



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EFFECTO DEL HIPOCLORITO DE SODIO E HIDRÓXIDO DE
CALCIO COMO ACONDICIONADORES DE DENTINA EN
LA RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO DE
RESTAURACIONES DE RESINA USANDO UN SISTEMA
ADHESIVO CON GRABADO ÁCIDO.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A :

AGUSTINA BRITO NAVARRO

TUTOR: DR. FEDERICO HUMBERTO BARCELÓ SANTANA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



G R A C I A S

A Dios Nuestro Señor por el don de la vida y por permitirme lograr este objetivo, que por razones ajenas a mi voluntad pospuse por tanto tiempo.

A mis padres: Que desde el cielo me bendicen.

A Mamá Gude: Quien con su ejemplo me enseñó los valores que rigen mi vida.

A mi hija: Martha Elizabeth, por su amor y su invaluable apoyo. Te amo hija.

A mis pequeños hijos-nietos Marelly y Daniel (6 y 9 años) por ser mis ternuritas y por darme tiempo para realizar este proyecto. Quiero que sepan que ustedes y mami, son el mejor regalo que Dios me ha otorgado. Los amo ahora y siempre.

A mi yerno: Por su paciencia y por este par de maravillosos nietos.

A mis hermanos: Con amor y gratitud, especialmente Julita y Bonino.

Al Dr. Marco Tulio: Por coincidir en mi tiempo y espacio.

Al Dr. Eliseo Solís Villanueva: Por compartir su entusiasmo e impulsarnos para seguir adelante.

A mi hermana Edith porque juntas vivimos la emoción de cursar la carrera y aún compartimos la alegría de asistir a cursos congresos, viajes y diversiones.

A Pajis: Mi amiga-hija por formar parte de este hogar hacedor de Cirujanos Dentistas (Bere, Tu, Elizabeth y yo).

A la Dra. Tere, a Ale y a Mario. Por asistirnos con cariño y oportunamente.

A mis compañeros: Paty, Elena, Cristian y Eder: por su apoyo.



A G R A D E Z C O

A la Universidad Nacional Autónoma de México: Por abrigarme en sus aulas. Reconozco la grandeza de pertenecer a su comunidad.

A mis anteriores maestros especialmente al Dr. Aguilar y al Dr. Víctor de la Rosa y Huesca, Dr. Víctor Díaz Pliego, Dra. Patricia Díaz P. y todos los no mencionados aquí.

A mis actuales maestros:

Dr. Carlos Andrés Álvarez Gayosso

Dr. Jorge Guerrero.

Dra. Paulina Ramírez Ortega.

Por sus valiosas enseñanzas, por su paciencia y por todas sus gentilezas.

Dra. Diana López Vargas

Dra. Rina Feingold Steiner

Dra. Soraya Salado García

Rosita Cruz Cortés

Dr. Jaime Alberto González Orea

Quienes en este momento también forman parte importante de mi vida.

Dra. . Adilene... gracias por el “arbolito generador de dientes” que juntas cultivamos.

De manera especial y con gratitud a mi tutor, Dr. Barceló Santana. Por sus valiosas y generosas enseñanzas, por dejarnos en claro la forma de abordar la investigación a través del:

- Conocimiento de nuestras debilidades
- Conocimiento de nuestra fortaleza
- Exponernos al error y al acierto
- Retroalimentarnos
- No claudicar

Gracias por aconsejarme no bajar la guardia.



ÍNDICE

			PÁGINA
1.-	Resumen		1
2.-	Introducción		2
3.-	Antecedentes		3
4.-	Generalidades		17
4.1	Proteínas		17
4.2	Colágeno		18
	4.2.1 Red de Fibras Colágenas		19
4.3	Desproteínización		20
4.4	Desnaturalización		22
4.5	Dentina		25
	4.5.1 Características de la Dentina		25
	4.5.2 Acondicionamiento de la Dentina		26
4.6	Capa Híbrida		27
4.7	Adhesión		28
	4.7.1 Mecanismos de adhesión		29
	4.7.2 Adhesión a Esmalte		29
	4.7.3 Adhesión a Dentina		30
4.8	“Smear Layer” (Barro Dentinario)		30
5.-	Planteamiento Del Problema		32
6.-	Objetivo		33
7.-	Justificación		33
8.-	Hipótesis		33
9.-	Material y Método		34
	9.1 Material		34
	9.2 Método		38
10.-	Resultados		43
11.-	Discusión		44
12.-	Conclusiones		46
13.-	Referencias Bibliográficas		47



1. RESUMEN

El uso de hipoclorito de sodio y solución de hidróxido de calcio (CaOH_2) como agente desproteinizante es una estrategia común en la preparación de conductos radiculares y en algunas cavidades dentarias para eliminar los elementos orgánicos tanto de la estructura del esmalte como de la dentina.

El **Objetivo** de este estudio *in vitro* es comparar la influencia que tiene en la adhesión de un sistema adhesivo con grabado ácido en dentina, el desproteinar la superficie de dentina con soluciones de hipoclorito de sodio e hidróxido de calcio, previo al grabado ácido. **Materiales y Método:** 45 terceros molares no erupcionados extraídos por métodos quirúrgicos libres de caries y material orgánico fueron divididos aleatoriamente en tres grupos de 15 cada uno. La superficie de la dentina fue expuesta en cada uno con papel abrasivo grano 120, 500 y 600. A dos grupos experimentales previo a la colocación del grabado ácido (3M ESPE Scotchbond, USA), sistema adhesivo (Adper Single Bond 3M ESPE, USA) y la colocación de una resina (Filtek P60 3M ESPE, USA) se les colocó: a uno una solución de hipoclorito de sodio al 5% (NaOCl) y al otro una solución de hidróxido de calcio al 5% (CaOH_2). Un grupo control se manejó sin colocación de ninguna solución acondicionadora. A las 24 horas de la adhesión se les aplicó una carga para desprender la resina con una maquina universal de pruebas Instron, a una velocidad de carga de un milímetro por minuto. **Resultados:** Experimental NaOCl 15.2 MPa, Experimental CaOH_2 9.8 MPa Control 11.4 MPa. Arrojando una diferencia estadísticamente significativa entre el Experimental NaOCl con los otros dos grupos. $p < 0.05$. **Conclusión:** El uso de una solución de hipoclorito de sodio al 5% (NaOCl) previo a la colocación de un sistema adhesivo con grabado ácido, incrementó los valores de resistencia al desprendimiento de una resina.



2. INTRODUCCIÓN

La odontología cosmética ha adquirido un gran auge gracias a la aparición de diversos materiales estéticos que devuelven a las piezas dentales su aspecto de salud e integridad, sin embargo, este hermoso sueño se ve empañado al llegar el inevitable momento de intentar “fusionar” un material diseñado en laboratorio a la superficie dental naturalmente creada. Es por esto que los esfuerzos de renombrados investigadores, industria dental, y universidades a nivel mundial están enfocados en descubrir o crear el anhelado elemento que permita unir de manera imperceptible y por un largo periodo de tiempo, de preferencia permanentemente, ambas superficies.

La presente investigación, realizada en el área de Materiales Dentales de la Unidad de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México, se enfoca a analizar la utilidad del hipoclorito de sodio y el hidróxido de calcio, exitosamente utilizados en otras áreas de la odontología, como agentes alcalinizantes de la superficie dental con el fin de lograr la remoción ó alteración de las proteínas (colágena) para propiciar una superficie de dentina más apta para la adhesión.

El uso del hipoclorito de sodio (NaOCl) y solución de hidróxido de calcio (CaOH₂) como agentes desproteinizantes es una estrategia común en la preparación de conductos radiculares y en algunas cavidades dentarias para eliminar los elementos orgánicos tanto de la estructura del esmalte como de la dentina.



3. ANTECEDENTES

En sus orígenes la odontología fue sometida a los más diversos conceptos y filosofías como son la época del empirismo de finales del siglo primero a 1910, en el que se utilizaba el opio para combatir el dolor, el cual se atribuía al castigo divino y trajo como consecuencia lógica la creencia en el poder de los santos para aliviar el dolor y curar las enfermedades, entre los que destacaba Santa Apolonia, patrona de la odontología, nacida en el siglo III en Alejandría.



SANTA APOLONIA

Tanto la medicina como la odontología se mantuvieron en ese estado de atraso hasta la aparición de hechos concretos como fueron los trabajos de grandes anatomistas del siglo XVI, así, en 1514 Vesalius puso en evidencia por primera vez la presencia de una cavidad en el interior de un diente extraído y Eustaquio fue el primero en diferenciar el cemento radicular y en mencionar algunas diferencias entre dientes deciduos y permanentes.

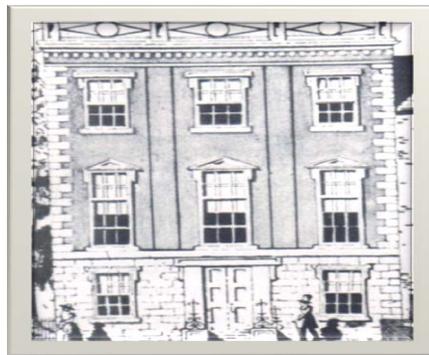
Leewenhoek construyó el primer microscopio y estudió la estructura dentaria y en 1678 hizo una descripción de los túbulos dentinarios y también señaló la presencia de microorganismos en los conductos radiculares.



Ambroise Paré, célebre cirujano del siglo XVI, entre sus medicamentos aconseja la esencia de clavo, además de ofrecer algunas indicaciones para el diagnóstico diferencial entre pulpitis y periodontitis.

Wilhelm Faby, uno de los precursores del concepto de la infección focal, dio un sello científico a los conocimientos empíricos de la época al establecer relación entre las afecciones dentales y las demás partes del cuerpo. No obstante, los conocimientos empíricos se fueron sucediendo de forma lenta y rudimentaria hasta que en el siglo XVI se acentuó el progreso odontológico y se observó una clara división entre medicina y odontología, fue en este mismo siglo, cuando se iniciaba la verdadera “época científica” que Fauchard, considerado el “fundador de la odontología moderna”, reúne todos los datos que existían hasta esa época y los publica en dos volúmenes: *Le Chirurgien Dentiste o Traité de Dents*. El libro tuvo un éxito extraordinario y fue traducido a varios idiomas.

En 1839, en Baltimore Estados Unidos surgió la primera escuela de odontología en el mundo y **en 1840 se concede el primer Título de Cirujano Dentista** con el diploma de Cirujano Dentista Doctor.



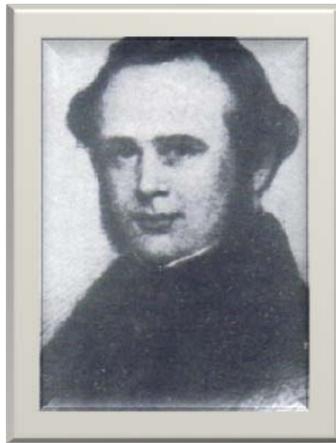
PRIMERA ESCUELA DE ODONTOLOGÍA

Con el descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895 llegó la primera revolución en la historia de la odontología. Se inició el uso de diversas sustancias con propiedades momificantes de los tejidos pulpaes



como el fenol en 1876 y el “formocresol de Buckley” en 1904, que fue quien introdujo el cresolformol para el control químico de residuos de los conductos y como desinfectante eficaz para el tratamiento de los dientes despulpados. Price recomendó el uso de la radiografía para el diagnóstico dental.

En 1844 Horace Wells descubre la propiedad anestésica del protóxido de nitrógeno (óxido nitroso) y William Morton y Charles T. Jackson con el éter sulfúrico en 1846.



HORACE WELLS

En 1870, G. V. Black sugiere el uso del óxido de zinc como material de recubrimiento pulpar.

Fue Walkhoff en 1891, en la llamada “era germicida” quien prácticamente la inauguró proponiendo el empleo del p-monoclorofenol. A partir de entonces comenzaron a usarse los medicamentos más potentes y también los más irritantes. En esa época se juzgaba el resultado del tratamiento endodóntico tan sólo por la presencia o ausencia de dolor, inflamación o fístula hasta el descubrimiento de los rayos X por Roentgen y empleados por primera vez por Walkhoff.



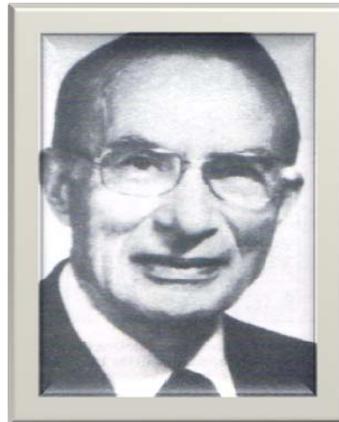
OTTO WALKHOFF

Este medio de diagnóstico, aún poco difundido, reveló una alteración patológica hasta entonces desconocida como eran las lesiones periapicales. Todo parecía ir muy bien hasta esa época, los malos resultados de los tratamientos no habían sido criticados hasta que en 1910, aparece un médico inglés, William Hunter, que critica enérgicamente la mala odontología que se practicaba, haciéndola responsable de los focos de infección o “sepsis oral” como la denominaba. Afirmaba también que la odontología conservadora de la época era, eso sí, conservadora de los focos de infección. Hunter creía que la dentina no tenía circulación, sensibilidad, capacidad de reparación ni cualquiera de las condiciones de un tejido vivo.

Más tarde, con la llegada de la era biológica y con un mayor respeto por los tejidos vivos, las cosas mejoraron.

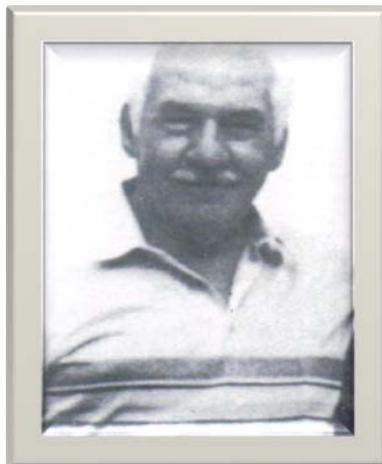
Walkhoff sustituyó el p-monoclorofenol por el p-monoclorofenol alcanforado y en 1929, Coolidge destacó las propiedades irritantes del eugenol.

En 1920 el Dr. Hermann, introdujo el uso del hidróxido de calcio, una pasta denominada Calxyl, indicada para la obturación de conductos radiculares, Grossman sugiere el empleo de la azocloramida, un compuesto estable que se descompone gradualmente en presencia de material orgánico con liberación gradual de cloro y Walker en 1936, emplea el hipoclorito de sodio como solución irrigadora de los conductos radiculares, éste producto fue ampliamente difundido por Grossman a partir de la década de 1940.

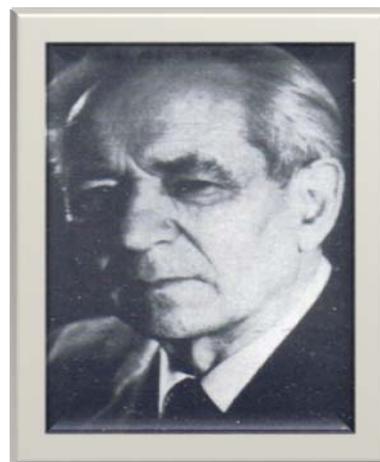


LOUIS I. GROSSMAN

Grossman hizo una evaluación clínica y radiográfica en 2000 pacientes que se sometieron a tratamiento de conductos en un período de 1 a 16 años (tabulada en 1936), en la que puso de manifiesto el éxito en un 76% de los casos estudiados. Zander, en 1939 demostró la curación completa de la pulpa protegida con hidróxido de calcio y prácticamente introdujo esta sustancia a los Estados Unidos y Oscar A. Maisto a Argentina y por lo tanto a América del Sur. La solución de hidróxido de calcio en conductos radiculares fue utilizada por Castagnola en Brasil en 1958 y a partir de esa fecha, Truffi utilizó esa sustancia en forma de solución para irrigación y así fue el pionero de su aplicación en México.¹⁵



OSCAR A. MAISTO



LUIGI CASTAGNOLA



Richard E. Walton, Define al hipoclorito de sodio como el irrigante más popular y más recomendado en diversas concentraciones y afirma que por lo general, es la sustancia química más disponible, de utilización sencilla y se cataloga en las investigaciones como la mejor.⁹

En una odontología más reciente (1999), Perdigão, Toledano, Osorio y Rosales escribieron lo siguiente: El hipoclorito sódico es un agente proteolítico no específico (Marshall Gw, Yucel N, Balooch M, *et al* 2001) que, efectivamente, remueve los componentes orgánicos de la dentina; el colágeno desestabilizado superficial y el barrillo dentinario remanente del grabado ácido, cambiando, además, su composición química (Inaba D, Duschner H, Jogenbloed W. *et al.* 1995, Sakae, Mishima & Kizawa, 1988).²⁵

Durante los últimos 30-40 años, los odontólogos se han enfrentado a un continuo y rápido cambio de los materiales dentales y en especial de los adhesivos. Este movimiento se inicia con la comercialización de la primera resina dental de uso directo seguida de la introducción a la práctica clínica de la técnica de grabado ácido.⁷

El primer intento por lograr adhesión a los tejidos dentales fue dado por el químico Oscar Hagger, quien en 1949 patentó en su país un producto basado en el dimetacrilato del ácido glicerofosfórico, que la compañía amalgamated/De Tray comercializó con el nombre de Sevritón Cavity Seal, al mismo tiempo patentó una resina acrílica restauradora fotopolimerizable bajo el nombre de Sevitron.¹¹

Más tarde, en 1955 el Dr. Michael G. Buonocore realizó el primer avance significativo sobre la adhesión dental al introducir la técnica del grabado ácido,² basado en la utilidad que el ácido fosfórico tenía en la industria, pues se le usaba en superficies metálicas como removedor de impurezas y óxido previo a la aplicación de pinturas ó capas resinosas lo que incrementaba valiosamente la adhesión entre ambas superficies. Su visionaria actitud lo hizo encontrar características similares entre el metal



con su capa de óxido e impurezas y el diente con su smear layer y sus contaminantes. Ese artículo reporta el uso de una solución de ácido fosfórico al 85%.² A partir de ese momento, la creciente demanda de tratamientos estéticos restauradores y no restauradores, así como el refinamiento de las técnicas de adhesión, han transformado totalmente la práctica de la operatoria dental.⁵

La técnica del grabado ácido ha provisto una superficie ideal para la adhesión a esmalte usando ácido fosfórico al 30- 40%.⁵ El patrón de grabado resultante está caracterizado por la formación profusa de microporosidades que permiten la penetración de monómeros para formar tags de resina que proveen retención micromecánica, como lo describe Gwinnett en su artículo "The Morphologic Relationship Between Dental Resins and Etched Dentin"¹⁹ haciendo referencia a otro de sus artículos ("A Study of Enamel Adhesives. The Physical Relationship Between Enamel and Adhesive", 1967) y al trabajo realizado con el propio Buonocore ("Adhesives and Caries Prevention", 1965), quien a su vez en 1956 había reportado el uso de una resina capaz de adherirse a la superficie de la dentina humana.²⁴ En este último artículo, Buonocore menciona haber dirigido por primera vez sus esfuerzos en busca de un material novedoso que propiciara adhesión a la estructura dentaria. Las técnicas aquí descritas son las bases que sustentan a la odontología actual, sin embargo, como ellos mismos mencionan en dichos artículos, debido a las propiedades específicas de la dentina, tales como su estructura tubular y su humedad intrínseca, las técnicas de adhesión no han alcanzado aún sus características ideales,⁵ y es precisamente este el punto en el que radica la dificultad para conseguirlo. Las características del sustrato adherente (incluyendo su humedad y la formación de "debris" o "smear layer" conocido también como barro dentinario que se forma debido al uso de instrumentos rotatorios como las fresas dentales) son aún motivo de estudio, pues entorpecen la formación adecuada de una zona de interdifusión o capa híbrida.¹³



Con el fin de contribuir a encontrar una técnica que mejore las condiciones del sustrato adherente (dentina), el Dr. Barceló Santana propuso para este estudio *in vitro* el uso del hipoclorito de sodio y el hidróxido de calcio como acondicionadores, **previo** al grabado con ácido fosfórico (según método descrito en páginas posteriores) debido a sus propiedades alcalinas como agentes auxiliares para remover proteínas, lípidos, carbohidratos, agua y minerales que conforman la colágena de la superficie del diente, con el propósito de lograr la adhesión eficaz de los sistemas adhesivos que en 1945 el Dr. Michael G. Buonocore propusiera.

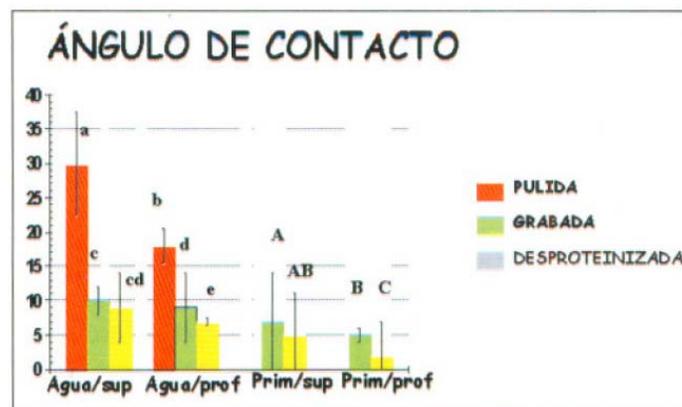
Como antecedentes de este estudio, en el año 2004, Osorio Ruiz E. publicó su artículo “Control del colapso del colágeno: desproteinización”²⁵ donde menciona haber realizado un estudio al lado de Toledano M., Perdigão J., Rosales JI et al en 1999, cuyo objetivo fue caracterizar la superficie de la dentina pulida, grabada con ácido y **luego** desproteinizada con hipoclorito Sódico al 5% durante 2 minutos, y describe al hipoclorito como un agente proteolítico no específico (Marshall Gw, Yucel N, Balooch M, et al 2001) que, efectivamente, remueve los componentes orgánicos de la dentina; el colágeno desestabilizado superficial y el barrillo dentinario remanente del grabado ácido, cambiando, además, su composición química (Inaba D, Duschner H, Jogenbloed W. et al. 1995, Sakae, Mishima & Kizawa, 1988), afirmando además que este sustrato desproteinizado es rico en cristales de hidroxiapatita expuestos (Wakabayashi & others 1994) y puede dar lugar a una interfase estable en el tiempo, pues está esencialmente compuesta de mineral lo mismo que el esmalte grabado (Tanaka & Nakai, 1993). Autores como Perdigão (1999) han descrito, que después del tratamiento con hipoclorito sódico durante sólo dos minutos, la superficie de dentina tiene unos túbulos dentinarios más abiertos, debido a la pérdida de dentina peritubular desmineralizada, lo cual también disminuye el área de dentina intertubular residual. El diámetro de las ramas laterales de los túbulos también aumenta y son más numerosas, que con el grabado ácido sólo, lo que produciría tags de resina más fuertes. Perdigão y colaboradores (1999)



encontraron un extenso entramado de canales secundarios con numerosas anastomosis abiertas hacia la región intertubular y hacia la luz de los túbulos. Existiendo, también, finas irregularidades en la dentina intertubular desproteinizada que aumentarían la retención de la resina, lo cual produciría una clara diferencia en comparación con la superficie obtenida con el uso del ácido ortofosfórico sólo.

Autores como Pratti C (1992), Wakabayashi y (1994) y Gwinnett (1996) han demostrado que aumenta la adhesión en dentina desproteinizada y mejora su permeabilidad (Inaba & others, 1995). En las fotografías de microscopía electrónica de barrido se puede apreciar la diferencia entre dentina grabada y dentina desproteinizada. Los resultados mostraron que el tratamiento de la dentina tiene un efecto significativo en la rugosidad de la misma (Toledano M, Osorio R, Perdigao JI *et al* 1999).

El grabado ácido aumenta la rugosidad de la dentina profunda, cuando la dentina superficial se desproteiniza no varía su rugosidad respecto de la dentina grabada esto es debido a la mayor densidad tubular y la apertura de los lúmenes tubulares. Cuando la rugosidad aumenta, el ángulo de contacto que produce el agua disminuye, así, el ángulo de contacto disminuye cuando la dentina grabada es comparada con la dentina pulida (pues es más rugosa), independientemente de la profundidad de la misma. El ángulo de contacto obtenido en la dentina superficial grabada es similar a la dentina superficial desproteinizada, pero diferente a la dentina profunda (Gráfica 1).



Gráfica 1



En cuanto al ángulo de contacto del primer: en dentina superficial no existen diferencias significativas entre grabada y desproteïnizada. En dentina profunda el ángulo de contacto era mayor en la grabada que en la desproteïnizada.

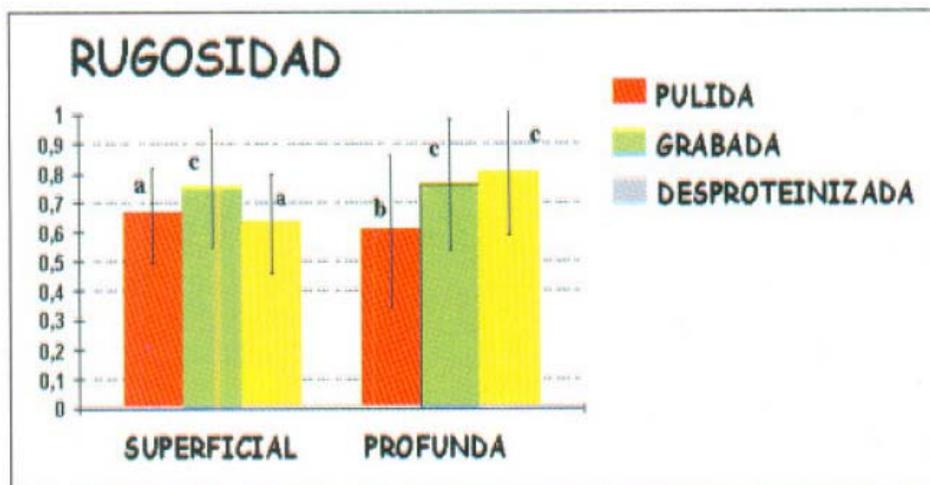
Entre ambos tipos de dentina existieron diferencias estadísticamente significativas tanto en pulida, grabada como desproteïnizada. En dentina profunda el ángulo de contacto era menor tanto con el primer como con el agua.

Hay que tener en cuenta que existen diferencias morfológicas entre la estructura de la dentina profunda y la dentina superficial, que podrían dar cuenta del comportamiento clínico y mecánico de ambos tejidos; el número relativo de túbulos expuestos, el área de dentina peritubular, y el área ocupada por dentina intertubular varía dramáticamente dependiendo de la profundidad de la dentina que está siendo observada (Perdigao J, Thompson JY, Toledano M, Osorio R 1999). La remoción del colágeno en dentina superficial no parece jugar un papel importante en la fuerza de adhesión obtenida en este substrato. Estudios previos han demostrado que la humectabilidad no aumenta en dentina superficial cuando se desproteïniza. Otros autores no obtienen diferencias entre las fuerzas de adhesión en dentina superficial grabada y dentina superficial grabada/desproteïnizada.

Sin embargo en la dentina profunda grabada cuando se desproteïniza aumenta la humectabilidad debido a cambios químicos (aumento de la concentración de iones calcio, hidroxapatita) en la superficie y a cambios en su acción capilar, ya que aumentan los lúmenes de los túbulos además de remover el colágeno expuesto de baja energía superficial. Cuando la dentina profunda es grabada y desproteïnizada, la fuerza de adhesión aumenta un 37.5% llegando a valores similares a los obtenidos en dentina superficial grabada.



En un estudio que tenía como objetivo comparar las fuerzas de adhesión que se producen entre el Prime & Bond 2.1 y la dentina superficial grabada y grabada y desproteínizada y la dentina profunda grabada y grabada y desproteínizada, los resultados mostraron que la profundidad de la dentina y el tratamiento de la misma no influían si se evaluaban de forma independiente pero existían interacciones positivas (gráfica 2) (Toledano M, Perdigao J, Osorio E, et al 2000).



Gráfica 2

Después del grabado, la fuerza de adhesión era mayor en la dentina superficial que en la profunda. Cuando se aplicaba hipoclorito la fuerza de adhesión aumentaba significativamente en la dentina profunda, pero bajaba levemente (no significativo estadísticamente) en la superficial.

Después de la aplicación de hipoclorito, superficial y profunda mostraron una fuerza de adhesión estadísticamente igual. El fallo en la tracción fue adhesivo en la mayoría de los casos.

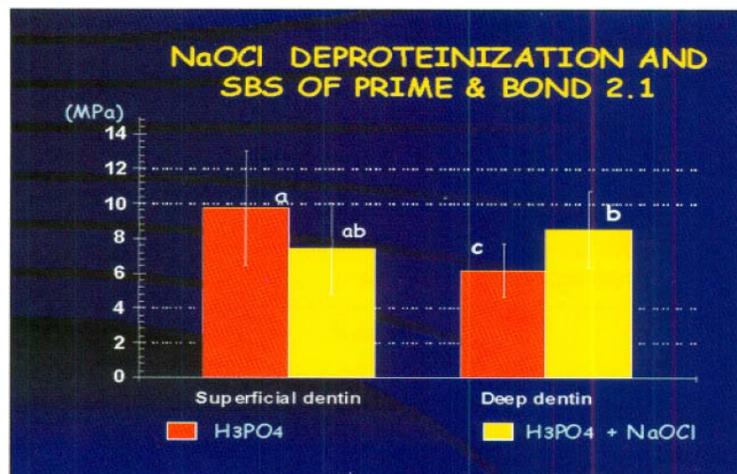


Por lo tanto y en resumen la remoción del colágeno con hipoclorito sódico da lugar a una superficie irregular, rica en hidroxapatita, que permite el sellado completo de los túbulos con resina y no forma capa híbrida.

En la microscopía electrónica de barrido se puede apreciar la diferencia entre la adhesión que se produce en dentina grabada y la que se produce en dentina grabada y desproteinizada.

Se realizó otro estudio para evaluar el sellado de las restauraciones cuando se desproteinizaba la dentina mediante microfiltración con Fuccina. El objetivo del estudio fue evaluar la microfiltración de restauraciones de clase V de resina cuando se graba la dentina con H₃PO₄ al 36% y posteriormente se desproteiniza con NaOCl al 5% en solución acuosa.

Los resultados del estudio mostraron que no existían diferencias entre la dentina grabada o el esmalte grabado y la dentina desproteinizada o el esmalte desproteinizado en ninguno de los márgenes de la restauración, pero si existían diferencias entre los márgenes siendo el oclusal el que más filtración presentaba (Gráfica 3).



Gráfica 3.



Otros estudios han demostrado mayor efecto positivo del hipoclorito sódico en la fuerza de adhesión con los adhesivos basados en acetona (Saboia V de Pa, Rodríguez AL, Pimenta LAF. 2000) que los adhesivos basados en etano-agua, esto puede ser debido a la mayor capacidad de la acetona para desplazar el agua del substrato, este factor puede aumentar el contacto de los monómeros con la estructura irregular de dentina expuesta tras el tratamiento con hipoclorito. Además los adhesivos basados en agua/etanol difunden más lentamente que los adhesivos basados en acetona, por lo que el intervalo de tiempo que los fabricantes recomiendan para los primeros parece ser insuficiente como para permitir una completa difusión de los monómeros dentro del substrato.

De todas formas la remoción del colágeno aumenta el contacto entre el adhesivo y los cristales de hidroxiapatita por un aumento de la permeabilidad dentinaria.

La aplicación de hipoclorito, además, puede tener otros beneficios adicionales como su efecto antimicrobiano y el ser un agente solvente que puede desinfectar y limpiar el tejido dental de restos orgánicos.

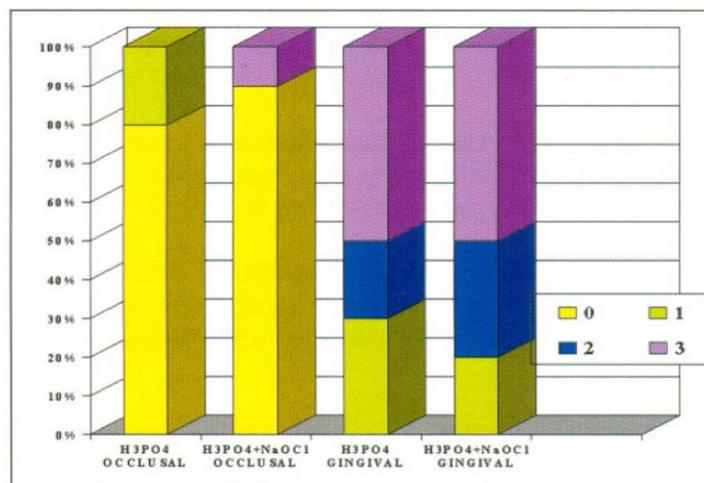
Pero recientemente se ha puesto de manifiesto que el efecto del hipoclorito depende del tiempo que se le deje actuar (Prati C, Chersoni S, Pashley DH. 1999), este estudio sugirió que el proceso de desproteización de la dentina es mucho más lento que el de grabado ácido o desmineralización, la dentina desproteizada durante varios días aún mostraba presencia de colágeno; esto es debido a que las fibras de colágeno que están encapsuladas por hidroxiapatita no son accesibles al hipoclorito, mientras que el colágeno expuesto en la superficie de la dentina por el proceso de desmineralización es rápidamente atacado y removido.



Por otro lado también se ha demostrado que durante la desproteinización no todas las fibrillas de colágeno se pierden, ya que son más visibles después del tratamiento con hipoclorito en el microscopio de fuerzas atómicas, se ha demostrado que la desproteinización de la dentina es solo parcial y que son otras las proteínas y no todo el colágeno las que se pierden durante esta desproteinización. A esta remoción incompleta del colágeno se le ha atribuido la disminución de la fuerza de adhesión con algunos adhesivos al aplicar hipoclorito.

Otro factor que se ha postulado como responsable de la disminución de la fuerza de adhesión en algunos adhesivos es el efecto oxidante del hipoclorito sódico en dentina, sobre todo con adhesivos basados en acetona, durante la activación por luz del adhesivo, resultando una terminación prematura de la polimerización y por tanto incompleta.

En el caso de la aplicación de agua oxigenada, otro oxidante muy utilizado en odontología, la fuerza de adhesión puede verse afectada por la presencia de solución de agua oxigenada residual en este tejido, que libere oxígeno y agua. La liberación de oxígeno puede también interferir con la infiltración de la resina o inhibir la polimerización de aquellas que polimerizan mediante el mecanismo de radicales libres. (Gráfica 4).



Gráfica 4.



Se está investigando que la disminución de la fuerza de adhesión en la dentina grabada y tratada con hipoclorito es reversible con el tratamiento de la misma con ascorbato de sodio, un antioxidante. A la luz de estos encuentros, es posible que las alteraciones en la adhesión no sean permanentes, y puedan producirse cambios reversibles en el potencial redox (reacción de oxidación-reducción) de los componentes orgánicos de este tejido. También se especula que los iones hipoclorito pueden sustituir temporalmente a los iones hidroxilo de las moléculas de hidroxiapatita, lo cual es termodinámicamente desfavorable, tal proceso puede ser reversible con un antioxidante como el ascorbato de sodio o el ácido ascórbico.

Se está investigando la posible aplicación de ácido ascórbico o de su sal, ascorbato de sodio, como antioxidante capaz de anular los radicales libres en sistemas biológicos, neutralizando el efecto oxidante del hipoclorito sódico.²⁵



4. GENERALIDADES

4.1 PROTEÍNAS

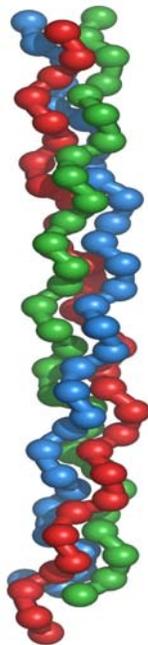
Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos. El nombre proteína proviene de la palabra griega (“prota”), que significa “lo primero” o del dios Proteo, por la cantidad de formas que pueden tomar. Desempeñan un papel fundamental en los seres vivos y son las biomoléculas más versátiles y más diversas. Realizan una enorme cantidad de funciones, entre ellas están las estructurales (colágeno y queratina), reguladoras (insulina y hormona del crecimiento), transportadora (hemoglobina), defensiva (anticuerpos), enzimática, contráctil (actina y miosina). Las proteínas de todo ser vivo están determinadas mayoritariamente por su genética (con excepción de algunos péptidos antimicrobianos de síntesis no ribosomal), es decir, la información genética



determina en gran medida qué proteínas tiene una célula, un tejido y un organismo. De sus funciones, haremos énfasis en las estructurales por su contenido de colágeno.¹⁶

4.2. COLÁGENO

El **colágeno** es una molécula proteica que forma fibras, las fibras colágenas. Estas se encuentran en todos los organismos pluricelulares. Son secretadas por las células del tejido conjuntivo como los fibroblastos, así como por otros tipos celulares. Es el componente más abundante de la piel y de los huesos, cubriendo un 25% de la masa total de proteínas en los mamíferos.²⁰ Las fibras colágenas son flexibles, pero forman estructuras que resisten las fuerzas de tracción. Cuando el colágeno se desnaturaliza por ebullición y se deja enfriar, manteniéndolo en una solución acuosa, se convierte en gelatina.²⁰



*Aspecto de la
proteína precursora
del colágeno
llamada
tropocolágeno
mostrando la triple
cadena que lo
conforma.*



Esta proteína estructural representa en los mamíferos el 30% de las proteínas totales del organismo. Su función es mecánica y de soporte, siendo un componente importante de la matriz extracelular. Cuando el procolágeno intracelular se secreta al medio extracelular, las moléculas liberadas bajo la forma de un precursor tropocolágeno se reúnen en fibras responsables de la integridad funcional y estructural de tejidos como hueso, cartílago, mucosas, dermis, dentina, esmalte, etcétera.²²

En los tejidos humanos se conocen alrededor de 16 tipos de colágeno diferentes, de los cuales el tipo I es el principal componente de la colágena dentinaria, le siguen el tipo IV y V y, en menor cantidad el tipo II.^{7,11}

4.2.1 RED DE FIBRAS COLÁGENAS

La estructura secundaria de las proteínas fibrosas incluyendo las de la piel, tendones, hueso y músculo tienen funciones estructurales protectoras y de motilidad. Comprenden casi el 25% del total de las proteínas del organismo.

La colágena ejemplifica diversas relaciones entre estructura y función que caracteriza a las proteínas fibrosas de los vertebrados. La colágena de los tendones forma estructuras muy asimétricas de fuerza tensil elevada, mientras que la de la piel forma tramos laxos y fibras flexibles, en la córnea del ojo está ordenada de manera casi cristalina y es transparente, y finalmente,¹² la colágena de las regiones duras de los dientes y de los huesos contiene hidroxapatita, un polímero de sulfato de calcio, cuya su disposición espacial es en forma de fibras continuas, obedeciendo a las diferentes direcciones de las fuerzas que deben soportar.^{12,22} Esta red de tejido conectivo parcialmente mineralizado, de fibras colágenas con elevado contenido de materia orgánica como colágeno tipo I, IV y V además de agua, está en estrecho contacto con la pulpa.^{5,7}



La matriz de la dentina propiamente dicho está compuesta por fibras de colágena, hidroxiapatita, glicosaminoglicanos, factores de crecimiento, proteínas osteogénicas, entre otros componentes trazas. Esta matriz cuya composición y situación tridimensional varía dependiendo de la profundidad, juega un rol fundamental en los mecanismos de adhesión.⁷

Las fibras colágenas no están formadas meramente de colágeno puro, pues están cubiertas con proteoglicanos y proteínas no colágenas. Como estas moléculas son altamente hidratadas, las resinas adhesivas tienen que competir con el agua para lograr contacto íntimo con la colágena. La reactividad química del colágeno es relativamente baja porque es un polímero biológico que consiste en aposiciones de cadenas péptidas de colágeno. El 70% de los aminoácidos de la colágena consisten en glicina, prolina, hidroxiprolina y alanina. Como consecuencia, la unión química con los adhesivos dentinales convencionales es limitada y sólo hace una contribución menor a la unión resina-dentina. La mayor parte de la retención es resultado del entrelazamiento molecular de las cadenas del polímero con las fibras colágenas.³

4.3. DESPROTEINIZACIÓN

Es la eliminación de los elementos protéicos (colágena) y partículas de residuos alimenticios que se encuentran adheridos a la superficie de los dientes.

El análisis de los componentes minerales del esmalte revela que predomina en ellos el calcio bajo la forma de fosfatos, de los cuales el más abundante es el del calcio hidratado, que se denomina por sus características químicas *hidroxiapatita* (contenido inorgánico 97%). Pueden aislarse proteínas en varias fracciones diferentes, y éstas en general contienen un alto porcentaje de serina, ácido glutámico y glicina (contenido orgánico 1%) el 2% restante es agua. En suma, la proteína del esmalte es de tipo



estructural, muy especial por sus aminoácidos constituyentes y a la cual se le ha denominado amelina o enemelina.²⁰ A diferencia del esmalte, La dentina posee un mayor contenido orgánico (proteínas 18%). Lo anterior adquiere gran importancia para nuestro estudio, pues son estas proteínas las que interfieren en la formación adecuada de la zona híbrida, y son por tanto las mismas que buscamos remover sin dañar el estrato adherente y proporcionando a este las características de retención adecuadas para su hibridización con los materiales adhesivos.

Osorio Ruiz E, Toledano M, Perdigao J, Rosales JI *et al*²⁵ realizaron un trabajo cuyo objetivo fue caracterizar la superficie de la dentina pulida, grabada con ácido y desproteínizada con hipoclorito Sódico al 5% durante 2 minutos (1999), basándose en el concepto de que el hipoclorito sódico es un agente proteolítico no específico (Marshall Gw, Yucel N, Balooch M, et al 2001) que, efectivamente, remueve los componentes orgánicos de la dentina; el colágeno desestabilizado superficial y el barrillo dentinario remanente del grabado ácido, cambiando, además, su composición química (Inaba D, Duschner H, Jogenbloed W. et al. 1995, Sakae, Mishima & Kizawa, 1988). Este substrato desproteínizado es rico en cristales de hidroxiapatita expuestos (Wakabayashi & others 1994) y puede dar lugar a una interfase estable en el tiempo, pues está, esencialmente, compuesta de mineral lo mismo que el esmalte grabado (Tanaka & Nakai, 1993). Perdigão (1999) describió, que después del tratamiento con hipoclorito sódico durante sólo dos minutos, la superficie de dentina tiene unos túbulos dentinarios más abiertos, debido a la pérdida de dentina peritubular desmineralizada, lo cual también disminuye el área de dentina intertubular residual. El diámetro de las ramas laterales de los túbulos también aumenta y son más numerosas, que con el grabado ácido sólo, lo que produciría tags de resina más fuertes, Perdigao y colaboradores (1999) encontraron un extenso entramado de canales secundarios con numerosas anastomosis abiertas hacia la región intertubular y hacia la luz de los túbulos. Existiendo, también, finas irregularidades en la dentina intertubular desproteínizada que aumentarían



la retención de la resina, lo cual produciría una clara diferencia en comparación con la superficie obtenida con el uso del ácido ortofosfórico sólo.

En México, Roberto Espinosa *et al*⁴ (2008) realizaron también un estudio *in vitro* sobre este tema, solo que enfocado a esmalte. En dicho estudio describen detalladamente las características topográficas del esmalte de 10 primeros molares seccionados en 4 porciones coronarias, divididos en 4 grupos y sometidos a 4 diferentes tratamientos, de tal forma que cada pieza tuviera participación en los 4 grupos, con el fin de obtener muestras de esmalte comparables entre sí, con características físicas y químicas uniformes. El primer grupo fue sometido a grabado con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, el grupo 2 recibió hipoclorito de sodio al 5.25% durante 30 segundos más el grabado con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos. El grupo 3 se sometió al hipoclorito de sodio al 5.25% durante 60 segundos (el doble del grupo 2) más los 15 segundos de ácido fosfórico al 37%, el grupo faltante no recibió ningún tratamiento y fue utilizado con fines comparativos. Los autores llegaron a la conclusión de que la desproteinización del esmalte con hipoclorito de sodio durante 60 segundos previa al grabado con ácido fosfórico incrementa las características favorables de acondicionamiento de la superficie adamantina, y proporciona una mejor calidad de patrón de grabado proveyendo la máxima capacidad retentiva de la misma.

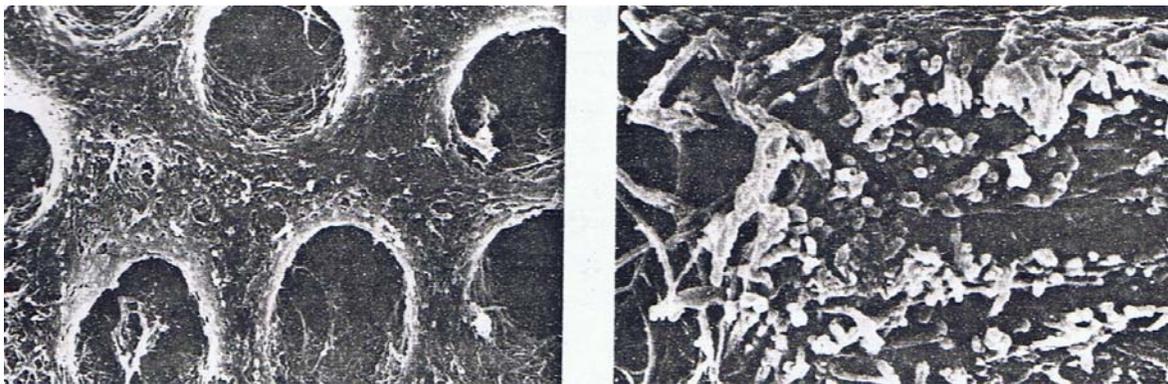
4.4. DESNATURALIZACIÓN

La desnaturalización es la disolución de proteínas que produce cambios de pH, alteraciones en la concentración, agitación molecular o variaciones bruscas de temperatura, reduciendo la solubilidad de las proteínas hasta el punto de producirse su precipitación. Esto se debe a que los enlaces que mantienen la conformación globular se rompen y la proteína adopta la conformación filamentosa. De este modo, la capa de moléculas de agua no cubre completamente las moléculas protéicas, las cuales tienden a unirse



entre sí dando lugar a grandes partículas que se precipitan. Sus propiedades biocatalizadoras desaparecen al alterarse el centro activo y no pueden llevar a cabo la actividad para la que fueron diseñadas, en resumen, no son funcionales.¹⁶ La desnaturalización no afecta a los enlaces peptídicos, y puede darse el caso de una renaturalización si las condiciones normales vuelven a ser propicias, recuperando así la proteína su conformación primitiva y funcionalidad.

Si nuestro estrato dentinario está saturado de moléculas protéicas, es de vital importancia el adecuado manejo del mismo para evitar el colapso de la red de fibras colágenas. Posterior al grabado ácido los minerales de la superficie dentinaria, y algunas proteínas no colágenas se solubilizan, otras proteínas son extraídas, exponiendo las fibras colágenas que a su vez se vuelven blandas y elásticas, lo cual puede fácilmente colapsarlas debido a la desestabilización y subsecuente desnaturalización.³ Esto causa una disminución en el espacio interfibrilar provocando una reducción de permeabilidad a los monómeros de resina.



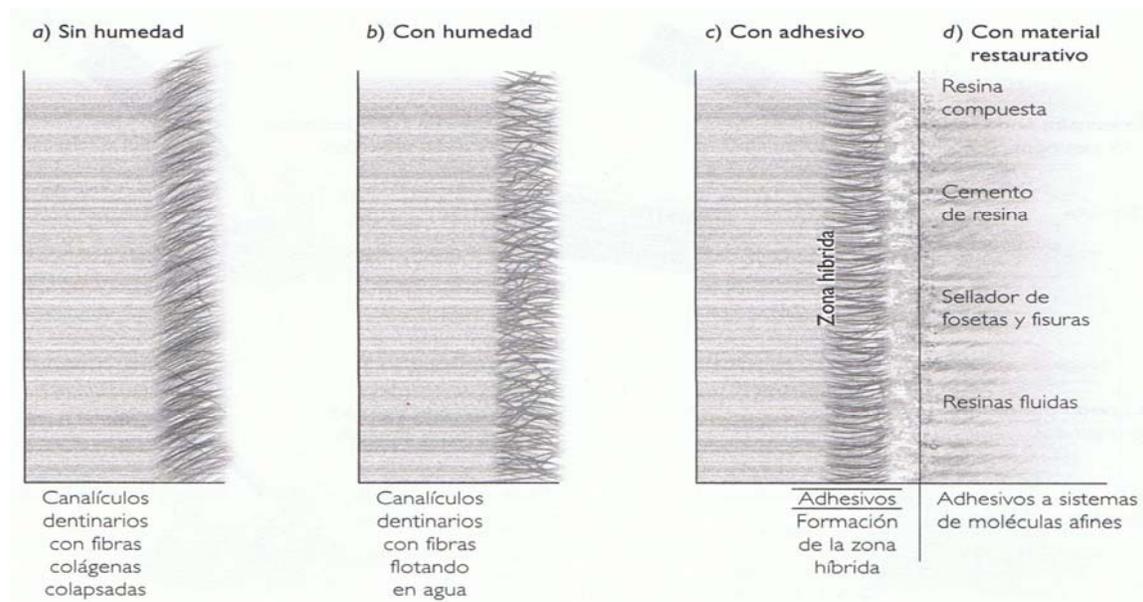
LA FOTOGRAFÍA IZQUIERDA MUESTRA DENTINA CORRECTAMENTE GRABADA CON ÁCIDO FOSFÓRICO DEJANDO VER LA RED DE FIBRAS COLÁGENAS CON LOS ESPACIOS ADECUADOS ENTRE CADA TÚBULO. A LA DERECHA SE OBSERVA UN "DESASTRE COLÁGENO". NÓTESE LA DISPOSICIÓN DE LAS FIBRAS COLÁGENAS.³

El actual concepto de adhesión a dentina está basado en la retención micromecánica que propicia la infiltración de los monómeros hidrofílicos a través de los nanoespacios de la red de colágeno y que forman una estructura mixta de fibras colágenas rodeadas de resina y cristales de



hidroxiapatita residuales, respaldándose en el concepto de que la red de fibras colágenas, después del grabado ácido, actuará como esponja que atraerá a su interior los monómeros de resina.²⁵ Esto da lugar a la tendencia a sustituir el contenido acuoso de la colágena por resina hidrofílica, desecando la dentina para que el componente acuoso del adhesivo reexpanda la red de colágeno (Nakabayashi & Pashley 1998), Pero la red de colágena no se expande como originalmente era, pues ha sido sometida a desnaturalización,²⁵ con lo que se produce una disminución del espacio entre las fibras, lo que obstaculiza la permeabilidad a los monómeros de resina provocando un efecto contrario al deseado.

Así pues, el equilibrio de la humedad es un punto crítico para que los monómeros de resina puedan penetrar en la red de colágeno sin ser entorpecidos por su contenido líquido o por el colapso de la red.



ASPECTO ESQUEMÁTICO DE LA DENTINA CON Y SIN HUMEDAD, ASÍ COMO SU INFLUENCIA EN LA TRABA MECÁNICA (HIBRIDACIÓN).¹



4.5. DENTINA

Tejido calcificado, menos duro que el esmalte y más duro que los huesos, el segundo tejido más duro del cuerpo. Es amarillento y el responsable del color de los dientes. Constituye la mayor parte del diente. Proporciona elasticidad y capacidad para proteger a la dentina subyacente de golpes y fracturas y su alto grado de elasticidad protege al esmalte suprayacente contra las fracturas. Está estrechamente vinculada a la pulpa dentaria, cuyas células especializadas, los odontoblastos, la elaboran dejando en su estructura sus prolongaciones citoplasmáticas o *fibrillas de Tomes*. Además de los componentes citoplasmáticos o *fibrillas de Tomes*, la dentina está constituida por una matriz colágena atravesada por túbulos dentarios desde el límite pulpar hasta esmalte en corona y hasta el cemento en raíz.²⁰

4.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA DENTINA

La dentina es el tejido VITAL más duro del organismo, es un tejido conectivo especializado que soporta y compensa la fragilidad del esmalte, elástica y de color blanco amarillento. Entre sus funciones está el amortiguar las cargas que una estructura tan rígida como el esmalte le transmite íntegramente, sirviendo además de aislante térmico y eléctrico;¹ está químicamente compuesta por un 70 % de material inorgánico, 18% de material orgánico y 12% de agua; al igual que el esmalte, el material inorgánico es principalmente hidroxapatita y el compuesto orgánico, colágeno y agua, el contenido de Colágeno le confiere la flexibilidad para amortiguar las cargas oclusales evitando la fractura del esmalte. Una característica de la dentina es la permeabilidad. Es producida por los odontoblastos, que se ubican entre la dentina y la pulpa, conservando su interrelación durante toda la vida del diente, pudiendo ésta autorrepararse en esa zona.¹¹



La dentina puede ser descrita como un composite biológico, con un relleno de cristales de hidroxiapatita y una matriz formada por una red de fibras de colágeno (Marshall Gw, Yücel N, Balooch M, *et al* 2001). Los cristales de hidroxiapatita se incluyen en la matriz dando dureza y resistencia al tejido, mientras que la matriz de colágeno lo provee de elasticidad. La dentina contiene túbulos que se extienden desde la unión amelodentinaria hasta la cámara pulpar. Cada túbulo tiene forma de cono invertido y elongado y está delimitado por dentina, llamada, peritubular, más mineralizada que la intertubular dispuesta entre los túbulos (Kinney JH, Balooch M, Haupt DL *et al.* 1995). Como los túbulos convergen hacia la cámara pulpar, el área de dentina intertubular decrece y la densidad tubular aumenta conforme profundizamos hacia la cámara pulpar.²⁵ Es un “laberinto” tubular que contiene el proceso odontoblástico, formado por tejido conectivo parcialmente mineralizado con elevado contenido de materia orgánica (principalmente colágeno de tipo I, IV y V además de agua y que está en comunicación directa con la pulpa.^{5,7}

4.5.2. ACONDICIONAMIENTO DE LA DENTINA

El grabado ácido de la dentina expone la red intertubular de fibras colágenas y muchos errores de procedimiento pueden ocurrir durante dicho acondicionamiento. Cuando se enjuaga escasamente, el ácido residual puede sobre grabar la dentina o algunos productos de reacción residual pueden bloquear los estrechos canales alrededor de las fibras colágenas.

En la dentina superficial, sólo el 1% del área es porosa como resultado de los túbulos dentinarios. Después del grabado ácido, 13% de la superficie del área consiste en túbulos llenos de agua que pueden servir como avenidas para la infiltración de los monómeros. El 86% de la superficie restante consiste en dentina intratubular desmineralizada con espacios alrededor de cada una de sus fibras colágenas. Las fibras están separadas por espacios de 15 a 20 nm entre sí.



Una infiltración más uniforme del monómero puede ocurrir en las capas desmineralizadas más profundas, Es mejor no sobre grabar la dentina si solo la mitad de su superficie desmineralizada o grabada será infiltrada, una zona de matriz desmineralizada permanece desprotegida y será vulnerable a la hidrólisis al paso del tiempo.

Las fibras colágenas no están formadas meramente de colágeno puro, pues están cubiertas con proteoglicanos y proteínas no colágenas. Como éstas moléculas son altamente hidratadas, las resinas adhesivas tienen que competir con el agua para lograr contacto íntimo con la colágena. La reactividad química del colágeno es relativamente baja porque es un polímero biológico que consiste en aposiciones de cadenas péptidas de colágena. El 70% de los aminoácidos de la colágena consisten en glicina, prolina, hidroxiprolina y alanina. Como consecuencia, la unión química con los adhesivos dentinales convencionales es limitada y sólo hace una contribución menor a la unión resina-dentina. La mayor parte de la retención es resultado del entrelazamiento molecular de las cadenas del polímero con las fibras colágenas.³

4.6. CAPA HÍBRIDA

La penetración de la resina y su reacción con los componentes de los tejidos dentales desmineralizados es el mecanismo micromecánico con el cual los materiales restauradores de resina se unen al diente. Los monómeros penetran en la dentina acondicionada y se concentran en la región superficial contribuyendo a la unión. El refuerzo de esta zona con resina se conoce como hibridación, e implica la impregnación de la red de colágeno y el encapsulamiento de los cristales de hidroxiapatita. Han surgido dudas en cuanto a la contribución de la red de colágeno en el ensamblaje de la unión y en la fuerza interfacial, ya que el aumento del grosor de la red de colágeno no aumenta dicha fuerza y la remoción del colágeno con hipoclorito



sódico al 5% en solución acuosa da valores similares de fuerza a los que se obtienen cuando la red de colágeno está presente.²⁵

Se ha visto que cuando la superficie de dentina es desmineralizada con un acondicionador ácido, no sólo se desmineraliza el barrillo dentinario, sino que también lo hacen de 2 a 5 mm de profundidad de matriz intertubular. Esta matriz desmineralizada consiste en una red de fibrillas de colágeno que forma microcanales, los cuales hacen posible la infiltración de los monómeros hidrofílicos de resina adhesiva en esta matriz intertubular, lo que es esencial para el aumento de la unión (Gwinnett, 1993), dando lugar a la denominada capa híbrida descrita por Nakabayashi en 1982 (Nakabayashi et al. 1982). Este mecanismo produce un aumento de la fuerza de adhesión comparada con los métodos anteriores. El presente concepto de adhesión a dentina está basado, por tanto, en la retención micromecánica debida a la infiltración de los monómeros hidrofílicos a través de los nanoespacios de la red de colágeno, formando una estructura mixta con fibras de colágeno rodeadas de resina y de cristales de hidroxiapatita residuales.

Los estudios *in vivo* de Roberto Espinosa *et al*,⁴ Osorio Ruiz *et al*²⁵ mostraron que el uso de hipoclorito de sodio en concentraciones de 5-5.5% modifica las características de la capa híbrida.

4.7. ADHESIÓN

La adhesión es el proceso de unir íntimamente una superficie, con la mayor fuerza y por el mayor tiempo posible¹ o bien: Es el mecanismo que mantiene unidos dos o más substratos (similares o diferentes). Esta unión puede ser química o física.



4.7.1. MECANISMOS DE ADHESIÓN

ADHESIÓN QUÍMICA: Mediante la atracción interna entre átomos de dos substratos o más.

ADHESIÓN FÍSICA: Este mecanismo de adhesión se conoce también como sistema de traba mecánica, la cual se logra a través de los efectos geométricos y estructurales entre los substratos adherentes.⁷

Cuanto más practicantes comprendan las variables clínicas y de substrato que pueden afectar la formación de una capa híbrida efectiva, mayor será la probabilidad de que los clínicos triunfen en obtener adhesiones resina-dentina durables. La meta máxima en adhesión esmalte-dentina es la hibridización de la estructura dental desmineralizada y la adhesión de materiales restaurativos a los tejidos dentales. Gwinnett¹⁹ comparó la adhesión resina-dentina a “eslabones de una cadena en la cual el ensamble de los eslabones es solo tan fuerte como el eslabón más débil. Es generalmente aceptado que el eslabón débil del ensamble de la adhesión de la resina al esmalte y la dentina recae en la interface resina-tejido. Por lo tanto, es básico un entendimiento de cómo se crea esta unión y los factores que influyen su funcionamiento para predecir la efectividad clínica de restauraciones adhesivas”. Por lo tanto, los “sí y no” del procedimiento deberían ser cuidadosamente considerados.³

4.7.2. ADHESIÓN A ESMALTE

Es importante considerar cuidadosamente la calidad del esmalte y la orientación de los prismas. El contenido inorgánico de hidroxiapatita del esmalte varía del 86% por peso para esmalte inmaduro al 98% para esmalte maduro, y está concentrado en los cristales de los prismas del esmalte. La



superficie externa comprende esmalte aprismático. Por lo tanto, es recomendable preparar, o al menos propiciar una superficie áspera en la superficie del esmalte durante los procedimientos operativos para exponer los prismas en una orientación perpendicular, longitudinal o tangencial.³

La fuerza de unión resina-esmalte es primordialmente el resultado del área acumulativa de cortes transversales de las extensiones de resina (“macrotags” y “microtags”) que infiltran la superficie de esmalte grabado. El esmalte unido a la resina contiene microtags de resina tan pequeñas como $0.05\mu\text{m}$ de diámetro. Después del curado efectivo de la resina de unión, la resina infiltrada habrá envuelto los cristales de apatita en el esmalte grabado, incrementando la fuerza de unión y haciendo los cristales más resistentes a los ácidos cariogénicos endógenos y exógenos.^{3,11,19}

4.7.3. ADHESION A DENTINA

Sabemos que la adhesión a dentina resulta de la formación de una adecuada capa híbrida o interfase, que se logra con la remoción del barro dentinario y el equilibrio de humedad que permita la intromisión de monómeros polimerizados dentro del enmallado de colágeno para propiciar la traba mecánica. Esta compleja unión involucra tres elementos: un agente ácido, un agente acondicionador y la incorporación de la resina de unión dentro de la estructura superficial.¹¹ El agente remueve el smear layer, y propicia espacios entre la red de colágena, el acondicionador dentinario penetra en la red favoreciendo la unión al material restaurador.³

4.8. “SMEAR LAYER” BARRO DENTINARIO

Cuando se corta la superficie de esmalte y dentina se produce una capa de *detritus* llamada “smear layer” ó barro dentinario.^{6,26} Según descripción de Aschheim,¹³ “...el barrillo dentinario es una capa de estructura dental alterada mecánicamente que recubre la superficie de la dentina preparada,



obstruyendo los túbulos dentinarios, tras la preparación con instrumentos rotatorios.” Menciona también que “Las tentativas de adhesión al barro dentinario terminan por fracasar, debido a que esta capa está unida muy débilmente a la dentina.”¹³

La dentina cortada está casi cubierta por restos de dentina, barro dentinario (“smear layer”), que se introduce en los túbulos formando lo que se denomina tapones de barrillo dentinario, restringiendo la entrada de la resina adhesiva dentro de los túbulos,²⁵ disminuyendo la permeabilidad de éstos hasta en un 86%.¹¹ La fuerza de adhesión de las primeras resinas adhesivas, que se aplicaban directamente sobre la dentina cubierta de barrillo dentinario, fue baja, debido a la baja fuerza cohesiva de las partículas constituyentes del mismo. Así la presencia de barrillo dentinario y de tapones tubulares de barrillo disminuye la permeabilidad en la luz de los túbulos, llamada también permeabilidad intratubular. Por ello es necesaria la remoción de los tapones tubulares, para permitir la formación de tags de resina, y que los monómeros puedan entrar en la luz de los túbulos dentinarios y desplazar su contenido líquido para formar el tag. Tal penetración es necesaria para sellar los túbulos con resina y proteger la pulpa de irritantes.²⁵

La capa de barro dentinario está formada por restos de esmalte (hidroxiapatita), matriz inter y peritubular, incluyendo el contenido de los túbulos dentinarios mezclados con agua, fluido dentinario, bacterias, células, colágena desnaturalizada y frecuentemente también saliva y sangre.^{3,11,26} Esta capa tiene menos de 2 μm de grosor. El smear layer reduce el fluido dentro de los túbulos dentinales y disminuye la permeabilidad dentinal.

La composición del smear layer varía dependiendo no solo del sustrato (caries, esclerosis dentinaria, cambios relacionados con la edad), sino también del tipo de fresa o material cortante utilizado.^{6,11,13,26} Si se utiliza



pieza de mano de alta velocidad el smear layer se adosará más a la superficie cortada convirtiéndola en una estructura inestable que debe ser removida para obtener una óptima adhesión química y mecánica entre los materiales restauradores y la estructura dentaria, sin embargo no puede ser removida completamente con spray de agua,⁶ se debe disolver con procedimientos de grabado ácido, desmineralizando el smear layer de la dentina intertubular y peritubular de la superficie preparada, dejando los túbulos abiertos. Aunque también puede ser removida con piedra pómez, este procedimiento deja los smear plugs dentro de los túbulos.²⁶

El smear layer que se queda bajo los materiales de restauración se disuelve gradualmente, al paso del tiempo, por hidrólisis permitiendo la penetración bacterial .³

Debido a que habitualmente no se utiliza una técnica estéril, el smear layer alberga bacterias aún cuando se utiliza el aislamiento absoluto. Esta situación conlleva a la necesidad de esterilizar las cavidades antes de la restauración,²⁶ pues las bacterias dejadas en el interior de la cavidad pueden causar irritación pulpar crónica.



5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ventajas del hipoclorito de sodio (NaOCl) e hidróxido de calcio en la adhesión de sistemas adhesivos es un aspecto poco estudiado a la fecha e involucra el efecto de la desproteínización de la superficie de la dentina previo al grabado con ácido fosfórico (H_3PO_4) en técnica de adhesión.



6. OBJETIVO

El objetivo de este estudio *in vitro* es comparar la **influencia** que ejerce la desproteínización de la superficie de dentina con soluciones de hipoclorito de sodio e hidróxido de calcio **sobre** la adhesión de una resina comercial utilizando un sistema adhesivo con grabado ácido en dentina.

7. JUSTIFICACIÓN

Se sabe que las sustancias alcalinas (hipoclorito de sodio, hidróxido de calcio) atacan a los compuestos orgánicos, que la eliminación de los compuestos orgánicos (grasas, proteínas, etc) de superficies inorgánicas facilita su humectación al aumentar su energía superficial, **lo que implica** que los sistemas adhesivos con baja tensión superficial potencialicen su efecto bajo estas condiciones, (esmalte-adhesivo). **Lo que se quiere saber** es que, en la dentina cuya composición es de aproximadamente 70% de material inorgánico (hidroxiapatita) y el resto agua y colágena (proteínas), cual es el efecto en la adhesión de un sistema adhesivo a este sustrato al ser atacado con sustancias alcalinas (hipoclorito de sodio, hidróxido de calcio), previo a la colocación de un sistema adhesivo con grabado ácido.

8. HIPÓTESIS

Nos planteamos la hipótesis que el tratar una superficie de dentina con sustancias alcalinas, (hipoclorito de sodio, hidróxido de calcio), previo a la colocación de un sistema adhesivo con grabado ácido, al eliminar y o alterar las proteínas (colágena) se reducirán los valores de adhesión.



9. MATERIAL Y MÉTODO

9.1 MATERIAL

45 órganos dentarios, terceros molares no erupcionados, extraídos por métodos quirúrgicos libres de materia orgánica.



Hacedores de muestras (aros metálicos) de aluminio de 11.62 m. m. / 26.57m.m.



Pulidor metalográfico (Buehler Ltd. 2120 Greenwood St .Evanton, Illinois. U. S. A. No. 145-N-1821)



Acrílico autopolimerizable para ortodoncia marca Nic Tone, 3 tarros de – 190 grs. Cada uno en diferentes colores rosa, naranja y verde, de Industrial Zapopan Norte, Zapopan, Jalisco, México.



Monómero, 3 frascos de 125 ml. Marca Nic Tone de industrial Zapopan – Norte. Zapopan, Jalisco, México-



Losetas de vidrio.

Radiómetro térmico Optilux modelo 100 Sds Kerr.

Plastilina en diferentes colores: azul, rosa, naranja y blanca.

Espátula para cementos No. 10-006-02.

Espátula para cementos No. 10-006-02.



Vaselina marca Nuvel de 230 grs.

Espátula para resinas teflonada marca Hu-Friedy Made in U. S. A.

Espátula de Lecrón para modelar de acero inoxidable.

Pinzas de fijación Thomas Phila USA. No. 18. Patente 2337438.

Hacedores de muestras a base de polivinil siloxano 2.50 m.m./3.48 m.m.

Cinta Mylar.

Lámpara Led para fotopolimerización, BluePhase C.5 marca Ivoclar Vivadent Clínica voltaje 600 MW. Cm2. Made in Austria.



Hipoclorito de sodio al 5% elaborado con 75 ml. De agua desionizada y 50 ml. De hipoclorito de sodio al 12.5%.

Hidróxido de calcio químicamente puro marca "Baker Analyzed" Reactivo lote: F 38356 según especificaciones A. C. S. (J.T.BAKER). Se elaboró la solución al 5%, con 100ml de agua desionizada y 5 grs. De Hidróxido de Calcio químicamente puro.

Agua desionizada.

Ácido Fosfórico (grabador) marca 3m ESPE. USA-

Sistema de adhesión marca 3m ESPE. USA.

Resina fotopolimerizable marca Filtek P60 marca 3m ESPE. USA-





2 Jeringas hipodérmicas de 5ml- marca BD Plastipak.

9 Pliegos de lija, 3 de grano grueso No. 120. 3 de grano mediano No. 500 y 3 de grano fino No. 600. Marca Fandeli.

Lentes de Protección para fotopolimerización.

Cronómetro.

Vernier Mitutoyo absolute Digimatic.

Marcador indeleble Marca Pelikan-

Calculadora.

Lupa.

Tijeras de acero inoxidable.

Algodón (pequeñas torundas).

Máquina Universal de pruebas mecánicas INSTRON Serie 5567.

De origen U. S. A-



Cámara fotográfica digital olympus FE. 180- 6-0 megapixel- 2.5" LCD.

Campos operatorios.



9.2 MÉTODO

Se utilizaron 45 órganos dentarios humanos, terceros molares no erupcionados, recién extraídos por métodos quirúrgicos con la corona íntegra, libres de residuos orgánicos; los cuales se mantuvieron en solución acuosa y en refrigeración durante el proceso de recolección que fue en un período de 3 meses aproximadamente, tiempo que duró el estudio.

Los 45 molares fueron divididos en tres grupos de 15, codificados en 3 colores diferentes con fines de identificación, y preparados para recibir un tratamiento distinto cada uno.

GRUPO I ROSA

GRUPO II VERDE

GRUPO III NARANJA





MONTAJE DE LAS MUESTRAS

Los especímenes (cada órgano dentario), fueron acomodados en losetas de vidrio adhiriéndolos con un poco de plastilina, colocando la cara vestibular como zona de trabajo, siguiendo las especificaciones para la fabricación de muestras en el laboratorio, fijándose en bloques de acrílico para su tallado. Los especímenes se centraron en los hacedores de muestras (aros metálicos), previamente lubricados con vaselina para su fácil remoción, se mezclaron cantidades convenientes de monómero y polímero y se colocó dicha mezcla sobre los especímenes cubriéndolos en su totalidad, después del tiempo de polimerización se retiraron de los aros metálicos, ya retenidos en los bloques de acrílico, se limpiaron de excedentes de vaselina y se retiró la plastilina.





TALLADO DE LAS MUESTRAS

En el Pulidor Metalográfico, las muestras se pulieron con lija de diferentes calibres, con el fin de descubrir la dentina que es la zona de interés en nuestro estudio.

Primero: Se pulieron las muestras del grupo color rosa utilizando la lija de grano grueso No. 120, puliendo por 15 segundos a las doce en el sentido de las manecillas del reloj, 15 segundos a las tres, 15 segundos a las seis y 15 segundos a las nueve.

Segundo: Se utilizó lija de grano medio No. 500, puliendo las mismas muestras del grupo rosa por 10 segundos a las doce, 10 segundos a las tres, 10 segundos a las seis y 10 segundos a las nueve.

Tercero: Se utilizó lija de grano fino No. 600, puliendo las mismas muestras color rosa por 10 segundos en cada punto.

Con las muestras en color verde y naranja se realizó paso por paso el mismo procedimiento. Es necesario mencionar que este proceso de pulido, se llevó a cabo bajo constante irrigación e hidratación de los especímenes.

ACONDICIONAMIENTO DE LA DENTINA PREVIO AL GRABADO ÁCIDO

Como se dijo anteriormente, los 3 grupos de 15 muestras cada uno se separaron por colores diferentes para ser identificados fácilmente. Una vez expuesto el substrato dentinario, se procedió al acondicionamiento de la dentina de dos de estos grupos con sustancias alcalinizantes; el grupo I (rosa) recibió tratamiento con Hipoclorito de sodio al 5%, al grupo II (verde) se le dejó sin acondicionamiento alcalinizante para ser tratado a partir del ácido grabador, y el grupo III (naranja) recibió tratamiento con Hidróxido de calcio al 5%.



PROCEDIMIENTO

GRUPO I ROSA: ACONDICIONAMIENTO CON HIPOCLORITO DE SODIO AL 5%.

Se lavó la superficie de la dentina con agua desionizada.

Se secó la superficie con una pequeña torunda de algodón.

Se aplicó solución de hipoclorito de sodio por 20 segundos.

Se lavó con agua desionizada y se secó la superficie levemente, para no deshidratar la dentina.

Se aplicó ácido fosfórico por 15 segundos.

Se lavó suficientemente con agua desionizada, se secó levemente sin tallar ni golpear.

Se aplicó el sistema adhesivo por 5 segundos, rehumedeciendo el aplicador a los 5 segundos volviendo a humedecer la superficie por otros 5 segundos, insuflar aire por 5 segundos para eliminar los solventes (acetona) del sistema adhesivo (total 15 segundos).

Se polimerizó por 10 segundos.

Se localizó superficie de dentina a través del orificio del hacedor de muestras teflonado, y se fijó con las pinzas Thomas.

Se colocó la resina perfectamente condensada y se polimerizó por 20 segundos. Se retiraron las pinzas Thomas, se hizo presión sobre la resina y se removió la lámina de teflón.





GRUPO II VERDE: SIN ACONDICIONAMIENTO ALCALINIZANTE.

Este grupo se inició a partir de lavar con agua desionizada y de la aplicación del ácido fosfórico, el resto se realizó estrictamente con el procedimiento del grupo I.



GRUPO III NARANJA: ACONDICIONAMIENTO DE DENTINA CON SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO AL 5%.

En este grupo, después de lavar la superficie con agua desionizada, la dentina se acondicionó con solución de hidróxido de calcio al 5%, el resto se realizó estrictamente con el procedimiento del grupo I.





10. RESULTADOS

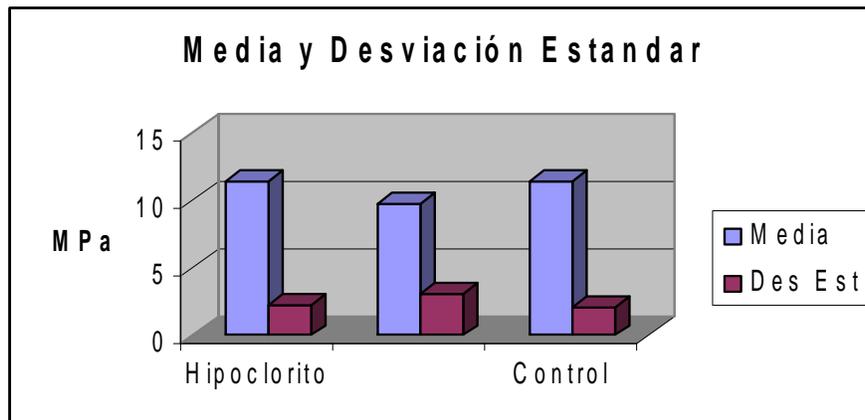
Los resultados al aplicar un análisis estadístico de Varianza de una vía se mencionan y observan en la tabla 1 y grafica 1.

Tabla 1. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de los grupos valorados.

GRUPO	MEDIA	DES. EST.	C/V
HIPOCLORITO DE SODIO	15.2	2.1	0.59
HIDROXIDO DE CALCIO	9.8	2.2	0.63
CONTROL	11.4	3.1	0.86

Los resultados arrojaron diferencia estadísticamente significativa, lo que se comprobó con una comparación entre grupos con la prueba de Tukey, siendo esta entre el grupo tratado con solución de Hipoclorito de Sodio al 5% sobre los otros grupos, no habiendo diferencia entre los grupos tratados con solución de Hidroxido de Calcio y el grupo Control.

Grafica 1. Media y Desviación Estándar de los valores arrojados por los tres grupos valorados.





11. DISCUSIÓN

La técnica de desprendimiento *in Vitro* utilizada en esta investigación realizó el desprendimiento por cizallamiento como manera de valorar la adhesión en dentina de una resina compuesta, con sistema adhesivo con grabado ácido, para comprobar su comportamiento dentro de la operatoria dental y la endodoncia. La superficie de dentina empleada fue de capas profundas que representan condiciones adecuadas para la utilización de estas dos sustancias desproteinizantes. Valoraciones sobre adhesión se han reportado en condiciones de irrigación de conductos radiculares y el uso de sistemas adhesivos para fijar postes intrarradiculares, condición que en nuestro trabajo fue diferente, pero creemos que con una significancia que se puede extrapolar a las condiciones endodónticas, ya que en los dos casos se maneja dentina profunda.



Se respetaron en todos los casos las instrucciones del fabricante en las condiciones y tiempos de aplicación del ácido grabador y sistema adhesivo, al mismo tiempo que la resina restauradora, condición que se sigue en todos los casos de uso de estos materiales, como manera de responder a nuestra pregunta de investigación, se colocó una solución desproteinizante a base de compuestos alcalinos antes de la colocación del ácido grabador, como lo sugieren autores como Osorio en su estudio sobre "Control del colapso del colágeno, y lo realizado sobre esmalte en el estudio de Espinosa y col. Sobre



“Desprotección del Esmalte y su Efecto en el Grabado Ácido: Estudio in Vitro , así como Mihi y col. sobre esmalte.

De la misma manera que Buonocore en el año 1955, se proponen tratamientos alternativos sobre el esmalte y dentina para producir mayor adhesión de sustancias resinosas sobre estos sustratos, la propuesta del uso de sustancias alcalinas la retomamos al aplicar soluciones de hipoclorito de sodio e hidróxido de calcio, previo a la colocación del ácido grabador.

Nuestros resultados no comprobaron nuestra hipótesis, ya que los valores de adhesión fueron mayores y estadísticamente significativos con el uso de hipoclorito de sodio al 5% y el uso de una solución de hidróxido de calcio al 5%, no fue diferente estadísticamente al grupo control, aunque con el uso de la solución de hidróxido de calcio el promedio fue menor al grupo control, al mismo tiempo, la desviación estándar fue más amplia con lo que se comprueba que con esta solución no se obtienen valores con unidades de medida cercanos, atribuyendo esto al efecto que esperábamos de acuerdo a nuestra hipótesis de reducir los valores de adhesión.

Futuras valoraciones se deberán hacer, con sistemas adhesivos autograbantes, donde el barrillo dentinario no se elimina y el efecto de las sustancias desproteinizantes aun no se conoce tanto en esmalte como en dentina. Otro factor que deberá de comprobarse con esta misma metodología será el de prolongar sobre dentina el tiempo de exposición a estas soluciones, ya que se menciona que una verdadera desprotección se logra después de varios minutos, y en nuestro estudio solo estuvo expuesta la dentina a estas soluciones por 20 segundos.



12. CONCLUSIONES

Bajo la metodología realizada en este estudio, la aplicación de una solución desproteinizante de hipoclorito de sodio al 5% (NaOCl) previo a la colocación de un sistema adhesivo con grabado ácido, incrementó los valores de resistencia al desprendimiento de una resina, mientras que el uso de una solución de Hidróxido de calcio (CaOH_2) redujo los valores de adhesión, comparados con los valores del sistema sin el uso de soluciones desproteinizantes.





13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1.	BARCELÓ Santana, Federico Humberto. Materiales Dentales Conocimientos Básicos Aplicados , Trillas, México, Tercera Edición 2008.
2.	BUONOCORE Michael G. A Simple Method of Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces , J Dent Res 1955; 34; 849
3.	NAIRN H. F. Wilson, <i>et al.</i> Advances in Operative Dentistry Challenges of the Future , Volume 2 , Quintessence Books, 2001.
4.	ESPINOSA Roberto, <i>et al.</i> Enamel Deproteinization and Its Effect on Acid Etching: An <i>in vitro</i> Study , The Journal of Clinical Pediatric Dentistry, Volumen 33, Número 1/2008.
5.	PERDIGÃO J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L. New Trends in Dentin/Enamel Adhesion , American Journal of Dentistry, vol.13, Special Issue, November, 2000.
6.	BARAJAS de la Vega Lizbeth, BARCELÓ Santana Federico H, Estudio Comparativo de Adhesión a Dentina por Medio de Resistencia al Desalojo Por Empuje Entre Sistemas con y sin Grabado Ácido , Revista Odontológica Mexicana; 11 (4): 181-184, 2007.
7.	ABREU Rodríguez Rixio Jesús. Adhesión en Odontología Contemporánea I , Odontología-online.com
8.	BARCELÓ Santana Federico H, <i>et al.</i> Resistencia al Desalojo por Empuje de Materiales Restaurativos Directos . Revista Odontológica Mexicana, vol. 9, Núm. 4, Diciembre 2005.
9.	WALTON Richard / TORABINEJAD Mahmoud, Endodoncia Principios y Práctica Clínica , Interamericana-McGraw Hill.
10.	MIHU Carmen Mihaela, <i>et al</i> , Tooth Enamel, the Result of the Relationship between Matrix Proteins and Hydroxyapatite Crystals , Applied Medical Informatics, Vol. 23, Num. 3-4/, pp: 68-72. 2008.
11.	MARÍN Dairo, Adhesión a la Estructura Dentaria , Virtual.unal.edu.co,
12.	MURRAY Robert K, Bioquímica de Harper , 14ª edición, 1998.



13.	ASCHHEIM Kenneth W. / DALE Barry G, Aschheim: Esthetic Dentistry , 2ª Edición. Elsevier, España 2002.
14.	MAGNE Pascal. Restauraciones de Porcelana Adherida en los Dientes Anteriores: Método Biomimético, Quintessence, S.L., Barcelona, 2004.
15.	LEONARDO Mario Roberto/LEAL Jayme M, Endodoncia Tratamiento de los Conductos radiculares , 2ª edición. Panamericana, Argentina 1994.
16.	http://es.wikipedia.org , conceptos sobre proteínas. 2009.
17.	BHASKAR S. N. Histología y Embriología Bucal de Orban . 11ª edición, Ed. Prado, México, D. F. 1994.
18.	MIRANDA Tovar J.L., BARCELÓ Santana, Estudio Comparativo de Tres Sistemas Adhesivos de Adhesión a Esmalte y Dentina , Tesis México, 2008.
19.	GWINNETT John A., The Morphologic Relationship Between Dental Resins and Etched Dentin , J Dent Res, 1977.
20.	http://es.wikipedia.org , conceptos varios. 2009.
21.	MONTERDE Ma. Elina, Desmineralización – Remineralización del Esmalte Dental . Revista ADM, 2002.
22.	BERNALES Diego M. <i>et al</i> , http://bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol23_2_04/ibi01204.htm
23.	MELLO Isabel, Por que y como Remover el Smear Layer Después de la Instrumentación de los Conductos . JCDA, Octubre 2006.
24.	BUONOCORE, Michael W., A Report on a Resin Composition Capable of Bonding to Human Dentin Surfaces , Journal of Dental Research, 1956.
25.	OSORIO Ruiz E., Control del Colapso del Colágeno: Desproteínización , Avances en Odontoestomatología, 2004.
26.	http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/art_revision/revision_2006/i_a_revis... Reacción de la Pulpa Frente a los Anestésicos Locales.