–43; quiz S49.
6. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001 Mar.;190(6):309–316.
7. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004 Jan.;32 Suppl 1:3–12.
8. Ahmad I. Digital dental photography. Part 2: Purposes and uses. *Br Dent J.* 2009 May;206(9):459–464.
9. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Nat R, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *J Prosthet Dent.* 2009 Feb.;101(2):92–100.
10. Trushkowsky RD. How a spectrophotometer can help you achieve esthetic shade matching. *Compend Contin Educ Dent.* 2003 Jan.;24(1):60–66.
11. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am.* 2004 Apr.;48(2):v, 341–58.
12. Bona Della A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater.* 2009 Feb.;25(2):276–281.
13. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent.* 2007 Apr.;97(4):200–208.
14. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent.* 2008 Jan.;36 Suppl 1:S2–7.
15. Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. *J Am Dent Assoc.* 2000 Sep.;131(9):1269–1277.

16. Paravina RD. New shade guide for tooth whitening monitoring: visual assessment. *J Prosthet Dent.* 2008 Mar.;99(3):178–184.
17. Marcucci B. A shade selection technique. *J Prosthet Dent.* 2003 May;89(5):518–521.
18. Lin C-H, Chou T-M, Chen J-H, Chen J-H, Chuang F-H, Lee H-E, et al. Evaluation of the effect of laser tooth whitening. *Int J Prosthodont.* 2008 Jan.;21(5):415–418.
19. Kugel G, Papathanasiou A, Williams AJ, Anderson C, Ferreira S. Clinical evaluation of chemical and light-activated tooth whitening systems. *Compend Contin Educ Dent.* 2006 Jan.;27(1):54–62.
20. 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.;200(7):371–376.
21. Hein DK, Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM, Hansen LD. In-office vital tooth bleaching--what do lights add? *Compend Contin Educ Dent.* 2003 Apr.;24(4A):340–352.
22. Yazici AR, Khanbodaghi A, Kugel G. Effects of an in-office bleaching system (ZOOM) on pulp chamber temperature in vitro. *J Contemp Dent Pract.* 2007 Jan.;8(4):19–26.
23. Kihn PW. Vital tooth whitening. *Dent Clin North Am.* 2007 Apr.;51(2):319–31, viii.
24. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *J Am Dent Assoc.* 2004 Feb.;135(2):194–201; quiz 228–9.
25. Kashima-Tanaka M, Tsujimoto Y, Kawamoto K, Senda N, Ito K, Yamazaki M. Generation of free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium hypochlorite. *J Endod.* 2003 Feb.;29(2):141–143.
26. Basting RT, Rodrigues AL, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc.* 2003 Oct.;134(10):1335–1342.
27. Berga-Caballero A, Forner-Navarro L, Amengual-Lorenzo J. At-home vital bleaching: a comparison of hydrogen peroxide and carbamide peroxide treatments. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006 Jan.;11(1):E94–9.
28. Gerlach RW, Sagel PA. Vital bleaching with a thin peroxide gel: the safety and efficacy of a professional-strength hydrogen peroxide whitening strip. *J Am Dent Assoc.* 2004 Jan.;135(1):98–100.
29. Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent.* 2005 Jan.;30(2):156–163.
30. la Peña de VA, Cabrita OB. Comparison of the clinical efficacy and safety of carbamide peroxide and hydrogen peroxide in at-home bleaching gels. *Quintessence Int.* 2006 Jan.;37(7):551–556.
31. Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Miyagi M, et al. Diode laser-activated bleaching. *Braz Dent J.* 2004 Jan.;15 Spec No:S13–8.

32. Marson FC, Sensi LG, Vieira LCC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Oper Dent.* 2008 Jan.;33(1):15–22.
33. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. *Br Dent J.* 2005 Jul.;199(1):37–40; discussion 32.
34. Caviedes-Bucheli J, Ariza-García G, Restrepo-Méndez S, Ríos-Osorio N, Lombana N, Muñoz HR. The effect of tooth bleaching on substance P expression in human dental pulp. *J Endod.* 2008 Dec.;34(12):1462–1465.
35. Tavares M, Stultz J, Newman M, Smith V, Kent R, Carpino E, et al. Light augments tooth whitening with peroxide. *J Am Dent Assoc.* 2003 Feb.;134(2):167–175.
36. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. *Dent Mater.* 2007 May;23(5):586–596.
37. Ziemba SL, Felix H, MacDonald J, Ward M. Clinical evaluation of a novel dental whitening lamp and light-catalyzed peroxide gel. *J Clin Dent.* 2005 Jan.;16(4):123–127.
38. Carrasco LD, Guerisoli DMZ, Rocha MJA, Pécora JD, Fröner IC. Efficacy of intracoronal bleaching techniques with different light activation sources. *Int Endod J.* 2007 Mar.;40(3):204–208.
39. Gultz J, Kaim J, Scherer W, Gupta H. Two in-office bleaching systems: a scanning electron microscope study. *Compend Contin Educ Dent.* 1999 Oct.;20(10):965–8, 970; quiz 972.
40. Wiggins KM, Hartung M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *J Am Dent Assoc.* 2004 Oct.;135(10):1471–1479.
41. Strobl A, Gutknecht N, Franzen R, Hilgers R-D, Lampert F, Meister J. Laser-assisted in-office bleaching using a neodymium:yttrium-aluminum-garnet laser: an in vivo study. *Lasers Med Sci.* 2010 Jul.;25(4):503–509.
42. Lu AC, Margiotta A, Nathoo SA. In-office tooth whitening: current procedures. *Compend Contin Educ Dent.* 2001 Sep.;22(9):798–800, 802–3, 805.
43. Giniger M, MacDonald J, Ziemba S, Felix H. The clinical performance of professionally dispensed bleaching gel with added amorphous calcium phosphate. *J Am Dent Assoc.* 2005 Mar.;136(3):383–392.
44. Polydorou O, Hellwig E, Hahn P. The efficacy of three different in-office bleaching systems and their effect on enamel microhardness. *Oper Dent.* 2008 Jan.;33(5):579–586.
45. Dagg H, O'Connell B, Claffey N, Byrne D, Gorman C. The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil.* 2004 Sep.;31(9):900–904.
46. Jiang T, Ma X, Wang Z, Tong H, Hu J, Wang Y. Beneficial effects of hydroxyapatite on enamel subjected to 30% hydrogen peroxide. *J Dent.* 2008 Nov.;36(11):907–914.

47. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent.* 2000 Apr.;83(4):418–423.
48. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* 2009 Mar.;101(3):193–199.
49. Bernardon JK, Sartori N, Ballarin A, Perdigão J, Lopes GC, Baratieri LN. Clinical performance of vital bleaching techniques. *Oper Dent.* 2010 Jan.;35(1):3–10.
50. da Costa JB, McPharlin R, Paravina RD, Ferracane JL. Comparison of at-home and in-office tooth whitening using a novel shade guide. *Oper Dent.* 2010 Jan.;35(4):381–388.
51. Braun A, Jepsen S, Krause F. Spectrophotometric and visual evaluation of vital tooth bleaching employing different carbamide peroxide concentrations. *Dent Mater.* 2007 Feb.;23(2):165–169.
52. Wetter NU, Branco EP, Deana AM, Pelino JEP. Color differences of canines and incisors in a comparative long-term clinical trial of three bleaching systems. *Lasers Med Sci.* 2009 Nov.;24(6):941–947.
53. Papathanasiou A, Kastali S, Perry RD, Kugel G. Clinical evaluation of a 35% hydrogen peroxide in-office whitening system. *Compend Contin Educ Dent.* 2002 Apr.;23(4):335–8, 340, 343–4 passim; quiz 348.
54. Polydorou O, Wirsching M, Wokewitz M, Hahn P. Three-month evaluation of vital tooth bleaching using light units-a randomized clinical study. *Oper Dent.* 2013 Jan.;38(1):21–32.
55. Kugel G, Ferreira S, Sharma S, Barker ML, Gerlach RW. Clinical trial assessing light enhancement of in-office tooth whitening. *J Esthet Restor Dent.* 2009 Jan.;21(5):336–347.
56. Gallagher A, Maggio B, Bowman J, Borden L, Mason S, Felix H. Clinical study to compare two in-office (chairside) whitening systems. *J Clin Dent.* 2002 Jan.;13(6):219–224.