

Influencia de los antioxidantes, ascorbato de sodio y alfato-coferol, en la fuerza de adhesión a esmalte previamente blanqueado con dentífricos blanqueadores

María del Pilar Fenoy Illacer

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



Influencia de los antioxidantes, ascorbato de sodio y alfa tocoferol, en la fuerza de adhesión a esmalte previamente blanqueado con dentífricos blanqueadores

Departamento de Restauradora dental y Endodoncia
Facultad de Odontología
Programa de Doctorado: Doctorado en Odontología
Universitat Internacional de Catalunya

TESIS DOCTORAL

María del Pilar Fenoy Illacer

2017

DIRECTORES:
Dra. Marta Vallés Rodríguez, Dr. Akram Alí Hussein

A mi familia

“La distancia que separa los sueños de la realidad se llama disciplina”

Bernardino

Agradecimientos

A mi directora, la Dra. Marta Vallés, por su gran ayuda y apoyo durante este camino. Marta, gracias por todo el esfuerzo, dedicación, motivación y confianza depositada en mí, sin ti no habría sido posible.

A mi director, el Dr. Akram Alí, por transmitirme conocimientos, en ocasiones no solo científicos, sino de la vida. Akram, gracias por todo el esfuerzo, paciencia y horas dedicadas, sin ti tampoco habría sido posible.

Al Dr. Miguel Roig, por la confianza depositada en mí para formar parte del departamento. Gracias por formar este equipo donde todos somos como una gran familia. Gracias por la motivación y las ganas de crecer que inculca en cada uno de nosotros.

Al Dr. Luis Jané, gracias por su ayuda, sus observaciones y por ayudarme a crecer desde el inicio de este camino, es otro ejemplo a seguir en esta gran familia.

Al Dr. Juan Basilio, gracias por todos los conocimientos transmitidos, gracias por todas sus enseñanzas, siempre con su toque de humor.

A Mark Lodge, por su ayuda, paciencia e interés durante la traducción y redacción en inglés de los artículos.

A todos los mis compañeros del departamento de restauradora dental y endodoncia, especialmente Enric Soler, Maite Salagaray, Lissethe Peñate, Anais Ramirez, gracias por la motivación y el compañerismo.

A todos los alumnos del departamento de restauradora dental y endodoncia.

A mis padres, porque para mí han sido el complemento perfecto en mi educación. Gracias por enseñarme a querer más, a tener ambición, siendo ante todo buena persona y ayudando a los demás.

A mis hermanos, Dámaso, Daniel, Jesús y Pedro, gracias por enseñarme a compartir, gracias por enseñarme las grandes lecciones de la vida y gracias por estar siempre a mi lado.

A mis amigas, gracias por su cariño y comprensión, gracias por estar cerca y apoyarme en este camino, en el que me centré en conseguir este objetivo.

Índice

<u>INFLUENCIA DE LOS ANTIOXIDANTES, ASCORBATO DE SODIO Y ALFA TOCOFEROL, EN LA FUERZA DE ADHESIÓN A ESMALTE PREVIAMENTE BLANQUEADO CON DENTÍFRICOS BLANQUEADORES</u>		III
<u>1. JUSTIFICACIÓN</u>		19
<u>2. ESTADO DE LA CUESTIÓN</u>		25
2.1 EL COLOR EN ODONTOLOGIA		25
2.1.1 PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS DIENTES		27
2.1.2 CAUSAS DE DISCROMÍAS DENTARIAS		30
2.2 MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS PRODUCTOS BLANQUEADORES		34
2.2.1 PERÓXIDO DE HIDRÓGENO		34
2.2.2 PERÓXIDO DE CARBAMIDA		37
2.2.3 PERBORATO DE SODIO		38
2.3 TÉCNICAS DE BLANQUEAMIENTO DENTAL		39
2.3.1. BLANQUEAMIENTO DENTAL EN CLÍNICA		39
2.3.2 BLANQUEAMIENTO DENTAL AMBULATORIO		40
2.3.3 BLANQUEAMIENTO DENTAL CON PRODUCTOS DE VENTA LIBRE (OVER-THE-COUNTER)		41
2.4 AFECTACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ESMALTE TRAS BLANQUEAMIENTO		47
2.5 EFECTOS DEL BLANQUEAMIENTO SOBRE LA ADHESIÓN DE LOS MATERIALES DE RESTAURACIÓN AL ESMALTE		49
2.5.1 ANTIOXIDANTES		50
2.5.2 COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS DE APLICACIÓN Y CONCENTRACIONES DE ANTIOXIDANTES		51
2.5.3 COMPARACIÓN ENTRE LA APLICACIÓN DE ANTIOXIDANTES Y TIEMPOS DE ESPERA		52
2.5.4 ANTIOXIDANTES UTILIZADOS		53
2.6 ADHESIÓN		54
2.6.1 TÉCNICA DE GRABADO Y LAVADO		55
2.6.2 TÉCNICA AUTOGRABADO		56
2.6.3 MEDICIÓN DE FUERZAS DE ADHESIÓN		57
<u>3. OBJETIVOS</u>		63
<u>4. HIPÓTESIS</u>		67
<u>5. MATERIAL Y MÉTODOS</u>		73
5.1. ESTUDIO 1: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ASCORBATO DE SODIO Y DISTINTOS TIEMPOS DE ESPERA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE BLANQUEADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 40%.		73
5.1.1 SELECCIÓN DE LA MUESTRA		73
5.1.2 DISEÑO DE ESTUDIO		73
5.1.3 GRUPOS EXPERIMENTALES Y GRUPO CONTROL		75
5.1.4 PROCEDIMIENTO ADHESIVO		76
5.1.5 TEST DE CIZALLA		77

5.1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	77
5.2 ESTUDIO 2: EFECTO DE ASCORBATO DE SODIO 10% Y ALFA-TOCOFEROL 10% EN LA ADHESIÓN A ESMALTE TRAS EL USO DE DOS DENTÍFRICOS BLANQUEADORES.	77
5.2.1 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	78
5.2.2 DISEÑO DE ESTUDIO	78
5.2.3 GRUPOS EXPERIMENTALES Y GRUPO CONTROL	78
5.2.4 PROCEDIMIENTO ADHESIVO	81
5.2.5 TEST DE CIZALLA	82
5.2.6 ANÁLISIS DE MODO DE FRACTURA	83
5.2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	83
5.3 ESTUDIO 3: INFLUENCIA DEL USO DE DENTÍFRICOS BLANQUEADORES DURANTE 4 SEMANAS EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE.	83
5.3.1 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	83
5.3.2 DISEÑO DE ESTUDIO	84
5.3.3 GRUPOS EXPERIMENTALES Y GRUPO CONTROL	84
5.3.4 PROCEDIMIENTO ADHESIVO	85
5.3.5 TEST DE CIZALLA	87
5.3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	88
5.3.7 ANÁLISIS MICROSCOPIO ELECTRÓNICO	88
6. RESULTADOS	93
6.1 ESTUDIO 1	93
6.1.1 RESULTADOS TEST DE CIZALLA	93
6.2 ESTUDIO 2	95
6.2.1 VALORES DE CIZALLA SEGÚN DENTÍFRICO BLANQUEADOR	95
6.2.2 VALORES DE CIZALLA SEGÚN EL TRATAMIENTO ANTIOXIDANTE	96
6.3 ESTUDIO 3	100
6.3.1 RESULTADOS TEST DE CIZALLA SEGÚN DENTÍFRICO UTILIZADO	100
6.3.2 RESULTADOS SEGÚN IMÁGENES SEM	102
7. DISCUSIÓN	107
8. CONCLUSIONES	123
9. PERSPECTIVAS DE FUTURO	127
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	145
ANEXO 1. APROBACIÓN COMISIÓN DE DOCTORADO	147
ANEXO 2. CER PROYECTO DE TESIS	151

Figura 1. Rueda de color Munsell _____	26
Figura 2. Corte transversal de Incisivo, se observa esmalte, dentina y pulpa _____	29
Figura 3. Tinciones por tetraciclinas _____	32
Figura 4. Fluorosis _____	33
Figura 5. Tinción por trauma _____	33
Figura 6. Tinción por tratamiento endodóntico inadecuado _____	34
Figura 7. Reacción química que sucede en condiciones alcalinas _____	35
Figura 8. Reacción química bajo condición alcalina donando electrones _____	35
Figura 9. Mecanismo de difusión peróxido de hidrógeno _____	36
Figura 10. Fórmula de peróxido de carbamida _____	37
Figura 11. Tipos de productos blanqueadores _____	38
Figura 12. Férula de blanqueamiento _____	41
Figura 13. Jig de Ultradent _____	58
Figura 14. Preparación de muestras: Grupo de muestras. _____	74
Figura 15. Aplicación del agente de blanqueamiento _____	75
Figura 16. Muestra nº 1 tras procedimiento adhesivo _____	76
Figura 17. Máquina Ultratester Bond Strength _____	77
Figura 18. Aplicación de WhiteKin® _____	81
Figura 19. Procedimiento de cepillado de muestras _____	81
Figura 20. Esquema de procedimiento _____	82
Figura 21. Dentífricos utilizados en el estudio _____	84
Figura 22. Procedimiento adhesivo _____	87
Figura 23. Test de cizalla Ultradent® _____	88
Figura 24. Resultados test de cizalla en cada grupo de estudio (MPa) _____	94
Figura 25. Valores de cizalla (MPa) _____	98
Figura 26. Valores de cizalla (MPa) obtenidos por cada grupo de estudio _____	98
Figura 27. Gráfico de interacciones entre el dentífrico y antioxidante aplicado _____	99
Figura 28. Resultados test de cizalla por grupo de estudio (MPa) _____	101
Figura 29. Imágenes SEM 100x: _____	102
Figura 30. Imágenes SEM 2500x: _____	107

1. Justificación

1. JUSTIFICACIÓN

En la sociedad moderna actual en que vivimos, dónde el culto a la apariencia externa de las personas va en aumento, se le da mucha importancia a la sonrisa. En el campo de la estética dental, los pacientes cada vez están más concienciados en su sonrisa, y una de las preocupaciones es el color de los dientes. El color dental es un factor importante, no solo para el profesional, sino también para los pacientes que desean mejorarlo (1). Alkhatib y cols. (2) llevaron a cabo un estudio en adultos, en Reino Unido, en el cuál concluyeron que entre el 12,1% y el 15,5% de los sujetos no estaban satisfechos con la apariencia de sus dientes, mientras que entre el 17,9% y el 21,3% afirmaban que no les gustaba su color dental. El 39% de la población adulta de Estados Unidos, según varias encuestas se determinó que estaban descontentos con su color dental, mientras que en China según Xiao y cols. (3) el porcentaje de población descontenta ascendía al 52,6% en un estudio en una población rural.

Debido a la preocupación por parte de la población por mejorar su sonrisa, los tratamientos de blanqueamiento dental han despertado interés en nuestros pacientes y las técnicas de blanqueamiento están en auge. Principalmente hay tres técnicas de blanqueamiento dental: blanqueamiento en clínica, blanqueamiento ambulatorio y blanqueamiento con productos de venta libre (Over The Counter (OTC)) (4).

La industria ha lanzado numerosos productos de blanqueamiento OTC. Los productos OTC, son productos de venta libre al paciente, con bajas concentraciones de agente blanqueador, (peróxido de carbamida o peróxido de hidrógeno) y son una alternativa económica al blanqueamiento dental supervisado por el odontólogo (5).

Estos productos refuerzan o mantienen el resultado conseguido con otras técnicas de blanqueamiento dental y se comercializan en forma de geles, enjuagues, chicles, dentífricos o barnices (6, 7). El lanzamiento de numerosos tipos y variabilidad de productos de blanqueamiento de baja concentración, que no requieren control odontológico dificultan a los profesionales estar familiarizados con todos ellos. Además, al ser productos de venta libre, muchos pacientes no son advertidos de los

posibles efectos secundarios (8). Los dentífricos blanqueadores formulados específicamente para el blanqueamiento dental consiguen su objetivo mediante la reducción y prevención de formación de coloraciones extrínsecas. Si se utiliza un dentífrico de baja abrasividad, la película adquirida usualmente se acumula en la superficie de los dientes (9). Los dentífricos blanqueadores además de abrasivos, pueden contener componentes químicos que aumentan la eficacia de los abrasivos, entre ellos peróxido, enzimas y pirofosfato. La concentración de peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida suele ser muy baja en los dentífricos. En otras ocasiones estos dentífricos blanqueadores solo contienen agentes mecánicos en su composición. A pesar de ello, su uso continuado y la interacción con la superficie dental podría alterar la adhesión a esmalte (10).

Tras realizar un tratamiento de blanqueamiento dental, se ha observado una disminución en las fuerzas de adhesión obtenidas al realizar procedimientos adhesivos sobre la superficie dental (11-14). Se ha postulado que tras el tratamiento de blanqueamiento dental, quedan atrapados en la superficie del diente radicales libres resultantes de los productos blanqueadores, entre ellos radicales de oxígeno, que inhiben la adhesión (12). Por ello, se recomienda esperar de 24 horas hasta 3 semanas para realizar cualquier tratamiento dental adhesivo sobre la superficie dental (15-17).

En muchas ocasiones el blanqueamiento dental se combina con restauraciones estéticas de los dientes anteriores. Las resinas modernas compuestas tienen el potencial de reproducir el color natural del diente y nos dan una alternativa a otros tratamientos más agresivos, como serían las restauraciones estéticas de porcelana. Son muchas las ocasiones en las cuales se combina un tratamiento de blanqueamiento con un tratamiento de restauraciones directas estéticas de composite, con el objetivo de modificar, el color, la forma o el tamaño de los dientes.

En un intento por acortar los tiempos de espera para realizar procedimientos adhesivos sobre la superficie dental, se han sugerido distintas técnicas en la literatura, Cvitko y cols. (18) proponían la eliminación de una capa superficial de esmalte, Barghi y Godwin (19) preparaban la superficie dental con alcohol, mientras que Kalili y cols. (20) y Sung y cols. (17) aconsejaban el uso de adhesivos que contuviesen solventes

orgánicos. Encontramos distintos estudios de investigación que demuestran que con la aplicación de antioxidantes sobre la superficie dental se puede revertir el efecto de los agentes blanqueadores sobre la adhesión (17, 21, 22). La aplicación de antioxidantes sobre la superficie dental tras el tratamiento blanqueador, previamente al procedimiento adhesivo, puede resolver la necesidad de mantener tiempos de espera entre los procedimientos adhesivos y blanqueadores (23). El antioxidante más estudiado ha sido ascorbato de sodio (24-29). Distintos autores (25, 27, 29-31) han concluido que si se realiza un tratamiento adhesivo sobre la superficie dental inmediatamente después de un procedimiento de blanqueamiento dental, la resistencia adhesiva estará disminuida, en cambio la aplicación de ascorbato de sodio sobre la superficie adamantina puede restituir la disminución de la resistencia adhesiva. Sasaki y cols. (32) estudiaron la eficacia de alfa tocoferol y ascorbato de sodio en restituir los valores de blanqueamiento, concluyendo que el único antioxidante en revertir la disminución de los valores de adhesión tras el tratamiento de blanqueamiento era alfa tocoferol.

El objetivo de nuestro trabajo es determinar si el blanqueamiento dental puede disminuir los valores de adhesión a esmalte, valorar como influyen los distintos tiempos de espera para los procedimientos adhesivos tras el blanqueamiento dental, la capacidad de ascorbato de sodio de revertir la disminución de los valores de adhesión, así como valorar si los dentífricos blanqueadores tienen la capacidad de afectar la posterior adhesión sobre la superficie dental, disminuyendo la resistencia adhesiva y evaluar si la aplicación de antioxidantes tras el uso de dentífricos blanqueadores y previamente al procedimiento adhesivo revierte la disminución de los valores de adhesión provocada por el tratamiento blanqueador. En nuestro primer estudio se observó cómo afecta el blanqueamiento de alta concentración en la adhesión, así como la influencia de los distintos tiempos de espera tras el blanqueamiento dental, previamente al procedimiento adhesivo.

Por ello, en nuestro primer estudio se observó cómo afectaba el tratamiento de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 40% a los valores de adhesión a esmalte, la influencia de los distintos tiempos de espera tras el blanqueamiento, previamente al procedimiento adhesivo, así como la capacidad de ascorbato de sodio de aumentar los valores de adhesión. En la literatura encontramos multitud de estudios de investigación (17, 22, 23, 25, 33) que evalúan la adhesión tras realizar

tratamientos de blanqueamiento con productos de alta concentración (blanqueamiento en clínica y ambulatorio), pero en el inicio de esta tesis, no encontramos ningún estudio de investigación que evalúe como se afecta la adhesión tras el uso de pastas blanqueadoras y el efecto de la aplicación de antioxidantes.

En nuestro segundo estudio se pretendía estudiar si la adhesión se podía afectar tras el uso de 2 diferentes pastas blanqueadoras y determinar si la aplicación de antioxidantes podía revertir este efecto, los antioxidantes elegidos, tras una revisión de la literatura, fueron ascorbato de sodio y alfa tocoferol. Al observar que la adhesión se veía afectada únicamente con una de las pastas dentífricas blanqueadoras, se decidió seguir profundizando en nuestra investigación y utilizar diferentes pastas blanqueadoras.

En nuestro tercer estudio utilizamos cinco pastas dentífricas blanqueadoras diferentes, con composiciones distintas, de las cuales alguna tenía en su composición peróxido y la mayoría de las pastas dentífricas realizaban su acción blanqueadora mediante abrasivos, con el objetivo de determinar si se veía comprometida la adhesión tras el uso de las mismas.

2. Estado de la cuestión

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El blanqueamiento dental se comenzó a documentar como tratamiento dental alrededor de la mitad del siglo XIX (34), hoy en día se considera la opción menos invasiva para los problemas relacionados con el oscurecimiento dental. El primer blanqueamiento fue documentado en 1848, con la utilización de un cloruro aplicado en un diente desvitalizado. En dientes vitales, el blanqueamiento data de 1868, y ya en 1910 se recomendaban técnicas de blanqueamiento en dientes vitales con peróxido de hidrógeno asociado con una fuente de calor, con un instrumento calentado en una fuente luminosa. En 1960 se creó la técnica de blanqueamiento casero con el uso de peróxido de carbamida al 10% por medio de férulas, pero fue a partir de 1989 cuando esa técnica se difundió después de la publicación de un artículo con la descripción del procedimiento (35). Desde entonces, se han estudiado y creado innumerables productos y técnicas. De todas maneras, el mecanismo de acción principal de todas ellas continúa siendo el mismo, que es la oxidación de los pigmentos orgánicos con productos de la descomposición del agente blanqueador. Las tres formas principales son: blanqueamiento ambulatorio supervisado, blanqueamiento en el consultorio o blanqueamiento con productos de venta libre, llamado over-the-counter (OTC) (36).

2.1 EL COLOR EN ODONTOLOGIA

El color en odontología es multidimensional normalmente intentamos mimetizar dientes y restauraciones. En el inicio del siglo XX el profesor Albert H. Munsell observó que los colores tenían una relación lógica entre ellos (37). Munsell estableció un sistema ordenado en el que se podía identificar fácilmente cada color. Este sistema, conocido como 'rueda de color' (Fig. 1) incluye las dimensiones de tono, valor y croma. A estas dimensiones es necesario añadir translucidez, que no está descrito en el análisis de color de Munsell, pero es quizás el factor más importante en odontología estética (37).

Las tres dimensiones del color se definen:

Matiz, tonalidad o tinte

Se refiere al nombre del color en estado puro, sin el blanco o negro agregados. Nos permite distinguir una familia de colores de otra. La percepción del matiz está influenciada por factores ambientales. Los tres colores primarios representan los tres matices primarios, y mezclando éstos, se pueden obtener los demás matices o colores. Dos colores son complementarios cuando están uno frente a otro en el círculo de matices (círculo cromático). Es sinónimo del término *color*. Se usa para describir los pigmentos de un diente o una restauración dental (ejemplo rojo, azul o amarillo) (37).

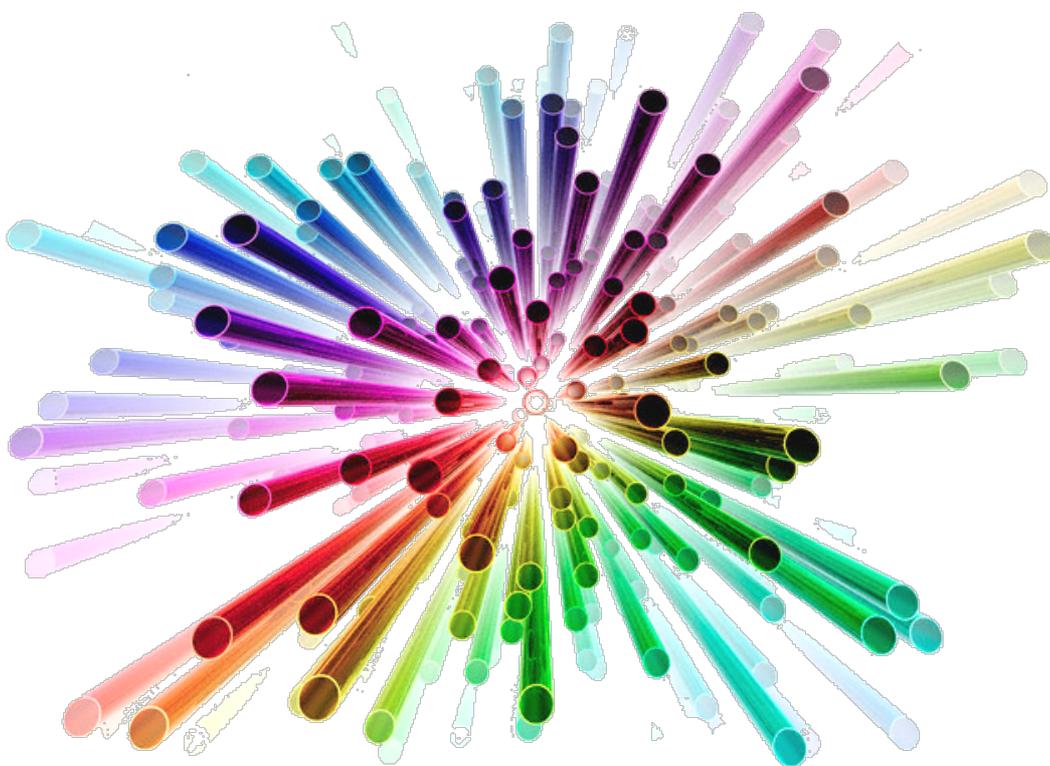


Figura 1. Rueda de color Munsell

Saturación, croma o intensidad

El croma o saturación representa el grado de pureza de un determinado matiz en particular, los colores puros tienen una cromaticidad alta, y los colores débiles tienen una cromaticidad baja. Es una variable cuantitativa (37).

Valor o brillo, luminosidad o claridad

El valor es el grado de oscuridad o luz que posee el tono. Cuanto mayor es la cantidad de luz reflejada, más alto es el valor. La escala de valor va de 0 (blanco puro, valor

elevado) a 100 (negro puro, valor bajo). El grado de valor indica la cantidad de gris presente en el diente (37).

Además de las tres dimensiones de color en el diente se producen una serie de fenómenos ópticos que influyen en la percepción del color:

Translucidez y opacidad

Los fenómenos de absorción y reflexión de la luz actúan a expensas de la translucidez y opacidad de objeto en cuestión. Para Munsell la translucidez es la cuarta dimensión del color y la define como una zona intermedia entre los cuerpos transparentes que permiten el completo paso de la luz, y los opacos que bloquean el paso de la luz (38).

Opalescencia

Se define como el fenómeno de refracción, difusión e interferencia luminosa simultáneas en una suspensión, emitiendo coloraciones, brillantes y vivas, variables según la incidencia de la luz. La luz reflejada por un objeto aparece de un color azulado mientras que cuando la luz se transmite a través de él aparece de color naranja-marrón (39).

Fluorescencia

Se define como la capacidad de absorber la luz por un material y la emisión espontánea de la misma en una longitud de onda ligeramente mayor, por lo tanto, con menor energía. Este fenómeno es importante porque, dependiendo de la luz incidente en las estructuras, su luminosidad puede ser aumentada por el fenómeno de la luminiscencia (40).

2.1.1 Propiedades ópticas de los dientes

La composición, grosor y estructura de esmalte, dentina y pulpa son los responsables de la complejidad del color dental desde el punto de vista óptico y van cambiando a lo largo de la vida influyendo en su color. Cada tejido tiene propiedades ópticas distintas y la integración de las mismas proporciona el color final del diente (41).

La pulpa dental está formada por un 75% de agua y el resto está constituida por materia orgánica compuesta por células, fibras y sustancia fundamental, por lo tanto,

es un tejido conectivo laxo, bien innervado e irrigado. La pulpa se localiza en el interior de la cámara pulpar y de los conductos radiculares, que van disminuyendo de volumen al cabo de los años y mientras va aumentando el volumen de dentina. La pulpa dental tiene un color rojizo en dientes jóvenes presentando una tonalidad rosada, pero en los dientes más adultos su influencia sobre el cromatismo dentario va disminuyendo (42).

La dentina rodea la cavidad pulpar y está cubierta por esmalte en su porción coronal y cemento en su porción radicular. Está formada por 70% de hidroxiapatita, 20% de tejido orgánico y por un 10% de agua. Comparado con el esmalte tiene una menor proporción de mineral, pero mayor de materia orgánica, explicando la opacidad relativa de la dentina primaria formada antes de la erupción del diente. Los túbulos dentinarios, las distintas estructuras microanatómicas combinada con la anatomía microscópica de la dentina son áreas con diferentes índices de reflectancia dando lugar a una difracción selectiva de la luz provocando que los rayos sean reflejados o absorbidos. La dentina tiene un aspecto policromático por tener distintas áreas de opacidad densa y de saturación de color elevada. Los pigmentos orgánicos presentes en la microestructura de la dentina son responsables de la fluorescencia. La dentina es mayoritariamente opaca, pero también posee translucidez (41).

El esmalte está formado por un 5% de agua y materia orgánica, el 95% restante son minerales, que están dispuestos formando unos prismas que hace que el esmalte sea brillante, translúcido, prácticamente acromático, radiodenso y duro. En las distintas zonas dentarias el esmalte cambia de composición, estructura, grosor y textura superficial permitiendo que la luz se refleje, refracte y transmita de forma diferente cambiando por tanto la apariencia óptica. El esmalte joven es muy grueso y con menor contenido mineral creando el efecto óptico de una leve translucidez y alta luminosidad. El esmalte anciano es más delgado y más rico en minerales dando lugar a una mayor translucidez, la cual conseguirá que se haga patente el color dentinario (43).

El esmalte es el responsable de la opalescencia dentaria porque su coeficiente de transmisión de luz depende de la longitud de onda incidente, es decir, la transmisión de luz por el esmalte aumenta conforme aumenta la longitud de onda; es más translucido para altas longitudes de onda (rojo), mientras que longitudes de onda cortas se reflejaran (azul). Si observamos la opalescencia del esmalte con luz directa

veremos azul y blanco, mientras si la observamos a través de una luz transmitida veremos efectos ámbar y naranja (41).

La mitad externa del esmalte es más translúcida porque en esa región los prismas son más densos y la mitad interna es semi-translúcida dando un gradiente de opacidad. El esmalte permite que la luz penetre y se refleje sobre la dentina la cual es más opaca y reduce el valor del esmalte, cambiando así el color global del diente hacia el gris. En la zona incisal el esmalte, al ser más grueso la luz se refracta y refleja incrementando el valor, dando así una apariencia más blanca. En esta zona, el diente se vuelve translúcido y presenta opalescencia, es decir, refleja las longitudes de onda más cortas (aspecto azulado con luz reflejada) y transmite largas (aspecto anaranjado con luz transmitida). En el área cervical domina la percepción de la dentina porque el esmalte es muy delgado y la dentina muy saturada. En el tercio medio se incrementa el valor del esmalte dando un efecto más blanco causado por un mayor grosor del esmalte y una mayor densidad de la dentina (44).



Figura 2. Corte transversal de Incisivo, se observa esmalte, dentina y pulpa

El color de la dentina y las coloraciones intrínsecas y extrínsecas determinan el color dental. Las propiedades ópticas del esmalte y la dentina junto con su interacción con la luz determinan el color intrínseco del diente (Fig. 2).

2.1.2 Causas de discromías dentarias

Las discromías dentarias incluyen todos aquellos cambios que pueden modificar el color fisiológico del diente. Los dientes permanentes tienen una coloración amarilla-anaranjada, con sombras gris-azulado, y durante la vida tienen una tendencia a aumentar su saturación y las sombras de gris. Este cambio se atribuye al adelgazamiento del esmalte, que lo convierte en más translúcido, dejando translucir el color de la dentina. Al mismo tiempo, con la calcificación de la dentina, retracción de la cámara pulpar, la dentina se va oscureciendo progresivamente (43). Además de los factores fisiológicos, el oscurecimiento dental puede ocurrir debido al depósito de pigmentos en la estructura dental. Las tinciones dentales se pueden clasificar en extrínsecas o intrínsecas (45).

El diagnóstico de estas discromías dentales es esencial porque su tratamiento adecuado depende totalmente de su etiología. El blanqueamiento estará indicado para las discromías de origen preeruptivo como las enfermedades hematológicas y de hígado, uso de tetraciclinas y tinciones por fluorosis, o posteruptivas como los traumatismos, el envejecimiento, el tabaquismo, agentes químicos, cambios funcionales o parafuncionales (46).

2.1.2.1 Tinciones Extrínsecas

Las tinciones extrínsecas están localizadas en la superficie externa del diente, tienen origen exógeno, debido a determinados agentes externos y se pueden remover con facilidad mediante técnicas de higiene o pulido profesional. Las discoloraciones extrínsecas se clasifican según su química y su etiología. La clasificación química de las discoloraciones extrínsecas propuesta por S.A. Nathoo se basa en la interacción entre el color y la superficie del diente (39).

Clasificación química de las tinciones extrínsecas (S.A. Nathoo)

Tipo N1: El compuesto cromógeno se une a la superficie del diente, produciendo una pigmentación del mismo color que el compuesto.

Tipo N2: El compuesto cromógeno cambia de color tras adherirse al diente.

Tipo N3: Un compuesto cromógeno no coloreado se adhiere a la superficie dental, se producen una serie de reacciones químicas que producen la pigmentación.

Las discoloraciones tipo N1 se caracterizan porque el color de la pigmentación es muy parecido al color del componente cromógeno que provoca la pigmentación. La película adquirida que se forma en la superficie del diente trae una pigmentación tipo I. La absorción de componentes de la saliva ocurre principalmente debido a la intervención de fuerzas electrostáticas que se establecen entre la superficie del esmalte y las proteínas de la saliva. Entre los alimentos y bebidas que provocan discoloraciones tenemos zanahorias, nabos, regaliz, café, té, vino tinto, etc. debido a la deposición directa de estos pigmentos en la superficie del diente. Estas sustancias responsables del efecto pigmentario se conocen como taninos.

Las discoloraciones tipo N2, se caracterizan porque una vez que los compuestos pigmentarios se han unido a la superficie del esmalte y película adquirida, cambian de color, produciéndose una pigmentación tipo N2. Este cambio se atribuye a la modificación química o a una acumulación de proteínas en la película adquirida. Un ejemplo de este tipo de pigmentación es la discoloración amarillenta que aumenta con el tiempo en zonas cervicales e interproximales.

Las discoloraciones tipo N3 se producen debido a una serie de reacciones químicas, en un inicio se adhieren a la película adquirida en la superficie del esmalte compuestos incoloros, el resultado es debido a una reacción química la formación de un compuesto coloreado, un ejemplo de este tipo de coloraciones serían las producidas por clorhexidina.

2.1.2.2 Causas Intrínsecas

Estas coloraciones se dividen en pre-eruptivas y post-eruptivas, dependiendo del momento en el que el agente responsable de la tinción actúa.

Estas tinciones intrínsecas se derivan de la presencia de material cromógeno en el interior del esmalte y dentina, pueden estar asociadas con defectos en el contenido de esmalte debido a la ingesta excesiva de flúor o tetraciclina durante la amelogénesis, estas tinciones también pueden tener su origen en un trauma dental que sería responsable de una hemorragia interna en el diente, independientemente si la pulpa dental se mantiene o del proceso natural de envejecimiento (44).

2.1.2.2.1 Tinción por tetraciclina

La tinción por tetraciclina se produce debido a la ingesta de este antibiótico durante el segundo trimestre de embarazo o durante los 7-8 primeros años de vida (39). Las tetraciclinas tienen la capacidad de unirse con metales bi- y trivalentes. Las alteraciones que se observan en la superficie de los dientes derivan de la formación de compuestos de calcio-tetraciclina. Esta reacción quelante interfiere con el metabolismo del calcio, por esta razón no es posible remover esta tinción mediante microabrasión. La gravedad de esta tinción depende del momento y duración de la administración de la tetraciclina (47)(Fig. 3).



Figura 3. Tinciones por tetraciclinas

2.1.2.2.2 Fluorosis

La ingesta excesiva de este mineral, provocada por el consumo de agua o un contenido de flúor superior a 1 ppm, durante el período de mineralización de los dientes, provoca varias alteraciones en el esmalte.

Estos cambios pueden estar presentes, en algunos casos, como áreas de hipocalcificación blanco tiza, o en ocasiones se pueden presentar en forma de manchas marrones (Fig. 4). La superficie del esmalte suele aparecer áspera en situaciones generales (48).



Figura 4. Fluorosis

2.1.2.2.3 Tinciones por trauma

La hemólisis de glóbulos rojos que filtran desde los vasos sanguíneos de la pulpa y la subsecuente reacción de hemoglobina, produce un compuesto negrozco, sulfato férrico, que queda atrapado en los túbulos dentinarios, haciendo que el color del diente parezca más oscuro (21) (Fig. 5).



Figura 5. Tinción por trauma

2.1.2.2.4 Tratamiento endodóntico inadecuado

La eliminación incompleta del tejido pulpar produce una variación en el color del diente debido a la descomposición de pigmentos de la sangre (Fig. 6).



Figura 6. Tinción por tratamiento endodóntico inadecuado

2.2 MECANISMO DE ACCIÓN DE LOS PRODUCTOS BLANQUEADORES

El blanqueamiento dental es una opción de tratamiento conservadora, estética para los pacientes que presentan alteraciones del color dentario. El color natural de los dientes depende fundamentalmente de las propiedades de reflexión y transmisión de la luz a través tejidos duros dentales. Este color natural puede verse afectado por alteraciones intrínsecas o extrínsecas de las estructuras que conforman el diente.

Básicamente, existen tres productos para el blanqueamiento dental: peróxido de hidrógeno, peróxido de carbamida y perborato de sodio, de los cuales peróxido de hidrógeno es el agente activo en todas las reacciones. El proceso de blanqueamiento dental es una reacción química de oxidación en la cuál el material orgánico se transforma en dióxido de carbono y agua (5). La capacidad de los agentes blanqueadores de promover la descomposición de los pigmentos originando moléculas orgánicas ha sido atribuido al poder de oxidación de peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno es una molécula muy inestable, se descompone liberando radicales libres de bajo peso molecular. Los radicales libres tienen electrones desapareados en las órbitas externas de sus átomos, por ello tienen una fuerte tendencia a interactuar con otros electrones que están en las mismas condiciones, con el objetivo de estabilizar sus órbitas incompletas (49, 50).

2.2.1 Peróxido de Hidrógeno

El peróxido de hidrógeno en contacto con la saliva y estructura dentaria actúa como un fuerte agente oxidante y puede formar radicales libres, moléculas de oxígeno reactivas y/o aniones de peróxido de hidrógeno (51). Estas moléculas tienen peso

molecular bajo, debido a ello y a la naturaleza penetrante del oxígeno y radicales libres, son capaces de penetrar en el esmalte, al ser éste una membrana semipermeable, a causa de la porosidad y permeabilidad de estas estructuras los productos de blanqueamiento pueden alcanzar los pigmentos oscuros, que están en el interior del diente, también llamados cromóforos. Los compuestos cromóforos son moléculas constituidas por cadenas orgánicas largas, con muchas uniones no saturadas, anillos aromáticos y alto índice de absorción de luz lo cual hace que se absorba la luz emitida sobre el diente y le confieren un color más oscuro.

La mayoría de los agentes de blanqueamiento contienen peróxido de hidrógeno (H₂O₂) como agente activo, con una concentración que puede variar del 3 al 40 %.

La eficacia del blanqueamiento depende de la reacción química que se lleve a cabo, se pueden producir distintas reacciones, dependiendo de las condiciones ambientales, como temperatura, pH, luz ultravioleta y presencia de algunos iones (5) .

En condiciones alcalinas, el peróxido de hidrógeno puede sufrir una disociación iónica que da lugar a la formación del anión perhidróxilo (Fig. 7).



Figura 7. Reacción química que sucede en condiciones alcalinas

El anión perhidróxilo por sí mismo puede ser un elemento activo en el proceso de blanqueamiento, pero también puede convertirse en un donante de electrones iniciando la formación de radicales libres (Fig. 8).



Figura 8. Reacción química bajo condición alcalina donando electrones

Los radicales libres del peróxido, gracias a su bajo peso molecular pueden penetrar en el esmalte, siendo capaces de romper los dobles enlaces de las moléculas orgánicas insaturadas de los pigmentos oscuros, disminuyendo el tamaño de los cromóforos que serán liberados desde el interior de la estructura dentaria por difusión

(Fig. 9) Estos compuestos con cadenas de carbono de longitud intermedia se fragmentan progresivamente hasta su transformación en agua y dióxido de carbono, que se libera gradualmente junto con el oxígeno (5). Con la disminución de las cadenas moleculares largas en el interior del diente, aumenta el índice de reflexión de la luz emitida sobre éste, que pasa a tener un aspecto más claro (5, 51). Una característica del peróxido de hidrógeno es la activación rápida de la reacción de oxidación, teniendo su punto máximo cerca de los 30 a 50 minutos (44).

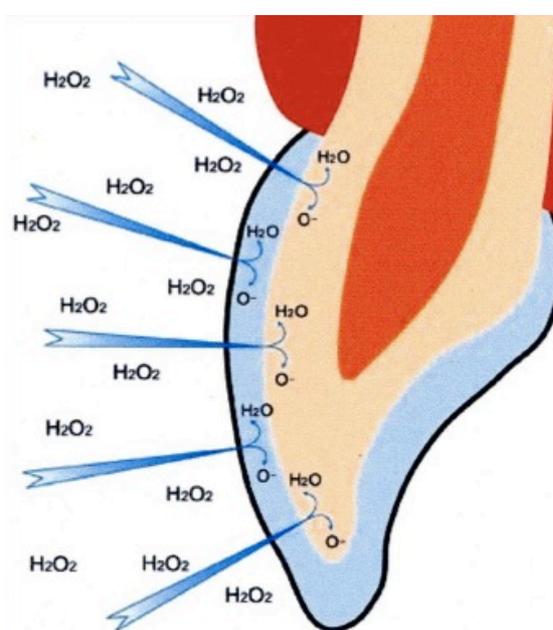


Figura 9. Mecanismo de difusión peróxido de hidrógeno

La habilidad de peróxido de hidrógeno para formar radicales libres de oxígeno, hace que puedan interactuar con macromoléculas y pigmentos coloreados que han sido absorbidos, oxidándolos y dividiéndolos en moléculas más pequeñas y decoloradas (52).

Cuando se realiza un procedimiento de blanqueamiento dental, los radicales libres resultantes de la descomposición de peróxido de hidrógeno actúan en un inicio sobre las moléculas cromóforas, hasta alcanzar lo que se conoce como punto de saturación, momento en el cual el blanqueador alcanza su máxima actividad. Posteriormente a ese momento, el blanqueamiento deja de producirse, ya ha

alcanzado su grado máximo y el agente blanqueador actúa sobre otros compuestos que presentan cadenas de carbono, como las proteínas de la matriz del esmalte (5).

2.2.2 Peróxido de Carbamida

El peróxido de carbamida (Fig. 10) en contacto con el agua se descompone, un tercio en peróxido de hidrógeno y dos tercios en urea, en el momento en que entra en contacto con el tejido blando o la saliva a temperatura oral. Mientras que el peróxido de hidrógeno forma moléculas reactivas según lo dicho anteriormente, la urea se disociará en amoníaco y dióxido de carbono. Aunque no se sabe con certeza la cantidad de amoníaco que se forma durante el blanqueamiento, la urea tiene un peso molecular bajo (60g/mol), lo que permite que penetre a través de esmalte y dentina, aumentando el pH del medio (7).

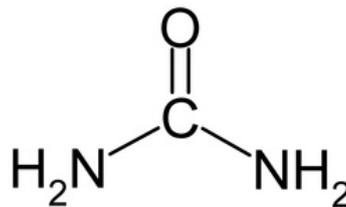


Figura 10. Fórmula de peróxido de carbamida

El proceso de blanqueamiento, en soluciones básicas, precisa menor energía para el proceso de activación y formación de radicales libres del peróxido de hidrógeno, por ejemplo, el ion per-hidroxilo, que es un radical con alto poder de blanqueamiento. Eso hace que el índice de reacción sea mayor y los resultados sean mejores en comparación con un ambiente ácido, que normalmente resulta en la formación de radicales libres débiles, con menor poder de blanqueamiento (51). La urea es capaz de penetrar dentro del esmalte afectando a la región interprismática. A pesar de que la urea puede contribuir a los cambios estructurales y de rugosidad del esmalte, también puede tener efectos beneficiosos al descomponerse en amonio y dióxido de carbono, ya que aumenta el pH y controla así la acidez de la placa dental.

2.2.3 Perborato de sodio

El perborato de sodio se ha utilizado durante muchos años para el tratamiento de dientes no vitales. Se presenta en forma de polvo con una concentración del 95% de perborato de sodio. Es estable cuando está seco, pero en presencia de agua, suero fisiológico o junto con otros productos blanqueadores (peróxido de carbamida o peróxido de hidrógeno) forma una pasta que se coloca en el interior de la cámara pulpar en la técnica de blanqueamiento ambulatorio. En contacto con el agua, el perborato de sodio se descompone en metaborato de sodio, peróxido de hidrógeno y oxígeno, donde el peróxido de hidrógeno continúa siendo el agente activo de la reacción.

En la actualidad, desde el 1 de diciembre de 2010 la legislación de la UE prohíbe el uso de productos cosméticos que contengan perborato de sodio y ácido perbórico, clasificados como 'carcinógenas, mutágenas o tóxicas para reproducción (CMR)', categoría 1B del reglamento de la Comisión CE/790/2009.

Los resultados del procedimiento blanqueador dependen mucho de la concentración del agente blanqueador, de la capacidad del agente de reaccionar con las moléculas cromóforas, además de la duración y las veces que el agente entra en contacto con dichas moléculas (51).



Figura 11. Tipos de productos blanqueadores

2.3 TÉCNICAS DE BLANQUEAMIENTO DENTAL

Los procedimientos blanqueadores se pueden dividir en dos grandes grupos en función de la vitalidad de los dientes a tratar: por un lado, el blanqueamiento vital que se realiza sobre los dientes que conservan la función de su complejo dentino-pulpar y se corresponden con el blanqueamiento externo; y, por otro, el blanqueamiento no vital, es el que se realizará sobre dientes tratados endodóncicamente y puede ser tanto interno como interno y externo (43).

Además, se puede diferenciar también entre: técnicas que se realizan exclusivamente en la clínica dental o blanqueamiento en clínica; las que realiza el paciente en su casa, siempre bajo supervisión directa por parte del odontólogo, blanqueamiento ambulatorio; y las que se realizan de forma conjunta, primero en la consulta dental, a cargo del profesional, y a continuación por el paciente en su domicilio o blanqueamiento combinado (43).

2.3.1. Blanqueamiento dental en clínica

El blanqueamiento en clínica se puede realizar de dos maneras: 1) aplicación de peróxido de carbamida (30-37%) en férulas bajo supervisión de un odontólogo; 2) utilización de productos más fuertes a base de peróxido de hidrógeno (30-38%) para aplicar con protección de los tejidos blandos y uso opcional de fuentes de luz.

El blanqueamiento en clínica con férulas y peróxido de carbamida utiliza agentes blanqueadores en alta concentración y de ese modo se obtienen resultados con mayor rapidez que si se realizase el tratamiento en casa.

El blanqueamiento en clínica con peróxido de hidrógeno al 30-38% está indicado en pacientes que no tienen tiempo suficiente para hacer la técnica en casa, que poseen problemas para la utilización de férulas o para quienes presentan lesiones cervicales no cariosas, como retracciones o abfracciones, que pueden ser protegidas con las barreras gingivales de los kits blanqueadores actuales (53).

Algunas fuentes luminosas como la luz halógena, el arco de plasma, aparatos de LED (light emitting diode) o láseres se pueden usar con el objetivo de calentar el agente blanqueador y acelerar la oxidación del peróxido de hidrógeno, aumentando de este modo la eficiencia de peróxido de hidrógeno, que alcanzará así con mayor rapidez los cromóforos que generan el aspecto oscurecido de los dientes (54). Algunas lámparas de blanqueamiento incorporan en sus productos pigmentos de un

color complementario a la luz de la lámpara, de este modo la lámpara solo es efectiva con el gel blanqueador del mismo fabricante (54). Siempre que se usen estas fuentes, se debe seguir rigurosamente las recomendaciones del fabricante, utilizando un período corto de activación para evitar daños pulpares lesivos, donde el aumento de temperatura límite soportable es de hasta 5,5°C. La utilización de la mayoría de las fuentes luminosas no aumenta la actividad del blanqueamiento (55). La única diferencia posible entre los tratamientos con luz o sin ella puede ser el tiempo de contacto del material, que deberá ser mayor cuando no se utiliza ninguna fuente de calor (55), pero la activación de los agentes de blanqueamiento mediante luz no incrementa el ΔE tras el tratamiento, ni la duración de los resultados conseguidos (56).

El blanqueamiento realizado en clínica posee la ventaja de presentar un resultado más evidente desde el comienzo y puede servir para dar una mayor motivación al paciente. Sin embargo, después de la primera sesión se debe advertir que este resultado no significa la terminación del tratamiento, porque además del blanqueamiento habrá una deshidratación del diente que hará que parezca más blanco. De modo que puede ser necesario seguir con las aplicaciones en otras sesiones, ya que pocos son los pacientes que quedan satisfechos con una sola sesión de blanqueamiento en clínica (57).

2.3.2 Blanqueamiento dental ambulatorio

Desde las publicaciones de Haywood y Heymann, el blanqueamiento ambulatorio se ha convertido en una de las técnicas de blanqueamiento dental de elección por parte de los odontólogos (58). Esta técnica de blanqueamiento que consiste en la utilización de férulas personalizadas y agentes blanqueadores de baja concentración aplicados en casa por el propio paciente, con supervisiones periódicas del odontólogo (35).

El agente blanqueador más usado en esta técnica es el peróxido de carbamida, está compuesto por peróxido de hidrógeno y urea, y su descomposición se da al entrar en contacto con los tejidos orales y la saliva. El peróxido de hidrógeno liberado de la composición del peróxido de carbamida se metaboliza por las enzimas catalasa, peroxidasa e hidropoxidasa en la saliva y en los tejidos orales (34).

Está indicada para pacientes que necesitan blanquear muchos dientes, o todo el maxilar, y la técnica más tradicional es la del uso nocturno por un tiempo mínimo de 3-

4 horas. Esta técnica se realiza mediante la aplicación del agente blanqueador en el interior de una férula de blanqueamiento (Fig. 12). Es necesario utilizar un producto que interactúe durante más tiempo con la estructura dentaria y libere el agente blanqueador con mayor lentitud. Por ello, el producto adecuado para esta técnica casi siempre es el peróxido de carbamida en las concentraciones de 10-16% (59). En condiciones normales, se obtendrá un buen resultado después de 2-4 semanas de uso del gel blanqueador, esto es, de contacto del producto con los dientes. Durante este período, para tener mejor control con relación a la evolución del blanqueamiento, sensibilidad dentaria o gingival o cualquier otro inconveniente, lo ideal es realizar revisiones periódicas cada semana. El mayor efecto de blanqueamiento ocurre entre la primera y segunda semana.

Una de las desventajas puede ser la sensibilidad transoperatoria y postoperatoria, pues cuanto mayor sea la concentración del producto, tanto mayor es el riesgo de tener sensibilidad (60).



Figura 12. *Férula de blanqueamiento*

2.3.3 Blanqueamiento dental con productos de venta libre (over-the-counter)

El éxito de la técnica de blanqueamiento dental ambulatorio supervisado y la búsqueda de dientes cada vez más blancos por parte de los pacientes impulsaron a la industria a crear nuevos productos para el blanqueamiento que se encuentran en farmacias, supermercados y en internet, con precios más accesibles y que pueden ser aplicados sin necesidad del odontólogo. Entre ellos están los dentífricos, enjuagues bucales, chicles, pinceles y tiras blanqueadoras, que normalmente presentan agentes

blanqueadores en concentraciones bajas que se aplican dos veces al día por un período de dos semanas (61-63).

Estos productos surgieron como una alternativa de menor coste para el blanqueamiento de dientes oscuros y permiten que el paciente adquiera el producto por responsabilidad propia y realice el blanqueamiento sin necesidad de un profesional del área. Estos productos se hallan disponibles en el comercio, si bien no hay evidencias clínicas en cuanto a su seguridad y eficacia.

Básicamente, los dentífricos, los chicles y los hilos dentales quitan solo las manchas superficiales y no actúan como agentes blanqueadores. Los enjuagues bucales y los pinceles con bajas concentraciones de peróxido de hidrógeno presentan un efecto blanqueador leve, pero sin evidencia clínica relevante alguna. En principio, los blanqueadores de venta libre podrían ser interesantes para el mantenimiento de la terapia de blanqueamiento (7).

2.3.3.1 Pastas dentífricas blanqueadoras

La industria, en respuesta a la insatisfacción de los consumidores en cuanto a la percepción de su color dental, ha desarrollado dentífricos blanqueadores, con el objetivo de intentar solucionar el problema. Hay muy poca evidencia clínica, así como poca evidencia de su eficacia. La mayoría contienen los mismos ingredientes clásicos, estos incluyen: materiales abrasivos sólidos, humectantes, surfactantes, espesantes, agentes terapéuticos como fluoruros, aromas, espesantes y agentes estabilizadores (4).

En general, los dentífricos que están formulados específicamente para el blanqueamiento dental proporcionan este beneficio eliminando y previniendo la formación de manchas extrínsecas, más que blanqueando dientes. Aunque algunos dentífricos blanqueadores contienen agentes blanqueadores, la concentración permitida de estos agentes es muy baja como para tener efectos clínicos, particularmente durante un período corto de tiempo de contacto con los dientes, como es la duración del cepillado dental (64). El aumento de la popularidad de los dentífricos blanqueadores se debe a que las manchas superficiales o extrínsecas pueden ser eliminadas con su uso (65).

Así la eliminación de manchas extrínsecas de la superficie de los dientes con dentífricos blanqueadores la podemos conseguir mediante medios físicos, a través de

abrasivos o medios químicos a través de solventes orgánicos, detergentes (66). La mayoría de dentífricos contienen abrasivos con capacidad de remover manchas extrínsecas, así son los agentes químicos los que le aportan un beneficio potencial para blanquear, especialmente en áreas donde no es fácil acceder mediante el cepillado.

La exposición de los tejidos dentales a agentes blanqueadores puede resultar en cambios estructurales en la superficie del esmalte, tal como defectos de esmalte y degradación. Evaluaciones químicas también han demostrado disminución de la concentración del Ca y P (67).

En cuanto a la efectividad de los dentífricos blanqueadores para aclarar el color de los dientes, se han descrito como coadyuvantes del blanqueamiento dental, según Alshara y cols. (68) la capacidad de blanqueamiento de los dentífricos blanqueadores de debe a eliminación de manchas existentes y no a la prevención de manchas. En su estudio compararon distintos dentífricos blanqueadores, comparando la efectividad química, aplicándolos en la superficie dental, o químico-mecánica, en cuyo caso los aplicaban y se cepillaba la superficie, llegaron a la conclusión que había correlación entre la abrasividad del dentífrico (RDA) y la efectividad (ΔE).

Otro estudio previo sobre la efectividad de los dentífricos llevado a cabo por Sharma N y cols. (58) compararon la prevención de manchas intrínsecas por dentífricos que contenían peróxido de hidrógeno o hexametáfosfato, concluyendo que los dentífricos que contenían peróxido tenían mayor efectividad.

Entre los agentes activos contenidos en los dentífricos blanqueadores destacaríamos abrasivos y agentes químicos:

2.3.3.1.1 Abrasivos

Los abrasivos son componentes insolubles añadidos a los dentífricos con el objetivo de realizar una remoción física de las manchas. El uso de abrasivos añadidos en pastas dentales data desde hace más de 2000 años, época en la cual se ha descrito el uso de huesos y conchas en las formulaciones (66). Los abrasivos utilizados hoy en día en los dentífricos incluyen: sílice hidratado, carbonato cálcico, fosfato dicálcico dihidratado, pirofosfato cálcico, alúmina, perlita y bicarbonato de sodio (69). Durante el cepillado las partículas abrasivas se quedan atrapadas entre las cerdas del cepillo y la superficie teñida del diente (7). Debido a que las partículas abrasivas son más duras

que las manchas, éstas se pueden eliminar quedando la superficie dental limpia. Está claro que mediante este mecanismo los abrasivos únicamente aclaran el color de tinciones extrínsecas, sin influenciar en tinciones intrínsecas o en el color natural del diente. El efecto de los abrasivos está limitado a las áreas donde se puede acceder con el cepillo, sin influenciar superficies interproximales, áreas gingivales o zonas de apiñamiento. Hay distintos parámetros que han demostrado afectar el proceso de limpieza de los abrasivos incluyendo la forma de las partículas, dureza, tamaño, distribución, concentración y fuerza aplicada sobre las mismas (4). Si las partículas abrasivas son demasiado grandes no serán efectivas como abrasivos, ya que no quedarán atrapadas en el cepillo y se quedarán a un lado. También cuanto mayor sea la concentración de partículas abrasivas, mayor será la capacidad de abrasión, conforme aumenta la concentración de partículas abrasivas la capacidad de abrasión aumentará hasta que el cepillo no tenga posibilidad de atrapar más partículas (70).

También se ha descrito el uso de combinaciones de abrasivos para aumentar la eficacia. Perlita, un silicato vítreo amorfo usado como agente de pulido en productos profilácticos, cuando se incorpora a un dentífrico con partículas de sílice, mostró aumentar la eficacia de éste para eliminar manchas extrínsecas.

Un dentífrico con poco poder abrasivo no tiene capacidad de eliminar la película adquirida que se forma sobre la superficie dental (9), diferentes estudios indican que los dentífricos requieren cierta cantidad de abrasivos para eliminar manchas extrínsecas y evitar que éstas se formen. La eliminación de estas manchas superficiales puede ser una función de las propiedades abrasivas aumentadas de estos dentífricos (71). Sin embargo, esto puede conducir a un efecto adverso de tinciones superficiales, afectando no solo superficies sanas de esmalte, pero también, y más significativamente, caries incipientes remineralizables y lesiones de erosión (72). Se han descrito en la literatura otros ingredientes para eliminar o prevenir manchas extrínsecas, incluyendo surfactantes, polifosfatos y enzimas. Por lo tanto, se han añadido compuestos activos químicamente a los dentífricos blanqueadores como una alternativa menos agresiva a los abrasivos para conseguir aclaramiento dental.

2.3.3.1.2 Agentes químicos

Los dentífricos blanqueadores pueden contener agentes químicos adicionales que aumentan la capacidad de los agentes abrasivos para eliminar o prevenir la formación

de manchas extrínsecas. Estos agentes químicos estudiados incluyen surfactantes, peróxidos, enzimas, citratos, pirofosfatos y hexametfosfatos (68).

La eficacia para eliminar manchas intrínsecas del peróxido está bien establecida en distintos modos de aplicación, tal como cubetas, tiras blanqueadoras, barnices (5) mientras que la aplicación de peróxidos en pastas dentales es un desafío debido a factores de formulación y los relativamente cortos períodos de aplicación (73). A pesar de estos desafíos, se han descrito pastas dentales blanqueadoras que contienen agentes químicos oxidantes tal como peróxidos, fuentes de peróxido y clorito de sodio. Un dentífrico con un 1% de peróxido de hidrógeno mostró disminuir significativamente el tono amarillento dental (b^*) y aumentar la luminosidad (L^*) de dientes *in vitro*, cuando se comparaba con la eficacia de un dentífrico blanqueador a base de sílice y bicarbonato de sodio (74). En otro estudio, un dentífrico que contenía 0.5% de peróxido de calcio mostró reducir significativamente tinciones extrínsecas cuando se comparaba con un placebo después de 6 meses de uso (75).

Debido a que las manchas extrínsecas son incorporadas primariamente en la película adquirida, es posible que enzimas como las proteasas puedan degradar estas manchas y potenciar su eliminación. Se ha descrito un dentífrico que contenía una mezcla de papaína, alúmina y citrato de sodio, estudios clínicos han demostrado que este dentífrico es más efectivo en eliminar manchas extrínsecas establecidas que una pasta dental control. En la tabla 1 se enumeran los agentes abrasivos y químicos más comúnmente agregados en los dentífricos.

Los pirofosfatos tienen la capacidad de unirse a fosfato cálcico en esmalte o superficies de dentina disolviendo potencialmente proteínas teñidas de la película adquirida (76), así como previniendo que se depositen nuevos cromógenos en ella (76). Algunos dentífricos blanqueadores contienen bajas concentraciones de peróxido, promoviendo una reacción de oxidación, con el subsecuente blanqueamiento dental.

La eficacia de blanqueamiento de tinciones intrínsecas del peróxido está bien establecida en distintos formatos de aplicación, cubetas, tiras blanqueadoras y barnices, mientras que la aplicación de peróxido en pastas blanqueadoras es un reto debido a factores en su formulación y los relativamente cortos períodos de exposición (73). Sin embargo, se han descrito y se comercializan dentífricos que contienen peróxidos. Kleber y cols. (74) estudiaron la eficacia de un dentífrico que contenía 1% de peróxido de hidrógeno/ bicarbonato sódico, el cuál demostró disminución

significante en el croma (b^*) y aumento en la luminosidad (L^*) en el color dental cuando se comparaba con un dentífrico control a base de sílice y bicarbonato sódico.

Pirofosfatos, tripolifosfato y hexametfosfato tienen una fuerte tendencia por unirse a esmalte, dentina y cálculo, durante esta adsorción han mostrado su eficacia en disolver partículas de estas manchas (77, 78). El pirofosfato de sodio se ha utilizado en dentífricos blanqueadores, aunque principalmente por su actividad antitártaro.

Agente de blanqueamiento en	dentífricos blanqueadores
Abrasivos	Sílice dihidratado Dihidrato de fosfato dicalcico Carbonato cálcico Pirofosfato de calcio Alúmina Perlita Bicarbonato de sodio
Químicos	Peróxido de hidrógeno Peróxido de calcio Citrato de sodio Pirofosfato de sodio Tripolifosfato de sodio Hexametfosfato de sodio Papaína
Ópticos	Azul covarine

Tabla 1. Agentes de blanqueamiento en pastas dentífricas blanqueadoras

El trifosfato de sodio (STP) se ha incorporado en pastas blanqueadoras por si solo o en combinación con pirofosfato de sodio. En un estudio, una pasta blanqueadora que contenía una combinación de STP y pirofosfato demostró mayor eficacia en la eliminación de manchas extrínsecas preexistentes que un dentífrico que contenía únicamente STP (75, 79).

Hexametáfosfato de sodio (HMP) es una variante con una cadena más larga de pirofosfato, contiene 10-12 subunidades de pirofosfato. Esta molécula tiene una alta sustantividad y capacidad de adherirse a la superficie dental comparado con pirofosfato y reduce potencialmente a adsorción de moléculas cromógenas a la superficie dental (73).

Aunque se comercializan dentífricos con estos agentes químicos, hay poca información relevante sobre el modo de acción y la efectividad de estos compuestos en la eliminación y prevención de coloraciones de la superficie del esmalte dental (68).

2.4 AFECTACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ESMALTE TRAS BLANQUEAMIENTO

La capacidad de los agentes de blanqueamiento de promover la descomposición de pigmentos orgánicos que han penetrado en el esmalte ha sido atribuida al poder de oxidación, a través de la liberación de radicales libres, incluyendo oxígeno. Debido a que estos radicales libres tienen electrones desapareados en la corteza, tienen la tendencia a reaccionar con otros radicales libres, con el objetivo de estabilizar sus órbitas (50).

Los radicales libres, además de afectar a las moléculas cromógenas, pueden afectar también a los lípidos y proteínas que forman parte del contenido orgánico de los tejidos dentales(80).

La efectividad del procedimiento de blanqueamiento dental está influenciada por distintos factores, como el sistema de blanqueamiento utilizado, la concentración del agente de blanqueamiento, el tiempo de aplicación y el uso de luz (81).

Las fuentes de luz se pueden utilizar para optimizar el proceso de blanqueamiento, en un intento de aumentar la velocidad de disociación de peróxido de hidrógeno, y así disminuir los tiempos de tratamiento (82). Otro de los factores que puede influir directamente en el proceso de blanqueamiento es el pH de los agentes de blanqueamiento. Un pH alcalino favorece la efectividad de blanqueamiento, ya que en condiciones alcalinas el peróxido de hidrógeno se disocia en ión perhidróxilo, que es un radical libre con alto poder oxidante en la reacción de blanqueamiento (5). Un pH por debajo del punto crítico (pH 5.5 a 6.5) puede resultar en disolución del esmalte, alteraciones en la microdureza, aumento de sensibilidad y aumento de la rugosidad del esmalte (83). Sulieman y cols. (53) sugieren que la causa de abrasión tras el

blanqueamiento dental podría estar relacionada con el pH de los agentes blanqueadores, acidez de los productos de blanqueamiento podría ser una de las causas de los efectos adversos de los agentes de blanqueamiento con bajo pH (84).

Soares y cols. (85) publicaron un estudio en el cual observaron que los productos de blanqueamiento tenían tendencia a disminuir su pH desde que se colocaban en la superficie dental hasta el momento de concluir el tratamiento, también corroboraron una observación descrita en la literatura (83, 86), que cuanto mayor es la concentración de peróxido de hidrógeno, es más bajo el pH del gel de blanqueamiento, observaron que no había correlación directa entre pH y posterior rugosidad superficial, en cambio distintos dentífricos blanqueadores aumentaban la rugosidad superficial, así como realizar un grabado con ácido ortofósforico previo al blanqueamiento dental.

Basting y cols. (87) observaron que cuando se comienzan a degradar los productos de blanqueamiento, aumenta el pH, lo que estaría en controversia con el estudio anterior, se puede explicar porque en este último estudio se ha aplicado peróxido de carbamida, que tiene carbopol en su composición.

Algunos autores han reportado la aparición de efectos adversos en la estructura dental (pérdida de sustancia) y en los tejidos circundantes (irritación). La aparición de hipersensibilidad durante o después del tratamiento de blanqueamiento ha sido mencionado como el efecto adverso más común. Todos estos factores nos indican que una vez que los agentes de blanqueamiento han penetrado en el esmalte, se pueden producir cambios morfológicos en la estructura o cambios en la composición del diente (88). En este último punto hay controversia, algunos estudios publicados indican que no hay cambios morfológicos en la superficie del esmalte tras los procedimientos de blanqueamiento dental, aunque la mayoría de los estudios concluyen que los agentes blanqueadores producen alteraciones en la superficie e interior del esmalte, asociadas a la desmineralización de la sustancia interprismática e intraprismática, pérdida de la capa aprismática de la superficie y desorganización de cristales (89). Sun y cols. (90) publicaron un estudio en el que concluyeron que los productos de blanqueamiento con pH ácido producen mayor afectación de la superficie de esmalte.

La adición de agentes blanqueadores a los dentífricos está justificado, debido a que la pérdida probable de estructura mineral de la superficie del esmalte se asocia más al acto mecánico de cepillado, que abrasiona la superficie, que a la acción de los agentes blanqueadores (91).

Tras el uso de dentífricos blanqueadores se ha descrito la aparición de alteraciones en la textura superficial del esmalte, pérdida de definición de las estrías de Retzius y aumento de la porosidad en la estructura blanqueada, dando un efecto similar al efecto provocado por el grabado ácido en la superficie del diente (92).

Algunos autores han descrito que los agentes blanqueadores que contienen peróxido afectan la fase orgánica del esmalte, no solo en la superficie, también en la estructura interna, debido a que el bajo peso molecular de estos agentes les permite penetrar rápidamente en el esmalte (93, 94). De hecho, se ha descrito una desmineralización de 50 micrómetros de profundidad tras la aplicación de 10% de peróxido de carbamida (95).

Los dentífricos blanqueadores con bicarbonato sódico en su composición han mostrado daños y lesiones en la superficie del esmalte de gran profundidad, con pérdida de la estructura prismática, apariencia porosa con irregularidades en la superficie (92), todos estos cambios denotan pérdida significativa de la estructura mineral del esmalte. Estas lesiones pueden resultar del cepillado con bicarbonato sódico, el cepillado con agentes abrasivos conduce a una considerable pérdida mineral. Esto es porque estos agentes conducen a un aumento de rugosidad superficial del esmalte (96).

2.5 EFECTOS DEL BLANQUEAMIENTO SOBRE LA ADHESIÓN DE LOS MATERIALES DE RESTAURACIÓN AL ESMALTE

El blanqueamiento dental es un tratamiento adecuado y conservador para aquellos pacientes que quieren mejorar su estética. En muchas ocasiones tras el procedimiento de blanqueamiento los pacientes están motivados y muestran un gran interés en carillas, restauraciones estéticas de composite, cierre de diastemas y otros procedimientos estéticos adhesivos (97).

Aunque el blanqueamiento es un tratamiento conservador, puede presentar algunos efectos adversos, como son: toxicidad pulpar, microfiltración, reabsorción cervical

externa, cambios en la estructura del diente y disminución de la microdureza, así como disminución en las fuerzas de adhesión del composite a la estructura dental (14, 32, 98-100).

El oxígeno residual remanente en los microporos de esmalte tras el blanqueamiento dental, puede interferir con el sistema adhesivo aplicado en los procedimientos restauradores (101).

La disminución de los valores de adhesión se relaciona con distintos factores, entre ellos con las moléculas remanentes de oxígeno en el esmalte, aumento en la microfiltración, aumento de la porosidad superficial disminución de la microdureza del esmalte y cambios en la morfología superficial del esmalte (12, 97, 99).

Distintos autores han postulado que es necesario un tiempo de espera entre 24 horas a 3 semanas, previamente a llevar a cabo cualquier procedimiento adhesivo tras realizar un tratamiento de blanqueamiento dental (102-105), mientras que otros han sugerido un tiempo de espera de 7 días para esmalte y 14 días para dentina (23, 104, 106, 107, 108). Sin embargo, en algunas situaciones clínicas, los pacientes pueden requerir la restauración inmediata de sus dientes.

Se han propuesto distintos métodos para revertir el efecto de la disminución de las fuerzas de adhesión tras el tratamiento de blanqueamiento dental, entre ellos: Cvitko y cols. (18) proponían retirar la capa superficial de esmalte, Barghi y Godwin trataban la superficie de esmalte mediante la aplicación de alcohol previamente al tratamiento restaurador (19).

2.5.1 Antioxidantes

Con el objetivo de permitir la restauración inmediata tras el blanqueamiento dental, muchos autores han propugnado la aplicación de agentes antioxidantes previamente a llevar a cabo los procedimientos de adhesión sobre la superficie dental, entre los cuales ascorbato de sodio ha sido el agente antioxidante más estudiado (24-28).

Lai y Vidhya sugirieron que la disminución en fuerzas adhesivas se podía compensar mediante aplicación de antioxidantes como ascorbato de sodio y proantocianidina (29, 107).

Türkün Y Kaya (101) en un estudio realizado en 2004 observaron que el uso de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos, era suficiente para revertir la disminución de las fuerzas de adhesión, en cambio en otro estudio realizado por Kaya

y cols. (25) en 2008 determinaron que el antioxidante se tendría que aplicar sobre la superficie dental un mínimo de 60 minutos para obtener mayor efectividad y mayor incremento de las fuerzas de adhesión.

Los resultados obtenidos de otros estudios han revelado que la aplicación simultánea de ambas formas de ascorbato de sodio (gel o solución) puede revertir la disminución de las fuerzas de adhesión provocadas por el blanqueamiento (24, 27, 31, 80).

El antioxidante más estudiado ha sido ascorbato de sodio. Ascorbato de sodio es un antioxidante, soluble en agua y puede eliminar radicales libres en sistemas biológicos y prevenir el efecto de pH ácido (29).

2.5.2 Comparación de los tiempos de aplicación y concentraciones de antioxidantes

Los tiempos de aplicación de los antioxidantes descritos han variado desde 10 minutos hasta 1/3 del tiempo de aplicación del gel de blanqueamiento (109).

Kaya y cols. (25) compararon la efectividad en revertir la disminución de las fuerzas de adhesión tras el blanqueamiento, mediante la aplicación de gel de ascorbato de sodio en distintos tiempos (10, 60, 120, 240 y 480 minutos). Observaron máxima efectividad tras la aplicación durante 60 minutos de ascorbato de sodio. Cuanto mayor era el tiempo de aplicación, mayor eran los valores de adhesión.

Freire y cols. (80) estudiaron la efectividad de distintos tiempos de aplicación para revertir la disminución de los valores de adhesión (una aplicación de 60 minutos, una aplicación de 10 minutos, dos aplicaciones de 10 minutos, dos aplicaciones de 5 minutos, dos aplicaciones de 1 minuto y tres aplicaciones de 1 minuto). Observaron que con dos aplicaciones de ascorbato de sodio al 35% durante un minuto obtenían los mismos valores que adhesión que en el grupo control negativo, en el que no se había realizado blanqueamiento y similares resultados al grupo en el que se esperó 5 días para realizar el procedimiento adhesivo.

Kimyai y cols. (31) estudiaron el efecto de la aplicación de ascorbato de sodio al 10% y 20% (en gel y solución), en dos intervalos de tiempo (10 y 180 minutos), en la resistencia adhesiva a esmalte tras el blanqueamiento. Sus resultados no mostraron diferencias entre el uso de gel o solución ni entre los tiempos de aplicación del antioxidante, concluyendo que la disminución de los valores de adhesión se podía

revertir mediante la aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos. Ascorbato de sodio se puede utilizar en formato hidrogel o solución sobre la superficie dental (31).

Türkün y cols. (26) estudiaron el efecto de la aplicación de gel de ascorbato de sodio en distintas concentraciones (2,5%, 5% y 10%) en los valores de adhesión a esmalte tras el tratamiento de blanqueamiento mediante peróxido de carbamida al 10%. Según sus resultados la aplicación de gel de ascorbato de sodio al 10% es efectiva, en cambio concentraciones inferiores al 10% no eran tan eficaces.

Dabas y cols. (110) compararon distintas concentraciones de gel de ascorbato de sodio (10% y 20%) y diferentes tiempos de aplicación (30, 60 y 120 minutos). Observaron que un aumento en el tiempo de aplicación del antioxidante se relacionaba con un aumento en la resistencia adhesiva, hasta los 60 minutos, tiempo a partir del cual ya no observaban diferencias. En cambio, no observaron diferencias en los resultados al comparar la concentración de ascorbato de sodio.

Thapa y cols. (111) compararon la eficacia para revertir la disminución de las fuerzas de adhesión tras el blanqueamiento dental de ascorbato de sodio y alfa tocoferol, en concentraciones del 10% y 25%, según sus resultados ascorbato de sodio era eficaz en aumentar la resistencia adhesiva cuando se aplicaba en concentraciones tanto de 10% como del 25% y alfa tocoferol era efectivo únicamente en concentraciones del 25%.

2.5.3 Comparación entre la aplicación de antioxidantes y tiempos de espera tras el blanqueamiento

La mayoría de los estudios que comparan los resultados de valores de adhesión con la aplicación de antioxidantes y distintos tiempos de espera tras el tratamiento de blanqueamiento concluyen que al realizar adhesión inmediata tras el blanqueamiento dental se obtienen valores de adhesión muy inferiores y al comparar los valores de adhesión tras la aplicación de antioxidantes o distintos tiempos de espera previos al procedimiento adhesivo no hay diferencias (15, 26, 80, 106, 107, 112-114).

Cavalli y cols. (14) estudiaron los efectos en las fuerzas de adhesión de distintas concentraciones de peróxido de carbamida y distintos tiempos de espera antes de realizar el procedimiento adhesivo, observaron que durante las dos primeras semanas post-blanqueamiento las fuerzas de adhesión estaban disminuidas. Al cabo de tres

semanas, los valores de adhesión aumentaban, con resultados similares al grupo control. También observaron que al aumentar la concentración de peróxido de carbamida no variaban los tiempos necesarios de espera.

Van der Vyer y cols. (80) estudiaron los efectos en la resistencia adhesiva tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno activado con luz, determinando que habría que postponer cualquier procedimiento adhesivo dos semanas tras el blanqueamiento.

Unlu y cols. (115) compararon el efecto de distintos tiempos de espera tras el blanqueamiento en las fuerzas de adhesión tras blanqueamiento con peróxido de carbamida al 10% y peróxido de hidrógeno al 35%, observaron que en ambos casos al realizar el procedimiento adhesivo inmediatamente tras el blanqueamiento los valores de adhesión disminuían, siendo recomendable esperar al menos 24 horas tras el blanqueamiento con peróxido de carbamida y 1 semana tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno.

2.5.4 Antioxidantes utilizados

El antioxidante más utilizado para revertir la disminución de las fuerzas de adhesión tras el blanqueamiento dental ha sido ascorbato de sodio (24, 27, 101, 106, 111, 116, 117).

Sasaki y cols. (32) estudiaron la eficacia de ascorbato de sodio y alfa tocoferol al 10%, según sus resultados solo alfa tocoferol era eficaz en revertir la disminución de los valores de adhesión tras el blanqueamiento.

Vidhya y cols. (29) utilizaron extracto de semilla de uva, demostrando que puede revertir la disminución de los valores de adhesión, compensando los efectos del blanqueamiento.

Arumugam y cols. (118) estudiaron la eficacia de ascorbato de sodio al 10%, proantocianidina al 6,5% y licopeno al 5%, concluyendo que los tres antioxidantes revertían la disminución de los valores de adhesión tras el blanqueamiento, aunque el grupo de ascorbato de sodio obtuvo los mejores resultados.

Kadiyala y cols. (119) estudiaron la efectividad de aloe vera y ascorbato de sodio al 10%, concluyendo que ambos antioxidantes eran efectivos para revertir la disminución de las fuerzas de adhesión tras el blanqueamiento dental.

Sharafeddin y cols. (115) mostraron que ascorbato de sodio al 10%, semillas de granada, extracto de semilla de uva, té verde y gel de hojas de aloe vera producían el mismo efecto en la resistencia adhesiva a esmalte blanqueado.

Subramonian y cols. (28) estudiaron el efecto de ascorbato de sodio al 10%, extracto de semilla de uva al 10% y extracto de semilla de pino al 10% en las fuerzas de adhesión a esmalte blanqueado. Sus resultados mostraron que el uso de antioxidantes revierte la disminución de los valores de adhesión, los mejores valores fueron obtenidos con extracto de semilla de pino.

2.6 ADHESIÓN

El rápido progreso en la tecnología adhesiva ha influenciado la odontología moderna restauradora. La longevidad de las restauraciones de composite todavía es demasiado corta clínicamente (120, 121).

A pesar de los enormes avances realizados en la tecnología adhesiva durante los últimos 50 años, en los que se ha logrado que los dientes cariados o fracturados se puedan restaurar mediante reconstrucciones mínimamente invasivas, la interfase adhesiva diente-composite se continúa considerando el talón de Aquiles de las restauraciones adhesivas (122, 123).

La absorción de agua desestabiliza la interfase adhesivo-diente, a través de una serie de mecanismos de degradación complejos. En este contexto, se tendrían que considerar muchos aspectos con respecto a la fuerza y durabilidad de la unión de los tejidos duros, esmalte y dentina. Estos factores incluyen la heterogeneidad de la estructura dental y composición, las características de la superficie dental tras la preparación cavitaria y las características del adhesivo en sí mismo, las interacciones con ambos sustratos y sus propiedades físico-químicas básicas. La adhesión a los tejidos orales es un reto, debido a las condiciones físicas y mecánicas de la cavidad oral de humedad, fuerzas masticatorias, cambios de temperatura, pH y hábitos dietéticos (124).

Las técnicas modernas de adhesión se pueden dividir en: 1. adhesivos de grabado y lavado, 2. adhesivos autograbantes (o adhesivos de grabado y secado) y 3. adhesivos autoadhesivos (125).

2.6.1 Técnica de grabado y lavado

Esta técnica se caracteriza por comenzar con un primer paso que consiste en la aplicación sobre la superficie dental de un ácido, ácido ortofosfórico, normalmente a una concentración del 35-37%. Es importante que el esmalte y la dentina grabados con ácido ortofosfórico sean lavados profusamente con el objetivo de retirar todos los productos de reacción. Este agua también asegura que la matriz de dentina desmineralizada se expanda (126). Si no se retira el exceso de agua previamente a la aplicación del adhesivo, el agua residual puede inducir cambios en los adhesivos de grabado y lavado que contienen Bis-GMA.

El efecto que persigue el grabado ácido sobre el esmalte se basa principalmente en conseguir la desmineralización en profundidad de los prismas manteniendo intacta su estructura periférica. Así se logran microporosidades, se crean unos microporos de 5 a 15 micras de profundidad que son altamente retentivos. Al mismo tiempo, por las anfractuosidades que se generan, la superficie de contacto entre diente y resina aumenta su tamaño unas 2.000 veces aproximadamente y se está elevando la energía superficial a más del doble de la que tiene el esmalte sin grabar (127).

En dentina produce una desmineralización de 5-8 micrómetros de profundidad en la matriz de dentina intertubular, desmineralizando la hidroxiapatita y exponiendo una malla de colágeno (128).

El siguiente paso consiste, si se utiliza un adhesivo de 3 pasos, en la aplicación de un imprimador hidrofílico. La resina hidrofílica fue inicialmente diseñada para reexpandir la malla colapsada en dentina, es encargada de conseguir la unión a la dentina impregnando la malla de colágeno y formando 'tags' aprovechando precisamente la humedad de la dentina. Son resinas como PENTA, HEMA, BPDM, TEGDMA, GPDM o 4-META.

Seguidamente se procede con la aplicación de la resina hidrofóbica. Son las primeras que formaron parte de los materiales adhesivos y aunque son poco compatibles con el agua su función es doble, por un lado, conseguir una buena unión a la resina compuesta que también es hidrofóbica y por otro, conseguir que la capa de adhesivo tenga un grosor suficiente para que la interfase de adhesivo soporte el estrés al que va a ser sometido.

También se puede realizar una técnica adhesiva en dos pasos, aplicando resina hidrofílica e hidrofóbica en un mismo paso. Los adhesivos de grabado y lavado de tres pasos tienen una durabilidad clínica mayor que los de dos pasos (122), por ello hoy en día, los sistemas adhesivos de tres pasos se siguen considerando el 'gold-standard'.

El objetivo final del adhesivo es bloquear micromecánicamente los túbulos de dentina abiertos y la malla de colágeno una vez que se ha producido la difusión del adhesivo en las micro retenciones y se ha fotopolimerizado, creando así la conocida capa híbrida (129).

Actualmente, la polimerización de las prolongaciones de resina que han penetrado en las retenciones micromecánicas producidas en la superficie del esmalte tras la aplicación de ácido ortofosfórico continúa siendo la mejor manera de conseguir una adhesión efectiva sobre la superficie del esmalte (125, 130, 131). No solamente es más efectivo sellando los márgenes de esmalte durante más tiempo, sino que protege la dentina, que es más vulnerable a la degradación (132). Por otro lado, el grabado ácido de dentina es más agresivo, ya que disuelve y remueve la protección natural de colágeno, produciendo un complejo resina-colágeno que es más vulnerable a la degradación tras la absorción de agua. Esta degradación se puede ver aumentada por el proceso de degradación enzimática (133).

2.6.2 Técnica autograbado

Los adhesivos autograbantes se pueden subdividir en 'strong' ($\text{pH} < 1$), 'intermediately strong' ($\text{pH} \approx 1.5$), 'mild' ($\text{pH} \approx 2$) y en 'ultra mild' ($\text{pH} \approx 2.5$), dependiendo de la intensidad de desmineralización del adhesivo (122). Los adhesivos autograbantes sólo disuelven el barrillo dentinario, pero no eliminan el fosfato cálcico disuelto, y no hay fase de lavado. Cuanto menor es el pH del adhesivo autograbante, más fosfato cálcico es disuelto y atrapado en la zona de interfase de adhesivo. Este barrillo de fosfato cálcico encapsulado dentro de la malla de colágeno es sin embargo más soluble, y podría ser la explicación de los pobres resultados obtenidos tanto *in vivo* como *in vitro* por parte de los adhesivos autograbantes 'strong', particularmente a dentina. En esmalte en cambio funcionan mejor, debido a su mayor capacidad de desmineralización de hidroxiapatita (134). Cuanto más intenso es el adhesivo autograbante (menor pH), más puede interferir la capa de barrillo dentinario con la interfase adhesiva.

Los adhesivos autograbantes de dos pasos consisten en la aplicación por separado de una resina adhesiva hidrofóbica tras la resina autograbante hidrofílica. Estos dos pasos hacen la interfase adhesiva más hidrofóbica, obteniendo un mejor sellado, lo que se traduce en más duración de la adhesión.

Finalmente tenemos adhesivos autograbantes de un paso, conocidos como 'todo en uno'. Estos adhesivos son los más simples y rápidos de usar, ya que en un solo paso se realiza todo el proceso adhesivo, estos adhesivos en su contra tienen una menor eficiencia en los resultados adhesivos. La menor eficacia de la interfase adhesiva obtenida con los adhesivos 'todo en uno' ha sido ampliamente documentada en estudios de laboratorio, y se debe entre otras razones a un menor grado de conversión, lo que resulta en que tienen propiedades mecánicas inferiores, mayor absorción de agua por ósmosis a través de la dentina (135, 136).

2.6.3 Medición de fuerzas de adhesión

La medición de fuerzas adhesivas debería ser en primer lugar fácil de realizar (poco técnico-sensible) y relativamente rápido. En general, las ventajas de las pruebas de laboratorio son entre otras:

1. La rapidez para obtener datos de un parámetro/propiedad específicos.
2. La metodología utilizada es relativamente sencilla.
3. La posibilidad y necesidad de medir un parámetro específico, dejando el resto de variables constantes.
4. Poder comparar un nuevo material o técnica experimental con el 'gold standard'.
5. Poder comparar simultáneamente una variabilidad de grupos experimentales dentro del estudio.
6. Se requieren protocolos e instrumentos de medición relativamente sencillos.

El objetivo final de los test de laboratorio es obtener resultados que puedan prever los resultados clínicos de la técnica o adhesivo estudiado (137).

La resistencia adhesiva se puede medir usando un test macro o micro, dependiendo básicamente del tamaño del área de adhesión (138). La resistencia adhesiva macro, con un área mayor a 3 mm², puede medirse en 'shear', 'tensile' o utilizando un protocolo 'push-out'.

2.6.3.1 Macro-shear o test de cizalla

El método más utilizado es el test de cizalla (SBS) (138), fue la técnica utilizada en el 26 % de artículos científicos publicados sobre adhesión. Este método se considera sencillo y rápido de realizar, ya que las muestras una vez finalizado el procedimiento adhesivo no requieren ningún procedimiento adicional.

En un intento por estandarizar esta técnica, algunas compañías han desarrollado Jigs específicos para ello, como el Ultradent Jig (Ultradent, South Jordan, UT, USA) (Fig.13).

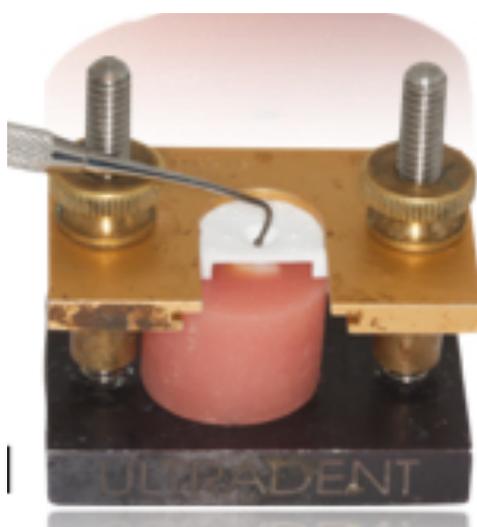


Figura 13. Jig de Ultradent

Este test de adhesión tiene alguna limitación, ya que ignora la norma ISSO/TS 11405 (2003), donde se especifica que es importante la limitación del área de adhesión. En algunas ocasiones el adhesivo se coloca en toda la superficie de esmalte y dentina expuestos, con lo que el área de adhesión es substancialmente mayor, y además se aplica mayor carga a la interfase adhesivo-composite que a la interfase diente-adhesivo.

Sin embargo, este test de adhesión continúa siendo muy utilizado en estudios para investigar nuevos adhesivos. El ejemplo más notable de test SBS es 'Battle of adhesives' (batalla de los adhesivos) (Degrange, 2001, 2007), donde compararon distintos adhesivos disponibles, con una muestra superior a 16.000. En este estudio los mejores resultados de adhesión fueron obtenidos por el adhesivo de grabado y lavado de 3 pasos, Optibond FL (Kerr, Orange, CA, USA).

2.6.3.2 Macro-tensión/push-out

Este test es menos popular que SBS, sin embargo se puede utilizar para medir la resistencia adhesiva de cementos a materiales duros, tal como cerámica y aleaciones de metal (139) .

Se ha empleado también en test dinámicos para estudiar la resistencia a la fatiga de las muestras.

Este método nunca se ha adoptado como una metodología de adhesión universal, probablemente porque la preparación de las muestras es laboriosa y la metodología consume más tiempo.

2.6.3.3 Micro-tensión

El área de adhesión que evalúa es mucho menor comparado con los macro test, siendo de 1mm^2 o menos. Tras el procedimiento adhesivo es necesario preparar las muestras para el test, siendo la técnica más laboriosa y técnico- sensible. Esta técnica tiene algunas ventajas con respecto a macro-test, entre ellas: podemos obtener múltiples muestras de un mismo diente, tenemos mejor control regional por zonas, el estrés se concentra en la interfase adhesiva (evitando así las fracturas cohesivas).

2.6.3.4 Micro-shear

Este test combina la fácil manipulación con la habilidad de probar múltiples muestras por diente. El cilindro del build up tiene un diámetro típico de 0.7 mm, que en combinación con una capa gruesa de adhesivo puede hacer que la carga aplicada no sea uniforme. Esta metodología no es muy utilizada en los estudios científicos.

3. Objetivos

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO PRINCIPAL ESTUDIO 1: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN ASCORBATO DE SODIO Y DISTINTOS TIEMPOS DE ESPERA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE BLANQUEADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 40%.

Evaluar las fuerzas de adhesión a esmalte tras realizar blanqueamiento dental con distintos tiempos de espera y la influencia de la aplicación de ascorbato de sodio previamente al procedimiento adhesivo.

3.1.1Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de ascorbato de sodio aplicado sobre la superficie dental, tras el tratamiento de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 40%, previamente al procedimiento adhesivo en la fuerza de cizalla con un grupo control.
2. Evaluar los resultados obtenidos en la resistencia adhesiva a esmalte blanqueado, con peróxido de hidrógeno al 40%, realizando adhesión 7 días post-blanqueamiento.
3. Evaluar los resultados obtenidos en la resistencia adhesiva a esmalte blanqueado, con peróxido de hidrógeno al 40%, realizando adhesión 15 días post-blanqueamiento.
4. Evaluar los resultados obtenidos en la resistencia adhesiva a esmalte blanqueado, con peróxido de hidrógeno al 40%, realizando adhesión 30 días post-blanqueamiento.

3.2 OBJETIVO PRINCIPAL ESTUDIO 2: EFECTO DE ASCORBATO DE SODIO 10% Y ALFA-TOCOFEROL 10% EN LA ADHESIÓN A ESMALTE TRAS EL USO DE DOS DENTÍFRICOS BLANQUEADORES.

Evaluar la influencia de distintos dentífricos blanqueadores sobre la resistencia adhesiva a esmalte y evaluar el efecto del uso de antioxidante previo al tratamiento de adhesión.

3.2.1 Objetivos específicos

1. Evaluar la resistencia adhesiva a esmalte obtenida tras el uso de la pasta dentífrica Whitekin® con el grupo control.
2. Evaluar resistencia adhesiva a esmalte obtenida tras el uso de la pasta dentífrica Rembrandt Plus® con el grupo control.
3. Evaluar la resistencia adhesiva a esmalte previamente blanqueado con dentífricos blanqueadores tras la aplicación durante 10 minutos de 10% ascorbato de sodio con el grupo control.
4. Evaluar la resistencia adhesiva a esmalte previamente blanqueado con dentífricos blanqueadores, tras la aplicación durante 10 minutos de 10% alfa tocoferol con el grupo control.
5. Evaluar la resistencia adhesiva a esmalte previamente blanqueado con dentífricos blanqueadores, tras la aplicación durante 10 minutos de la mezcla de 10% ascorbato de sodio + 10% alfa tocoferol con el grupo control.

3.3 OBJETIVO PRINCIPAL ESTUDIO 3: INFLUENCIA DE USO DE DENTÍFRICOS BLANQUEADORES DURANTE 4 SEMANAS EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE.

Evaluar la influencia del uso durante 4 semanas de distintos dentífricos blanqueadores con distintas composiciones sobre la resistencia adhesiva a esmalte.

3.3.1 Objetivos específicos

1. Observar la resistencia adhesiva a esmalte tras el uso de dentífricos blanqueadores, tres veces al día durante 4 semanas, que contiene peróxido en su composición con el grupo control.
2. Observar la resistencia adhesiva a esmalte tras el uso de dentífricos blanqueadores, tres veces al día durante 4 semanas, que contiene abrasivos como agentes de blanqueamiento en su composición con el grupo control.
3. Observar los valores de adhesión a esmalte obtenidos en los distintos grupos de estudio.
4. Observar las interfases adhesivas esmalte-composite de los distintos grupos con 2.500 aumentos bajo SEM.

4. Hipótesis

4. HIPÓTESIS

4.1 HIPOTESIS PRINCIPAL ESTUDIO 1: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN ASCORBATO DE SODIO Y DISTINTOS TIEMPOS DE ESPERA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE BLANQUEADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 40%.

4.1.1 Hipótesis nula (H_0):

La aplicación de un agente antioxidante tras el blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 40% no afecta a la resistencia adhesiva a esmalte.

4.1.2 Hipótesis alternativa (H_1):

La aplicación de un agente antioxidante tras el blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 40% afecta a la resistencia adhesiva a esmalte.

4.1.3 Hipótesis específicas:

Hipótesis nulas (H_0):

1. La aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos sobre la superficie dental, tras el tratamiento de blanqueamiento dental y previa al procedimiento adhesivo, afecta a la resistencia adhesiva.
2. Diferir 7 días el procedimiento de adhesión, tras el tratamiento de blanqueamiento dental, afecta a la resistencia adhesiva a esmalte.
3. Diferir 15 días el procedimiento de adhesión, tras el tratamiento de blanqueamiento dental, afecta a la resistencia adhesiva a esmalte.
4. Diferir 30 días el procedimiento de adhesión, tras el tratamiento de blanqueamiento dental, afecta a la resistencia adhesiva a esmalte.

Hipótesis alternativas (H_1):

1. La aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos sobre la superficie dental, tras el tratamiento de blanqueamiento dental y previa al procedimiento adhesivo mejora la resistencia adhesiva.
2. Diferir 7 días el procedimiento de adhesión, tras el tratamiento de blanqueamiento dental, mejora los valores de adhesión a esmalte.

3. Diferir 15 días el procedimiento de adhesión, tras el tratamiento de blanqueamiento dental, mejora los valores de adhesión a esmalte.
4. Diferir 30 días el procedimiento de adhesión, tras el tratamiento de blanqueamiento dental, mejora los valores de adhesión a esmalte.

4.2 ESTUDIO 2: EFECTO DE ASCORBATO DE SODIO 10% Y ALFA-TOCOFEROL 10% EN LA ADHESIÓN A ESMALTE TRAS EL USO DE DOS DENTÍFRICOS BLANQUEADORES.

4.2.1 Hipótesis nula (H₀):

La aplicación de antioxidantes tras el uso de dentífricos blanqueadores no tiene efecto en los valores de adhesión a esmalte.

4.2.2 Hipótesis alternativa (H₁):

La aplicación de antioxidantes tras el uso de dentífricos blanqueadores afecta los valores de adhesión a esmalte.

4.2.3 Hipótesis específicas:

Hipótesis nulas (H₀):

1. La adhesión a esmalte no se ve afectada tras el uso de un dentífrico con peróxido de carbamida al 3%, tres veces al día, durante 4 semanas.
2. La adhesión a esmalte no se ve afectada tras el uso de un dentífrico blanqueador con citroxain y peróxido 0,1%, tres veces al día, durante 4 semanas.
3. La aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos, no afecta la adhesión a esmalte de dientes cepillados con pasta dentífrica blanqueadora, tres veces al día, durante 4 semanas.
4. La aplicación de alfa-tocoferol al 10% durante 10 minutos no afecta la adhesión a esmalte de dientes cepillados con pasta dentífrica blanqueadora, tres veces al día, durante 4 semanas.
5. La aplicación de una mezcla de ascorbato de sodio al 10% y alfa-tocoferol al 10%, durante 10 minutos, no afecta la adhesión a esmalte de dientes cepillados con pasta dentífrica blanqueadora, tres veces al día, durante 4 semanas.

Hipótesis alternativas (H1):

1. La adhesión a esmalte se ve afectada tras el uso de un dentífrico con peróxido de carbamida al 3%, tres veces al día, durante 4 semanas.
2. La adhesión a esmalte se ve afectada tras el uso de la pasta Rembrandt® Plus, tres veces al día, durante 4 semanas.
3. La aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos influye en la adhesión a esmalte de dientes cepillados con pasta dentífrica blanqueadora, tres veces al día, durante 4 semanas.
4. La aplicación de alfa-tocoferol al 10% durante 10 minutos influye en la adhesión a esmalte de dientes cepillados con pasta dentífrica blanqueadora, tres veces al día, durante 4 semanas.
5. La aplicación de una mezcla de ascorbato de sodio al 10% y alfa tocoferol al 10% durante 10 minutos, influye en la adhesión a esmalte de dientes cepillados con pasta dentífrica blanqueadora, tres veces al día, durante 4 semanas.

4.3 ESTUDIO 3: INFLUENCIA DE USO DE DENTÍFRICOS BLANQUEADORES DURANTE 4 SEMANAS EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE.

4.3.1 Hipótesis nula (Ho):

La adhesión a esmalte no se afecta tras el uso de distintos dentífricos blanqueadores dos veces al día durante 4 semanas.

4.3.2 Hipótesis alternativa (H1):

La adhesión a esmalte se afecta tras el uso de dentífricos blanqueadores dos veces al día durante 4 semanas.

4.3.3 Hipótesis específicas:

Hipótesis nulas (Ho):

1. La resistencia adhesiva a esmalte no varía tras el uso de dentífricos blanqueadores que contienen peróxido en su composición, tres veces al día durante 4 semanas.
2. La resistencia adhesiva a esmalte no varía tras el uso de dentífricos blanqueadores que contienen abrasivos como agentes de blanqueamiento en su composición, tres veces al día durante 4 semanas.

Hipótesis

3. La resistencia adhesiva a esmalte cepillado con dentífricos blanqueadores que contienen abrasivos en su composición es similar a la resistencia adhesiva a esmalte cepillado con dentífricos blanqueadores que contienen peróxido en su composición.
4. Las interfases adhesivas esmalte-composite de los distintos grupos no son diferentes al observarlas bajo SEM.

Hipótesis alternativas (H1):

1. La resistencia adhesiva a esmalte varía tras el uso de dentífricos blanqueadores que contienen peróxido en su composición, tres veces al día durante 4 semanas.
2. La resistencia adhesiva a esmalte varía tras el uso de dentífricos blanqueadores que contienen abrasivos como agentes de blanqueamiento en su composición, tres veces al día durante 4 semanas.
3. La resistencia adhesiva a esmalte cepillado con dentífricos blanqueadores que contienen abrasivos en su composición es inferior a la resistencia adhesiva a esmalte cepillado con dentífricos blanqueadores que contienen peróxido en su composición.
4. Las interfases adhesivas esmalte-composite de los distintos grupos son d5.

5. Material y métodos

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Para conseguir los objetivos planteados, se realizaron tres estudios que serán descritos a continuación.

5.1. ESTUDIO 1: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ASCORBATO DE SODIO Y DISTINTOS TIEMPOS DE ESPERA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE BLANQUEADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 40%.

Durante el período de enero de 2013 a abril de 2013 se llevó a cabo este estudio *in vitro*. El Comité ético de recerca de la Universitat Internacional de Catalunya aprobó el protocolo del estudio con el código PRV-ELM-2013-01. (ANEXO I)

5.1.1 Selección de la muestra

5.1.1.1 Criterios de inclusión/exclusión

Se incluyeron en el estudio premolares que habían sido extraídos en la Clínica Universitaria Odontológica de la Universitat Internacional de Catalunya, exodonciados por motivos ortodóncicos o periodontales.

Entre los criterios de inclusión, en nuestro estudio únicamente se seleccionaron dientes cuya estructura dental estaba intacta. Los dientes con fisuras, caries o lesiones en la superficie de esmalte fueron excluidos.

5.1.2 Diseño de estudio

Se seleccionaron 30 premolares humanos, extraídos por motivos ortodóncicos o periodontales, libres de caries o restauraciones. Fueron almacenados en agua destilada, cambiándose semanalmente para evitar crecimiento de microorganismos. Los dientes se cortaron 2 mm apicalmente a la unión amelo-cementaria, mediante un disco de corte bajo irrigación con agua destilada (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) para separar la corona de la raíz (14a, 14b). Cada corona se dividió posteriormente en dos secciones, vestibular y lingual, duplicando así la muestra (14c). Con el objetivo de facilitar el manejo, cada muestra se montó en un bloque de resina

acrílica autopolimerizable (Paladur; Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany) y se cargó dentro de un bloque rígido estandarizado (Ultradent, South Jordan, UT, USA) (14e, 14f, 14g), de modo que las superficies de esmalte se quedaban expuestas en los bloques sin cubrir. La superficie de esmalte se pulió y aplanó con un disco de pulir de carburo de silicio de grano 600 en una pulidora bajo irrigación con agua (14g).

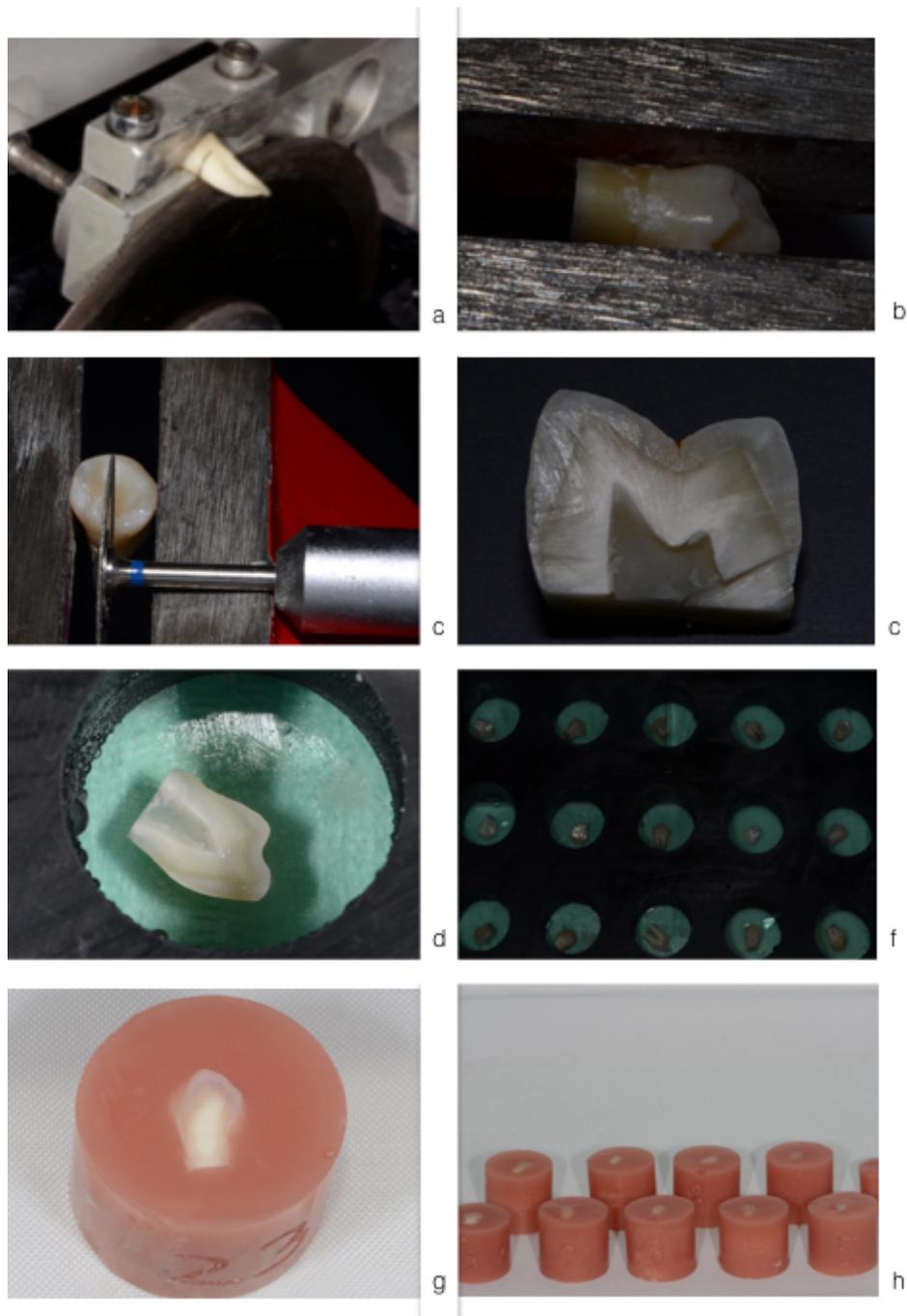


Figura 14. Preparación de muestras: 14a. Premolar colocado en soporte de Isomet, 14b. Corte de premolar 2 mm debajo de la línea amelocementaria, 14c. Sección de la corona de premolar

en sentido vestibulo-ligal, 14d. Sección de premolar, 14e y 14f. Soporte para preparar el cilindro de resina, con el esmalte apoyado en la zona externa, 14g. Muestra preparada, 14h. Grupo de muestras.

5.1.3 Grupos experimentales y grupo control

Las muestras fueron divididas experimentalmente en 6 grupos de acuerdo con: blanqueamiento (presencia de blanqueamiento o no), agente antioxidante utilizado (ascorbato de sodio) y tiempo de espera para los procedimientos adhesivos (Inmediato, 7, 15 o 30 días después) (Tabla 2).

Todas las muestras se lavaron en agua destilada durante 1 minuto después de los procedimientos blanqueadores.

Grupo		Tratamiento	N
1	NB	No blanqueamiento (control negativo)	10
2	BR0	Blanqueamiento (control positivo) + adhesión inmediata	10
3	BR7	Blanqueamiento + 7 días en saliva artificial + adhesión	10
4	BR15	Blanqueamiento + 15 días en saliva artificial + adhesión	10
5	BR30	Blanqueamiento + 30 días en saliva artificial + adhesión	10
6	BSA	Blanqueamiento + ascorbato de sodio 10% + adhesión	10

Tabla 2. Distribución de grupos en estudio 1

Las muestras de los grupos BR0, BR7, BR15, BR30 y BRSA fueron blanqueadas con 40% de Peróxido de hidrógeno (Opalescence X-tra Boost®, Ultradent, South Jordan, UT, USA), con una aplicación de 20 minutos sobre la superficie de esmalte (Fig. 15), sin activación de luz, siguiendo las indicaciones del fabricante. Después de cada aplicación las muestras se lavaron con agua destilada durante 1 minuto. Las muestras de los grupos BR7, BR15 Y BR30 fueron inmersas en saliva artificial a 37°C durante 7, 15 y 30 días respectivamente después del tratamiento de blanqueamiento.



Figura 15. Aplicación del agente de blanqueamiento

5.1.2.2 Aplicación de agente antioxidante

En el grupo BRSA, una vez finalizado el procedimiento de blanqueamiento se aplicó ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos. Tras la aplicación del agente antioxidante las muestras se lavaron con agua destilada durante 1 minuto.

5.1.4 Procedimiento adhesivo

Los grupos BR7, BR15 Y BR30 fueron inmersos en saliva artificial tras el tratamiento de blanqueamiento, durante 7, 15 y 30 días respectivamente, previamente a la realización del procedimiento adhesivo. El grupo BR0 fue sometido a tratamiento adhesivo inmediatamente tras el procedimiento de blanqueamiento, el grupo BSA fue restaurado inmediatamente tras la aplicación de ascorbato de sodio.

Todas las muestras fueron grabadas con ácido ortofósforico al 37% (Total Etch; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) durante 30 segundos, se lavaron con spray de agua y se retiraron los excesos de agua, posteriormente se procedió con la aplicación de adhesivo OptiBond FL[®] (Kerr Corporation, Orange, CA, USA) siguiendo las instrucciones del fabricante y se fotopolimerizó (Optilux 401; Demetron Kerr, Danbury, CT, USA) durante 20 segundos.

Un único incremento de composite A2 (Venus; Heraeus Holding GmbH, Hanau, Germany), de 1 mm de diámetro y 2 mm de altura se colocó perpendicular a la superficie, sobre la superficie de 1 mm² de esmalte, que se delimitó con la ayuda de un molde cilíndrico (Ultradent, South Jordan, UT, USA), asegurando de este modo que todos los composites eran del mismo grosor se fotopolimerizaron durante 40 segundos (Fig 16).



Figura 16. Muestra n° 1 tras procedimiento adhesivo

5.1.5 Test de cizalla

El test de cizalla o Shear Bond Strength (SBS) se realizó del mismo modo en los estudios 1, 2 y 3 para lo cual se utilizó una máquina universal testing (Ultratester Bond Strength Testing Machine; Ultradent, South Jordan, UT, USA) (Fig.17) para evaluar la SBS de las muestras de esmalte, que estaban sujetas en un soporte colocado en la plataforma de la máquina de SBS. Se aplicó una fuerza controlada de 1mm/minuto. El SBS de las muestras se calculó a partir del pico de carga de fractura dividido por la superficie y expresado en MPa.



Figura 17. Máquina Ultratester Bond Strength

5.1.6 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el programa de análisis estadístico Statgraphics 5.1 plus software (Startpoint Technologies, Warrenton, Virginia, USA), mediante análisis de la varianza ANOVA. Se consideró p-valor ≤ 0.05 como estadísticamente significativo.

5.2 ESTUDIO 2: EFECTO DE ASCORBATO DE SODIO 10% Y ALFA-TOCOFEROL 10% EN LA ADHESIÓN A ESMALTE TRAS EL USO DE DOS DENTÍFRICOS BLANQUEADORES.

Durante el período de abril de 2013 a junio de 2013 se llevó a cabo este estudio *in vitro*. El Comité ético de recerca de la Universitat Internacional de Catalunya aprobó el protocolo del estudio con el código PRV-ELM-2013-01. (ANEXO I)

5.2.1 Selección de la muestra

5.2.1.1 Tamaño de muestra

Los parámetros utilizados para el cálculo muestral fueron: Intervalo de confianza (IC) del 95%, 80% de potencia y una diferencia estándar de 2,5%. Para una diferencia entre 3 o más grupos entre dos grupos se necesitan 10 muestras/observaciones por grupo.

5.2.1.2 Criterios de inclusión/exclusión

Se incluyeron en el estudio premolares intactos, libres de caries o restauraciones, extraídos en la Clínica Universitaria Odontológica de la Universitat Internacional de Catalunya, por motivos ortodóncicos o periodontales.

5.2.2 Diseño de estudio

Se seleccionaron 45 premolares humanos, extraídos por motivos ortodóncicos o periodontales, libres de caries o restauraciones. Tras su extracción fueron almacenados en agua destilada, cambiándose semanalmente para evitar crecimiento de microorganismos. Los dientes se colocaron en un soporte en la máquina Isomet (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) y se cortaron 2 mm bajo la unión amelo-cementaria, mediante un disco de corte bajo irrigación con agua destilada para separar la corona de la raíz. Cada corona se dividió posteriormente en dos secciones, mesial y distal, duplicando así la muestra. Con el objetivo de facilitar el manejo, cada muestra se montó en un bloque de resina acrílica autopolimerizable (Paladur; Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany) y se cargó dentro de un bloque rígido cilíndrico, de modo que las superficies de esmalte se quedaban expuestas en los bloques sin cubrir. La superficie de esmalte se pulió y aplanó con un disco de pulir de carburo de silicio de grano 600 en una pulidora bajo irrigación con agua. La tabla 3 muestra los detalles de los fabricantes y composición de los materiales utilizados en este estudio.

5.2.3 Grupos experimentales y grupo control

Las muestras fueron inmersas en saliva artificial, y almacenadas en una incubadora a 37°C, y divididas en 9 grupos (n=10) de acuerdo con el procedimiento de blanqueamiento y aplicación de antioxidante correspondiente (Tabla 4). Las muestras, incluidas las del grupo control se cepillaron con un cepillo eléctrico, con un cabezal de cepillo eléctrico reemplazable (Oral B Triumph Professional Care; Procter & Gamble

Co., Cincinnati, OH, USA). Todas las muestras de los grupos experimentales se cepillaron con pastas blanqueadoras, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Material	Nombre comercial	Fabricante	Composición
Dentífricos blanqueadores	Rembrandt plus	Jonhson & Jonhson, New Jersey, USA	Glicerina, sílice hidratada, peróxido de urea, hidróxido de aluminio, almidón de alimentos modificado, saborizantes, citrato sódico, propilenglicol, cocamidopropil betaína, papaína, Lauril sulfato de sodio, carbómero, sacarina de sodio, calcio disódico, EDTA
	WhiteKin	Laboratorios Kin, Barcelona, Spain	Gel: Glicerina, agua, goma de celulosa, PEG-60 cartón hidrogenado, urea, peróxido de carbamida (3%), aroma, glicerina, anetol, EDTA, Trometamina Pasta: lactoperoxidasa (5%), sorbitol, sílice hidratada, cocamidopropil betaine, dióxido de titanio, aroma, xilitol, goma de xantano, fluoruro de sodio (1450 ppm), metilparabeno sódico, etilparabeno sódico, sacarina de sodio, eugenol.
Saliva Artificial	Saliva Artificial 1000ml Solución	Farmacia Xalabarder, Barcelona, España(SP)	Carboximetilcelulosa, 4.3 gr Xilitol, 0.2 gr Cloruro de potasio, 5mg cloruro de calcio, 40 mg. Fosfato de potasio, 1mg tiocianato de potasio, 1000 ml de agua destilada deionizada pH7
Antioxidantes	Ascorbato de Sodio	Farmacia Xalabarder, Barcelona(SP)	10% Ascorbato de sodio, CSP gel
	Alfa tocoferol	Farmacia Xalabarder, Barcelona(SP)	10% alfa tocoferol, CSP gel
Sistema Adhesivo	Ácido ortofosfórico	Ivoclar Vivadent. Zurich. Switzerland	37% ácido ortofosfórico, pigmentos
	Optibond FI	Kerr Corporation, Sybron Dental Specialities, California, USA	Primer: HEMA, GPDM, PAMA, agua, etanol, CQ, BHT, agua Adhesivo: Bis-GMA, CQ, HEMA, GDM, ODMAB, relleno (TS530, A174, OX-50, SP345 Na ₂ SiF ₆)
Composite	Venus A2	Heraeus Kulzer Holding GmbH, Hanau, Germany	Matriz Bis-GMA, 61% relleno (volumen): aluminio de bario, vidrio de fluoruro, Dióxido de silicio

Tabla 3. Composición de los materiales usados en el estudio 2

EDTA: Ácido etilendiaminotetracético, HEMA: Hidroxietilmetacrilato , GPDM: Fosfato de glicerol dimetacrilato, PAMA: Monometacrilato de ácido ftálico, CQ : trimetilbicio , BHT 2,6-Di-(tert-butyl)-4-methylphenol , Bis-GMA: Bisfenol A metacrilato de glicidilo, GDM: Dimetacrilato de glicerol, ODMAB 2-(Etilhexil)-4-(dimetilamino)benzoato de metilo, TS530 Dióxido de silicio, A174 gamma-Metacriloxipropiltrimetoxisilano, OX-50 Dióxido de silicio, SP 345 Aluminoborosilicato de bario, Na₂SiF₆: Hexafluorosilicato disódico.

Grupo		Pasta blanqueadora	Antioxidante	N
1	RSA	Rembrandt Plus [®]	Ascorbato de sodio 10%	10
2	RTA	Rembrandt Plus [®]	Alfa tocoferol 10%	10
3	RST	Rembrandt Plus [®]	Ascorbato de sodio 10%+ alfa tocoferol 10%	10
4	RNA	Rembrandt Plus [®]	No	10
5	WSA	WhiteKin [®]	Ascorbato de sodio 10%	10
6	WTA	WhiteKin [®]	Alfa tocoferol 10%	10
7	WST	WhiteKin [®]	Ascorbato de sodio 10 +alfa tocoferol 10%	10
8	WNA	WhiteKin [®]	No	10
9	CONTROL	No	No	10

Tabla 4. Distribución de los grupos según pasta blanqueadora y antioxidante

El cepillo eléctrico se montó en una base para asegurar que a todas las muestras se les aplicaba la misma presión. En cada muestra se aplicó la misma cantidad de dentífrico con ayuda de jeringas de insulina (Fig.18).

Las muestras de los grupos 1-4 se cepillaron con la pasta blanqueadora A (PBA) (Rembrandt[®] Plus, Johnson & Johnson, New Brunswick, NJ, USA) y las muestras de los grupos 5-8 se cepillaron con la pasta B (PBB) (WhiteKin[®] Laboratorios Kin, Barcelona, España), tres veces al día durante 4 semanas. Cada muestra se cepillaba durante 10 segundos y el dentífrico se dejaba en contacto con la superficie del diente durante 3 minutos. Las muestras del grupo control se cepillaron sin dentífrico. Tras 4 semanas de cepillado durante tres veces al día (Fig. 19), los antioxidantes se aplicaron de la siguiente manera: Ascorbato de sodio al 10% en los grupos 1 y 5, alfa- tocoferol

al 10% en los grupos 2 y 6 y ascorbato de sodio al 10%+ alfa tocoferol al 10% en los grupos 3 y 7. Los antioxidantes se dejaron actuar en la superficie dentaria durante 10 minutos y posteriormente se lavaron profusamente con agua, previamente al tratamiento adhesivo.



Figura 18. Aplicación de WhiteKin®

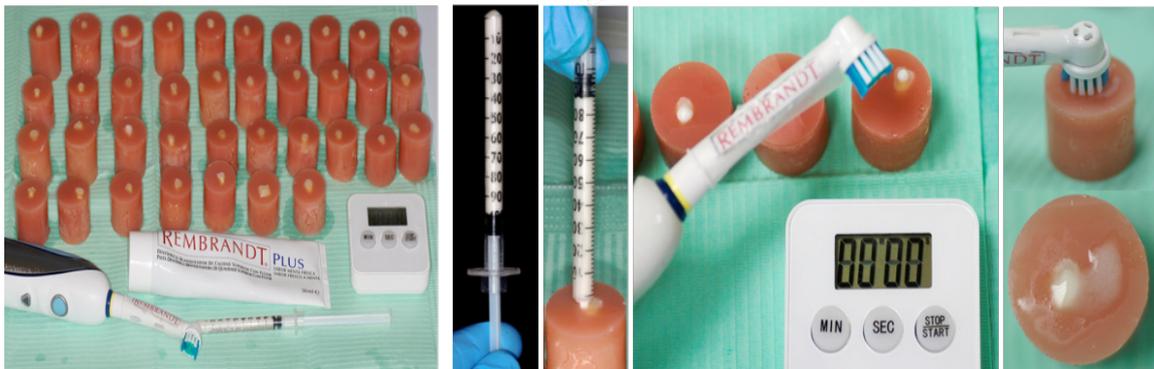


Figura 19. Procedimiento de cepillado de muestras

5.2.4 Procedimiento adhesivo

La superficie de esmalte de todas las muestras se grabó con ácido ortofósforico al 37% (Total Etch; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) durante 30 segundos, se lavó con spray de agua durante 30 segundos y se retiró el exceso de agua. El adhesivo OptiBond FL® (Kerr Corporation, Orange, CA, USA) se aplicó sobre la superficie, siguiendo las instrucciones del fabricante y se fotopolimerizó (Optilux 401; Demetron Kerr, Danbury, CT, USA) durante 20 segundos, con una intensidad de 450 mW cm².

Un único incremento de composite A2 (Venus; Heraeus Holding GmbH, Hanau, Germany), de 1 mm de diámetro y 2 mm de altura se colocó perpendicular a la superficie, con la ayuda de un molde cilíndrico (Ultradent, South Jordan, UT, USA), asegurando de este modo que todos los composites eran del mismo grosor, se fotopolimerizaron durante 40 segundos.

5.2.5 Test de cizalla

Se utilizó una máquina universal testing (Ultratester Bond Strength Testing Machine; Ultradent, South Jordan, UT, USA.) para evaluar la fuerza de cizalla de las muestras de esmalte, que estaban sujetas en un soporte colocado en la plataforma de la máquina de SBS. Se aplicó una fuerza controlada, a una velocidad de 1 mm/minuto (Fig. 20e). La fuerza de cizalla de las muestras se calculó a partir del pico de carga de fractura dividido por la superficie, y expresado en MPa.

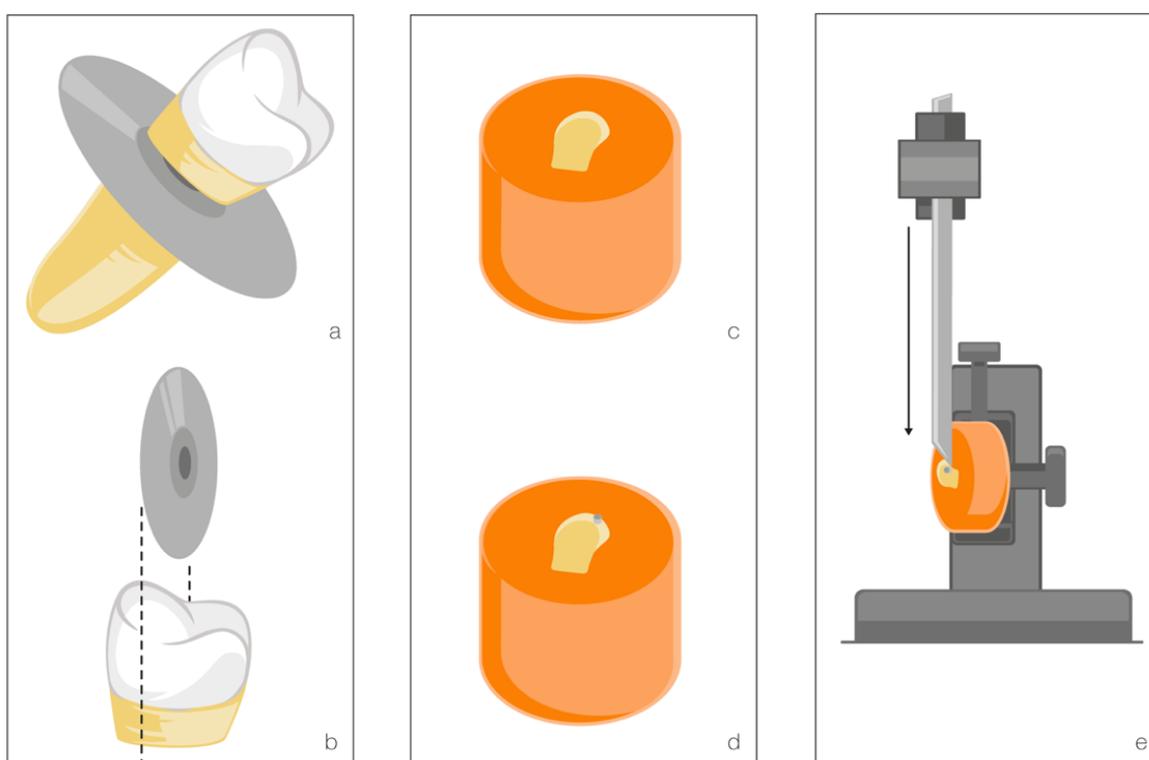


Figura 20. Esquema de procedimiento: 20a. y 20b. preparación de las muestras, 20c. muestras preparadas, 20d. bloque de resina con el esmalte de premolar en la superficie y cilindro de composite adherido, 20e. test de cizalla.

5.2.6 Análisis de modo de fractura

Tras realizar el test de cizalla, las muestras fueron analizadas bajo un estereomicroscopio con una magnificación de 20x, con el objetivo de determinar el tipo de fractura que se había producido.

Los modos de fractura se clasificaron en cohesivas (fracturas en esmalte o composite), adhesivas (fracturas en la interfase, entre el adhesivo y esmalte) y fracturas mixtas (en los casos en los que se daban fracturas adhesivas y cohesivas simultáneamente). Las fracturas adhesivas están relacionadas con un fracaso de la interfase adhesiva. En el caso de las fracturas cohesivas el valor obtenido en el test de cizalla no se relaciona con un fracaso de la interfase adhesiva.

5.2.7 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el software de análisis de datos estadístico Statgraphics 5.1 plus software (Startpoint Technologies, Warrenton, Virginia, USA), para comprobar si había diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Los métodos de análisis estadístico utilizados fueron análisis de la varianza (ANOVA) y LSD-test se consideró un $p\text{-valor} \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

5.3 ESTUDIO 3: INFLUENCIA DEL USO DE DENTÍFRICOS BLANQUEADORES DURANTE 4 SEMANAS EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE.

Durante el período de marzo de 2015 a Julio de 2015 se llevó a cabo este estudio *in vitro*. El Comité ético de recerca de la Universitat Internacional de Catalunya aprobó el protocolo del estudio con el código PRV-ELM-2013-01. (ANEXO I)

5.2.1 Selección de la muestra

5.3.1.2 Criterios de inclusión/exclusión

Se incluyeron en el estudio premolares extraídos en la Clínica Universitaria Odontológica de la Universitat Internacional de Catalunya, extraídos por motivos ortodóncicos o periodontales.

5.3.2 Diseño de estudio

Se seleccionaron 30 premolares humanos, extraídos por motivos ortodóncicos o periodontales, libres de caries o restauraciones. Fueron almacenados en agua destilada, cambiándose semanalmente para evitar crecimiento de microorganismos. Los dientes se cortaron 2 mm bajo la unión amelo-cementaria, mediante un disco de corte bajo irrigación con agua destilada (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) para separar la corona de la raíz. Cada corona se dividió posteriormente en dos secciones, mesial y distal, duplicando así la muestra. Con el objetivo de facilitar el manejo, cada muestra se montó en un bloque de resina acrílica autopolimerizable (Paladur; Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany) y se cargó dentro de un bloque rígido de estandarizado (Ultradent, South Jordan, UT, USA), de modo que las superficies de esmalte se quedaban expuestas en los bloques sin cubrir. La superficie de esmalte se pulió y aplanó con un disco de pulir de carburo de silicio de grano 600 en una pulidora bajo irrigación con agua.

5.3.3 Grupos experimentales y grupo control

Las muestras se dividieron aleatoriamente en 6 grupos (tabla 5), cada grupo con 10 muestras, de acuerdo con el dentífrico blanqueador que se iba a aplicar en cada grupo (Fig. 21), se utilizaron 5 dentífricos blanqueadores y un dentífrico control.

Una vez preparadas las muestras, cada grupo se almacenó en un recipiente con saliva artificial y se introdujo en una incubadora a 37°C, con el objetivo de que se mantuvieran hidratadas, en condiciones similares a la cavidad oral y no tuvieran contacto con restos de partículas de los dentífricos de los distintos grupos.



Figura 21. Dentífricos utilizados en el estudio

Grupo		Dentífrico blanqueador	pH	N
1	AW	Advance White Extreme whitening®	6.0	10
2	CA	Colgate Advanced Sensation White®	8.1	10
3	OB	Oral-B Pro-expert®	5.2	10
4	LB	Lacer Blanc® dentífrico + barniz	4.3	10
5	OW	Opalescence Whitening toothpaste®	5.6	10
6	CONTROL	Oral-B Pro-expert Blanqueante®	5.2	10

Tabla 5. Distribución de grupos en el estudio 3

Las muestras, incluidas las del grupo control se cepillaron con un cepillo eléctrico, con un cabezal de cepillo eléctrico reemplazable (Oral B Triumph Professional Care; Procter & Gamble Co., Cincinnati, OH, USA). Todas las muestras de los grupos experimentales se cepillaron con pastas blanqueadoras, siguiendo las instrucciones del fabricante. El pH de cada dentífrico se midió con ayuda de un phmetro, model No. pH2011⁺, Etekcity® El cepillo eléctrico se montó en una base para asegurar que a todas las muestras se les aplicaba la misma presión. En cada muestra se aplicó la misma cantidad de dentífrico con ayuda de jeringas de insulina. Se utilizó un cabezal de cepillo eléctrico y una jeringa de insulina por cada grupo, las cuales fueron marcadas para asegurar que en cada grupo siempre se utilizaba la misma. De cada grupo 9 muestras fueron sometidas al procedimiento adhesivo y una muestra de cada grupo se analizó en el SEM.

5.3.4 Procedimiento adhesivo

La superficie de esmalte de todas las muestras se grabó con ácido ortofósforico al 37% (Fig. 22a) (Total Etch; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) durante 30 segundos, se lavó con spray de agua durante 30 segundos y se retiró el exceso de agua. El adhesivo OptiBond FL® (Kerr Corporation, Orange, CA, USA) se aplicó sobre la superficie, (Fig. 22c) siguiendo las instrucciones del fabricante y se fotopolimerizó con una lámpara LED (Optilux 401; Demetron Kerr, Danbury, CT, USA) durante 20 segundos, con una intensidad de 450 mW cm².

Un único incremento de composite A2 (Venus; Heraeus Holding GmbH, Hanau, Germany), de 1 mm de diámetro y 2 mm de altura se colocó perpendicular a la

superficie, con la ayuda de un molde cilíndrico (Ultradent, South Jordan, UT, USA), asegurando de este modo que todos los composites eran del mismo grosor y estaban adheridos a esmalte (Fig. 22d), se fotopolimerizaron durante 40 segundos. La tabla 6 muestra los detalles de la composición de los dentífricos utilizados en este estudio.

Material	Marca comercial	Fabricante	Composición
Dentífrico blanqueador	Oral-B Pro-expert Blanqueante	Procter & Gamble, USA	Glicerina, sílice hidratado hexametáfosfato de sodio, propilenglicol, PEG-6, Agua, lactato de zinc, lauril sulfato de sodio, Aroma, Gluconato de sodio, sílice, polvo de Chondrus Crispus, fosfato trisódico, fluoruro estañoso, Mica, sacarina de sodio, Copernicia Cerifera Cera, goma de xantano, CI 77891, limoneno, fluoruro de sodio, CI 74260, CI 74160
Dentífrico blanqueador	Advance White Extreme whitening	Arm & Hammer, USA	Bicarbonato de sodio, PEG-8, pirofosfato tetrasódico, copolímero PEG/PPG/116/66 copolymer, carbonato de sodio, peróxido, sílice, sacarina de sodio, aromatizante, agua, sarcosinato de lauroilo sódico, lauril sulfato de sódio
Dentífrico blanqueador	Opalescence Whitening toothpaste	Ultradent	Glicerina, agua, sílice, sorbitol, Xilitol, saborizante, poloxámero, lauril sulfato de sodio, carbómero, benzoato de sodio, fluoruro sódico, hidróxido de sodio, Sucralosa, goma de xantano, CI 42090, CI 42090, CI 19140
Dentífrico blanqueador	Colgate Advanced Sensation White	Palmolive	Agua, sílice hidratado, Glicerina, sorbitol, PEG-12, trifosfato pentasódico, pirofosfato de tetrapotasio, lauril sulfato de sodio, Aroma, goma de celulosa, cocamidopropil betaína, fluoruro de sodio, sacarina de sodio, goma de xantano, hidróxido de sodio, Limoneno, CI 74160
Dentífrico blanqueador	Lacer Blanc	Lacer gel Lacer barniz	Hexametáfosfato sódico, polivinilpirrolidona, monofluorofosfato sódico, xilitol, citrato potásico, citrato de zinc, Vitamina C Peróxido de hidrógeno 1%, polivinilpirrolidona
Dentífrico Control	Oral-B Pro-expert	Procter & Gamble, USA	Glicerina, sílice hidratado, hexametáfosfato de sodio, propilenglicol, PEG-6, Agua, lactato de cinc, lauril sulfato de cinc, gluconato de sodio, polvo de Chondrus Crispus, fosfato trisódico, sacarina de sodio, goma de xantano, copernicia cerifera cera, fluoruro sódico, CI77891, CI74160, Eugenol

Tabla 6. Dentífricos utilizados en el estudio

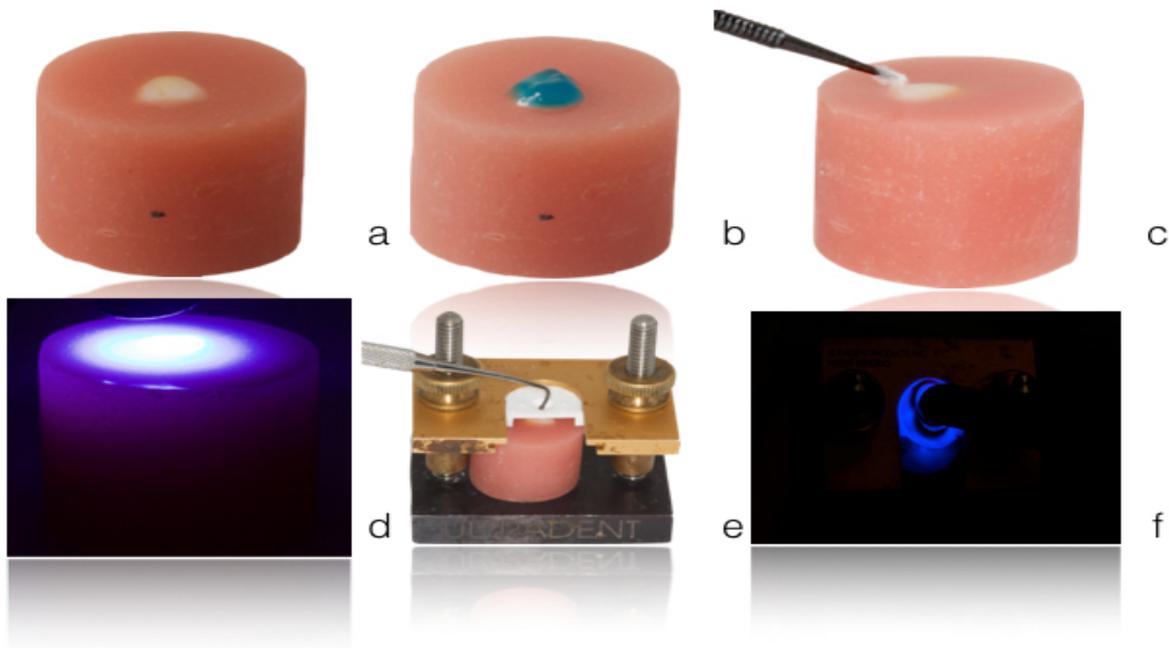


Figura 22. Procedimiento adhesivo: 22a. Muestra preparada para el procedimiento adhesivo, tras 4 semanas de tratamiento con dentífrico blanqueador, 22b. Aplicación de ácido ortofósforico al 37 % 22c. Aplicación de adhesivo OptiBond FL[®] sobre la superficie de esmalte, 22d. Aplicación de aire para evaporación del solvente, 22e. Fotopolimerización del adhesivo, 22f. Preparación de cilindro de composite con la ayuda del soporte de Ultradent.

5.3.5 Test de cizalla

El test de cizalla (Fig.23) se realizó del mismo modo que en el estudio 1, para lo cual se utilizó una máquina universal testing (Ultratester Bond Strength Testing Machine; Ultradent, South Jordan, UT, USA) para evaluar la SBS de las muestras de esmalte, que estaban sujetas en un soporte colocado en la plataforma de la máquina de SBS. Se aplicó una fuerza controlada de 1mm/minuto. El cálculo de los valores de adhesión de las muestras se obtuvo a partir del pico de carga de fractura dividido por la superficie y expresado en MPa.

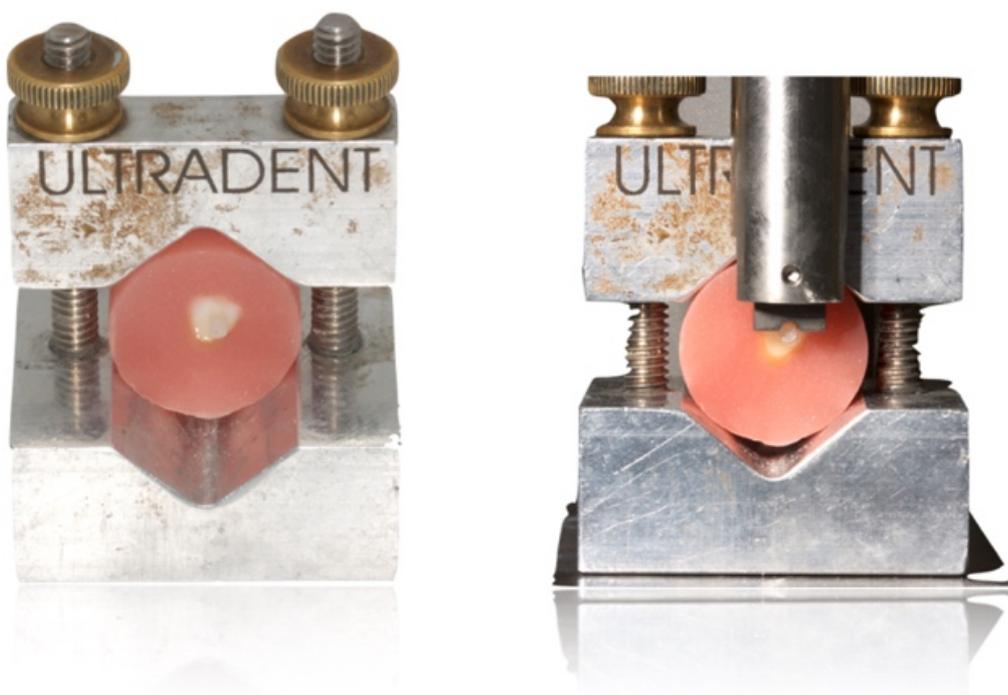


Figura 23. Test de cizalla Ultradent®

5.3.6 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el software de análisis de datos estadístico Statgraphics 5.1 plus software (Startpoint Technologies, Warrenton, Virginia, USA), para comprobar si había diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Los métodos de análisis estadístico utilizado fueron análisis de la varianza (ANOVA) y la prueba de Kruskal-Wallis, se consideró un p-valor ≤ 0.05 como estadísticamente significativo.

5.3.7 Análisis Microscopio Electrónico

Se seleccionó una muestra representativa de cada grupo y fueron visualizadas y analizadas bajo microscopio electrónico de barrido (SEM; S3400N, Hitachi, Tokyo; Japan).

Se seleccionó una muestra aleatoria de cada grupo, para analizar las interfases adhesivas se procedió a realizar el procedimiento adhesivo sobre la superficie de esmalte, que previamente había sido expuesta a dentífricos durante 4 semanas, y se

añadió un incremento de composite. Las muestras posteriormente se seccionaron verticalmente con un disco de corte (Isomet 2000; Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA) y se pulieron con un disco de carburo de tungsteno de grano 600 en una pulidora bajo irrigación con agua, de este modo obtuvimos cortes de esmalte- composite donde la interfase adhesiva estaba expuesta.

Con el objetivo de preparar las muestras para el análisis en SEM se cubre la superficie de las muestras con una capa de oro, para darle un carácter conductor. Posteriormente, se barre la superficie con electrones acelerados que viajan a través del cañón. Un detector formado por lentes basadas en electroimanes, mide la cantidad e intensidad de los electrones que devuelve la muestra, siendo capaz de mostrar figuras en tres dimensiones mediante imagen digital.

Se realizaron observaciones de cada muestra a x25, x100, x400, x500 y x2500, y se analizaron las muestras buscando diferencias entre ellas.

Se analizaron visualmente las muestras de los distintos grupos buscando diferencias en las interfases esmalte adhesivo.

6. Resultados

6. RESULTADOS

6.1 ESTUDIO 1: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN ASCORBATO DE SODIO Y DISTINTOS TIEMPOS DE ESPERA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE BLANQUEADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 40%.

6.1.1 Resultados test de cizalla

Los valores adhesión del grupo BSA y NB diferían mucho de los valores obtenidos por el grupo BR0. Se observó un incremento de los valores de adhesión en relación con el tiempo de espera tras el procedimiento de blanqueamiento. El grupo control negativo exhibía los valores más altos, seguido por el grupo BR30, entre ambos grupos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

En la tabla 7 se representan los valores medios de los grupos y se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos. (p -valor: 0.001).

Grupo		N	Tratamiento	Media (MPa) \pm SD
1	BR0	10	Blanqueamiento + Adhesión inmediata	4,95 \pm 1,77 ^A
2	BR7	10	Blanqueamiento + 7 días	19,62 \pm 1,52 ^B
3	BR15	10	Blanqueamiento + 15 días	21,56 \pm 2,77 ^{BC}
4	BR30	10	Blanqueamiento + 30 días	23,55 \pm 2,95 ^{DE}
5	BSA	10	Blanqueamiento + AS	21,63 \pm 2,83 ^{CD}
6	NB	10	No Blanqueamiento	23,65 \pm 2,3 ^E

Tabla 7. Medias de resultados SBS por cada grupo y p -valor. Diferentes letras en superíndice indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p \leq 0.05$).

El test ANOVA reveló que el grupo BR0 presentaba los valores más bajos y difería significativamente de los demás grupos ($p < 0.05$). Una comparación entre los grupos

BR7, BR15 y BR30 reveló un aumento gradual estadísticamente significativo en los valores de adhesión.

Tal y como se puede observar en la figura 24 se representan los resultados del análisis ANOVA. El grupo control mostró los valores de adhesión más altos (Media 23.65 MPa), Por otro lado, un aumento gradual de resistencia adhesiva representado por los grupos BR7, (Media 19.62 MPa), BR15 (Media 21.56 MPa) y BSA.

El valor más bajo, acorde con los resultados de otros estudios fue el del grupo BR0 (blanqueamiento+adhesión inmediata) (media 4.95).

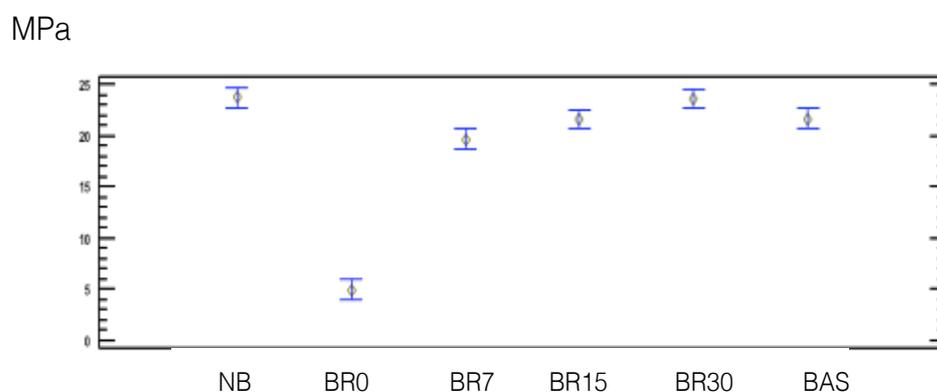


Figura 24. Resultados test de cizalla en cada grupo de estudio (MPa)

Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Limits
NB – BR0	*	18,7	1,972
NB – BR7	*	4,03	1,972
NB – BR15	*	2,09	1,972
NB – BR30		0,1	1,972
NB – BSA	*	2,02	1,972
BR0 – BR7	*	-14,67	1,972
BR0 – BR15	*	-16,61	1,972
BR0 – BR30	*	-18,6	1,972
BR0 – BSA	*	-16,68	1,972
BR7 – BR15		-1,94	1,972
BR7 – BR30	*	-3,93	1,972
BR7 – BSA	*	-2,01	1,972
BR15 – BR30	*	-1,99	1,972
BR15 – BSA		-0,07	1,972
BR30 – BSA		1,92	1,972

Tabla 8. Comparación de resultados entre grupos estudio 1

Se realizó una comparación estadística de resultados entre grupos (tabla 8). La mayor diferencia fue la observada entre los grupos BR0-BR30 (18.6 ± 1.972), seguidos de BR0-BSA (16.68 ± 1.972) y la menor diferencia encontrada fue entre los grupos BR15-BSA (0.07 ± 1.972), seguido de NB-BR30 (0.1 ± 1.972), seguido por el grupo BR30 (Media 23.55 MPa). Los resultados de estos últimos dos grupos no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

El grupo BSA no obtuvo diferencias estadísticamente significativas con BR15, ni BR30 ($p < 0.05$), la diferencias observada fue BSA-BR30 ($1,92 \pm 1.972$) y entre BSA-BR15 ($0,07 \pm 1.972$). Sin embargo, sí se obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) entre BSA y NB ($2,02 \pm 1.972$), siendo los valores BR30 y NB muy próximos.

6.2 ESTUDIO 2: EFECTO DE ASCORBATO DE SODIO 10% Y ALFA-TOCOFEROL 10% EN LA ADHESIÓN A ESMALTE TRAS EL USO DE DOS DENTÍFRICOS BLANQUEADORES.

Los resultados del test de cizalla expresados en MPa (media \pm desviación estándar) se muestran en la tabla 9. El análisis estadístico ANOVA reveló diferencias entre los grupos 5 y 9 ($p < 0.05$).

6.2.1 Valores de cizalla según dentífrico blanqueador

Al realizar el test ANOVA comparando los valores de los grupos en los que no se había aplicado antioxidante, únicamente dentífrico blanqueador, se obtuvo $p > 0.05$, con lo que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 grupos.

Las muestras cepilladas con WhiteKin® sin posterior aplicación de antioxidante (grupo 8) mostraron valores de adhesión menores que el grupo control (grupo 9), siendo la diferencia estadísticamente significativa $p < 0.05$, sin embargo, las muestras cepilladas con Rembrandt® Plus sin aplicación de antioxidante (grupo 4) no mostraron diferencias con el grupo control.

Las muestras cepilladas con WhiteKin® tenían valores de fuerzas de adhesión con una tendencia a ser menores que las muestras cepilladas con Rembrandt® Plus y estos últimos tenían valores muy similares al grupo control (Fig. 26).

6.2.2 Valores de cizalla según el tratamiento antioxidante

Rembrandt Plus

No había diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los grupos cepillados con Rembrandt® Plus, independientemente del uso de antioxidantes, incluso los grupos de Rembrandt® Plus en los que se aplicaron antioxidantes mostraban valores de adhesión menores que el grupo en el que no se aplicó antioxidante (grupo 4).

WhiteKin

Los valores de adhesión de todos los grupos cepillados con WhiteKin® con la aplicación de distintos antioxidantes analizados mediante ANOVA no exhibían diferencias estadísticamente significativas, aunque el p -valor era muy próximo a 0.05, con lo que se aplicó el LSD-test, con el objetivo de buscar si había realmente diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, se obtuvo ($p > 0.05$). Solo el grupo cepillado con WhiteKin® y tratado con ascorbato de sodio (grupo 6) exhibió valores estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) a los obtenidos sin utilizar antioxidante (grupo 5).

Grupo		Tratamiento	Media (MPa) \pm SD
1	RSA	Rembrandt Plus + AS	37,54 \pm 11,14 ^B
2	RTA	Rembrandt Plus + AT	31,60 \pm 9,36 ^{AB}
3	RST	Rembrandt Plus + AS + AT	33,93 \pm 11,55 ^{AB}
4	RNA	Rembrandt plus + no antioxidante	39,09 \pm 15,27 ^B
5	WSA	Whitekin + AS	39,46 \pm 10,57 ^B
6	WTA	Whitekin + AT	34,54 \pm 8,76 ^{AB}
7	WST	Whitekin + AS + AT	32,71 \pm 8,42 ^{AB}
8	WNA	Whitekin + no antioxidante	25,87 \pm 9,49 ^A
9	CONTROL	Control (no dentífrico blanqueador)	38.91 \pm 10.74 ^B

Tabla 9. Fuerzas de adhesión (media y desviación estándar) en los grupos control y experimentales. Diferentes letras en superíndice indican diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($p \leq 0.05$).

Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
1 – 2		5,94	9,91055
1 – 3		3,61	9,91055
1 – 4		-1,55	9,91055
1 – 5		-1,92	9,91055
1 – 6		3,0	9,91055
1 – 7		4,83	9,91055
1 – 8	*	11,67	9,91055
1 – 9		-1,37	9,91055
2 – 3		-2,33	9,91055
2 – 4		-7,49	9,91055
2 – 5		-7,86	9,91055
2 – 6		-2,94	9,91055
2 – 7		-1,11	9,91055
2 – 8		5,73	9,91055
2 – 9		-7,31	9,91055
3 – 4		-5,16	9,91055
3 – 5		-5,53	9,91055
3 – 6		-0,61	9,91055
3 – 7		1,22	9,91055
3 – 8		8,06	9,91055
3 – 9		-4,98	9,91055
4 – 5		-0,37	9,91055
4 – 6		4,55	9,91055
4 – 7		6,38	9,91055
4 – 8	*	13,22	9,91055
4 – 9		0,18	9,91055
5 – 6		4,92	9,91055
5 – 7		6,75	9,91055
5 – 8	*	13,59	9,91055
5 – 9		0,55	9,91055
6 – 7		1,83	9,91055
6 – 8		8,67	9,91055
6 – 9		-4,37	9,91055
7 – 8		6,84	9,91055
7 – 9		-6,2	9,91055
8 – 9	*	-13,04	9,91055

Tabla 10. Comparación de resultados entre grupos estudio 2

En el análisis estadístico se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el grupo 8 (WNA) con los grupos 4, 5 y 9 (RNA, WSA y CONTROL).

Se realizó una comparación estadística de resultados entre grupos (tabla10). La mayor diferencia observada entre grupos fue entre los grupos 5 y 8, es decir, entre el grupo WSA Y WNA. El grupo WNA obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con los grupos WSA, RNA Y CONTROL. Estos resultados nos indican que con WhiteKin® los valores de adhesión disminuyen, y la aplicación de ascorbato de sodio al 10% restablece los valores de adhesión.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1183,44	2	591,72	5,04	0,0138
Intra grupos	3170,45	27	117,424		
Total (Corr.)	4353,89	29			

Tabla 11. Tabla estadística estudio 2

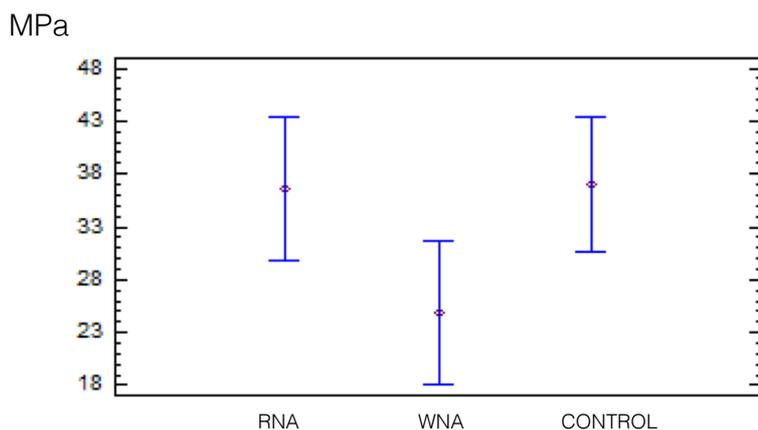


Figura 25. Valores de cizalla (MPa) obtenidos en grupos 1, 5 y 9 (cepillados con pastas blanqueadoras sin antioxidante y control).

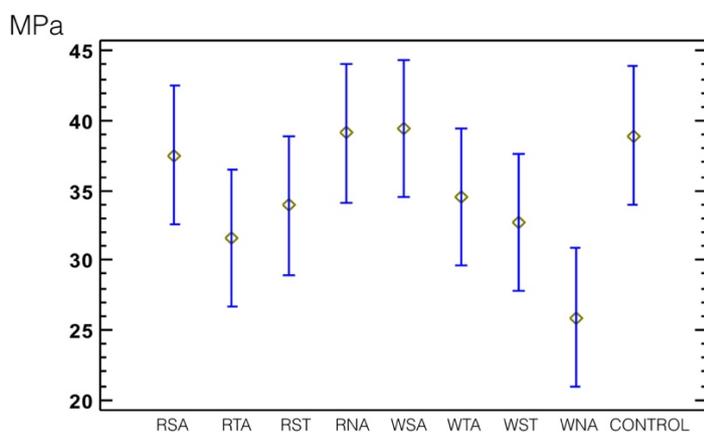


Figura 26. Valores de cizalla (MPa) obtenidos por cada grupo de estudio

En la figura 27, se muestra el gráfico de interacción, donde se observa como las muestras obtenían valores similares con uno u otro dentífrico cuando eran sometidas a un tratamiento con antioxidante tanto con Rembrandt Plus® como con WhiteKin®, en cambio cuando no se realizaba aplicación de antioxidante previamente al tratamiento adhesivo (grupos 4 y 8) los valores eran diferentes ($p < 0.05$), en el caso de WhiteKin® disminuían los valores de cizalla y en el grupo de Rembrandt los valores de cizalla aumentaban a no usar antioxidante.

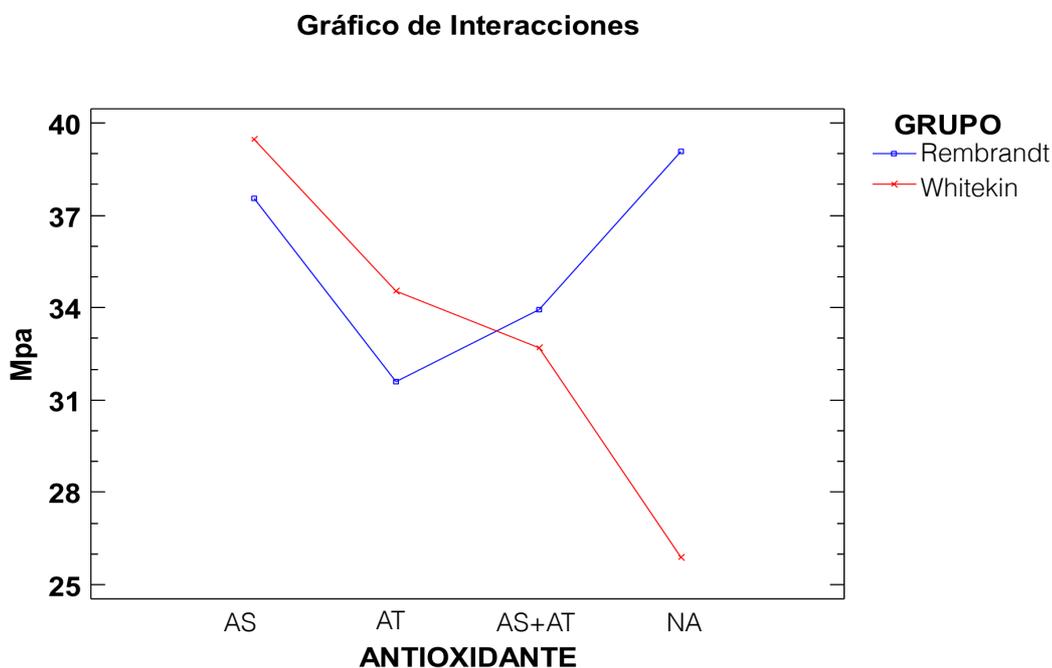


Figura 27. Gráfico de interacciones entre el dentífrico y antioxidante aplicado. Grupo 1 Rembrandt Plus, Grupo 2 WhiteKin. AS: ascorbato de sodio, AT: alfa-tocoferol, AS+AT: ascorbato de sodio+alfa tocoferol, NA: no antioxidante.

6.2.3 Resultados según tipo de fractura

El modo predominante de fractura entre todos los grupos fue fractura adhesiva entre esmalte y adhesivo. Sin embargo, las muestras de los grupos cepillados con WhiteKin® mostraron un mayor porcentaje de fracturas cohesivas, comparado con los otros grupos (tabla 12). En los grupos de muestras cepillados con Rembrandt Plus® el porcentaje de fracturas adhesivas fue mayor.

Grupo	Tratamiento	Adhesiva	Cohesiva
1	Rembrandt Plus + AS	7	3
2	Rembrandt Plus + AT	7	3
3	Rembrandt Plus + AS + AT	9	1
4	Rembrandt plus + no antioxidante	7	3
5	WhiteKin + AS	6	4
6	WhiteKin+ AT	8	2
7	WhiteKin + AS + AT	5	5
8	WhiteKin + no antioxidante	6	4
9	Control (no dentífrico blanqueador)	8	2

Tabla 12. Distribución de fracturas adhesivas y cohesivas en los distintos grupos

6.3 ESTUDIO 3: INFLUENCIA DEL USO DE DENTÍFRICOS BLANQUEADORES DURANTE 4 SEMANAS EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE.

Los resultados del test de cizalla, expresados en MPa se muestran en la tabla 13.

6.3.1 Resultados test de cizalla según dentífrico utilizado

Los datos obtenidos con el test de cizalla fueron sometidos a ANOVA simple, obteniéndose que no había diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los grupos de estudio ($p > 0.05$), aunque sí se observó una tendencia a obtener mayores valores de adhesión para el grupo control y menores valores en los grupos 4 y 5.

Grupo	Tratamiento	Media (MPa) \pm SD
1	Advance White Extreme Whitening	32,48 \pm 5,95 ^{AB}
2	Colgate Advance Sensitive White	30,96 \pm 10,60 ^{AB}
3	Oral B pro- Expert	36,71 \pm 8,14 ^B
4	Lacer Blanc Pasta + Pincel	28,61 \pm 9,07 ^A
5	Opalescence Whitening toothpaste	27,88 \pm 9,75 ^A
6	Oral B pro- Expert blanqueante	30,87 \pm 9,54 ^{AB}

Tabla 13. Fuerzas de adhesión (media y desviación estándar) en los grupos control y experimentales

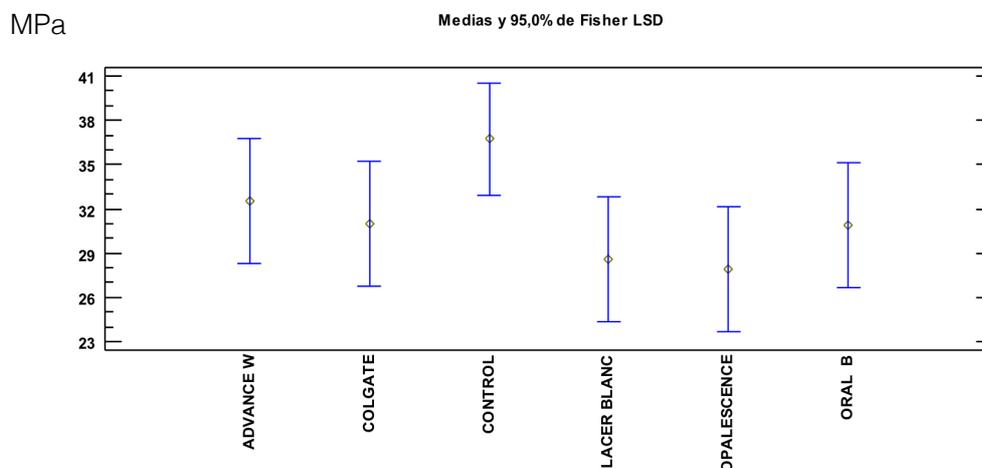


Figura 28. Resultados test de cizalla por grupo de estudio (MPa)

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
ADVANCE W – COLGATE		1,52222	8,4603
ADVANCE W – CONTROL		-4,22929	8,06658
ADVANCE W - LACER BLANC		3,87778	8,4603
ADVANCE W – OPALESCENCE		4,61111	8,4603
ADVANCE W - ORAL B		1,62222	8,4603
COLGATE – CONTROL		-5,75152	8,06658
COLGATE - LACER BLANC		2,35556	8,4603
COLGATE – OPALESCENCE		3,08889	8,4603
COLGATE - ORAL B		0,1	8,4603
CONTROL - LACER BLANC	*	8,10707	8,06658
CONTROL – OPALESCENCE	*	8,8404	8,06658
CONTROL - ORAL B		5,85152	8,06658
LACER BLANC – OPALESCENCE		0,733333	8,4603
LACER BLANC - ORAL B		-2,25556	8,4603
OPALESCENCE - ORAL B		-2,98889	8,4603

* indica una diferencia significativa.

Tabla 14. Comparación de resultados entre grupos estudio 2

<i>PASTA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
OPALESCENCE	9	27,8778	X
LACER BLANC	9	28,6111	X
ORAL B	9	30,8667	XX
COLGATE	9	30,9667	XX
ADVANCE W	9	32,4889	XX
CONTROL	9	36,7182	X

Tabla 15. *Tabla estadística estudio 3*

6.3.2 Resultados según imágenes SEM

Las muestras analizadas bajo SEM se analizaron bajo 25, 100, 500 y 2.500 aumentos respectivamente.

El grosor de la capa de adhesivo obtenido en la muestra que había sido blanqueada con el dentífrico colgate fue mayor que el obtenido en las muestras que habían sido sometidas a otros dentífricos blanqueadores.

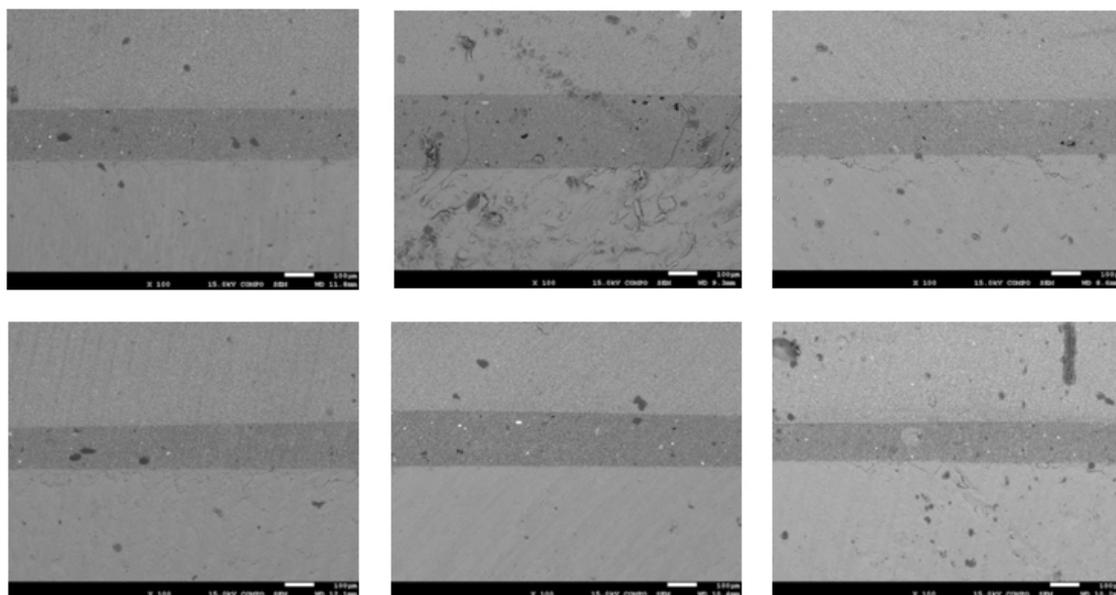


Figura 29. *Imágenes SEM 100x: 1. Advance White, 2. Colgate, 3. Control, 4. Lacer Blanc, 5. Opalescence, 6. Oral B Blanqueador.*

En cuanto a la penetración del adhesivo en la superficie del esmalte en el grupo de colgate el adhesivo penetró menos en la superficie de esmalte, resultando menos superficie de unión entre adhesivo y sustrato dental. El patrón de la interfase de adhesivo en el grupo de Colgate® al observar las muestras a 2.500x se ve diferente al

resto de grupos, con menos imbricación entre esmalte y adhesivo, menos penetración de la resina en la superficie de esmalte. Al observar las muestras a 100x se observa que la capa de adhesivo de la muestra de Colgate® tiene mayor grosor que el resto de grupos.

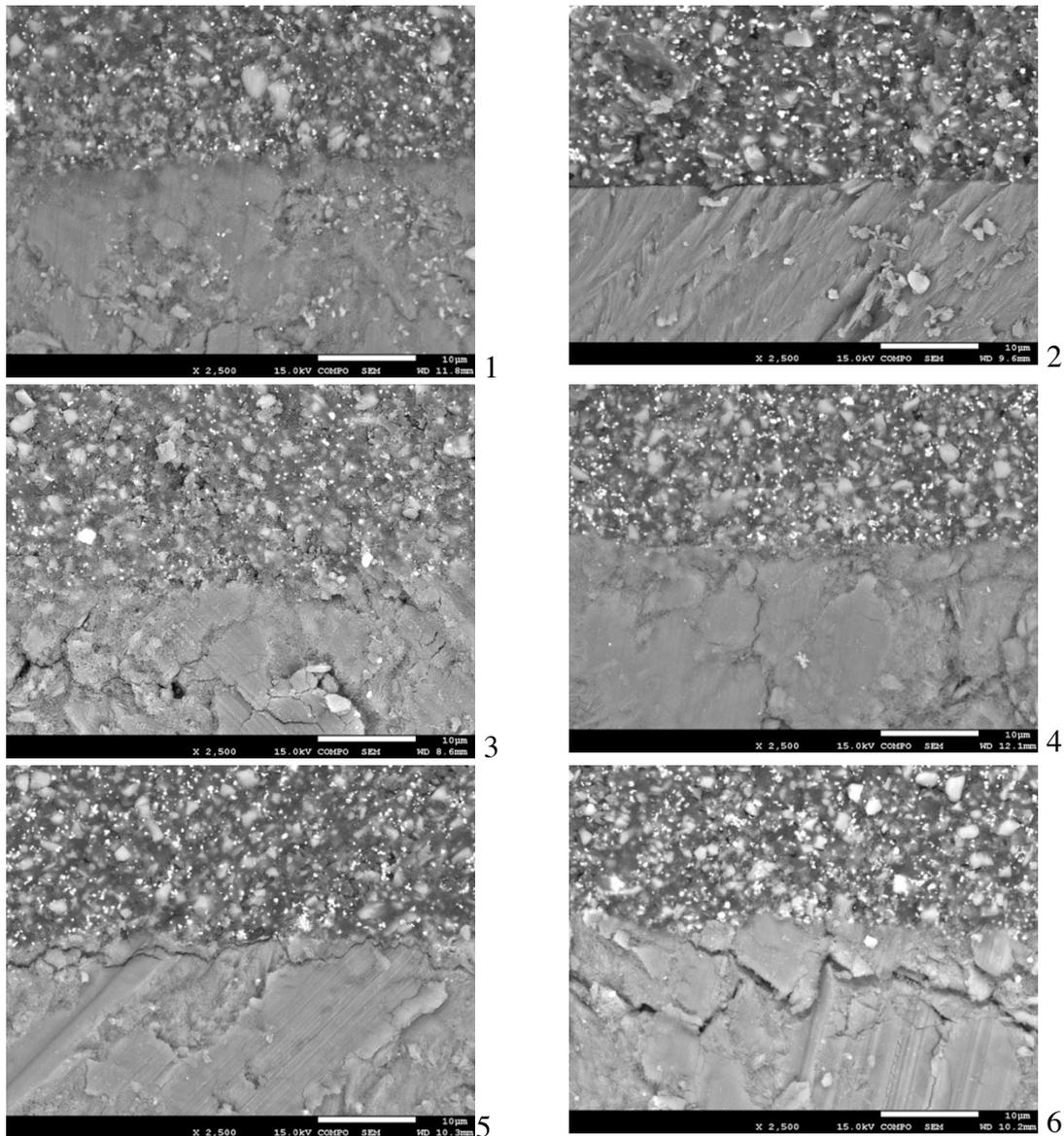


Figura 30. Imágenes SEM 2500x: 1. Advance White, 2. Colgate 3. Control, 4. Lacer Blanc, 5. Opalescence, 6. Oral B.

En cuanto a la concentración de oxígeno no se encontraron diferencias entre los grupos experimentales, ni entre los grupos experimentales y el control.

7. Discusión

7. DISCUSIÓN

Los tratamientos de estética dental cada vez son más demandados por parte de los pacientes, el blanqueamiento dental es el tratamiento estético más conservador, pero en muchas ocasiones se combina con otros tratamientos, como podría ser restauraciones directas estéticas, o carillas cerámicas. Todos los anteriores son tratamientos adhesivos sobre la superficie dental, con lo cual obtener valores de adhesión óptimos es de vital importancia. Tras un tratamiento de blanqueamiento dental algunas restauraciones hay que reemplazarlas, con el objetivo de igualar el color de estas restauraciones al color conseguido tras el tratamiento (100).

Entre las distintas técnicas de blanqueamiento disponibles, en muchas ocasiones se combina el tratamiento de blanqueamiento dental en clínica con el posterior uso de un dentífrico blanqueador, e incluso a veces los pacientes debido a la motivación por querer obtener un color dental más claro utilizan por cuenta propia un dentífrico blanqueador, ya que son productos accesibles al público en el mercado.

El blanqueamiento dental se basa fundamentalmente en la liberación de oxígeno y radicales libres, que penetrarán el esmalte y los túbulos dentinarios. El oxígeno inhibe la adhesión y la polimerización sobre la superficie de esmalte, comprometiendo la adhesión (15, 140). Las moléculas de oxígeno se pueden eliminar a través de la microcirculación pulpar o por difusión a la superficie del diente. Estas moléculas son químicamente reactivas y deterioran pigmentos dentales, pero también reaccionan con monómeros en los materiales de restauración dentales, inhibiendo la polimerización, creando polímeros con propiedades mecánicas más débiles (141).

La disminución en las fuerzas de adhesión posterior al blanqueamiento dental puede estar relacionada con alteraciones en la estructura de esmalte y aumento de porosidad que se manifiesta por pérdida de estructura prismática y apariencia de la estructura de esmalte sobregabada (142). Otros factores asociados con la disminución de las fuerzas de adhesión son la pérdida de calcio, disminución de la microdureza y alteraciones de la sustancia orgánica (98, 100, 143). Distintos autores

(144-146) recomiendan el uso de agentes remineralizantes con alto contenido en flúor para compensar los efectos de los agentes de blanqueamiento.

En el momento del inicio de esta tesis encontramos evidencia en la literatura de que las fuerzas de adhesión sobre la superficie dental se ven afectadas si el procedimiento adhesivo se realiza tras la aplicación de peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida a altas concentraciones sobre el diente, es decir, tras la realización de un tratamiento de blanqueamiento dental profesional, pero no encontramos ningún estudio sobre la influencia de los dentífricos blanqueadores sobre la posterior adhesión a la superficie dental.

En nuestro primer estudio nuestro objetivo fue estudiar como afectaba el blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 40% en las fuerzas adhesivas sobre la superficie dental, realizando adhesión inmediata, y comparando como influían distintos tiempos de espera de 7, 15 y 30 días respectivamente en las fuerzas de adhesión, así como la aplicación de ascorbato de sodio.

Las muestras estuvieron sumergidas en saliva artificial durante el proceso del estudio, en una incubadora a 37°C para simular las condiciones de la cavidad oral. La saliva artificial tiene una composición electrolítica muy similar a la saliva natural, según Pinto CF y cols. (147) el blanqueamiento dental altera la superficie del esmalte, la microdureza y aumenta la rugosidad, pero la saliva favorece la remineralización de la superficie del esmalte, por ello que las muestras fueron sumergidas en saliva artificial. La saliva natural está saturada de iones calcio y fosfato, una supersaturación de estos iones promueve las condiciones necesarias para la remineralización y protege los dientes de los agentes desmineralizantes (148).

Heshmat y cols. (149) estudiaron la capacidad de la saliva y de agentes remineralizantes que contenían flúor de revertir el efecto de peróxido de hidrógeno al 35% en la microdureza del esmalte. Observaron que tras la aplicación de peróxido de hidrógeno al 35% la microdureza del esmalte disminuye, dividieron las muestras en 3 grupos, el primero estuvo expuesto a saliva natural durante 15 días, al segundo se le aplicaba diariamente una pasta con hidroxiapatita (Remin Pro[®]) y al tercero una pasta con fosfato de caseína, flúor de fosfato de calcio amorfo (CPP-ACPF) (MI Paste plus[®]), en los tres grupos se restableció la microdureza, con resultados similares en los tres grupos.

En nuestro trabajo se decidió utilizar dientes humanos para comparar la adhesión, lo que nos dificultó obtener un gran número de muestras, ya que únicamente incluíamos en nuestro estudio dientes libres de caries u obturaciones, por ello se incluyeron premolares, extraídos en la mayoría de casos por motivos ortodóncicos. Nos planteamos el uso de dientes bovinos, pero según una publicación de Travis y cols. (150), hay diferencias en porosidad y densidad entre el esmalte humano y bovino. Si la presencia de moléculas de peróxido en el espacio interprismático sería la causa de que exista una disminución en las fuerzas de adhesión, el efecto en esmalte bovino sería diferente debido a diferencias estructurales y de tamaño de los espacios interprismáticos (150).

El sistema adhesivo utilizado fue un adhesivo de tres pasos de grabado y lavado, Optibond FL[®] (Kerr, Orange; CA, USA), ya que según la literatura es considerado el sistema adhesivo 'gold-standard', Degrange y cols. (142, 150) publicaron un trabajo muy extenso conocido como 'la guerra de los adhesivos' donde se recogieron los datos de valores de adhesión más de 16.000 muestras, los mejores resultados fueron obtenidos para Optibond FL[®]. Abraham y cols, Khoroushi y Aghelinejad, Ozo y cols, Y Yoon y cols. (109, 116, 151, 152) afirman que el sistema adhesivo utilizado puede afectar las fuerzas de adhesión entre composite y la superficie dental blanqueada. Khoroushi y Aghelinejad (109) realizaron un estudio en el cual compararon como se afectaba la resistencia adhesiva tras realizar un tratamiento de blanqueamiento dental, compararon 3 sistemas adhesivos Optibond FL[®] (adhesivo de 3 pasos de grabado y lavado), Optibond Solo Plus[®] (dos pasos, grabado y lavado) y Optibond all-in-one[®] (adhesivo autograbante de 1 paso), concluyeron que los valores de adhesión más altos fueron obtenidos por los grupos en los cuales se estaba usando el sistema adhesivo de 3 pasos, Optibond FL[®], siendo éste el menos afectado por el tratamiento de blanqueamiento.

La prueba de adhesión utilizada en nuestros estudios fue el test de cizalla, se ha visto que es la técnica más utilizada en medición de valores de adhesión. En una revisión de la literatura realizada por Van Meerbeek y cols. (137) se vio que el test de cizalla era el método de adhesión utilizado en el 26% de los artículos científicos publicados.

Algunos estudios han concluido que los antioxidantes como ascorbato de sodio o

alfa tocoferol pueden reducir la presencia de oxígeno tras el tratamiento de blanqueamiento, recuperando los valores de adhesión originales. Kimyai y cols. (24) compararon la capacidad de ascorbato de sodio a concentraciones de 10% y 20%, concluyeron que el uso de una solución de ascorbato de sodio al 10% o 20 % no implicaba diferencias significativas.

Tras la revisión de la literatura el antioxidante con el que han obtenido mejores resultados para revertir la disminución de los valores de adhesión tras el blanqueamiento dental ha sido ascorbato de sodio, por ello lo incluimos en nuestro estudio (25, 26, 106, 107).

Miranda y cols. (114) concluyeron que las fuerzas de adhesión a esmalte se reducen debido al tratamiento de blanqueamiento dental y que la aplicación de ascorbato de sodio al 10% previa al procedimiento adhesivo restablece los valores de adhesión. En uno de los grupos dejaban las muestras inmersas en saliva artificial durante 7 días, como resultado se restablecían los valores de adhesión a niveles similares al grupo control y al grupo en el que se aplicó antioxidante. En otro grupo se mantenían las muestras inmersas en saliva artificial durante 14 días los resultados de los valores de las fuerzas de adhesión fueron mayores a los del grupo en el que habían aplicado ascorbato de sodio, con una diferencia estadísticamente significativa.

Arumugam y cols. (118) compararon la eficacia para neutralizar la disminución de fuerzas adhesivas tras el tratamiento de blanqueamiento de proantocianidinas, licopeno y ascorbato de sodio. Ascorbato de sodio demostró ser el más efectivo de los tres antioxidantes. Yadav y cols. (117) compararon el efecto neutralizador de ascorbato de sodio al 10%, acetato de tocoferol 10% y acetato de retinol 10% en la resistencia adhesiva a esmalte tras tratamiento de blanqueamiento, concluyendo que el tratamiento de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35 % disminuía la resistencia adhesiva significativamente y que cualquiera de estos antioxidantes revertía el efecto.

Según nuestros resultados del primer estudio, en el grupo en el cual se realizó adhesión inmediata sobre la superficie de esmalte tras la aplicación de peróxido de hidrógeno al 40%, las fuerzas de adhesión disminuyeron, con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). En el grupo BR7, en el cual las muestras estuvieron sumergidas 7 días en saliva artificial tras la aplicación del gel de

blanqueamiento, previamente al procedimiento adhesivo, aumentaron los resultados de los valores de fuerzas de adhesión a esmalte con respecto al grupo BR0, en el cual se realizó blanqueamiento y adhesión inmediata ($p < 0.05$), pero los valores de adhesión en el grupo BR7 fueron inferiores, con una diferencia estadísticamente significativa con respecto al grupo control negativo, NB, en el cual no se realizó blanqueamiento. Estos resultados contrastan con los de Bulut y cols. (23), cuyo estudio explicamos más adelante y concluían que tras 7 días de inmersión en saliva artificial tras el blanqueamiento los valores de adhesión se restablecían. Los valores del grupo BR7 fueron similares a los obtenidos en los grupos BR15, en el cual las muestras estuvieron 15 días sumergidas en saliva artificial. Los valores de estos dos grupos (BR7, BR15) aumentaron, pero no lo suficiente como para poder afirmar que revertía el efecto de peróxido de hidrógeno. Los mayores valores en las fuerzas de adhesión fueron obtenidos por los grupos BR30, en el cual las muestras estuvieron 30 días sumergidas en saliva artificial, y NB, el grupo control negativo ($p > 0.05$). El grupo BSA obtuvo valores inferiores al grupo control, con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), en cambio este valor del grupo BSA no tenía diferencias estadísticamente significativas con respecto a BR15, ni BR30 ($p > 0.05$). El grupo BR30 fue el único en el cual los valores de adhesión se restablecieron a unos valores similares al grupo control, en el cual no se realizó blanqueamiento dental. Según nuestros resultados, la aplicación de ascorbato de sodio al 10 % durante 10 minutos o la espera de 7 o 15 días tras el tratamiento de blanqueamiento dental, previamente a los procedimientos adhesivos no restablece los valores de adhesión, aunque en términos absolutos los valores eran próximos y se obtenían valores de adhesión clínicamente aceptables. Bulut y cols. (23), realizaron un estudio en el cual concluyeron que tras la aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos, se restablecían las fuerzas de adhesión, que habían disminuido tras el tratamiento de blanqueamiento. En el mismo estudio también concluyeron que tras mantener las muestras blanqueadas en saliva artificial durante 7 días en saliva artificial, se restablecen la disminución de fuerzas adhesivas, obtenían valores de adhesión similares al grupo control, en el cual no se realizó blanqueamiento. Sus resultados difieren de los nuestros, se podría explicar porque ellos usaron peróxido de carbamida al 10% mientras que nosotros en nuestro estudio usamos peróxido de hidrógeno al 40%.

Da Silva y cols. (16) realizaron un estudio similar en el que utilizaron terceros molares, dividieron las muestras en seis grupos, un grupo control, en el cual no se realizó blanqueamiento y los otros 5 grupos se blanquearon con peróxido de hidrógeno al 38% y los dividieron según el posterior procedimiento, en el grupo 2 se realizó un tratamiento de adhesión inmediata tras el tratamiento con peróxido de hidrógeno, en el grupo 3 se mantuvieron las muestras en saliva artificial durante 7 días y posteriormente se realizó el procedimiento adhesivo, y en los otros tres tras la aplicación del agente blanqueador fueron inmersos en antioxidantes de la siguiente manera, el grupo 4 fue inmerso en ascorbato de sodio al 10%, en grupo 5 en cloruro de malvidina 10% y el grupo 6 en cloruro de pelargonidina 10% en todos los casos durante 10 minutos. Según sus resultados 7 días no eran suficientes para que revertiera el efecto de blanqueamiento y ascorbato de sodio era el único antioxidante efectivo en revertir el efecto del agente de blanqueamiento en la adhesión. En nuestro estudio, ascorbato de sodio aumento los valores de adhesión, pero no lo suficiente como para revertir el efecto, podría ser debido a que en este estudio lo aplicaron en forma de solución y la muestra estuvo durante 10 minutos inmersa en el mismo, nosotros lo aplicamos en forma de gel, porque lo vemos más aplicable a la situación clínica.

Kaya y cols. (25) evaluaron la influencia del efecto de distintos tiempos de aplicación gel de ascorbato de sodio al 10% (10, 60, 120, 240 y 480 minutos) en dientes bovinos previamente blanqueados, mediante peróxido de carbamida al 10% durante 8 horas, 7 días y compararon la capacidad de ascorbato de sodio al 10% de revertir el efecto, concluyendo que tiempos más largos de aplicación mejoraba la resistencia adhesiva (25), según este estudio reportaron mayor efectividad tras la aplicación de ascorbato de sodio durante 60 minutos. Sin embargo, estudios previos realizados por los mismos autores (15, 23) obtuvieron como resultado que la aplicación de ascorbato de sodio al 10%, durante 10 minutos era suficiente para revertir el efecto en la adhesión. La explicación podría ser debido a que en el último estudio se utilizó ascorbato de sodio en gel, debido a que ascorbato de sodio en solución tiene una eficacia rápida y solo se puede aplicar en cortos períodos de tiempo, para permitir mayor tiempo de aplicación.

Kimyai y cols. (31), Turkun y cols. (26), Arumugam y cols. (91), Subramonian y cols. (28, 118), Thapa y cols. (111) y Bulut y cols. (15) observaron que una aplicación

de 10 minutos de ascorbato de sodio al 10% revertía eficazmente la disminución de las fuerzas de adhesión. Por ello es que consideramos utilizar ascorbato de sodio en una concentración del 10%, para valorar la capacidad que tenía de revertir la disminución en los valores de adhesión ocasionados por el procedimiento de blanqueamiento dental, debido a todas las referencias anteriores.

Sasaki y cols. (32) en su estudio compararon la capacidad de revertir el efecto del blanqueamiento con peróxido de carbamida al 10%, aplicado dos horas diarias durante 14 días mediante la aplicación de ascorbato de sodio al 10% en gel y en solución y alfa-tocoferol 10% en gel o solución. Compararon los efectos tanto en esmalte como en dentina, el antioxidante lo aplicaron durante dos horas. Según sus conclusiones el único antioxidante con el que obtuvieron capacidad de revertir la disminución de fuerzas adhesivas debido a blanqueamiento dental fue alfa tocoferol en solución, era capaz de minimizar el acúmulo de oxígeno de la superficie del esmalte tras el tratamiento de blanqueamiento dental. Sus conclusiones están en controversia con el resto de la literatura en cuanto a la capacidad de ascorbato de sodio de revertir la disminución de las fuerzas de adhesión.

Así en nuestro segundo estudio utilizamos ascorbato de sodio al 10% y alfa-tocoferol al 10%. Además, debido a la carencia de estudios que combinaran estos antioxidantes, utilizamos una mezcla de los dos. El objetivo del cual fue evaluar la influencia de distintos dentífricos blanqueadores sobre la resistencia adhesiva a esmalte y observar el efecto del uso de antioxidante previo al tratamiento de adhesión. Los antioxidantes elegidos en nuestro estudio fueron ascorbato de sodio, debido a que en la literatura ha sido el más referenciado en revertir los efectos de blanqueamiento en la adhesión, alfa tocoferol y por último la combinación de ambos antioxidantes. En un estudio piloto realizado en nuestra universidad, en el cual se valoraba el efecto de distintos antioxidantes (ascorbato de sodio 10%, alfa tocoferol 10%, ascorbato de sodio 10%+ alfa tocoferol 10%, beta-caroteno 10%, coenzima Q10 10%, y glutatión 10%) en la resistencia adhesiva a esmalte tras realizar tratamiento de blanqueamiento dental. Los mejores resultados obtenidos en este estudio resultaron al combinar ascorbato de sodio + alfa tocoferol, lo que nos llevó a pensar que posiblemente existía un efecto sinérgico entre ambos antioxidantes ya que en con la mezcla de ambos antioxidantes obtuvimos los mejores resultados.

Para conseguir nuestro objetivo, las muestras se cepillaron con dos dentífricos

blanqueadores: 40 muestras con Rembrandt Plus® y otras 40 muestras WhiteKin®. Para simular la situación clínica se cepillaron tres veces al día durante 4 semanas y se mantuvieron en saliva artificial entre cada cepillado, dentro de una incubadora a 37 °C. En el grupo RNA (Rembrandt Plus® + no antioxidante) y el grupo control no se encontraron diferencias en la prueba de cizalla. Estos resultados los podríamos explicar debido a que este dentífrico contiene abrasivos y citroxain, pero muy baja concentración de peróxido de urea (no especificada por el fabricante). Sin embargo, el grupo cepillado con WNA (WhiteKin® + no antioxidante) exhibía valores de adhesión más bajos que el grupo control ($p < 0.05$). Estos resultados se pueden atribuir debido a la presencia de 3% de peróxido de carbamida en su composición.

El grupo WSA (WhiteKin® + ascorbato de sodio) presenta valores de adhesión significativamente mayores al grupo WNA (WhiteKin® + no antioxidante) y no presenta diferencias significativas con el grupo control. Así podríamos concluir que el uso del dentífrico WhiteKin® disminuye las posteriores fuerzas de adhesión a esmalte y que la aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos revierte los efectos sobre la adhesión a esmalte de la pasta dentífrica WhiteKin®.

Cura y cols. (153) publicaron un estudio posteriormente a la fecha de inicio de nuestro trabajo en el que estudiaron como afectaba la adhesión posteriormente al tratamiento de blanqueamiento dental, en su estudio compararon dos agentes de blanqueamiento ambulatorio, uno de ellos con una concentración del 10% de peróxido de hidrógeno, y el segundo con una concentración de 10% de peróxido de carbamida y dos dentífricos con una concentración del 3% de peróxido de carbamida, observaron cómo se afectaban las fuerzas de adhesión en distintos tiempos de espera de 1, 3, 7 y 14 días. Observaron que en los grupos blanqueados con peróxido de carbamida al 10% y peróxido de hidrógeno al 10% no se afectó la resistencia adhesiva, en cambio en los grupos tratados con dentífricos blanqueadores (WhiteKin® y Clysident®) sí hubo un descenso en los valores de adhesión, concluyendo que tras 14 días de inmersión en saliva artificial los valores de adhesión se normalizaban.

Nosotros en nuestro segundo estudio no comparamos los distintos tiempos de espera antes del procedimiento adhesivo, en cambio estudiamos el efecto que tenía la aplicación de distintos antioxidantes. Nuestros resultados del segundo estudio concuerdan con los de Cura y cols. en cuanto al descenso de los valores de adhesión

tras el tratamiento con WhiteKin®. Según Cura y cols. (153) los resultados de la disminución de la resistencia adhesiva en los grupos tratados con WhiteKin® podrían estar relacionados con su composición, el cuál contiene EDTA y ácido cítrico, y su pH está en un rango entre 5 y 5.5. Distintos autores, Titley y cols. (12, 154), Dishman y cols. (102) reportan que tras el tratamiento de blanqueamiento queda oxígeno residual en los poros de esmalte, que obstaculiza la polimerización de las resinas. Sin embargo, Perdigao y cols. (11) mediante el análisis de la superficie de esmalte blanqueado observaron que disminuían las concentraciones de Ca y P, pero no se acumulaba el oxígeno en la superficie de esmalte.

Según nuestros resultados, ascorbato de sodio al 10% aumenta los valores de adhesión en la prueba de cizalla más que alfa-tocoferol al 10% y más que la mezcla de ambos antioxidantes. Nuestros resultados concuerdan con los de Danesh-Sani SA y cols. (106), quienes concluyeron que la aplicación de hidrogel de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos en superficies de esmalte blanqueado revierte el efecto negativo sobre la adhesión y puede ser una alternativa a retrasar los procedimientos adhesivos. En el estudio de Sasaki y cols. (32) también aplicaron el antioxidante durante dos horas, lo que podría explicar que según sus resultados alfa-tocoferol sea eficaz para revertir la disminución de la resistencia adhesiva.

Kavitha y cols. (155) publicaron un estudio en 2016 en el que estudiaron la capacidad de revertir la disminución de las fuerzas de adhesión, tras la aplicación de peróxido de carbamida al 35%, de ascorbato de sodio al 10%, alfa tocoferol 10% y superóxido dismutasa 10%, obteniendo los mejores resultados con la enzima superóxido dismutasa. Khamverdi y cols. (156) estudiaron la capacidad de revertir la disminución de las fuerzas de adhesión, tras la aplicación de peróxido de hidrógeno al 40%, de galato de epigallocatequina, ascorbato de sodio 10%, solución de salvia al 10% y de extracto de semilla de uva 5% concluyendo que todos ellos eran efectivos para revertir las fuerzas de adhesión.

Sharafeddin y cols. (115) estudiaron la capacidad revertir las fuerzas de adhesión de distintos antioxidantes: Aloe vera, ascorbato de sodio, extracto de semilla de uva, té verde y cáscara de granada, concluyendo que todos ellos eran efectivos en aumentar la resistencia adhesiva.

Shamsedin y cols. (157) estudiaron la capacidad de quercetina de revertir la

disminución de las fuerzas de adhesión, aplicándola en distintas concentraciones (0,1%, 0,5% y 1%) y en distintos tiempos de aplicación (5 y 10 minutos), concluyendo que la aplicación de quercetina a distintas concentraciones y tiempos era efectiva en revertir el descenso en los valores de adhesión.

Recientemente Feiz y cols. (142) han publicado una revisión en la que concluyen que la mayoría de los antioxidantes son efectivos en revertir los efectos de blanqueamiento en las fuerzas de adhesión. También afirman que retrasar los procedimientos restauradores 1 semana, puede ser tan efectivo como la aplicación de antioxidantes.

La aplicación de antioxidantes permite que los procedimientos restauradores se puedan llevar a cabo inmediatamente tras un tratamiento blanqueador, reduciendo el tiempo de sillón (22).

Tras el análisis de los resultados obtenidos en el segundo estudio, donde observamos que los valores de adhesión tras el test de cizalla disminuían tras la utilización del dentífrico WhiteKin[®], pero en cambio tras el uso del dentífrico Rembrandt Plus[®] no se observó ningún efecto en los valores de adhesión a esmalte, esté último contenía peróxido en su composición, pero no especificada por el fabricante, tras la investigación pertinente supimos que la concentración de peróxido era del 0,1%.

En este estudio estudiamos la influencia del uso de dentífricos blanqueadores en las fuerzas de adhesión, sin tener en cuenta la eficacia del blanqueador. Llena y cols. (158) realizaron un estudio en el que comparaban la eficacia blanqueadora del dentífrico WhiteKin[®] con un dentífrico placebo, llegando a la conclusión de que con WhiteKin[®] se obtenía mayor eficacia de blanqueamiento (ΔE), pero la diferencia no era estadísticamente significativa.

Decidimos realizar otro estudio comparando los efectos de distintos dentífricos blanqueadores, con distintas composiciones, en la fuerza de cizalla a esmalte. En este tercer estudio se evaluaron cinco dentífricos blanqueadores y se compararon con un dentífrico control, todos ellos contenían distintas composiciones, entre ellos Advance White Extreme Whitening[®] y Lacer Blanc Plus[®] contenían peróxido en su composición. El resto de los dentífricos blanqueadores estudiados en este tercer estudio tenían compuestos descritos en la literatura (159) como agentes mecánicos o

agentes químicos que promueven el blanqueamiento dental. En este tercer estudio se observó una ligera tendencia en el grupo control a obtener resultados de valores de adhesión ligeramente mayores, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p < 0.05$), obteniéndose valores de adhesión inferiores en los grupos tratados con el dentífrico Lacer Blanc® y Opalescence®. Estos resultados los podemos explicar porque las concentraciones de peróxido, en el caso de Lacer Blanc® el barniz tiene una concentración de peróxido de hidrógeno del 1%, y estaba en contacto con el esmalte durante 30 minutos, dos veces al día durante 1 mes. Otro motivo que puede influir es su pH, Lacer Blanc® tiene un pH de 4.2, este valor está por debajo del pH crítico del esmalte. La disminución en los valores de adhesión se podría relacionar con el contenido de peróxido de hidrógeno, pero también el pH puede provocar alteraciones en el esmalte, desmineralización, pérdida de dureza y como consecuencia que tengamos disminución en los valores de adhesión a esmalte.

Se ha descrito que la interfase esmalte-resina es diferente en dientes blanqueados o dientes no sometidos a tratamiento blanqueador, cuando se observa bajo microscopio electrónico de barrido (110, 160). En superficies extensas de esmalte blanqueado los tags de resina están ausentes, en caso de presentar tags de resina éstos son escasos, penetran menos profundidad y estructuralmente están incompletos resultando en mayor densidad de vacíos a lo largo de la interfase esmalte resina. El examen mediante SEM también reveló la presencia de burbujas esféricas a lo largo de la interfase adhesiva en dientes blanqueados, lo que podría ser debido a moléculas atrapadas de oxígeno, liberadas por el peróxido de hidrógeno (154). Briso y cols. (15) reportaron que tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 35 % ó peróxido de carbamida al 10% disminuye la longitud de los tags de resina, afectándose más en los grupos en los que se aplicó peróxido de hidrógeno al 35 % (22, 26). En nuestro estudio no se observaron diferencias entre los grupos respecto a la cantidad de oxígeno remanente en las muestras. La interfase esmalte-adhesivo tuvo mayor grosor en el dentífrico Colgate Advanced Sensation White® al observar las muestras a 100x, al observar las muestras a 2.500x observamos que el adhesivo había penetrado menos en la superficie de esmalte. Al comparar los valores de pH de los dentífricos observamos que Colgate Advanced Sensation White® tenía un pH de 8.1, la aplicación repetida tres veces al día durante 4 semanas se podría relacionar con una mayor

resistencia de la superficie de esmalte al grabado ácido, y como consecuencia menor penetración del adhesivo. Entre los dentífricos que contenían peróxido teníamos Lacer Blanc® y Advanced White® no se encontraron diferencias al observar las interfases de adhesivo en SEM.

En 2015 Majeed A y cols. (55) publicaron un estudio en el cual compararon la variabilidad entre la concentración declarada y la concentración real de peróxido en varios productos de blanqueamiento dental, en su estudio las concentraciones de peróxido estudiados no estaban especificados por el fabricante y tras estudiar la concentración real obtuvieron como resultado que la concentración en todos ellos era inferior a 0,05 % de peróxido, cantidad que consideraron inapreciable, excepto Colgate Plax Whitening Rinse®, que tenía una concentración de 1,5% de peróxido de hidrógeno. Nuestros resultados concuerdan con las observaciones realizadas por Majeed y cols. sobre las concentraciones de peróxido en los dentífricos.

Abdemegid (161) publicó un estudio en 2016 en el cual comparaba los valores de resistencia adhesiva a esmalte en dientes tratados con dentífricos blanqueadores. En su estudio utilizó incisivos deciduos, media los valores adhesivos a composite y ionómero de vidrio. Entre los dentífricos que utilizó estaba Advance White Extreme Whitening® en común con nuestro estudio. Según sus resultados los valores de resistencia adhesiva no variaban tras el uso de Advance White Extreme Whitening®, pero si disminuían con los otros dentífricos blanqueadores utilizados (Colgate Optic White y Crest Pro Health Whitening WT).

Clínicamente es importante tener en cuenta antes de realizar un tratamiento restaurador si el paciente ha realizado previamente un tratamiento de blanqueamiento, así como los dentífricos que usan nuestros pacientes. En los casos en los cuales se ha realizado un blanqueamiento en clínica, con peróxido de hidrógeno a altas concentraciones, es importante esperar para que los valores de adhesión sean adecuados, a los 7 días de espera ya se obtienen valores clínicamente adecuados, aunque no es hasta los 30 días cuando se reestablecen los valores de adhesión. La aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos mejora los valores de adhesión, aunque no los restablece a la normalidad. Otro factor importante a tener en cuenta es conocer si nuestros pacientes utilizan un dentífrico que contiene peróxido de carbamida, tenemos que recomendarle no utilizarlo durante los 7-15 días previos al

tratamiento restaurador o se podría aplicar ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos, de este modo se restablecerían los valores adhesivos.

Nuestros estudios nos han ofrecido únicamente datos de las observaciones *in vitro*, sería necesario algún estudio *in vivo* para comparar los resultados.

8. Conclusiones

8. CONCLUSIONES

8.1 CONCLUSIONES ESTUDIO 1: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN ASCORBATO DE SODIO Y DISTINTOS TIEMPOS DE ESPERA EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE BLANQUEADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO AL 40%.

1. El tratamiento de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 40 % disminuye los valores de adhesión entre composite y tejido adamantino.
2. La aplicación de ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos, sobre la superficie dental blanqueada con peróxido de hidrógeno al 40% durante 20 minutos, no revierte la disminución de los valores de resistencia adhesiva, provocado por el blanqueamiento dental.
3. Los tiempos de espera de 7 y 15 días, tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 40%, no son suficientes para revertir la disminución de los valores de resistencia adhesiva.
4. El tiempo de espera de 30 días, tras el blanqueamiento con peróxido de hidrógeno al 40%, revierte la disminución de los valores de resistencia adhesiva, obteniéndose valores similares al grupo control.

8.2 CONCLUSIONES ESTUDIO 2: EFECTO DE ASCORBATO DE SODIO 10% Y ALFA-TOCOFEROL 10% EN LA ADHESIÓN A ESMALTE TRAS EL USO DE DOS DENTÍFRICOS BLANQUEADORES.

1. El uso del dentífrico WhiteKin® disminuye la resistencia adhesiva a esmalte, la aplicación de ascorbato de sodio tras el uso del mismo, previamente al procedimiento adhesivo, aumenta significativamente los valores de adhesión. El dentífrico Rembrandt Plus® no afecta la resistencia adhesiva a esmalte.
2. La resistencia adhesiva a esmalte obtenida tras el uso del dentífrico WhiteKin®, tres veces al día durante 4 semanas, es inferior con respecto al grupo control.

3. La resistencia adhesiva a esmalte obtenidas tras el uso del dentífrico Rembrandt Plus® es similar con respecto al grupo control, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en los que se aplica este dentífrico.
4. La resistencia adhesiva a esmalte blanqueado mediante WhiteKin® y tratado con ascorbato de sodio al 10% durante 10 minutos, tiene valores similares a los del grupo control.
5. La resistencia adhesiva a esmalte previamente blanqueado con WhiteKin®, tras la aplicación durante 10 minutos de 10% alfa tocoferol ó la mezcla de 10% ascorbato de sodio + 10% alfa tocoferol no mostró diferencias estadísticamente significativas con ninguno de los grupos.

8.3 CONCLUSIONES ESTUDIO 3: INFLUENCIA DE USO DE DENTÍFRICOS BLANQUEADORES DURANTE 4 SEMANAS EN LA RESISTENCIA ADHESIVA A ESMALTE.

1. La resistencia adhesiva a esmalte, tras el uso tres veces al día durante cuatro semanas, de dentífricos blanqueadores que contienen peróxido (Lacer Blanc®) fueron inferiores a los valores de adhesión obtenidos en los demás grupos, encontrándose diferencias estadísticamente significativas con el grupo control.
2. Tras cuatro semanas de uso de distintos dentífricos blanqueadores y un dentífrico control Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de adhesión a esmalte tras del uso de dentífricos blanqueadores Opalescence® y Lacer Blanc® con el grupo control.
3. Las interfases adhesivas esmalte composite del grupo Colgate Advance Sensitive White® tuvo mayor grosor con menos penetración entre adhesivo y esmalte al observar las muestras con 2.500x bajo SEM.

9. Perspectivas de futuro

9. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Las perspectivas de futuro serían las siguientes:

1. Ampliar el estudio utilizando distintos tipos de antioxidantes: de galato de epigallocatequina, solución de salvia, Aloe vera y de extracto de semilla de uva.
2. Valorar los distintos tipos de fractura para determinar si la fractura se debe a un fracaso en la adhesión o a la afectación y fractura de la superficie de esmalte.
3. Evaluar además de la afectación de los agentes de blanqueamiento sobre la posterior adhesión, los efectos de los productos de blanqueamiento sobre la superficie del diente.
4. Examinar las muestras bajo microscopio confocal para evaluar defectos en la superficie de esmalte.
5. Evaluar como se afecta la microdureza de tejido adamantino tras el uso de dentífricos blanqueadores.
6. Estudiar cómo afecta el dentífrico que contenía peróxido de carbamida a la adhesión cuando se dejan distintos tiempos de espera de 7, 15 y 30 días previamente al procedimiento adhesivo.
7. Incluir en el estudio además de dentífricos blanqueadores, también productos de venta al público que contengan peróxido en su composición.

10. Referencias bibliográficas

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent.* 2008;36 Suppl 1:S2-7. PubMed PMID: 18646363.
2. Alkhatib MN, Holt R, Bedi R. Age and perception of dental appearance and tooth colour. *Gerodontology.* 2005 Mar;22(1):32-6. PubMed PMID: 15747896.
3. Xiao J, Zhou XD, Zhu WC, Zhang B, Li JY, Xu X. The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *J Oral Rehabil.* 2007 May;34(5):351-60. PubMed PMID: 17441876.
4. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *J Dent.* 2007 Dec;35(12):889-96. PubMed PMID: 17964705.
5. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent.* 2006 Aug;34(7):412-9. PubMed PMID: 16569473.
6. Demarco FF, Meireles SS, Masotti AS. Over-the-counter whitening agents: a concise review. *Braz Oral Res.* 2009;23 Suppl 1:64-70. PubMed PMID: 19838560.
7. Lewis R D-JR, Pickles MJ. Interaction between toothbrushes and toothpaste abrasive particles in simulated tooth cleaning. *Wear.* 2004;3-4(257):368-76.
8. Briso AL, Toseto RM, de Arruda AM, Tolentino PR, de Alexandre RS, dos Santos PH. Evaluating the bonding of two adhesive systems to enamel submitted to whitening dentifrices. *Acta Odontol Latinoam.* 2010;23(2):111-6. PubMed PMID: 21053683.
9. Stookey GK, Burkhard TA, Schemehorn BR. *In vitro* removal of stain with dentifrices. *J Dent Res.* 1982 Nov;61(11):1236-9. PubMed PMID: 6958719.
10. da Silva BM, Florio FM, Basting RT. Shear bond strength of resin composite to enamel and dentin submitted to a carbamide peroxide dentifrice. *Am J Dent.* 2007 Oct;20(5):319-23. PubMed PMID: 17993030.
11. Perdigao J, Francci C, Swift EJ, Jr., Ambrose WW, Lopes M. Ultra-morphological study of the interaction of dental adhesives with carbamide peroxide-bleached enamel. *Am J Dent.* 1998 Dec;11(6):291-301. PubMed PMID: 10477981.

Referencias bibliográficas

12. Titley KC, Torneck CD, Smith DC, Chernecky R, Adibfar A. Scanning electron microscopy observations on the penetration and structure of resin tags in bleached and unbleached bovine enamel. *J Endod.* 1991 Feb;17(2):72-5. PubMed PMID: 1919405.
13. Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil.* 1996 Apr;23(4):244-50. PubMed PMID: 8730271.
14. Cavalli V, Reis AF, Giannini M, Ambrosano GM. The effect of elapsed time following bleaching on enamel bond strength of resin composite. *Oper Dent.* 2001 Nov-Dec;26(6):597-602. PubMed PMID: 11699184.
15. Bulut H, Turkun M, Kaya AD. Effect of an antioxidizing agent on the shear bond strength of brackets bonded to bleached human enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Feb;129(2):266-72. PubMed PMID: 16473720.
16. Da Silva Machado J, Candido MS, Sundfeld RH, De Alexandre RS, Cardoso JD, Sundfeld ML. The influence of time interval between bleaching and enamel bonding. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19(2):111-8; discussion 9. PubMed PMID: 17374118.
17. Sung EC, Chan SM, Mito R, Caputo AA. Effect of carbamide peroxide bleaching on the shear bond strength of composite to dental bonding agent enhanced enamel. *J Prosthet Dent.* 1999 Nov;82(5):595-9. PubMed PMID: 10559733.
18. Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ, Jr., Pires JA. Bond strength of composite resin to enamel bleached with carbamide peroxide. *J Esthet Dent.* 1991 May-Jun;3(3):100-2. PubMed PMID: 1888550.
19. Barghi N, Godwin JM. Reducing the adverse effect of bleaching on composite-enamel bond. *J Esthet Dent.* 1994;6(4):157-61. PubMed PMID: 7865247.
20. Kalili T, Caputo AA, Mito R, Sperbeck G, Matyas J. *In vitro* toothbrush abrasion and bond strength of bleached enamel. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1991 Aug;3(5):22-4. PubMed PMID: 1813038.
21. Uysal T, Er O, Sagsen B, Ustdal A, Akdogan G. Can intracoronally bleached teeth be bonded safely? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Nov;136(5):689-94. PubMed PMID: 19892286.
22. Briso AL, Toseto RM, Rahal V, dos Santos PH, Ambrosano GM. Effect of sodium ascorbate on tag formation in bleached enamel. *J Adhes Dent.* 2012 Feb;14(1):19-23. PubMed PMID: 21594234.
23. Bulut H, Kaya AD, Turkun M. Tensile bond strength of brackets after antioxidant treatment on bleached teeth. *Eur J Orthod.* 2005 Oct;27(5):466-71. PubMed PMID: 16043470.

24. Kimyai S, Valizadeh H. The effect of hydrogel and solution of sodium ascorbate on bond strength in bleached enamel. *Oper Dent*. 2006 Jul-Aug;31(4):496-9. PubMed PMID: 16924991.
25. Kaya AD, Turkun M, Arici M. Reversal of compromised bonding in bleached enamel using antioxidant gel. *Oper Dent*. 2008 Jul-Aug;33(4):441-7. PubMed PMID: 18666503.
26. Turkun M, Celik EU, Kaya AD, Arici M. Can the hydrogel form of sodium ascorbate be used to reverse compromised bond strength after bleaching? *J Adhes Dent*. 2009 Feb;11(1):35-40. PubMed PMID: 19343925.
27. Briso AL, Rahal V, Sundfeld RH, dos Santos PH, Alexandre RS. Effect of sodium ascorbate on dentin bonding after two bleaching techniques. *Oper Dent*. 2014 Mar-Apr;39(2):195-203. PubMed PMID: 23848067.
28. Subramonian R, Mathai V, Christaine Angelo JB, Ravi J. Effect of three different antioxidants on the shear bond strength of composite resin to bleached enamel: An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2015 Mar-Apr;18(2):144-8. PubMed PMID: 25829695. Pubmed Central PMCID: PMC4379656.
29. Vidhya S, Srinivasulu S, Sujatha M, Mahalaxmi S. Effect of grape seed extract on the bond strength of bleached enamel. *Oper Dent*. 2011 Jul-Aug;36(4):433-8. PubMed PMID: 21834712.
30. Turkun M, Kaya AD. Effect of 10% sodium ascorbate on the shear bond strength of composite resin to bleached bovine enamel. *J Oral Rehabil*. 2004 Dec;31(12):1184-91. PubMed PMID: 15544654.
31. Kimyai S, Oskoe SS, Rafighi A, Valizadeh H, Ajami AA, Helali ZN. Comparison of the effect of hydrogel and solution forms of sodium ascorbate on orthodontic bracket-enamel shear bond strength immediately after bleaching: an *in vitro* study. *Indian J Dent Res*. 2010 Jan-Mar;21(1):54-8. PubMed PMID: 20427908.
32. Sasaki RT, Florio FM, Basting RT. Effect of 10% sodium ascorbate and 10% alpha-tocopherol in different formulations on the shear bond strength of enamel and dentin submitted to a home-use bleaching treatment. *Oper Dent*. 2009 Nov-Dec;34(6):746-52. PubMed PMID: 19953786.
33. Titley KC, Torneck CD, Ruse ND, Krmec D. Adhesion of a resin composite to bleached and unbleached human enamel. *J Endod*. 1993 Mar;19(3):112-5. PubMed PMID: 8509748.
34. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int*. 1992 Jul;23(7):471-88. PubMed PMID: 1410249.
35. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int*. 1989 Mar;20(3):173-6. PubMed PMID: 2762507.

Referencias bibliográficas

36. Heymann HO. Tooth whitening: facts and fallacies. *Br Dent J.* 2005 Apr 23;198(8):514. PubMed PMID: 15849600.
37. Chu Stephen J DA. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*: Quintessence books; 2004.
38. Vanini L. Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1996 Sep;8(7):673-82; quiz 84. PubMed PMID: 9242140.
39. Lee YK, Yu B. Measurement of opalescence of tooth enamel. *J Dent.* 2007 Aug;35(8):690-4. PubMed PMID: 17618727.
40. Cornell D, Winter R. Manipulating light with the refractive index of an all-ceramic material. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1999 Oct;11(8):913-7. PubMed PMID: 10853597.
41. Manauta J, Salat A, Putignano A, Devoto W, Paolone G, Hardan LS. Stratification in anterior teeth using one dentine shade and a predefined thickness of enamel: a new concept in composite layering--Part II. *Odontostomatol Trop.* 2014 Sep;37(147):5-13. PubMed PMID: 25975063.
42. Marin PD, Bartold PM, Heithersay GS. Tooth discoloration by blood: an *in vitro* histochemical study. *Endod Dent Traumatol.* 1997 Jun;13(3):132-8. PubMed PMID: 9550027.
43. Vanini LMF. *Conservative restoration of anterior teeth*: ACME; 2005.
44. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:3-12. PubMed PMID: 14738829.
45. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc.* 1997 Apr;128 Suppl:6S-10S. PubMed PMID: 9120149.
46. Minoux M, Serfaty R. Vital tooth bleaching: biologic adverse effects-a review. *Quintessence Int.* 2008 Sep;39(8):645-59. PubMed PMID: 19107251.
47. Winkler D. The bleaching of tetracycline-stained teeth. *J Esthet Restor Dent.* 2002;14(4):205. PubMed PMID: 12214943.
48. Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. *Dent Mater.* 2005 Nov;21(11):1068-74. PubMed PMID: 16099029.
49. Dietschi D, Rossier S, Krejci I. *In vitro* colorimetric evaluation of the efficacy of various bleaching methods and products. *Quintessence Int.* 2006 Jul-Aug;37(7):515-26. PubMed PMID: 16841599.
50. Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod.* 2004 Jan;30(1):45-50. PubMed PMID: 14760908.

51. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2003;14(4):292-304. PubMed PMID: 12907697.
52. Markovic L, Jordan RA, Lakota N, Gaengler P. Micromorphology of enamel surface after vital tooth bleaching. *J Endod.* 2007 May;33(5):607-10. PubMed PMID: 17437883.
53. Sulieman M, Addy M, MacDonald E, Rees JS. The effect of hydrogen peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: an *in vitro* study. *J Dent.* 2004 May;32(4):295-9. PubMed PMID: 15053912.
54. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. *Dent Mater.* 2007 May;23(5):586-96. PubMed PMID: 16820199.
55. Marson FC, Sensi LG, Vieira LC, Araujo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Oper Dent.* 2008 Jan-Feb;33(1):15-22. PubMed PMID: 18335728.
56. Bernardon JK, Sartori N, Ballarin A, Perdigao J, Lopes GC, Baratieri LN. Clinical performance of vital bleaching techniques. *Oper Dent.* 2010 Jan-Feb;35(1):3-10. PubMed PMID: 20166405.
57. de Silva Gottardi M, Brackett MG, Haywood VB. Number of in-office light-activated bleaching treatments needed to achieve patient satisfaction. *Quintessence Int.* 2006 Feb;37(2):115-20. PubMed PMID: 16475373.
58. Hasson H, Ismail AI, Neiva G. Home-based chemically-induced whitening of teeth in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006 Oct 18(4):CD006202. PubMed PMID: 17054282.
59. Meireles SS, Heckmann SS, Leida FL, dos Santos Ida S, Della Bona A, Demarco FF. Efficacy and safety of 10% and 16% carbamide peroxide tooth-whitening gels: a randomized clinical trial. *Oper Dent.* 2008 Nov-Dec;33(6):606-12. PubMed PMID: 19051852.
60. Leonard RH, Sharma A, Haywood VB. Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an *in vitro* study. *Quintessence Int.* 1998 Aug;29(8):503-7. PubMed PMID: 9807130.
61. Gerlach RW. Whitening paradigms 1 year later: introduction of a novel professional tooth-bleaching system. *Compend Contin Educ Dent.* 2002 Jan;23(1A):4-8. PubMed PMID: 11913293.
62. Sarrett DC. Tooth whitening today. *J Am Dent Assoc.* 2002 Nov;133(11):1535-8; quiz 41. PubMed PMID: 12462698.
63. Collins LZ, Maggio B, Gallagher A, York M, Schafer F. Safety evaluation of a novel whitening gel, containing 6% hydrogen peroxide and a commercially

Referencias bibliográficas

available whitening gel containing 18% carbamide peroxide in an exaggerated use clinical study. *J Dent.* 2004;32 Suppl 1:47-50. PubMed PMID: 14738835.

64. Sharif N, MacDonald E, Hughes J, Newcombe RG, Addy M. The chemical stain removal properties of 'whitening' toothpaste products: studies *in vitro*. *Br Dent J.* 2000 Jun 10;188(11):620-4. PubMed PMID: 10893817.

65. Yankell SL, Emling RC, Petrone ME, Rustogi K, Volpe AR, DeVizio W, et al. A six-week clinical efficacy study of four commercially available dentifrices for the removal of extrinsic tooth stain. *J Clin Dent.* 1999;10(3 Spec No):115-8. PubMed PMID: 10825858.

66. Forward GC. Role of toothpastes in the cleaning of teeth. *Int Dent J.* 1991 Jun;41(3):164-70. PubMed PMID: 1860723.

67. Cavalli V, Rodrigues LK, Paes-Leme AF, Soares LE, Martin AA, Berger SB, et al. Effects of the addition of fluoride and calcium to low-concentrated carbamide peroxide agents on the enamel surface and subsurface. *Photomed Laser Surg.* 2011 May;29(5):319-25. PubMed PMID: 21204703.

68. Alshara S, Lippert F, Eckert GJ, Hara AT. Effectiveness and mode of action of whitening dentifrices on enamel extrinsic stains. *Clin Oral Investig.* 2014;18(2):563-9. PubMed PMID: 23616153.

69. Hefferren JJ. Historical view of dentifrice functionality methods. *J Clin Dent.* 1998;9(3):53-6. PubMed PMID: 10518861.

70. Harte DB MR. Four variables affecting magnitude of dentifrice abrasiveness. *Journal of dental Research.* 1976;61(11):1236-9.

71. Meyers IA, McQueen MJ, Harbrow D, Seymour GJ. The surface effect of dentifrices. *Aust Dent J.* 2000 Jun;45(2):118-24. PubMed PMID: 10925508.

72. Kielbassa AM, Gillmann L, Zantner C, Meyer-Lueckel H, Hellwig E, Schulte-Monting J. Profilometric and microradiographic studies on the effects of toothpaste and acidic gel abrasivity on sound and demineralized bovine dental enamel. *Caries Res.* 2005 Sep-Oct;39(5):380-6. PubMed PMID: 16110209.

73. Baig A, He T, Buisson J, Sagel L, Suszcynsky-Meister E, White DJ. Extrinsic whitening effects of sodium hexametaphosphate--a review including a dentifrice with stabilized stannous fluoride. *Compend Contin Educ Dent.* 2005 Sep;26(9 Suppl 1):47-53. PubMed PMID: 16999010.

74. Kleber CJ, Putt MS, Nelson BJ. *In vitro* tooth whitening by a sodium bicarbonate/peroxide dentifrice. *J Clin Dent.* 1998;9(1):16-21. PubMed PMID: 9835828.

75. Ayad F, Arcuri H, Brevilieri E, Laffi S, Lemos AM, Yoshioka M, et al. Efficacy of two dentifrices on removal of natural extrinsic stain. *Am J Dent.* 1999 Aug;12(4):164-6. PubMed PMID: 10649920.

76. Rykke M, Rolla G. Desorption of acquired enamel pellicle *in vivo* by pyrophosphate. Scand J Dent Res. 1990 Jun;98(3):211-4. PubMed PMID: 2161557.
77. Shellis RP, Addy M, Rees GD. *In vitro* studies on the effect of sodium tripolyphosphate on the interactions of stain and salivary protein with hydroxyapatite. J Dent. 2005 Apr;33(4):313-24. PubMed PMID: 15781139.
78. White DJ. A new and improved "dual action" whitening dentifrice technology--sodium hexametaphosphate. J Clin Dent. 2002;13(1):1-5. PubMed PMID: 11507924.
79. Ayad F, Demarchi B, Khalaf A, Davies R, Ellwood R, Bradshaw B, et al. A six-week clinical tooth whitening study of a new calculus-inhibiting dentifrice formulation. J Clin Dent. 2000;11(3):84-7. PubMed PMID: 11460611.
80. Hegedus C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. J Dent. 1999 Sep;27(7):509-15. PubMed PMID: 10507207.
81. Wang W, Zhu Y, Li J, Liao S, Ai H. Efficacy of cold light bleaching using different bleaching times and their effects on human enamel. Dent Mater J. 2013;32(5):761-6. PubMed PMID: 24088831.
82. D'Arce MB, Lima DA, Aguiar FH, Ambrosano GM, Munin E, Lovadino JR. Evaluation of ultrasound and light sources as bleaching catalysts - an *in vitro* study. Eur J Esthet Dent. 2012 Summer;7(2):176-84. PubMed PMID: 22645732.
83. Trentino AC, Soares AF, Duarte MA, Ishikiriama SK, Mondelli RF. Evaluation of pH Levels and Surface Roughness After Bleaching and Abrasion Tests of Eight Commercial Products. Photomed Laser Surg. 2015 Jul;33(7):372-7. PubMed PMID: 26154725.
84. Xu B, Li Q, Wang Y. Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. Oper Dent. 2011 Sep-Oct;36(5):554-62. PubMed PMID: 21859312.
85. Soares AF, Bombonatti JF, Alencar MS, Consolmagno EC, Honorio HM, Mondelli RF. Influence of pH, bleaching agents, and acid etching on surface wear of bovine enamel. J Appl Oral Sci. 2016 Jan-Feb;24(1):24-30. PubMed PMID: 27008254. Pubmed Central PMCID: PMC4775006.
86. Weiger R, Kuhn A, Lost C. Effect of various types of sodium perborate on the pH of bleaching agents. J Endod. 1993 May;19(5):239-41. PubMed PMID: 8360601.
87. Basting RT, Rodrigues Junior AL, Serra MC. The effect of 10% carbamide peroxide bleaching material on microhardness of sound and demineralized enamel and dentin *in situ*. Oper Dent. 2001 Nov-Dec;26(6):531-9. PubMed PMID: 11699174.

Referencias bibliográficas

88. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. A safety study *in vitro* for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. *J Dent.* 2004 Sep;32(7):581-90. PubMed PMID: 15386865.
89. Ozkan P, Kansu G, Ozak ST, Kurtulmus-Yilmaz S, Kansu P. Effect of bleaching agents and whitening dentifrices on the surface roughness of human teeth enamel. *Acta Odontol Scand.* 2013 May-Jul;71(3-4):488-97. PubMed PMID: 22747485.
90. Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, et al. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent.* 2011 Oct;39(10):686-92. PubMed PMID: 21855600.
91. Sulieman MA. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000.* 2008;48:148-69. PubMed PMID: 18715362.
92. de Araujo DB, Silva LR, Campos Ede J, Correia de Araujo RP. *In vitro* study on tooth enamel lesions related to whitening dentifrice. *Indian J Dent Res.* 2011 Nov-Dec;22(6):770-6. PubMed PMID: 22484868.
93. Nour El-din AK, Miller BH, Griggs JA, Wakefield C. Immediate bonding to bleached enamel. *Oper Dent.* 2006 Jan-Feb;31(1):106-14. PubMed PMID: 16536201.
94. Lewinstein I, Fuhrer N, Churaru N, Cardash H. Effect of different peroxide bleaching regimens and subsequent fluoridation on the hardness of human enamel and dentin. *J Prosthet Dent.* 2004 Oct;92(4):337-42. PubMed PMID: 15507905.
95. Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C. Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent.* 2005 Aug;33(7):561-7. PubMed PMID: 16005795.
96. Faraoni-Romano JJ, Turssi CP, Serra MC. Effect of a 10% carbamide peroxide on wear resistance of enamel and dentine: in situ study. *J Dent.* 2009 Apr;37(4):273-8. PubMed PMID: 19157672.
97. Christensen GJ. Bleaching teeth: practitioner trends. *J Am Dent Assoc.* 1997 Apr;128 Suppl:16S-8S. PubMed PMID: 9120139.
98. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod.* 2008 Apr;34(4):394-407. PubMed PMID: 18358884.
99. de Lima AF, Lessa FC, Gasparoto Mancini MN, Hebling J, de Souza Costa CA, Marchi GM. Cytotoxic effects of different concentrations of a carbamide peroxide bleaching gel on odontoblast-like cells MDPC-23. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009 Aug;90(2):907-12. PubMed PMID: 19353567.

100. Goldberg M, Grootveld M, Lynch E. Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review. *Clin Oral Investig*. 2010 Feb;14(1):1-10. PubMed PMID: 19543926.
101. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*. 1990 Oct;69(10):1652-8. PubMed PMID: 2212209.
102. Dishman MV, Covey DA, Baughan LW. The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dent Mater*. 1994 Jan;10(1):33-6. PubMed PMID: 7995473.
103. Santana FR, Pereira JC, Pereira CA, Fernandes Neto AJ, Soares CJ. Influence of method and period of storage on the microtensile bond strength of indirect composite resin restorations to dentine. *Braz Oral Res*. 2008 Oct-Dec;22(4):352-7. PubMed PMID: 19148392.
104. Barbosa CM, Sasaki RT, Florio FM, Basting RT. Influence of time on bond strength after bleaching with 35% hydrogen peroxide. *J Contemp Dent Pract*. 2008 Feb 01;9(2):81-8. PubMed PMID: 18264529.
105. Wilson D, Xu C, Hong L, Wang Y. Effects of different preparation procedures during tooth whitening on enamel bonding. *J Mater Sci Mater Med*. 2009 Apr;20(4):1001-7. PubMed PMID: 19083083.
106. Danesh-Sani SA, Esmaili M. Effect of 10% sodium ascorbate hydrogel and delayed bonding on shear bond strength of composite resin and resin-modified glass ionomer to bleached enamel. *J Conserv Dent*. 2011 Jul;14(3):241-6. PubMed PMID: 22025826. Pubmed Central PMCID: PMC3198552.
107. Gokce B, Comlekoglu ME, Ozpinar B, Turkun M, Kaya AD. Effect of antioxidant treatment on bond strength of a luting resin to bleached enamel. *J Dent*. 2008 Oct;36(10):780-5. PubMed PMID: 18579282.
108. Amaral CM, Rodrigues JA, Erhardt MC. Effect of whitening dentifrices on the superficial roughness of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2006; 18:102-8.
109. Khoroushi M, Aghelinejad S. Effect of postbleaching application of an antioxidant on enamel bond strength of three different adhesives. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011 Nov 01;16(7):e990-6. PubMed PMID: 21743424.
110. Dabas D, Patil AC, Uppin VM. Evaluation of the effect of concentration and duration of application of sodium ascorbate hydrogel on the bond strength of composite resin to bleached enamel. *J Conserv Dent*. 2011 Oct;14(4):356-60. PubMed PMID: 22144802. Pubmed Central PMCID: PMC3227280.
111. Thapa A, Vivekananda PA, Thomas MS. Evaluation and comparison of bond strength to 10% carbamide peroxide bleached enamel following the application of 10% and 25% sodium ascorbate and alpha-tocopherol solutions:

Referencias bibliográficas

An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2013 Mar;16(2):111-5. PubMed PMID: 23716960. Pubmed Central PMCID: PMC3659853.

112. Kaya AD, Turkun M. Reversal of dentin bonding to bleached teeth. *Oper Dent*. 2003 Nov-Dec;28(6):825-9. PubMed PMID: 14653300.

113. Comlekoglu ME, Gokce B, Kaya AD, Turkun M, Ozpinar B. Reversal of reduced bond strength after bleaching. *Gen Dent*. 2010 May-Jun;58(3):258-63; quiz 64-5. PubMed PMID: 20478806.

114. Miranda TA, Moura SK, Amorim VH, Terada RS, Pascotto RC. Influence of exposure time to saliva and antioxidant treatment on bond strength to enamel after tooth bleaching: an *in situ* study. *J Appl Oral Sci*. 2013 Nov-Dec;21(6):567-74. PubMed PMID: 24473724. Pubmed Central PMCID: PMC3891282.

115. Sharafeddin F, Farshad F. The Effect of Aloe Vera, Pomegranate Peel, Grape Seed Extract, Green Tea, and Sodium Ascorbate as Antioxidants on the Shear Bond Strength of Composite Resin to Home-bleached Enamel. *J Dent (Shiraz)*. 2015 Dec;16(4):296-301. PubMed PMID: 26636116. Pubmed Central PMCID: PMC4664025.

116. Yoon M, Burrow MF, Wong R, Parashos P. Effect of sodium ascorbate on resin bonding to sodium perborate-bleached dentin. *Oper Dent*. 2014 Jan-Feb;39(1):98-106. PubMed PMID: 23713808.

117. Yadav D, Golchha V, Paul R, Sharma P, Wadhwa J, Taneja S. Effect of tooth bleaching on orthodontic stainless steel bracket bond strength. *J Orthod Sci*. 2015 Jul-Sep;4(3):72-6. PubMed PMID: 26229947. Pubmed Central PMCID: PMC4504046.

118. Arumugam MT, Nesamani R, Kittappa K, Sanjeev K, Sekar M. Effect of various antioxidants on the shear bond strength of composite resin to bleached enamel: An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2014 Jan;17(1):22-6. PubMed PMID: 24554855. Pubmed Central PMCID: PMC3915379.

119. Kadiyala A, Saladi HK, Bollu IP, Burla D, Ballullaya SV, Devalla S, et al. Effect of Different Anti-Oxidants on Shear Bond Strength of Composite Resins to Bleached Human Enamel. *J Clin Diagn Res*. 2015 Nov;9(11):ZC40-3. PubMed PMID: 26674656. Pubmed Central PMCID: PMC4668521.

120. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*. 2005 Sep;21(9):864-81. PubMed PMID: 16009415.

121. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent*. 2004 Sep-Oct;29(5):481-508. PubMed PMID: 15470871.

122. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005 Feb;84(2):118-32. PubMed PMID: 15668328.
123. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.* 2008 Jan;24(1):90-101. PubMed PMID: 17442386.
124. Mjor IA, Shen C, Eliasson ST, Richter S. Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Oper Dent.* 2002 Mar-Apr;27(2):117-23. PubMed PMID: 11931133.
125. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003 May-Jun;28(3):215-35. PubMed PMID: 12760693.
126. Becker TD, Agee KA, Joyce AP, Rueggeberg FA, Borke JL, Waller JL, et al. Infiltration/evaporation-induced shrinkage of demineralized dentin by solvated model adhesives. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007 Jan;80(1):156-65. PubMed PMID: 16680696.
127. Jendresen MD, Glantz PO, Baier RE, Eick JD. Microtopography and clinical adhesiveness of an acid etched tooth surface. An in-vivo study. *Acta Odontol Scand.* 1981;39(1):47-53. PubMed PMID: 7023172.
128. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):1-16. PubMed PMID: 21112620. Pubmed Central PMCID: PMC3857593.
129. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982 May;16(3):265-73. PubMed PMID: 7085687.
130. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955 Dec;34(6):849-53. PubMed PMID: 13271655.
131. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol.* 1967 Dec;12(12):1615-20. PubMed PMID: 5237342.
132. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003 Feb;82(2):136-40. PubMed PMID: 12562888.
133. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.* 2004 Mar;83(3):216-21. PubMed PMID: 14981122.

Referencias bibliográficas

134. Brackett WW, Covey DA, St Germain HA, Jr. One-year clinical performance of a self-etching adhesive in class V resin composites cured by two methods. *Oper Dent.* 2002 May-Jun;27(3):218-22. PubMed PMID: 12025819.
135. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc.* 2003 Dec;69(11):726-31. PubMed PMID: 14653938.
136. Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, et al. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. *In vivo* evidence. *J Dent.* 2004 Nov;32(8):611-21. PubMed PMID: 15476955.
137. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010 Feb;26(2):e100-21. PubMed PMID: 20006379.
138. Burke FJ, Hussain A, Nolan L, Fleming GJ. Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2008 Dec;16(4):158-65. PubMed PMID: 19177726.
139. Abreu A, Loza MA, Elias A, Mukhopadhyay S, Looney S, Rueggeberg FA. Tensile bond strength of an adhesive resin cement to different alloys having various surface treatments. *J Prosthet Dent.* 2009 Feb;101(2):107-18. PubMed PMID: 19167535.
140. Lima AF, Fonseca FM, Freitas MS, Palialol AR, Aguiar FH, Marchi GM. Effect of bleaching treatment and reduced application time of an antioxidant on bond strength to bleached enamel and subjacent dentin. *J Adhes Dent.* 2011 Dec;13(6):537-42. PubMed PMID: 21246074.
141. Breschi L, Cadenaro M, Antonioli F, Visintini E, Toledano M, Di Lenarda R. Extent of polymerization of dental bonding systems on bleached enamel. *Am J Dent.* 2007 Aug;20(4):275-80. PubMed PMID: 17907494.
142. Feiz A, Mosleh H, Nazeri R. Evaluating the effect of antioxidant agents on shear bond strength of tooth-colored restorative materials after bleaching: A systematic review. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017 Mar 10;71:156-64. PubMed PMID: 28327437.
143. Zantner C, Beheim-Schwarzbach N, Neumann K, Kielbassa AM. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dent Mater.* 2007 Feb;23(2):243-50. PubMed PMID: 17109950.
144. da Costa Soares MU, Araujo NC, Borges BC, Sales Wda S, Sobral AP. Impact of remineralizing agents on enamel microhardness recovery after in-office tooth bleaching therapies. *Acta Odontol Scand.* 2013 Mar;71(2):343-8. PubMed PMID: 22564069.

145. Khoroushi M, Mazaheri H, Manoochehri A. Effect of CPP-ACP application on flexural strength of bleached enamel and dentin complex. *Oper Dent*. 2011 Jul-Aug;36(4):372-9. PubMed PMID: 21834713.
146. de Vasconcelos AA, Cunha AG, Borges BC, Vitoriano Jde O, Alves-Junior C, Machado CT, et al. Enamel properties after tooth bleaching with hydrogen/carbamide peroxides in association with a CPP-ACP paste. *Acta Odontol Scand*. 2012 Jul;70(4):337-43. PubMed PMID: 22320245.
147. Pinto CF, Oliveira R, Cavalli V, Giannini M. Peroxide bleaching agent effects on enamel surface microhardness, roughness and morphology. *Braz Oral Res*. 2004 Oct-Dec;18(4):306-11. PubMed PMID: 16089261.
148. Shadman N, Ebrahimi SF, Shoul MA, Sattari H. *In vitro* evaluation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate effect on the shear bond strength of dental adhesives to enamel. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015 Mar-Apr;12(2):167-72. PubMed PMID: 25878683. Pubmed Central PMCID: PMC4387630.
149. Heshmat H, Ganjkar MH, Miri Y, Fard MJ. The effect of two remineralizing agents and natural saliva on bleached enamel hardness. *Dent Res J (Isfahan)*. 2016 Jan-Feb;13(1):52-7. PubMed PMID: 26962316. Pubmed Central PMCID: PMC4770470.
150. Travis DF, Glimcher MJ. The Structure and Organization of, and the Relationship between the Organic Matrix and the Inorganic Crystals of Embryonic Bovine Enamel. *J Cell Biol*. 1964 Dec;23:447-97. PubMed PMID: 14245432. Pubmed Central PMCID: PMC2106542.
151. Abraham S, Ghonmode WN, Saujanya KP, Jaju N, Tambe VH, Yawalikar PP. Effect of grape seed extracts on bond strength of bleached enamel using fifth and seventh generation bonding agents. *J Int Oral Health*. 2013 Dec;5(6):101-7. PubMed PMID: 24453453. Pubmed Central PMCID: PMC3895726.
152. Ozoe R, Endo T, Abe R, Shinkai K, Katoh Y. Initial shear bond strength of orthodontic brackets bonded to bleached teeth with a self-etching adhesive system. *Quintessence Int*. 2012 May;43(5):e60-6. PubMed PMID: 22536597.
153. Cura M, Fuentes MV, Ceballos L. Effect of low-concentration bleaching products on enamel bond strength at different elapsed times after bleaching treatment. *Dent Mater J*. 2015;34(2):203-10. PubMed PMID: 25740169.
154. Titley KC, Torneck CD, Ruse ND. The effect of carbamide-peroxide gel on the shear bond strength of a microfil resin to bovine enamel. *J Dent Res*. 1992 Jan;71(1):20-4. PubMed PMID: 1740551.
155. Kavitha M, Selvaraj S, Khetarpal A, Raj A, Pasupathy S, Shekar S. Comparative evaluation of superoxide dismutase, alpha-tocopherol, and 10% sodium ascorbate on reversal of shear bond strength of bleached enamel: An *in*

Referencias bibliográficas

vitro study. Eur J Dent. 2016 Jan-Mar;10(1):109-15. PubMed PMID: 27011749. Pubmed Central PMCID: PMC4784140.

156. Khamverdi Z, Khadem P, Soltanian A, Azizi M. In-Vitro Evaluation of the Effect of Herbal Antioxidants on Shear Bond Strength of Composite Resin to Bleached Enamel. J Dent (Tehran). 2016 Aug;13(4):244-51. PubMed PMID: 28127316. Pubmed Central PMCID: PMC5253217.

157. Shamsedin M, Arash V, Jahromi MB, Moghadamnia AA, Kamel MR, Ezoji F, et al. Efficacy of quercetin flavonoid in recovering the postbleaching bond strength of orthodontic brackets: A preliminary study. J Orthod Sci. 2017 Jan-Mar;6(1):16-21. PubMed PMID: 28197398. Pubmed Central PMCID: PMC5278580.

158. Llena C, Oteo C, Oteo J, Amengual J, Forner L. Clinical efficacy of a bleaching enzyme-based toothpaste. A double-blind controlled clinical trial. J Dent. 2016 Jan;44:8-12. PubMed PMID: 26275929.

159. Joiner A. Whitening toothpastes: a review of the literature. J Dent. 2010;38 Suppl 2:e17-24. PubMed PMID: 20562012.

160. Khosravanifard B, Rakhshan V, Ghasemi M, Pakdel A, Baradaran-Eghbal S, Sheikholeslami R, et al. Tehran dentists' self-reported knowledge and attitudes towards HIV/AIDS and observed willingness to treat simulated HIV-positive patients. East Mediterr Health J. 2012 Sep;18(9):928-34. PubMed PMID: 23057385. Epub 2012/10/13. eng.

161. Abdelmegid FY. Effect of whitening toothpastes on bonding of restorative materials to enamel of primary teeth. Niger J Clin Pract. 2016 Mar-Apr;19(2):242-7.

Anexos

Anexo 1. Aprobación Comisión de doctorado



Barcelona, 13 de febrero de 2013

Sra. Pilar Fenoy Illacer
Sant Marius, 49, 4º1
08022, Barcelona

Estimada Sra.

Por la presente, le comunico que la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias de la Salud, en la su sesión del 8 de febrero de 2013, y una vez estudiada su solicitud ha acordado:

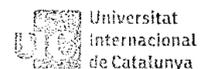
Se acuerda admitir a la Sra. Pilar Fenoy Illacer al Periodo de Investigación del Doctorado en Odontología.

Se acuerda aprobar el Proyecto de Tesis titulado "Influencia de los antioxidantes, ascorbato de sodio y alpha-tocoferol, en la fuerza de adhesión al esmalte previamente blanqueado con dentífricos blanqueadores", y nombrar al Dr. Akram Alí Hussein como Director de la Tesis.

Adicionalmente, se le informa que la normativa de la UIC establece que debe obtener una evaluación favorable del Comité de Ética en la Investigación, antes de la puesta en marcha de la investigación.

Aprovecho la oportunidad para saludarla cordialmente,

Jaime Oliver Serrano
Secretario Comisión Académica
Doctorado en Ciencias de la Salud



REGISTRE GENERAL

Sortida

110290

Data

14 02 13

Anexo 2. CER Proyecto de tesis



CARTA APROVACIÓ PROJECTE PEL CER

Codi de l'estudi: PRV-ELM-2013-01

Versió del protocol: 1.1

Data de la versió: 26/02/13

Títol: "Influencia de los antioxidantes, Ascorbato de sodio y α -Tocoferol, en la fuerza de adhesión al esmalte previamente blanqueado con dentríficos blanqueadores"

Sant Cugat del Vallès, 27 de febrer de 2013

Investigadora: Pilar Fenoy Illacer

Títol de l'estudi: "Influencia de los antioxidantes, Ascorbato de sodio y α -Tocoferol, en la fuerza de adhesión al esmalte previamente blanqueado con dentríficos blanqueadores"

Benvolgut(da),

Valorat el projecte presentat, el CER de la Universitat Internacional de Catalunya, considera que, des del punt de vista ètic, reuneix els criteris exigits per aquesta institució i, per tant, ha

RESULT FAVORABLEMENT

emetre aquest CERTIFICAT D'APROVACIÓ per part del Comitè d'Ètica de la Recerca, per que pugui ser presentat a les instàncies que així ho requereixin.

Em permeto recordar-li que si en el procés d'execució es produís algun canvi significatiu en els seus plantejaments, hauria de ser sotmès novament a la revisió i aprovació del CER.

Atentament,



Dr. Josep Argemí
President CER-UIC

