

REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNAM

VOL. 26 NÚM. 1. ENERO - MARZO

EDITORIAL

Innovaciones tecnológicas en odontología

TRABAJOS ORIGINALES

Análisis LIBS de la limpieza realizada por un láser Nd:Yag sobre instrumentos de níquel titanio usados

Efecto clínico y antibacteriano de la *Copaifera reticulata* como apoyo al tratamiento de la periodontitis en diabéticos tipo 2

Fuerza microtensil y aspecto superficial de una resina nanocerámica CAD/CAM tratada con diferentes métodos de grabado

Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación

Evaluación de pH, fraguado y resistencia a la compresión de dos cementos MTA comerciales y un MTA de reciente desarrollo

Frecuencia de agudización en casos de retratamiento endodóntico con diferente longitud de obturación

CASOS CLÍNICOS

Manejo de segundos molares maxilares con dos raíces palatinas: reporte de dos casos

Rehabilitación oral completa en un paciente con erosión dental causada por reflujo gastroesofágico

Colocación de implante en zona estética y regeneración de tejidos blandos utilizando técnica «VISTA»

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Proteoma salival: alcances y perspectivas para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal. Revisión de la literatura



2022, 1



REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA
ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD
DE ODONTOLOGÍA UNAM



2022



Universidad Nacional Autónoma de México



Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Luis Agustín Álvarez Icaza Longoria
Secretario Administrativo

Patricia Dolores Dávila Aranda
Secretaria de Desarrollo Institucional

Facultad de Odontología 1904-2022

Francisco Javier Marichi Rodríguez
Director

Antonio Gómez Arenas
Secretario General

Claudia Naguhely Tochijara Corona
Secretaria Académica

Alejandro Alonso Moctezuma
**Jefe de la División de
Estudios de Postgrado de Investigación**

Aída Borges Yáñez
Subjefe de Investigación

Revista Odontológica Mexicana
Órgano Oficial de la Facultad de Odontología,
Universidad Nacional Autónoma de México

La Revista Odontológica Mexicana está indizada en: SciELO.
LATINDEX Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.
Google Académico. PERIODICA del CICH (UNAM).

En INTERNET, indizada y compilada en versión completa en www.revistas.unam.mx/index.php/rom
Medigraphic, Literatura Biomédica:
www.medigraphic.com/facultadodontologiaunam

REVISTA ODONTOLÓGICA MEXICANA ÓRGANO OFICIAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNAM



Editor en Jefe

Dayanira Lorelay Hernández Nava

Equipo Editorial

Diana Ivette Rivera Reza

Consejo Editorial

Higinio Arzate (<i>México</i>)	Juan Pedro Laclette San Román (<i>México</i>)
Javier de la Fuente Hernández (<i>México</i>)	Jaime Martuscelli Quintana (<i>México</i>)
Enrique Luis Graue Wiechers (<i>México</i>)	José Ignacio Santos Preciado (<i>México</i>)

Comité Editorial

Laura Acosta Torres	María Esther Irigoyen Camacho
Fátima del Carmen Aguilar Díaz	Luis Felipe Jiménez García
María Isabel Aguilar Laurents	Eduardo Llamosas Hernández
Octavio Álvarez Fregoso	Ma. Guadalupe Marín González
Marco Antonio Álvarez Pérez	Juan Ángel Martínez Loza
Cecilia Carlota Barrera Ortega	Arcelia Meléndez Ocampo
Joaquín Canseco Jiménez	Javier Nieto Gutiérrez
Vicente Cuairán Ruidiaz	Mónica Ortiz Villagómez
César Augusto Esquivel Chirino	Javier Portilla Robertson
Filiberto Enríquez Habib	Rebeca Romo Pinales
Teresa I. Fortoul Van der Goes	Rafael Ruiz Rodríguez
Raúl Luis García Aranda	Sergio Sánchez García
Guadalupe García de la Torre	Teresa Leonor Sánchez Pérez
María del Carmen García Peña	Rossana Senties Castellá
Gloria Gutiérrez Venegas	Doroteo Vargas López
Carlos Hernández Hernández	Ricardo Vera Graziano
	María del Carmen Villanueva Vilchis

Revista Odontológica Mexicana Órgano Oficial de la Facultad de Odontología UNAM. Año 26, Núm. 1 Enero-Marzo 2022. Es una publicación trimestral editada y distribuida por la Facultad de Odontología de la UNAM, con dirección en Ciudad Universitaria, Avenida Universidad 3000, Circuito interior s/n, Col. Copilco El Bajo, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510 Ciudad de México, México. Tel. 5623-2207, <http://www.odonto.unam.mx/es/revista-odontologica-mexicana>, revodontologicamexicana@gmail.com. Editor en Jefe: Dayanira Lorelay Hernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo Núm. 04-2004-092209312400-102, ISSN impreso 1870-199X, ISSN electrónico en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de licitud de título y contenido en trámite. Diseñada, producida e impresa por Graphimedic, SA de CV. Coquimbo 936, Col. Lindavista, C.P. 07300, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México. Tels. 55 8589-8527 al 32, emyc@medigraphic.com. Este número se terminó de imprimir el 04 de Marzo de 2023 con un tiraje de 50 ejemplares. El contenido de los artículos, así como las fotografías, son responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados, siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



CONTENIDO

Editorial

6 Innovaciones tecnológicas en odontología

Febe Carolina Vázquez-Vázquez

Trabajos originales

8 Análisis LIBS de la limpieza realizada por un láser Nd:Yag sobre instrumentos de níquel titanio usados

Damara Citlali Vite Hernández, Jorge Humberto Luna Domínguez, Carlos Alberto Luna Lara, Rogelio Oliver Parra

19 Efecto clínico y antibacteriano de la *Copaifera reticulata* como apoyo al tratamiento de la periodontitis en diabéticos tipo 2

Donald Ramos-Perfecto, Américo Castro Luna, Hilda Moromi Nakata, Elba Martínez Cadillo, Hugo Arbañil Huaman, Dante Gamarra Gonzales, Rafael Chucos Ortiz, Jorge Villavicencio Gastelú, Darío Dávila Paredes

32 Fuerza microtensil y aspecto superficial de una resina nanocerámica CAD/CAM tratada con diferentes métodos de grabado

Azhela Del Ángel Ibarra, Rogelio Oliver Parra, Carlos Alberto Luna Lara, Héctor Téllez Jiménez, Bertha Luna García, Jorge Humberto Luna Domínguez

41 Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación

Miriam Marín-Miranda, Leticia Orozco-Cuanalo, Jorge Fernández-Hernández, María Lilia Adriana Juárez-López

51 Evaluación de pH, fraguado y resistencia a la compresión de dos cementos MTA comerciales y un MTA de reciente desarrollo

Cristian Harold Zebadúa-Castellanos, Miriam Marín-Miranda, Jorge Guerrero Ibarra, Abigail Flores-Ledesma, Karen García-Briseño, Lauro Bucio-Galindo, Yoshamin Abnoba Moreno-Vargas

63 Frecuencia de agudización en casos de retratamiento endodóntico con diferente longitud de obturación

Daniel Oropeza Ledezma, Jorge Humberto Luna Domínguez, Carlos Alberto Luna Lara, Rogelio Oliver Parra

Casos clínicos

70 Manejo de segundos molares maxilares con dos raíces palatinas: reporte de dos casos

Óscar Lozano González, Marco Felipe Salas Orozco, Brenda Eréndira Castillo Silva, Miguel Ángel Casillas Santana

78 Rehabilitación oral completa en un paciente con erosión dental causada por reflujo gastroesofágico

Jacqueline Ramírez González, Diana Lizette Figueroa Aguirre, Olivia Alatorre Castorena, Marco Octavio Romero Jiménez, Andrés Niño Camacho, Andréa Dolores Correia Miranda Valdivia

87 Colocación de implante en zona estética y regeneración de tejidos blandos utilizando técnica «VISTA»

Alejandro Darío Ramírez Rodríguez, Jorge Armando Gómez Chávez, Jacqueline Adelina Rodríguez-Chávez, Karina Magaña Curiel, Ricardo Curiel González, Daniel Eduardo Bayardo González

Revisión de la literatura

99 Proteoma salival: alcances y perspectivas para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal. Revisión de la literatura

Luis Alonso Flores-Reyna, Miryam Martínez-Hernández



CONTENTS

Editorial

6 Technological innovations in dentistry

Febe Carolina Vázquez-Vázquez

Original research

8 LIBS analysis of the cleaning performed by a Nd:Yag laser on used Nickel Titanium instruments

Damara Citlali Vite Hernández, Jorge Humberto Luna Domínguez, Carlos Alberto Luna Lara, Rogelio Oliver Parra

19 Clinical and antibacterial effect of *Copaifera reticulata* to support the treatment of periodontitis in type 2 diabetics

Donald Ramos-Perfecto, Américo Castro Luna, Hilda Moromi Nakata, Elba Martínez Cadillo, Hugo Arbañil Huaman, Dante Gamarra Gonzales, Rafael Chucos Ortiz, Jorge Villavicencio Gastelú, Darío Dávila Paredes

32 Micro tensile strength and surface appearance of a CAD/CAM nanoceramic resin treated by different etching methods

Azhela Del Ángel Ibarra, Rogelio Oliver Parra, Carlos Alberto Luna Lara, Héctor Téllez Jiménez, Bertha Luna García, Jorge Humberto Luna Domínguez

41 Photoelastic shrinkage analysis of dental resins using different filling techniques

Miriam Marín-Miranda, Leticia Orozco-Cuanalo, Jorge Fernández-Hernández, María Lilia Adriana Juárez-López

51 Evaluation of pH, setting, and compressive strength of two commercial MTA cements and a newly developed MTA

Cristian Harold Zebadúa-Castellanos, Miriam Marín-Miranda, Jorge Guerrero Ibarra, Abigail Flores-Ledesma, Karen García-Briseño, Lauro Bucio-Galindo, Yoshamin Abnoba Moreno-Vargas

63 Frequency of aggravation in cases of endodontic retreatment with different length of obturation

Daniel Oropeza Ledezma, Jorge Humberto Luna Domínguez, Carlos Alberto Luna Lara, Rogelio Oliver Parra

Clinical cases

70 Management of maxillary second molars with two palatal roots: report of two cases

Óscar Lozano González, Marco Felipe Salas Orozco, Brenda Eréndira Castillo Silva, Miguel Ángel Casillas Santana

78 Complete oral rehabilitation in a patient with dental erosion caused by gastroesophageal reflux

Jacqueline Ramírez González, Diana Lizette Figueroa Aguirre, Olivia Alatorre Castorena, Marco Octavio Romero Jiménez, Andrés Niño Camacho, Andréa Dolores Correia Miranda Valdivia

87 Implant placement in aesthetic zone and guide tissue regeneration using «VISTA» technique

Alejandro Darío Ramírez Rodríguez, Jorge Armando Gómez Chávez, Jacqueline Adelina Rodríguez-Chávez, Karina Magaña Curiel, Ricardo Curiel González, Daniel Eduardo Bayardo González

Literature review

99 Salivary proteome: scopes and perspectives for the diagnosis and monitoring of periodontal disease. Literature review

Luis Alonso Flores-Reyna, Miryam Martínez-Hernández



Innovaciones tecnológicas en odontología

Febe Carolina Vázquez-Vázquez*

* Doctora en Ciencias, Maestra en Ciencias. Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales y Biomateriales. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.

La era digital o era de la información comenzó a mediados de 1970 y a partir de entonces el ritmo de la tecnología ha aumentado de forma acelerada, esto ha revolucionado la forma en que nos comunicamos, interaccionamos, vivimos y trabajamos. La tecnología tiene un impacto importante en la odontología y traerá cambios sustanciales en la docencia, investigación y atención de los pacientes. Entre los cambios en los métodos de enseñanza se encuentran las innovaciones en la simulación clínica y el aprendizaje virtual, que poco a poco han ido sustituyendo el uso de imágenes 2D, disponibles en libros de texto, por modelos 3D, específicamente en el estudio de la anatomía humana, ya que son capaces de recrear de manera fidedigna los detalles anatómicos de los huesos, por lo que la utilidad de estos modelos es realmente valiosa en el estudio práctico de la anatomía.¹

Por lo tanto, el uso de la tecnología CAD-CAM (*Computer-Aided Design- Computer-Aided Manufacturing*) se ha vuelto más común, y en consecuencia ha sido necesaria la compatibilidad con diversos materiales como cerámicos, metales, polímeros y materiales compuestos para desarrollar estos modelos en 3D.² En este sentido, la impresión 3D se encuentra dentro de las tecnologías de fabricación avanzada que están basadas en el diseño digital asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés). Empezó a emplearse en odontología a finales de 1980 y su primer uso clínico se reporta en 1999. Está normada bajo la ISO 17296-2:2015, que determinó siete categorías de manufactura aditiva, entre las que se encuentra el método

de extrusión y deposición capa por capa, que es el que más se utiliza actualmente, y las aplicaciones en odontología abarcan desde el campo de la prostodoncia, la cirugía oral y maxilofacial y la implantología oral hasta la ortodoncia, la endodoncia y la periodoncia.³

En el campo de la odontología la impresión 3D tiene una amplia gama de aplicaciones que incluyen desde su uso en el laboratorio (preclínico) hasta la aplicación clínica. Esto a su vez permite y demanda la creación de nuevos y más eficientes métodos para la fabricación de productos dentales, destaca la elaboración de modelos de trabajo para el diagnóstico de enfermedades que afectan la región maxilofacial y la rehabilitación protésica, ya que proporcionan una herramienta necesaria en la planeación quirúrgica mediante impresión de estereolitografías y guías quirúrgicas que contribuyen a proporcionar a los pacientes procedimientos más predecibles y menos invasivos, y a minimizar las complicaciones. Por tal motivo, se ha llevado a cabo una amplia investigación sobre la precisión y reproducibilidad de modelos digitales y de forma simultánea en la práctica clínica. Los escáneres intraorales son cada vez más comunes, lo que permitirá desarrollar más aplicaciones con estas tecnologías y continuar con la incorporación de la odontología en la era digital.

Editorial

Technological innovations in dentistry

Febe Carolina Vázquez-Vázquez*

* Doctora en Ciencias, Maestra en Ciencias. Laboratorio de Investigación de Materiales Dentales y Biomateriales. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.

The digital or information age began in the mid-1970s and since then the pace of technology has increased rapidly, revolutionizing the way we

Citar como: Vázquez-Vázquez FC. Innovaciones tecnológicas en odontología. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 6-7.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

communicate, interact, live and work. Technology has a major impact on dentistry and will bring substantial changes in teaching, research, and patient care. Among the changes in teaching methods are innovations in clinical simulation and e-learning, which have gradually replaced the use of 2D images available in textbooks with 3D models, specifically in the study of human anatomy because they can reliably recreate the anatomical details of bones, thus evaluating the usefulness of these models in the practical study of anatomy.¹

Therefore, the use of CAD-CAM (Computer-Aided Design-Computer-Aided Manufacturing) technology has become more common, and consequently, compatibility with various materials such as ceramics, metals, polymers, and composites has been necessary to develop these 3D models.² In this sense, 3D printing is one of the advanced manufacturing technologies that are based on computer-aided digital design (CAD), its use in dentistry began in the late 1980s and its first clinical use is reported in 1999; and it is standardized under ISO 17296-2: 2015 which determined seven categories of additive manufacturing among which extrusion and layer-by-layer deposition methods are the most widely used today and applications in dentistry range from the field of prosthodontics, oral and maxillofacial surgery and oral implantology to orthodontics, endodontics, and periodontics.³

In the field of dentistry, 3D printing has a wide range of applications ranging from laboratory (pre-clinical) to clinical application, which in turn enables and demands the creation of new and more efficient methods for the manufacture of dental products, this

in turn allows and demands the creation of new and more efficient methods for the manufacture of dental products, in which the development of working models for the diagnosis of diseases affecting the maxillofacial region and prosthetic rehabilitation stands out, as it provides a necessary tool in surgical planning by printing stereolithography and surgical guides, which contribute to providing patients with more predictable, less invasive procedures and minimizing complications. For this reason, extensive research has been carried out on the accuracy and reproducibility of digital models, and simultaneously, in clinical practice, intraoral scanners are becoming more and more common, which will allow the development of more applications with these technologies and continue to bring dentistry into the digital era.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Ugidos Lozano MT, Haro FB, Ruggiero A, Manzoor S, Juanes Méndez JA. Evaluation of the applicability of 3d models as perceived by the students of health sciences. *J Med Syst.* 2019; 43 (5): 108. doi: 10.1007/s10916-019-1238-0.
2. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li X et al. A Review of 3D printing in dentistry: technologies, affecting factors, and applications. *Scanning.* 2021; 9950131. doi: 10.1155/2021/9950131.
3. Revilla-León M, Sadeghpour M, Ozcan, M. An update on applications of 3D printing technologies used for processing polymers used in implant dentistry. *Odontology.* 2020; 108 (3): 331-338. doi: 10.1007/s10266-019-00441-7.

Correspondencia / Correspondence:
Febe Carolina Vázquez-Vázquez
E-mail: fcarolina.vazquez@gmail.com



Análisis LIBS de la limpieza realizada por un láser Nd:Yag sobre instrumentos de níquel titanio usados

Damara Citlali Vite Hernández,* Jorge Humberto Luna Domínguez,§
Carlos Alberto Luna Lara,§ Rogelio Oliver Parra§

* Egresada del Posgrado en Endodoncia.

§ Profesor de tiempo completo.

Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

RESUMEN

Introducción: los instrumentos endodóncicos usados retienen *debris* dentinario, lo que representa un riesgo biológico que afecta su esterilización. **Objetivo:** evaluar con la técnica de espectroscopia de plasmas inducida por láser (LIBS) la limpieza de instrumentos endodóncicos de NiTi tratados con láser Nd:Yag. **Material y métodos:** se evaluaron instrumentos ProTaper Next X2 (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) y WaveOne Gold Primary (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) bajo microscopio estereoscópico (20X) en dos etapas: 1) instrumentos usados, 2) instrumentos limpiados con ultrasonido o con láser Nd:Yag. En ambas etapas se registró la presencia y extensión de *debris* dentinario teñido con solución Van Gieson. Posteriormente, se analizó con técnica LIBS los elementos contenidos en el *debris* dentinario en instrumentos NiTi usados y tratados con diferentes métodos de limpieza. **Resultados:** la técnica láser Nd:Yag presentó mayor capacidad de limpieza ($p < 0.0001$). El análisis LIBS no mostró espectros de elementos contenidos en el *debris* biológico en los instrumentos tratados con ambos métodos. **Conclusiones:** el láser Nd:Yag es un método eficaz para la limpieza de instrumentos NiTi que elimina de su superficie los elementos contenidos en el *debris* dentinario.

Palabras clave: *debris* dentinario, láser Nd-YAG, infección cruzada, instrumentos rotatorios, LIBS.

INTRODUCCIÓN

La limpieza del sistema de conductos radiculares constituye una de las etapas cruciales para la confor-

mación y obturación endodóncica.¹ Diferentes tipos de instrumentos rotatorios de níquel titanio (NiTi) se utilizan para cumplir este propósito operatorio.²⁻⁴ Durante la instrumentación del sistema de conductos radiculares, una gran cantidad de *debris* dentinario se retiene y adhiere a la superficie activa de estos instrumentos;^{5,6} éste contiene una elevada cantidad de microorganismos y residuos de tejido pulpar vital o necrótico.⁵ El *debris* dentinario es un material biológico que puede ser transportado a otros pacientes si los instrumentos no son correctamente esterilizados.⁷⁻⁹ A menudo los instrumentos de NiTi utilizados para la preparación biomecánica de los conductos radiculares son reutilizados en otros pacientes. Por lo anterior, la remoción del *debris* dentinario retenido en la parte activa de instrumentos NiTi representa un desafío significativo al momento de la limpieza, desinfección y esterilización de estos instrumentos. Al respecto, Popovic J y colaboradores⁵ reportaron la presencia de 96% de *debris* biológico residual en instrumentos endodóncicos usados y sometidos a diferentes protocolos de limpieza.

Los métodos limpieza de instrumentos endodóncicos son variados e incluyen principalmente procedimientos como la prehumidificación en solución enzimática, limpieza de la parte activa de los instrumentos con esponja, instrumentos sometidos a la limpieza por medio de cubetas ultrasónicas¹⁰⁻¹² y reactores sonoroquímicos que intensifican el efecto de cavitación en cubetas ultrasónicas.⁹ Sin embargo, estos métodos de limpieza de instrumentos no son capaces de eliminar las proteínas príon que, teóricamente, son capaces de transmitir enfermedades de tipo encefalopatías espongiiformes, ya que estas proteínas son resistentes a las altas temperaturas generadas durante los procedimientos de esterilización.^{13,14} Recientemente, el láser Nd:Yag fue propuesto como un método para eliminar

Recibido: Junio 2020. Aceptado: Abril 2021.

Citar como: Vite HDC, Luna DJH, Luna LCA, Oliver PR. Análisis LIBS de la limpieza realizada por un láser Nd:Yag sobre instrumentos de níquel titanio usados. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 8-18.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

el *debris dentinario* causado por la instrumentación de conductos radiculares.¹⁵ También se ha reportado que este láser Nd:Yag es capaz de remover cálculo dental.¹⁶ Por su parte, el láser Er:Yag también se ha probado como una técnica útil para eliminar el *debris dentinario* de conductos radiculares instrumentados.¹⁷

Basado en estos estudios, es posible conseguir la limpieza de instrumentos de NiTi mediante la aplicación láser Nd:Yag para eliminar el *debris dentinario* adherido a la superficie activa de estos instrumentos. La presencia del *debris* biológico sobre los instrumentos endodónticos puede registrarse utilizando la espectroscopia de plasma inducido por láser (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy* [LIBS, por sus siglas en inglés]). Ésta es una técnica capaz de determinar los elementos constituyentes de una muestra de una forma rápida, no invasiva y en tiempo real que presenta algunas aplicaciones en el área odontológica.^{18,19} Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar con técnica LIBS la limpieza de la superficie de instrumentos endodónticos de NiTi tratados con láser Nd:Yag.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron instrumentos rotatorios nuevos ProTaper Next X2 (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) y WaveOne Gold Primary (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) para la preparación biomecánica *in vivo* de seis raíces mesiales de primeros molares inferiores con pulpitis irreversible. Los instrumentos se evaluaron bajo microscopio estereoscópico en dos etapas: etapa 1) usados en condiciones clínicas y 2) sometidos a limpieza con ultrasonido o con láser Nd:Yag. Los instrumentos sucios fueron sumergidos durante tres minutos en una solución Van Gieson (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) para teñir el colágeno contenido en el *debris* (color rojo y naranja). Teñidos los instrumentos, fueron asignados aleatoriamente a diferentes métodos de limpieza: Grupo A: Tres instrumentos ProTaper Next X2 que recibieron limpieza con ultrasonido. Grupo B: Seis instrumentos ProTaper Next X2 que recibieron limpieza con láser Nd:Yag. Grupo C: Tres instrumentos WaveOne Gold Primary que recibieron limpieza con ultrasonido. Grupo D: Seis instrumentos WaveOne Gold Primary que recibieron limpieza con láser Nd:Yag. Las cuatro caras de cada instrumento se observaron bajo microscopía estereoscópica (Leica EZ4D, Singapore) a 20X en secciones de 5 mm por cara.

En cada instrumento se obtuvo el registro de *debris dentinario* basal utilizando el método establecido por Linsuwanont y colaboradores²⁰ La categoría para clasificar el *debris dentinario* fue: SD (*debris* teñido)

partículas pigmentadas de rojo o naranja en la superficie del instrumento, F (película orgánica) una delgada capa no estructurada en parte de la superficie del instrumento y en general teñido de rojo, UD (*debris* no teñido) partículas finas que no presentan una tinción roja o naranja y C (superficie limpia). La evaluación de la extensión de *debris* teñido se registró como: 0 (ninguna), 1 (sólo película), 2 (ligero) partículas dispersadas ampliamente sobre la estría del instrumento, 3 (moderada) numerosas partículas con áreas de cobertura continua en la superficie, 4 (severo) áreas de los instrumentos donde las estrías están cubiertas por *debris* en su total profundidad. Dos especialistas en endodoncia previamente calibrados en la evaluación de los registros de *debris dentinario* realizaron las mediciones (Kappa = 0.86, buena fuerza de concordancia). Obtenidos los registros basales, los instrumentos recibieron inmediatamente los protocolos de limpieza señalados anteriormente.

Limpieza con ultrasonido. Los instrumentos sucios fueron insertados 10 veces de forma repetida en una esponja embebida en clorhexidina al 0.12%. Posteriormente, se colocaron en un contenedor con solución enzimática (Zymex-Sultan Healthcare) durante 30 min y se llevaron a una cubeta ultrasónica (Biosonic, Coltene UC50D) durante 15 min enjuagándolos finalmente bajo chorro de agua y dejándolos secar a temperatura ambiente.

Limpieza con láser Nd:Yag. Los instrumentos de NiTi se fijaron en los sujetadores de muestra en posición vertical realizando manualmente 40 disparos con láser Nd:YAG (Bralax Láser Labs, S de RL) 250 mJ, 3Hz, a una distancia de 6 cm a lo largo de la parte activa en cada cara del instrumento durante 2 min.

Finalizados los protocolos de limpieza, los instrumentos fueron sometidos nuevamente al registro microscópico de *debris dentinario* de la misma forma que la obtenida en la medición de los instrumentos sucios.

Análisis LIBS. Mediante técnica LIBS, en una muestra de *debris* se identificaron en diferente longitud de onda bajo las líneas espectrales obtenidas los elementos calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), flúor (F) y fósforo (P). La técnica LIBS identificó los elementos contenidos en la superficie de instrumentos nuevos (control), usados y tratados con ultrasonido o láser Nd:Yag. Como fuente de excitación se utilizó un láser de Nd:YAG equipado con un Q:Switch pasivo de Cr:YAG. El láser emite en la longitud de onda de 1,064 nm disparos láser, cada uno de los cuales contiene trenes de hasta cuatro pulsos con energía máxima de 80 mJ. La luz láser se enfocó sobre la muestra con una lente a una distancia de 10 cm, el láser provocó la formación de un plasma introducido en una fibra ópti-

Tabla 1: Frecuencias y porcentajes de cantidad de *debris* en instrumentos de NiTi usados y tratados con ultrasonido o láser Nd:Yag. *Frequencies and percentages of debris found in used NiTi instruments and in instruments treated with ultrasound or Nd:Yag laser.*

Instrumentos	Debris dentinario	Técnica		Total n (%)
		Ultrasonido n (%)	Láser Nd:Yag n (%)	
Protaper Next X2	Debris teñido	32 _a (88.9)	72 _b (100)	104 (96.3)
	Película orgánica	3 _a (8.3)	0 _b (0.0)	3 (2.8)
	Debris no teñido	1 _a (2.8)	0 _a (0.0)	1 (0.9)
	Total	36 (100)	72 (100.0)	108 (100.0)
WaveOne Gold Primary	Debris teñido	28 _a (77.8)	70 _b (97.2)	98 (90.7)
	Película orgánica	4 _a (11.1)	0 _b (0.0)	4 (3.7)
	Debris no teñido	4 _a (11.1)	2 _a (2.8)	6 (5.6)
	Total	36 (100.0)	72 (100.0)	108 (100.0)

Cada letra subíndice denota un subconjunto de técnica cuyas proporciones de columna no difieren de forma significativa entre sí en el nivel 0.05. Letras diferentes denotan significancia estadística ($p < 0.05$).

Each subscript letter denotes a technique subset whose column proportions do not differ significantly from each other at the 0.05 level. Different letters denote statistical significance ($p < 0.05$).

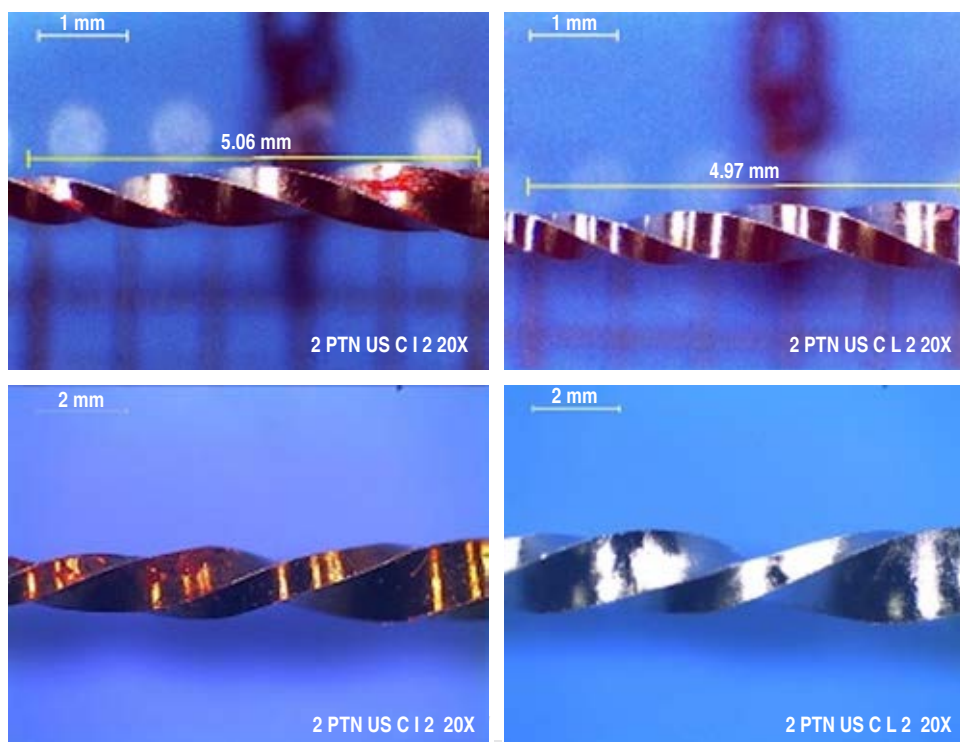


Figura 1:

Imágenes de instrumentos usados (izquierda) Protaper Next X2 (arriba), WaveOne Gold Primary (abajo) y tratados con ultrasonido (arriba derecha) o láser. Nd = Yag (abajo derecha) 20X.

Images of used instruments (left): Protaper Next X2 (top), WaveOne Gold Primary (bottom) and of instruments treated with Ultrasound (top right) or Nd:Yag laser (bottom right) 20X.

ca de 200 μm de diámetro, conduciendo la radiación a un espectrómetro OceanOptics (modelo HR2000), con rango espectral de 200 a 1,100 nm, resolución espectral de 1.5 nm y tiempo de integración de 3.8 ms. Para la detección y captura de espectros se utilizó el software Spectra Suite. Los elementos de interés fueron identificados visualmente a través de la obtención de un espectro normalizado. Se utilizó la aplicación

Merge Graph para analizar individualmente regiones específicas de la caracterización espectral tanto de *debris* biológico como de instrumentos NiTi. Para el análisis de los elementos identificados se tomó como referencia la base de datos publicada por el *National Institute of Standards and Technology* (NIST).²¹

Se utilizó la prueba U Mann Whitney Wilcoxon en la comparación del *debris* teñido y extensión de

debris entre ambos métodos de limpieza. Se manejó un valor alfa de 0.05 en el programa IBM SPSS Statistics® 23.0.

RESULTADOS

Los instrumentos usados bajo condiciones clínicas presentaron *debris* dentinario teñido en más de 90% de su parte activa (Tabla 1). En ambas marcas de instrumentos se observó mayor cantidad de *debris* teñido en el grupo láser Nd:Yag. (p < 0.05) (Figura 1).

Los resultados de la limpieza conseguida por los métodos se muestran en la Tabla 2 y la extensión de *debris* en la Tabla 3. Bajo observación microscópica, la técnica láser Nd:Yag eliminó totalmente el *debris* dentinario de la superficie en ambas marcas de instrumentos (p < 0.0001). La limpieza con ultrasonido dejó mayor porcentaje de película orgánica en ambos tipos de instrumentos (p < 0.05). La extensión de *debris* en los instrumentos usados WaveOne Gold Primary asignados a ambas técnicas de limpieza no mostró diferencias significativas (p = 0.58) (Tabla 4). Los ins-

Tabla 2: Frecuencia y porcentaje de *debris* dentinario posterior a la limpieza con láser Nd:Yag o ultrasonido de instrumentos de NiTi. *Frequency and percentage of dentin debris following Nd:Yag laser or ultrasonic cleaning of NiTi instruments.*

Instrumento	Debris dentinario	Técnica		Total n (%)
		Ultrasonido n (%)	Láser Nd:Yag n (%)	
Protaper Next X2	Película orgánica	6 _a (16.7)	0 _b (0)	6 (5.6)
	Debris no teñido	3 _a (8.3)	0 _b (0)	3 (2.8)
	Superficie limpia	27 _a (75.0)	72 _b (100.0)	99 (91.7)
	Total	36 (100.0)	72 (100.0)	108 (100)
WaveOne Gold Primary	Debris teñido	9 _a (25.0)	0 _b (0.0)	9 (8.3)
	Superficie limpia	27 _a (75.0)	72 _b (100.0)	99 (91.7)
	Total	36 (100.0)	72 (100.0)	108 (100)

Cada letra subíndice denota un subconjunto de técnica cuyas proporciones de columna no difieren de forma significativa entre sí en el nivel 0.05. Las letras diferentes denotan significancia estadística (p < 0.05).
 Each subscript letter denotes a technique subset whose column proportions do not differ significantly from each other at the 0.05 level. Different letters denote statistical significance (p < 0.05).

Tabla 3: Frecuencias y porcentajes de extensión de *debris* en instrumentos de NiTi usados asignados a dos diferentes métodos de limpieza. *Frequencies and percentages of debris extension in used NiTi instruments assigned to two different cleaning methods.*

Instrumento	Extensión de <i>debris</i>	Técnica		Total n (%)
		Ultrasonido n (%)	Láser Nd:Yag n (%)	
Protaper Next X2	Ninguna	3 _a (8.3)	0 _b (0)	3 (2.80)
	Una película	10 _a (27.8)	0 _b (0)	10 (9.3)
	Leve	16 _a (44.4)	38 _a (52.8)	54 (50.0)
	Moderada	7 _a (19.4)	30 _b (41.7)	37 (34.3)
	Severo	0 _a (0.0)	4 _a (5.6)	4 (3.7)
	Total	36 (100.0)	72 (100.0)	108 (100.0)
WaveOne Gold Primary	Una película	5 _a (13.9)	0 _b (0)	5 (4.6)
	Leve	19 _a (52.8)	59 _b (81.9)	78 (72.2)
	Moderada	9 _a (25.0)	13 _a (18.1)	22 (20.4)
	Severo	3 _a (8.3)	0 _b (0)	3 (2.8)
	Total	36 (100.0)	72 (100.0)	108 (100.0)

Cada letra subíndice denota un subconjunto de técnica cuyas proporciones de columna no difieren de forma significativa entre sí en el nivel 0.05. Las letras diferentes denotan significancia estadística (p < 0.05).
 Each subscript letter denotes a technique subset whose column proportions do not differ significantly from each other at the 0.05 level. Different letters denote statistical significance (p < 0.05).

Tabla 4: Frecuencias y porcentajes de extensión de *debris* en instrumentos de NiTi tratados para su limpieza con ultrasonido o láser Nd:Yag. *Frequencies and percentages of debris extension in NiTi instruments cleansed with ultrasound or Nd: Yag laser.*

Instrumento	Extensión de <i>debris</i>	Técnica		Total n (%)
		Ultrasonido n (%)	Láser Nd:Yag n (%)	
Protaper Next X2	Ninguna	27 _a (75.0)	72 _b (100%)	99 (91.7%)
	Una película	9 _a (25.0)	0 _b (0%)	9 (8.3%)
	Total	36 (100)	72 (100%)	108 (100%)
WaveOne Gold Primary	Ninguna	28 _a (77.8)	72 _b (100%)	100 (92.6%)
	Una película	8 _a (22.2)	0 _b (0%)	8 (7.4%)
	Total	36 (100)	72 (100%)	108 (100%)

Cada letra subíndice denota un subconjunto de técnica cuyas proporciones de columna no difieren de forma significativa entre sí en el nivel 0.05. Las letras diferentes denotan significancia estadística ($p < 0.05$).

Each letter denotes a technique subset whose column proportions do not differ significantly from each other at the 0.05 level. Different letters denote statistical significance ($p < 0.05$).

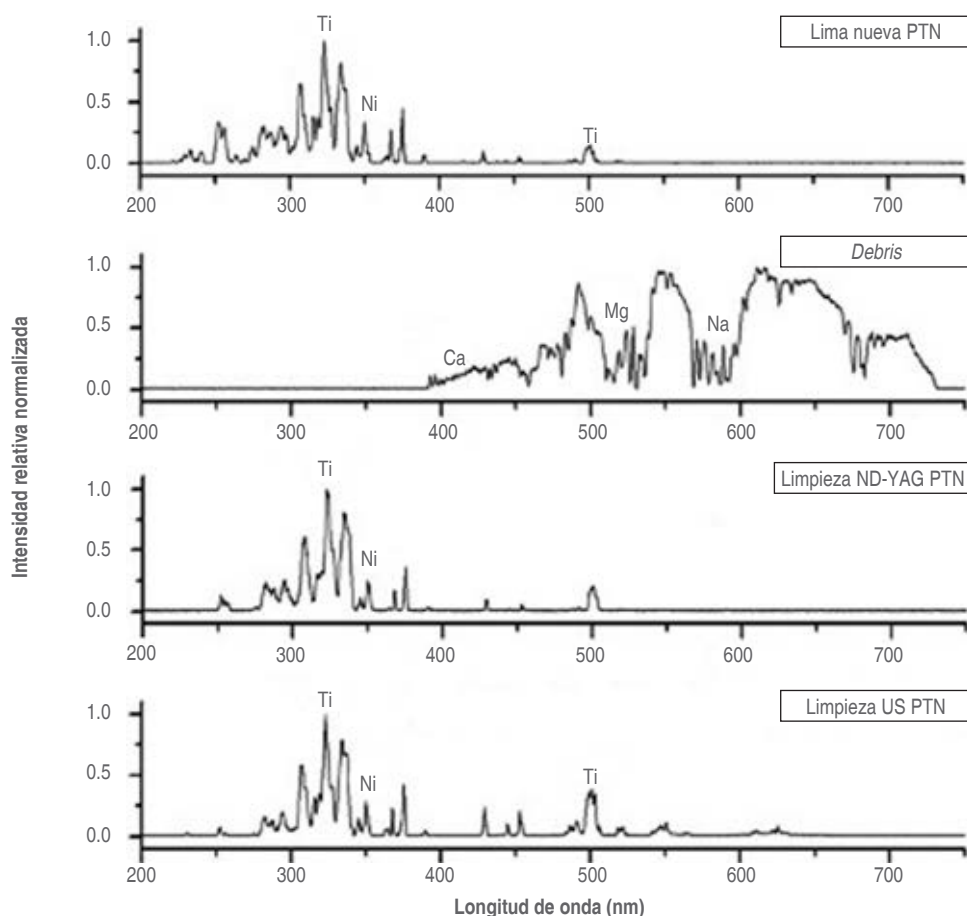


Figura 2:

Longitud de onda de elementos contenidos en el *debris* dentinario y en la superficie de instrumentos ProTaper Next X2 nuevos y tratados con ultrasonido o láser Nd:Yag. PTN = ProTaper Next X2. US = ultrasonido.

Wavelength of elements contained in the dentin debris and on the surface of new and ultrasound or Nd: Yag laser treated ProTaper Next X2 instruments. PTN = ProTaper Next X2. US = ultrasound.

trumentos Protaper Next X2 tratados con ultrasonido presentaron menor extensión de *debris* ($p < 0.001$), mientras que los tratados con láser no mostraron presencia de película orgánica. La técnica de limpieza lá-

ser Nd:Yag evidenció mayor capacidad de limpieza de los instrumentos NiTi ($p < 0.0001$).

Se observaron espectros similares en instrumentos de NiTi nuevos y tratados con ultrasonido y láser

Nd-YAG. En ninguno de los espectros analizados se encontraron elementos Ca, Mg y Na característicos de la presencia de *debris* dentinario en la superficie de instrumentos ProTaper Next X2 y WaveOne Gold Primary nuevos y limpiados con ultrasonido o láser Nd:Yag (Figuras 2 y 3).

DISCUSIÓN

En la práctica endodóncica los instrumentos endodóncicos son generalmente reutilizados, siendo de suma importancia su limpieza completa previo a la esterilización. Smith y colaboradores²² reportaron que los métodos de desinfección de instrumentos endodóncicos contaminados bajo condiciones clínicas no consiguen remover totalmente el material biológico adherido a estos instrumentos. Nuestros resultados indican que los instrumentos de NiTi usados retienen *debris* dentinario con posible riesgo biológico de acuerdo a la tinción mostrada por la solución Van Gieson.²⁰ Los instrumentos endodóncicos que contienen *debris* biológico contaminado pueden actuar como vehículo para la transmisión de diversas enfermeda-

des como la adquirida a través de la proteína príon Creutzfeldt-Jakob, un tipo de encefalopatía espongi-forme que no tiene tratamiento y que puede llegar a ser mortal.^{23,24}

El presente estudio reveló que la radiación láser con Nd:Yag es capaz de eliminar el *debris* biológico de las superficies de instrumentos rotatorios de Ni-Ti usados bajo condiciones clínicas. Encontramos que el láser Nd:Yag eliminó en su totalidad el *debris* adherido a la superficie de los instrumentos endodóncicos con una eficacia semejante a la reportada del láser Nd:Yag en la remoción de cálculo dental.¹⁶ La forma en que se consigue la eliminación del *debris* de la superficie de instrumentos endodóncicos se da de manera semejante a la observada en la eliminación de cálculo dental. Al incidir el láser una superficie, se establece un proceso de degradación térmica en esta superficie, donde la densidad de energía aplicada a la muestra, en este caso la superficie de un instrumento de NiTi, eleva la temperatura de esta superficie causando una microexplosión y vaporización que desprende el material adherido al instrumento. El láser tiene efectos particulares en una muestra irradiada y

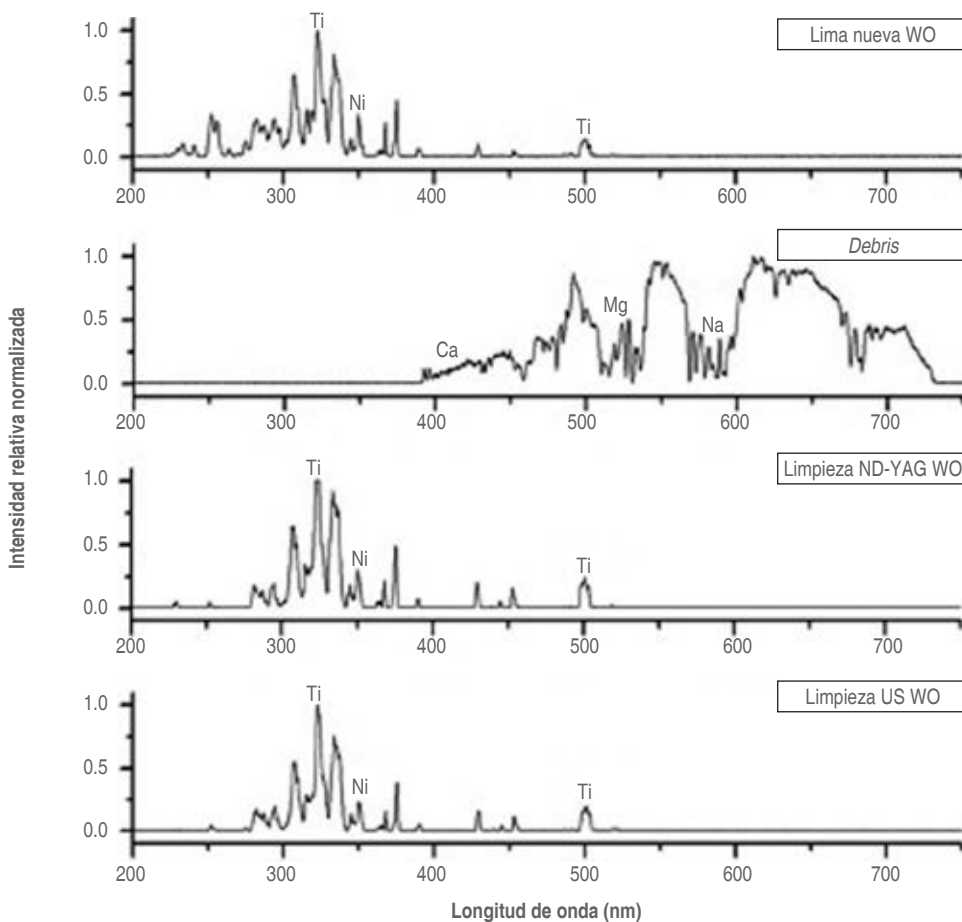


Figura 3:

Longitud de onda de elementos identificados en el *debris* dentinario y en la superficie de instrumentos WaveOne Gold Primary nuevos y sometidos a limpieza con ultrasonido o láser. Nd = Yag. WO = WaveOne Gold. US = ultrasonido.

Wavelength of elements identified in the dentin debris and on the surface of new WaveOne Gold Primary instruments cleaned with ultrasound or Nd:Yag laser. WO = WaveOne Gold. US = ultrasound.

depende en gran medida de la absorción de la muestra a la longitud de onda irradiada. Si la absorción de luz láser por el tejido orgánico es muy fuerte, la energía se deposita cerca de la superficie y la vaporización se confina a una capa superficial del instrumento.

Encontramos que el uso de la técnica LIBS como método de comprobación de la limpieza de *debris* dentinario es una técnica que permite analizar la composición elemental mediante la ablación láser de capas de material.^{19,25} Se observó que los instrumentos *WaveOne Gold Primary* perdieron el color dorado característico de este sistema, se cree que esto puede deberse a cambios térmicos sufridos por la aleación debido al calor generado en la superficie y al proceso de la ablación. En la evaluación microscópica observamos que el ultrasonido no consiguió una limpieza completa de los instrumentos. Popovic y colaboradores⁵ reportaron que la limpieza manual, el uso de un detergente y las ondas por ultrasonido son factores que favorecen la limpieza de instrumentos endodóncicos, si bien estos autores no describieron una limpieza completa de los instrumentos tratados con ultrasonido, nuestros resultados son coincidentes en que el uso del ultrasonido no remueve totalmente el material orgánico bajo inspección microscópica. Sin embargo, en nuestro estudio, la técnica LIBS no fue capaz de detectar elementos contenidos en el *debris* de instrumentos tratados con ultrasonido. Esta situación se puede explicar, ya que la obtención de muestras para análisis por técnica LIBS es microscópica, produce un plasma a partir de generar un cráter (50 μm aproximadamente) sobre la superficie examinada que puede no ser representativo de la condición que se presenta en toda la muestra. Linsuwanont y colaboradores²⁰ concluyeron que la total remoción de *debris* orgánico de instrumentos endodóncicos es posible usando la combinación de procedimientos físicos y químicos, pero es necesario un cuidado meticuloso en su eliminación. Nuestros resultados confirman la necesidad de aplicar con detalle el proceso de limpieza de los instrumentos endodóncicos a fin de propiciar las condiciones correctas para que el proceso de esterilización sea efectivo.

CONCLUSIONES

Los instrumentos endodóncicos de NiTi usados en condiciones clínicas retienen una cantidad significativa de *debris* biológico que pueden representar un riesgo biológico y afectar una efectiva esterilización. El láser Nd:Yag (250 mJ, 3Hz, a 6 cm de la muestra) es una técnica que elimina el *debris* biológico y los elementos contenidos en el *debris* de la superficie de

instrumentos endodóncicos usados, siendo una posible alternativa al uso de la limpieza con ultrasonido. La técnica LIBS es un método útil para detectar elementos constituyentes del *debris* dentinario y de instrumentos de NiTi.

Original research

LIBS analysis of the cleaning performed by a Nd:Yag laser on used Nickel Titanium instruments

Damara Citlali Vite Hernández,*
Jorge Humberto Luna Domínguez,[§]
Carlos Alberto Luna Lara,[§]Rogelio Oliver Parra[§]

* Egresada del Posgrado en Endodoncia.

[§] Profesor de tiempo completo.

Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

ABSTRACT

Introduction: used endodontic instruments retain dentin *debris* which represents a biological risk that affects their sterilization. **Objective:** to assess the cleaning of NiTi endodontic instruments treated with an Nd:Yag laser using the laser-induced plasma spectroscopy (LIBS) technique. **Materials and methods:** ProTaper Next X2 instruments (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) and *WaveOne Gold Primary* (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) were evaluated under a stereoscopic microscope (20X) in 2 stages: 1) used instruments, 2) instruments cleaned with ultrasonics or Nd:Yag laser. In both stages, the presence and extent of dentin *debris* stained with Van Gieson solution were recorded. Subsequently, the elements contained in the dentin *debris* found in used NiTi instruments and treated with different cleaning methods were analyzed with the LIBS technique. **Results:** the Nd:Yag laser technique presented more cleaning capacity ($p < 0.0001$). The LIBS analysis did not show spectra of elements contained in the biological *debris* in the instruments treated with both methods. **Conclusions:** the Nd:Yag laser is an effective method for cleaning NiTi instruments by removing the elements contained in the dentin *debris* from its surface.

Keywords: dentin *debris*, Nd-YAG laser, cross infection, rotary instruments, LIBS.

INTRODUCTION

Cleaning the root canal system is one of the crucial steps for endodontic shaping and obturation.¹ Different types of nickel-titanium (NiTi) rotary instruments are used to fulfill this operative purpose.²⁻⁴ During instrumentation of the root canal system, a large amount of dentin *debris* is retained and adheres to the active surface of these instruments;^{5,6} it contains a high amount of microorganisms and residues of vital or necrotic pulp tissue.⁵ Dentin *debris* is a biological material that can be

transported to other patients if the instruments are not properly sterilized.⁷⁻⁹ Often, NiTi instruments used for the biomechanical preparation of root canals are reused in other patients. Therefore, the removal of dentin *debris* retained in the active part of NiTi instruments represents a significant challenge during the cleaning, disinfection, and sterilization of these instruments. In this regard, Popovic J et al.⁵ reported the presence of 96% of residual biological *debris* in used endodontic instruments subjected to different cleaning protocols.

Endodontic instrument cleaning methods are varied and include mainly procedures such as pre-wetting in enzymatic solution, cleaning of the active part of the instruments with a sponge, instruments subjected to cleaning employing ultrasonic tanks,¹⁰⁻¹² and sonochemical reactors that intensify the cavitation effect in ultrasonic tanks.⁹ However, these instrument cleaning methods are not able to eliminate prion proteins that are theoretically capable of transmitting spongiform encephalopathy-type diseases because these proteins are resistant to the high temperatures generated during sterilization procedures.^{13,14} Recently, the Nd:Yag laser was introduced as a method to remove dentin *debris* caused by root canal instrumentation.¹⁵ It has also been reported that the Nd:Yag laser is capable of removing dental calculus.¹⁶ The Er:Yag laser has also proven to be a useful technique for the removal of dentin *debris* from instrumented root canals.¹⁷

Based on these studies, it is assumed that it is possible to achieve thorough cleaning of NiTi instruments by applying Nd:Yag laser to remove the dentin *debris* adhered to the active surface of these instruments. The presence of biological *debris* on endodontic instruments can be recorded using Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). This technique can determine the constituent elements of a sample in a fast, non-invasive, and real-time manner that may be useful in the dental field.^{18,19} Therefore, the objective of the study was to evaluate through the LIBS technique the surface cleanliness of NiTi endodontic instruments treated with Nd:Yag laser.

MATERIALS AND METHODS

New rotary instruments ProTaper Next X2 (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) and WaveOne Gold Primary (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Switzerland) were used for the *in vivo* biomechanical preparation of 6 mesial roots of lower first molars with irreversible pulpitis. The instruments were assessed under stereo microscopy in 2 stages: stage 1) used in clinical conditions and 2) subjected

to ultrasonic or Nd:Yag laser cleaning. The dirty instruments were immersed for 3 minutes in a Van Gieson solution (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) to stain the collagen contained in the *debris* (red and orange color). Once the instruments were stained, they were randomly assigned to different cleaning methods: Group A: Three ProTaper Next X2 instruments that received ultrasound cleaning. Group B: Six ProTaper Next X2 instruments that received Nd:Yag laser cleaning. Group C: Three WaveOne Gold Primary instruments that received ultrasound cleaning. Group D: Six WaveOne Gold Primary instruments that received Nd:Yag laser cleaning. The four facets of each instrument were observed under stereo microscopy (Leica EZ4D, Singapore) at 20X in sections of 5 mm per face.

On each instrument, the basal dentin *debris* record was obtained using the method established by Linsuwanont et al.²⁰ The category for classifying dentin *debris* was: SD (stained *debris*) red or orange pigmented particles on the instrument surface, F (organic film) a thin unstructured layer on some part of the instrument surface and generally stained red, UD (unstained *debris*) fine particles not showing red or orange staining and C (clean surface). The evaluation of the extent of Stained *Debris* was recorded as 0 (none), 1 (film only), 2 (light) particles scattered widely over the instrument groove, 3 (moderate) numerous particles with areas of continuous coverage on the surface, 4 (severe) areas of the instruments in which the grooves are covered by *debris* to their full depth. Two endodontic specialists previously calibrated in the evaluation of dentin *debris* measurement performed the records (Kappa=0.86, good concordance strength). Once the basal records were obtained, the instruments immediately received the cleaning protocols indicated above.

Ultrasound cleaning. The dirty instruments were inserted 10 times in a sponge soaked in 0.12% chlorhexidine. Subsequently, they were placed in a container containing enzymatic solution (Zymex-Sultan Healthcare) for 30 minutes and afterward, in an ultrasonic tank (Biosonic, Coltene UC50D) for 15 min. Finally, they were rinsed under running water and left to dry at room temperature.

Nd:Yag laser cleaning. The NiTi instruments were fixed in the sample holders in a vertical position. Forty shots were manually performed with Nd:Yag laser (Bralax Laser Labs, S de RL) 250 mJ, 3Hz, at a distance of 6 cm along the active part of each face of the instrument for 2 min.

Once the cleaning protocols were completed, the instruments were again subjected to a microscopic

recording of dentin *debris* in the same way as that performed for the measurement of the dirty instruments.

LIBS analysis. Using the LIBS technique, the elements calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), fluorine (F), and phosphorus (P) were identified in a *debris* sample at different wavelengths under the obtained spectral lines. The LIBS technique identified the elements contained on the surface of new instruments (control), used and treated with ultrasound or Nd: Yag laser. An Nd: YAG laser equipped with a passive Cr: YAG Q: Switch was used as the excitation source. The laser emits in the wavelength of 1064 nm laser shots, each containing trains of up to 4 pulses with maximum energy of 80 mJ. The laser light was focused on the sample with a lens at a distance of 10 cm. The laser caused the formation of a plasma introduced in an optical fiber of 200 μm diameter thus conducting the radiation to an OceanOptics spectrometer (model HR2000), with a spectral range from 200 to 1100 nm, a spectral resolution of 1.5 nm and integration time of 3.8 ms. Spectra Suite software was used for the detection and capture of spectra. The elements of interest were visually identified by obtaining a normalized spectrum. The Merge Graph application was used to individually analyze specific regions of the spectral characterization of both biological *debris* and NiTi instruments. For the analysis of the identified elements, the database published by the National Institute of Standards and Technology (NIST)²¹ was used as a reference.

The Mann Whitney Wilcoxon U test was used to compare the stained *debris* and *debris* extension between both cleaning methods. An alpha value of 0.05 was used in the IBM SPSS Statistics® 23.0 program.

RESULTS

The instruments used under clinical conditions presented stained dentin *debris* on more than 90% of their active surface (Table 1). In both brands of instruments, a greater amount of stained *debris* was observed in the Nd:Yag laser group ($p < 0.05$) (Figure 1). The results of the cleaning achieved by each method are shown in Table 2 and the extent of *debris* in Table 3. Under microscopic observation, the Nd:Yag laser technique completely removed the dentin *debris* from the surface in both instrument brands ($p < 0.0001$). Ultrasonic cleaning left a higher percentage of organic film on both types of instruments ($p < 0.05$). The extension of *debris* in the used *WaveOne Gold Primary* instruments assigned to both cleaning

techniques did not show significant differences ($p = 0.58$) (Table 4). The Protaper Next X2 instruments treated with ultrasound presented less extension of *debris* ($p < 0.001$) while those treated with laser did not present any *debris* film. Ultrasonic cleaning identified instruments with organic film. The Nd: Yag laser cleaning technique presented a greater cleaning capacity of the NiTi instruments ($p < 0.0001$).

Similar spectra were observed in new NiTi instruments treated with ultrasound and Nd-YAG laser. In none of the analyzed spectra Ca, Mg and Na elements characteristic of the presence of dentin *debris* were found on the surface of new ProTaper Next X2 and *WaveOne Gold Primary* instruments cleaned with ultrasound or Nd: Yag laser (Figures 2 and 3).

DISCUSSION

In endodontic practice, endodontic instruments are generally reused, being of utmost importance that they are completely clean before sterilization. Smith et al.²² reported that disinfection methods for treating contaminated endodontic instruments under clinical conditions fail to completely remove the biological material adhered to these instruments. Our results indicate that used NiTi instruments retain dentin *debris* with potential biological risk according to the staining shown by the Van Gieson solution.²⁰ Endodontic instruments containing contaminated biological *debris* can act as a vehicle for the transmission of various diseases such as that acquired through the Creutzfeldt-Jakob prion protein, a type of spongiform encephalopathy that has no treatment and can be fatal.^{23,24}

The present study found that Nd:Yag laser irradiation is capable of removing biological *debris* from the surfaces of rotary NiTi instruments used under clinical conditions. We found that the Nd:Yag laser completely removed the *debris* adhering to the surface of endodontic instruments like the reported efficacy of the Nd: Yag laser in the removal of dental calculus.¹⁶ The way in which the removal of *debris* from the surface of endodontic instruments is achieved is similar to that observed in the removal of dental calculus. When the laser hits a surface, a thermal degradation process is established on this surface, where the energy density applied to the sample, in this case, the surface of a NiTi instrument, raises the temperature of this surface causing a micro explosion and vaporization that detaches the material adhered to the instrument. The laser has particular effects on an irradiated sample and depends strongly on the

absorption of the sample at the irradiated wavelength. If the absorption of laser light by the organic tissue is very strong, the energy is deposited near the surface, and vaporization is confined to a surface layer of the instrument.

We also found that the use of the LIBS technique as a method for testing dentin *debris* clearance is a technique that allows the elemental composition to be analyzed by laser ablation of material layers.^{19,25} It was observed that the WaveOne Gold Primary instruments lost their characteristic golden color. This may be due to thermal changes suffered by the alloy derived from the heat generated on the surface and the ablation process. In the microscopic evaluation, it was observed that the ultrasound did not achieve a complete cleaning of the instruments. Popovic et al.⁵ reported that manual cleaning, the use of a detergent, and ultrasound waves are factors that favor the cleaning of endodontic instruments. Although these authors did not report a complete cleaning of the instruments treated with ultrasound, our results coincide in that the use of ultrasound does not completely remove the organic material under microscopic inspection. However, in our study, the LIBS technique was not able to find elements contained in the *debris* of ultrasound-treated instruments. This situation can be explained since obtaining samples for analysis by LIBS technique is microscopic, generating plasma from a crater (50 μm approximately) on the examined surface that may not be representative of the condition present in the entire sample. Linsuwanont et al.²⁰ concluded that the total removal of organic *debris* from endodontic instruments is possible using a combination of physical and chemical procedures, but meticulous care in its removal is necessary. Our results confirm the need for a detailed application of the endodontic instrument cleaning process in order to provide the correct conditions for guaranteeing effectiveness during the sterilization process.

CONCLUSIONS

NiTi endodontic instruments used in clinical conditions retain a significant amount of biological *debris* that may represent a biohazard and affect effective sterilization. The Nd: Yag laser (250 mJ, 3Hz, at 6 cm from the sample) is a technique that removes the biological *debris* and the elements contained in the *debris* from the surface of used endodontic instruments, making it a viable alternative to the use of ultrasound cleaning. The LIBS technique is a useful method for detecting constituent elements of dentin *debris* and NiTi instruments.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* 2011; 44 (7): 583-609. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x.
2. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endod Top.* 2013; 29 (1): 3-17. doi: 10.1111/etp.12049.
3. Celikten B, Uzuntas CF, Kursun S, Orhan AI, Tufenkci P, Orhan K et al. Comparative evaluation of shaping ability of two nickel-titanium rotary systems using *cone beam* computed tomography. *BMC Oral Health.* 2015; 15 (1): 32. doi: 10.1186/s12903-015-0019-5.
4. Pasqualini D, Alovisi M, Cemenasco A, Mancini L, Paolino DS, Bianchi CC et al. Micro-computed tomography evaluation of protaper next and biorace shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. *J Endod.* 2015; 41 (10): 1706-1710. doi: 10.1016/j.joen.2015.07.002.
5. Popovic J, Gasic J, Zivkovic S, Petrovic A, Radicevic G. Evaluation of biological *debris* on endodontic instruments after cleaning and sterilization procedures. *Int Endod J.* 2010; 43 (4): 336-341. doi: 10.1111/j.1365-2591.2010.01686.x.
6. Parirokh M, Asgary S, Eghbal MJ. An energy-dispersive X-ray analysis and SEM study of *debris* remaining on endodontic instruments after ultrasonic cleaning and autoclave sterilization. *Aust Endod J.* 2005; 31 (2): 53-58. doi: 10.1111/j.1747-4477.2005.tb00222.x.
7. Porter SR. Prion disease: possible implications for oral health care. *J Am Dent Assoc.* 2003; 134 (11): 1486-1491. doi: 10.14219/jada.archive.2003.0079.
8. Sonntag D, Peters OA. Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary systems. *J Endod.* 2007; 33 (4): 442-446. doi: 10.1016/j.joen.2006.12.012.
9. Bryson LM, Fernandez Rivas D, Boutsoukis C. Cleaning of used rotary nickel-titanium files in an ultrasonic bath by locally intensified acoustic cavitation. *Int Endod J.* 2018; 51 (4): 457-468. doi: 10.1111/iej.12866.
10. Whitworth CL, Davies K, Palmer NOA. Society for Healthcare Epidemiology of America, Smith AJ et al. Can protein contamination be removed from hand endodontic instruments? *Prim Dent Care.* 2009;16(1):7-12. doi: 10.1308/135576109786994569.
11. Perakaki K, Mellor AC, Qualtrough AJE. Comparison of an ultrasonic cleaner and a washer disinfectant in the cleaning of endodontic files. *J Hosp Infect.* 2007; 67 (4): 355-359. doi: 10.1016/j.jhin.2007.09.009.
12. Van Eldik DA, Zilm P, Rogers AH, Marin PD. A SEM evaluation of *debris* removal from endodontic files after cleaning and steam sterilization procedures. *Aust Dent J.* 2004; 49 (3): 128-135. doi: 10.1111/j.1834-7819.2004.tb00061.x.
13. Sushma B, Gugwad S, Pavaskar R, Malik SA. Prions in dentistry: A need to be concerned and known. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2016; 20 (1): 111-114. doi: 10.4103/0973-029X.180961.
14. Bali Z, Bali RK, Nagrath S. Prion diseases: risks, characteristics, and infection control considerations in dentistry. *J Investig Clin Dent.* 2011; 2 (4): 236-240. doi: 10.1111/j.2041-1626.2011.00080.x.
15. Montero-Miralles P, Estévez-Luaña R, DeGregorio-González C, Valencia-dePablo O, Jaramillo DE, Cisneros-Cabello R. Effectiveness of Nd:YAG Laser on the elimination of *debris* and Smear Layer. A comparative study with two different irrigation solution: EDTA and QMix® in addition to NaOCl. *J Clin Exp Dent.* 2018; 10 (1): 70-74. doi: 10.4317/jced.54395.
16. Gómez C, Costela Á, García-Moreno I, García JA. *In Vitro* Evaluation of Nd:YAG laser radiation at three different

- wavelengths (1064, 532, and 355 nm) on calculus removal in comparison with ultrasonic scaling. *Photomed Laser Surg.* 2006; 24 (3): 366-376. doi: 10.1089/pho.2006.24.366.
17. Aldeen RZ, Aljabban O, Milly H, Allouch A, Hamadah O. Effect of Er:YAG laser-activated irrigation on dentine debris removal from different parts of the root canal system: An *in vitro* study. *Dent Med Probl.* 2018; 55 (2): 133-138. doi: 10.17219/dmp/85709.
 18. Samek O, Liška M, Kaise J, Beddow DCS, Telle HH, Kukhlevsky SV. Clinical application of laser-induced breakdown spectroscopy to the analysis of teeth and dental materials. *J Clin Laser Med Surg.* 2000; 18 (6): 281-289. doi: 10.1089/clm.2000.18.281.
 19. Rohde M, Mehari F, Klampfl F, Adler W, Neukam F-W, Schmidt M et al. The differentiation of oral soft-and hard tissues using laser induced breakdown spectroscopy – a prospect for tissue specific laser surgery. *J Biophotonics.* 2017; 10 (10): 1250-1261. DOI: 10.1002/jbio.201600153
 20. Linsuwanont P, Parashos P, Messer HH. Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J.* 2004; 37 (1): 19-28. doi: 10.1111/j.1365-2591.2004.00747.x.
 21. National Institute of Standards and Technology. U.S. Department of Commerce. [Internet]. [Consultado]. Available in: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/LIBS/lib-form.html>
 22. Smith A, Dickson M, Aitken J, Bagg J. Contaminated dental instruments. *J Hosp Infect.* 2002; 51 (3): 233-235. doi: 10.1053/jhin.2002.1213.
 23. Vassey M, Budge C, Poolman T, Jones P, Perrett D, Nayuni N et al. A quantitative assessment of residual protein levels on dental instruments reprocessed by manual, ultrasonic and automated cleaning methods. *Br Dent J.* 2011; 210 (9): E14. doi: 10.1038/sj.bdj.2011.144.
 24. Walker JT, Dickinson J, Sutton JM, Raven NDH, Marsh PD. Cleanability of dental instruments - Implications of residual protein and risks from Creutzfeldt-Jakob disease. *Br Dent J.* 2007; 203 (7): 395-401. doi: 10.1038/bdj.2007.893.
 25. Gazmeh M, Bahreini M, Tavassoli SH, Asnaashari M. Qualitative analysis of teeth and evaluation of amalgam elements penetration into dental matrix using laser induced breakdown spectroscopy. *J Lasers Med Sci.* 2015; 6 (2): 67-73.

Correspondencia / Correspondence:
Rogelio Oliver Parra
E-mail: roliver@docentes.uat.edu.mx



Efecto clínico y antibacteriano de la *Copaifera reticulata* como apoyo al tratamiento de la periodontitis en diabéticos tipo 2

Donald Ramos-Perfecto,* Américo Castro Luna,* Hilda Moromi Nakata,*
Elba Martínez Cadillo,* Hugo Arbañil Huaman,§ Dante Gamarra Gonzales,§ Rafael Chucos Ortiz,[¶]
Jorge Villavicencio Gastelú,* Darío Dávila Paredes^{||}

* Docente de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

§ Médico-Endocrinólogo del Servicio de Endocrinología del Hospital Dos de Mayo, Lima, Perú.

¶ Licenciado en Enfermería del Servicio de Endocrinología del Hospital Dos de Mayo, Lima, Perú.

|| Ingeniero Forestal Asistente del Herbario Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Loreto, Perú.

RESUMEN

Introducción: en la actualidad el uso de productos naturales son una opción en el tratamiento de diversas enfermedades, como bien podría ser la oleoresina de copaiba, que presenta propiedades que podrían ser usadas como un coadyuvante en el tratamiento de la periodontitis. **Objetivo:** determinar el efecto clínico y antibacteriano de la *Copaifera reticulata* (*C. reticulata*) «copaiba» como apoyo a la terapia periodontal no quirúrgica (TPNQ) en el tratamiento de la periodontitis en pacientes diabéticos tipo 2. **Material y métodos:** se identificaron 40 zonas homólogas con periodontitis en las hemiarquadas del maxilar superior o inferior de 20 pacientes diabéticos tipo 2, registrándose las variables clínicas: profundidad al sondaje (PS), nivel de inserción clínica (NIC), sangrado al sondaje (SS) y color de encía (CE); también se tomaron muestras de biofilm subgingival y de sangre, para el recuento bacteriano y la determinación de la hemoglobina glucosilada (HbA1c), respectivamente. Se evaluaron dos zonas homólogas por paciente, formando un grupo control de 20 zonas con periodontitis, el cual recibió TPNQ más clorhexidina y un grupo de estudio de 20 zonas con periodontitis que recibió TPNQ más *C. reticulata*. Los valores obtenidos fueron procesados mediante las pruebas estadísticas de Wilcoxon y Fisher. **Resultados:** la PS tuvo una diferencia de la comparación entre los grupos control y estudio de 2.0 ± 0.79 mm y 2.05 ± 0.89 mm, respectivamente. Para el NIC los valores de la diferencia de comparación entre los grupos control y estudio fue de 2.35 ± 0.93 mm y 2.05 ± 0.58 mm, respectivamente, no encontrando diferencias estadísticas significativas en ambos indicadores ($p > 0.05$). El SS se redujo en 95 y 90% en el grupo control y de estudio. En

relación al recuento bacteriano este mostró reducción en ambos grupos, observándose que el grupo de estudio tuvo una menor cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC), no encontrando diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). **Conclusiones:** la *C. reticulata* como apoyo a la TPNQ tuvo un similar comportamiento que la clorhexidina, obteniéndose efectos similares en los indicadores clínicos y microbiológicos.

Palabras clave: *Copaifera*, antibacteriano, periodontitis, diabetes mellitus tipo 2.

Abreviaturas:

CE = color de la encía.
DT2 = diabetes tipo 2.
HbA1c = hemoglobina glucosilada.
NIC = nivel de inserción clínica.
PS = profundidad al sondaje.
SS = sangrado al sondaje.
TPNQ = terapia periodontal no quirúrgica.
UFC = unidades formadoras de colonias.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus es una enfermedad no infecciosa que forma parte de las patologías de desorden metabólico, caracterizada principalmente por una hiperglicemia, acompañada de una deficiente producción y/o accionar de la insulina.¹ En el mundo 425 millones de personas tiene diabetes;² 50% no han sido diagnosticados. La prevalencia se ha triplicado en el mundo entre el 2006 y 2017.¹ La prevalencia como el número de casos nuevos sigue creciendo en todo el planeta. En los Estados Unidos 30.3 millones de adultos tenían diabetes en el año 2017, de los cuales 23.1 millones fueron diagnosticados y los 7.2 millones restantes no estaban diagnosticados.¹ En el Perú la prevalencia de la diabetes en adultos es de 6.8 a 7.2%, teniendo diferencias según las regiones: costa 8.2%, sierra 4.5% y selva 3.5%.³ De los tipos de diabetes que se pue-

Recibido: Junio 2020. Aceptado: Mayo 2021.

Citar como: Ramos-Perfecto D, Castro LA, Moromi NH, Martínez CE, Arbañil HH, Gamarra GD et al. Efecto clínico y antibacteriano de la *Copaifera reticulata* como apoyo al tratamiento de la periodontitis en diabéticos tipo 2. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 19-31.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

den presentar, las más frecuentes son; diabetes tipo 2 (DT2), diabetes tipo 1 y diabetes gestacional, siendo la DT2 la que se presenta en más de 90% de los casos.

La diabetes mellitus es una gran carga para el sistema del cuidado de la salud en el Perú, ya que presenta un crecimiento en alza que genera mortalidad, morbilidad y discapacidad en las personas, con una prevalencia en crecimiento de dos nuevos casos por cada cien personas al año.⁴ En el Perú la diabetes es la octava causa de muerte, la sexta generadora de ceguera por retinopatía diabética, la primera causa de amputación no traumática de miembros inferiores. También es factor de riesgo para la presentación de formas severas de periodontitis, causante de la pérdida de la pieza dentaria.⁵

En relación a la periodontitis, ésta es considerada la sexta complicación más común en el diabético⁵ con una bidireccionalidad en el origen y desarrollo de la enfermedad con la diabetes, si bien es cierto que la periodontitis se caracteriza por una disbiosis a nivel del surco periodontal, donde bacterias anaerobias Gram negativas tiene una gran relevancia para su presentación; son factores importantes para su origen la susceptibilidad del huésped, así como factores sistémicos como la diabetes. Es así que varios estudios han podido confirmar la asociación de periodontitis en pacientes diabéticos, llegando a determinar mayor prevalencia de bolsa periodontal, pérdida de inserción clínica, incremento en el sangrado, pérdida de dentición, entre otras.⁶⁻¹⁰

El tratamiento de la periodontitis se basa en la remoción mecánica del biofilm subgingival, biopelícula compuesta principalmente por una flora bacteriana, donde los complejos rojo y naranja mencionados por Socrasky¹¹ son los más agresivos. La remoción de esta biopelícula, reduciéndola a una mínima expresión, está relacionada con mejoras clínicas: disminución de la bolsa periodontal, ganancia de inserción, reducción o ausencia de sangrado. Sumado a esta fase inicial de remoción, varios investigadores han propuesto como apoyo el uso de antimicrobianos, sistémicos o locales, que mejoren las condiciones del periodonto.¹²⁻¹⁹ Pero estos beneficios no sólo se dan en la periodontitis, sino también en las condiciones del diabético tipo 2, principalmente al reducir el nivel de hemoglobina glucosilada (HbA1c) en los pacientes en un rango de 1 a 2%.^{13,14,17,18}

Respecto a los productos de apoyo al tratamiento de la periodontitis, son varios los antimicrobianos usados; pero bajo una visión más innovadora, los productos naturales son una muy buena opción. Ya sea en presentación de extracto, aceite esencial u oleoresina, presentan principios activos antimicrobianos contra bacterias periodontopatógenas; así, productos

como el té verde,²⁰ tara,²¹ copaiba,²² podrían ser propuestos como coadyuvantes al tratamiento. La *Copaifera reticulata* (*C. reticulata*) «copaiba», también llamada aceite de palo de árbol, es un producto extraíble por perforación de un árbol del género *Copaifera*; este aceite u oleoresina ha evidenciado varias propiedades farmacológicas: antiinflamatorio,²³ cicatrizante,²⁴ antimicrobiano,²⁵ entre otras. Su propiedad principalmente antibacteriana podría reducir la flora bacteriana patógena que persiste luego de la remoción mecánica del biofilm, por lo que podría ser la opción de apoyo a la terapia periodontal no quirúrgica (TPNQ). La *C. reticulata* presenta en su composición sesquiterpenes como el beta-cariofileno, compuesto químico que estaría siendo el principal componente activo de carácter antibacteriano.²⁶ La propiedad antibacteriana de la *C. reticulata* ha sido demostrada en estudios realizados por diferentes investigadores.^{22,27-31}

Conociendo los beneficios de un producto natural como la *C. reticulata*, así como su fácil manejo y aplicación, este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto clínico y antibacteriano de la *C. reticulata* «copaiba» como apoyo al tratamiento de la periodontitis en pacientes diabéticos tipo 2.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue un ensayo clínico, comparativo, prospectivo, a boca partida. Incluyó un grupo de 20 pacientes diabéticos tipo 2 con periodontitis. Éstos fueron captados en el Servicio de Diagnóstico de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y en el Consultorio del Pie Diabético del Hospital Dos de Mayo, Lima, Perú. Todos los participantes del estudio tenían que cumplir con los criterios de selección. *Criterios de inclusión:* pacientes diabéticos tipo 2 con periodontitis. *Criterios de exclusión:* a) participante que hubiera recibido tratamiento periodontal o antimicrobiano 60 días antes del inicio del estudio, b) pacientes edéntulos o con ausencia de piezas dentarias homólogas en diferentes hemiarquadas, c) fumadores, d) pacientes con enfermedad autoinmunitaria, e) menores de 18 años, f) pacientes alérgicos a las sustancias a evaluar y g) pacientes que no firman su consentimiento informado. El estudio fue evaluado y aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina San Fernando de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con número de acta 0288 y código de proyecto No. 0369. También, al tener participantes captados del Consultorio del Pie Diabético del Hospital Dos de Mayo, la investigación fue evaluada por su Comité de Ética, aprobándolo y dándole el registro No. 004270.

Del grupo seleccionado, se evaluó el periodonto de las piezas homólogas seleccionadas presentes en diferentes hemiarquadas, ya fuese en el maxilar o en la mandíbula, que presentaran periodontitis. Se evaluaron en total 40 zonas, distribuidas en un grupo control de 20 que recibió TPNQ más clorhexidina al 0.12% y en el grupo de estudio de 20 que recibió TPNQ más *C. reticulata*. Se evaluaron variables o indicadores de la enfermedad como: profundidad al sondaje (PS), nivel de inserción clínica (NIC), sangrado al sondaje (SS) y color de la encía (CE), al inicio del estudio; después de efectuar la TPNQ se evaluaron los cambios en el grupo control y en el grupo de estudio. Se obtuvieron registros de estos indicadores por el desarrollo de un periodontograma al inicio y a los dos meses después del tratamiento. También se tomaron muestras de biofilm subgingival al inicio y a los dos meses, para evaluar los cambios en la flora bacteriana después del tratamiento.

Obtención de la oleoresina de *Copaifera reticulata*. La *C. reticulata* se obtuvo por perforación del tronco de los árboles del género *Copaifera* y de la especie *reticulata*, la cual se identificó taxonómicamente tomando como muestra la hoja del árbol y llevándola a ser analizada en el Herbario Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), situada en Iquitos-Loreto-Perú. Esta muestra de oleoresina fue obtenida en el distrito de Santiago de Estrecho, en la provincia de Putumayo, frontera con Colombia. Este árbol también crece y desarrolla de forma natural en las zonas de Punchana y Remanso. Una vez identificada, la *C. reticulata* fue depositada en recipientes de vidrio ámbar y llevada a un proceso de esterilización convencional mediante autoclave, quedando lista para su aplicación como apoyo al tratamiento de la periodontitis.

Desarrollo y evaluación de la terapia periodontal en el paciente diabético tipo 2. Previo al diagnóstico y registro de las lesiones periodontales en el paciente, el personal odontológico fue calibrado en el reconocimiento de los indicadores de la periodontitis, elaboración del periodontograma y toma de muestra del biofilm subgingival. Tratando así, de que sus mediciones fueran lo más fidedignas a lo encontrado. Respecto a la terapia periodontal, de las cuarenta zonas identificadas, éstas fueron divididas en dos grupos de 20 zonas homólogas, en diferentes hemiarquadas. Se realizó en un inicio el registro de los indicadores: PS, NIC, SS y CE, en una ficha diseñada para el estudio.

Una vez obtenido los datos de inicio, se realizó la TPNQ, basada en raspado y alisado radicular de las zonas identificadas en el grupo control y en el de estudio. Este procedimiento se realizó con raspadores y

curetas periodontales Gracey (Hu-Friedy, EEUU). Una vez realizado este procedimiento, se apoyó el tratamiento con clorhexidina al 0.12% en el grupo control y con *C. reticulata* en el grupo de estudio. La cantidad del producto de apoyo fue de 10 μ L llevados al surco periodontal por medio de un microbrush (Micro-applicators, China) de diámetro 1.5 mm. La aplicación de los productos se realizó a la primera, segunda, tercera y cuarta semanas, así como a los dos meses después de la TPNQ. En estas semanas, fueron evaluados visualmente los cambios de algunos de los indicadores de la periodontitis, así como el control de placa dental detectado por el paciente.

Para evaluar la condición del control de la diabetes del paciente, se tomaron dos muestras de sangre (una al inicio y otra al final del estudio) para determinar su hemoglobina glucosilada (HbA1c), prueba de referencia para determinar el estado de la diabetes en el paciente.

Desarrollo y evaluación del estudio microbiológico de las bolsas periodontales en los pacientes diabéticos tipo 2. Se identificaron bolsas periodontales en las piezas homólogas con periodontitis, 20 en el grupo control y 20 piezas en el grupo de estudio. Estas muestras se tomaron en dos momentos: al inicio y al final del estudio. Para este procedimiento, se realizó primero el aislamiento relativo de la zona seleccionada para tomar la muestra, se retiró la placa supragingival de la pieza con periodontitis, luego se colocaron en el surco periodontal dos conos de papel No. 40 por un periodo de tiempo de 40 a 60 segundos; una vez pasado este lapso, se retiraron los conos de papel y se llevaron a un medio de transporte BHI (infusión cerebro corazón), para luego ser trasladado al laboratorio para su procesamiento. En el laboratorio se realizaron diluciones de la muestra a 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} ; de esta última dilución, se tomaron 100 μ L para siembra en el medio agar Schaedler o agar sangre al 5% suplementado con vitamina K y hemina. Este medio fue incubado a 37 °C en condiciones de anaerobiosis durante siete días. Pasado este tiempo, se realizó un recuento de las unidades formadoras de colonias (UFC). Este procedimiento de toma de muestra y conteo de UFC se realizó al inicio y final del estudio en ambos grupos.

Análisis estadístico. Los resultados fueron analizados en el programa estadístico SPSS versión 21. Las variables clínicas y microbiológicas fueron evaluadas, comparando el antes y después de cada grupo. Las diferencias de medias de las variables cuantitativas se analizaron con la prueba de Wilcoxon. La variable color de encía se analizó con la prueba χ^2 de McNemar.

Las variables cualitativas, sangrado al sondaje y color de encía se dicotomizaron para facilitar el análisis diferencial entre los grupos control y de estudio,

por medio de la prueba exacta de Fisher. Todas las pruebas fueron evaluadas con un nivel de significancia del 0.05 ($p < 0.05$).

Tabla 1: Características generales de los pacientes diabéticos tipo 2 con periodontitis.

General characteristics of type 2 diabetic patients with periodontitis.

Variables	n (%)
Sexo	
Femenino	9 (45.0)
Masculino	11 (55.0)
Edad [años]*	62.3 ± 9.5
Años de diabético*	8.5 ± 4.5
IHO % inicial*	72.7 ± 14.2
IHO % final*	30 ± 4.7
HbA1c % inicial*	7.3 ± 1.4
HbA1c % final*	6.2 ± 0.9
Control de glucosa [mg/dL]*	144.2 ± 64.0
Diagnóstico de periodontitis	
Leve	0 (0)
Moderada	8 (40.0)
Severa	12 (60.0)
Medicación [§]	
Ninguna	1 (5.0)
Metformina	14 (70.0)
Glibenclamida	4 (20.0)
Insulina	6 (30.0)

IHO = índice de higiene oral.

* Datos expresados en media ± desviación estándar / Data expressed as mean ± standard deviation. [§] Más de una posible respuesta / More than one possible answer.

RESULTADOS

En general se pudo determinar el efecto de apoyo de la *C. reticulata* en la TPNQ, obteniendo mejoras en los aspectos clínicos y microbiológicos estudiados. Dentro de las características generales, se identificó que 55% eran del sexo masculino; la edad promedio fue de 62 años y el periodo de padecimiento de la diabetes de entre ocho y nueve años. El 60% presentó periodontitis severa y el 40% periodontitis moderada. La HbA1c de estos pacientes tuvo una media de 7.3% al inicio del estudio y de 6.2% al final del estudio. Las características generales de los pacientes con DT2 y periodontitis se detallan en la *Tabla 1*. Pasado el periodo de estudio donde se aplicaron los productos de apoyo a la TPNQ, se pudo comparar las variables clínicas y microbiológicas.

En los pacientes del grupo control destacó que la PS de 4.25 ± 0.44 disminuyó a 2.25 ± 0.85 y el NIC de inicio 5.90 ± 2.08 se redujo a 3.55 ± 2.24 . Respecto al sangrado, éste fue evaluando según el índice de hemorragia de la papila según Saxer y Muhlemann; en un principio se registraron grados 1, 2, 3 y 4, para pasar después a encontrarse sólo el grado 1, que es la representación de un punto de sangrado al sondaje de la papila. En cuanto al CE, en el inicio todas las zonas presentaban color rojo, el cual cambió a color

Tabla 2: Estadísticos de las variables clínicas y bacterianas del grupo control, comparando el antes y el después al finalizar la investigación.

Statistics of the clinical and bacterial variables of the control group, comparing the before and after, at the end of the investigation.

Variables	Antes n (%)	Después n (%)	p
Clínicas			
Profundidad al sondaje [mm]*	4.25 ± 0.44	2.25 ± 0.85	< 0.001 [§]
Nivel de inserción clínica [mm]*	5.90 ± 2.08	3.55 ± 2.24	< 0.001 [§]
Sangrado al sondaje			
No hay sangrado	0 (0)	19 (95.0)	< 0.001 [§]
Un punto	4 (20.0)	1 (5.0)	
Una línea	11 (55.0)	0 (0)	
Un triángulo	4 (20.0)	0 (0)	
Una gota	1 (5.0)	0 (0)	
Color de encía			
Rosado coral	0 (0)	19 (95.0)	0.5 [¶]
Rojo	20 (100.0)	1 (5.0)	
Bacterianas*			
UFC [media ± DE] × 10 ³	146.30 ± 108.64	48.0 ± 57.62	< 0.001 [§]

* Datos expresados en media ± desviación estándar / Data expressed as mean ± standard deviation. [§] Wilcoxon. [¶] χ^2 McNemar. UFC = unidades formadoras de colonias.

Tabla 3: Estadísticos de las variables clínicas y bacterianas del grupo de estudio comparando el antes y el después al finalizar la investigación. *Statistics of the clinical and bacterial variables of the study group comparing before and after, at the end of the investigation.*

Variables	Antes n (%)	Después n (%)	p
Clínicas			
Profundidad al sondaje [mm]*	4.50 ± 0.69	2.45 ± 1.19	< 0.001 [§]
Nivel de inserción clínica [mm]*	6.70 ± 3.34	4.55 ± 3.36	< 0.001 [§]
Sangrado al sondaje			
No hay sangrado	0 (0)	18 (90.0)	< 0.001 [§]
Un punto	6 (30.0)	2 (10.0)	
Una línea	11 (55.0)	0 (0)	
Un triángulo	3 (15.0)	0 (0)	
Una gota	0 (0)	0 (0)	
Color de encía			
Rosado coral	0 (0)	18 (90.0)	0.436 [¶]
Rojo	20 (100.0)	2 (10.0)	
Bacterianas*			
UFC [media ± DE] × 10 ³	146.55 ± 145.08	35.50 ± 31.24	< 0.001 [§]

* Datos expresados en media ± desviación estándar / Data expressed as mean ± standard deviation. [§] Wilcoxon. [¶] χ^2 McNemar.
UFC = unidades formadoras de colonias.

rosado coral en 95%. En el aspecto microbiológico, el recuento de UFC se tuvo en un inicio de 146.30 (\pm 108.64) \times 10³ UFC y al final se pudo contabilizar en 48.0 (\pm 57.62) \times 10³. Tanto los valores clínicos como microbiológico tuvieron diferencia estadística significativa con $p < 0.001$, salvo en el caso de CE (Tabla 2).

En relación al grupo de estudio, los resultados indicaron que la PS pasó de 4.5 \pm 0.69 al inicio a 2.45 \pm 1.19 al final del estudio. El NIC fue de 6.70 \pm 3.34 mm al inicio y se redujo a 4.55 \pm 3.36 mm al final. El sangrado se identificó en grados 1, 2, 3, obteniéndose al final grado 1 en dos pacientes. El CE tuvo un color rojo en todos los pacientes, pasando al final del estudio a un color rosado coral en 90%. Respecto al recuento bacteriano en UFC al inicio tuvo una media de 146.55 (\pm 145.08) \times 10³ pasando al final a tener un conteo de 35.50 (\pm 31.24) \times 10³. Las variables estudiadas tuvieron un valor $p < 0.001$, salvo el CE (Tabla 3).

Al comparar los resultados de las diferencias de las variables de los grupos control y de estudio al término de la investigación, se pudo determinar que la PS fue para el control de 2.0 \pm 0.79 mm y para el de estudio 2.05 \pm 0.89 mm, no encontrándose diferencias significativas ($p > 0.05$). En el NIC, el grupo control tuvo 2.35 \pm 0.93 mm y en el estudio de 2.15 \pm 0.58 mm, no registrándose diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). En relación al sangrado, fue controlado en 90% del grupo de estudio y en 95% del grupo control, no encontrándose diferencias estadísticas significati-

vas entre ellas $p > 0.05$. El CE cambió de un color rojo a uno rosado coral en 95% del grupo control y en 90% del grupo de estudio, no habiendo diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). En relación a la variable microbiológica, las UFC tuvieron un valor promedio de 98.3 (\pm 88.54) \times 10³ en el grupo control y de 111.05 (\pm 137.07) \times 10³ para el de estudio, no encontrando diferencias estadísticas significativas $p = 0.456$ (Tabla 4).

DISCUSIÓN

La oleorresina de *Copaifera reticulata* ha demostrado tener una variedad de propiedades, entre ellas la de ser un buen antimicrobiano. Esta característica es apoyada por investigadores como Oliveira Dos Santos y su grupo,²⁷ Mendonca y asociados,²⁵ Pieri y colaboradores,²⁹ entre otros, que en sus estudios han demostrado su actividad contra microorganismos Gram positivos, Gram negativos y formas de levaduras, apoyando así a su posible uso como coadyuvante a la TPNQ, generando mejoras en las variables o parámetros clínicos como; PS, NIC, Sangrado, CE. Así también cambios en la flora microbiana presente en el surco gingival alterado.

En relación a la PS, este parámetro clínico tuvo una reducción, tanto en el grupo control como de estudio de 2.0 \pm 0.93 mm y 2.05 \pm 0.89 mm, respectivamente. Valores que fueron similares al de Famarzi y colaboradores,¹⁴ que en su estudio usaron la TPNQ apoyada con gel de clorhexidina al 1.5%, logrando una reduc-

ción de la PS, en el grupo que recibió este producto en 1.93 ± 0.33 mm. Tsoigny y colaboradores¹⁸ realizaron su estudio con la misma técnica apoyada con iodopovidona al 10%, pudiendo reducir la PS en 1.1 ± 0.4 mm. Duarte y colaboradores,¹⁹ utilizaron como coadyuvante amoxicilina y metronidazol por vía sistémica, logrando reducir en el grupo de estudio 1.11 mm de la PS. Estos estudios respaldan algún beneficio extra al usar algún antimicrobiano como apoyo. También hay investigaciones que no utilizan antimicrobiano de apoyo a la TPNQ, obteniendo resultados menores de reducción de la PS; como el de Palka y colaboradores,³² que logró una reducción promedio de la PS de 0.9 mm en el grupo de estudio.

En relación al NIC se obtuvo al término del estudio una ganancia de la inserción de 2.35 ± 0.93 mm y de 2.15 ± 0.58 mm en el grupo control y en el de estudio, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos por Tsoigny y colaboradores¹⁸ quienes, usando el irrigante de iodopovidona al 10% como apoyo a la TPNQ, obtuvieron una ganancia de 1.3 ± 0.5 mm. Famarzi y asociados,¹⁴ teniendo como apoyo al gel de clorhexidina al 1.5%, lograron obtener una ganancia de 0.87 ± 0.1 mm en el NIC. También Duarte y colaboradores,¹⁹ apoyados con el uso de antibióticos por vía sistémica, pudieron obtener una ganancia de 0.86 mm del NIC en el grupo de estudio; estos dos investigadores obtuvieron valores por debajo de 1 mm, marcando una diferencia con los resultados del estudio en este parámetro. Valores por encima de los obtenidos en el estudio realizado son mencionados por Rovai y

colaboradores,¹⁵ quienes en su revisión sistemática sobre el uso local de antimicrobiano como apoyo a la TPNQ, señalan que Martorelli, usando gel de doxiciclina al 10% como apoyo a la TPNQ logra una ganancia de 3.2 ± 0.4 mm en el NIC, en los cuadros de periodontitis de pacientes diabéticos. Valores muy bajos en la ganancia del NIC también son obtenidos por Goel y colaboradores,¹⁷ que al desarrollar solamente la TPNQ en pacientes diabéticos tipo 2 con periodontitis lograron una ganancia del NIC en 0.3 mm, cifra muy por debajo de todos los estudios antes mencionados, dando a entender el beneficio que podría tener el uso de un antimicrobiano como apoyo a la TPNQ.

En relación al sangrado, éste se pudo controlar casi en su totalidad, estando ausente tanto en el grupo control como de estudio en 95 y 90%, respectivamente. Resultados similares son obtenidos por Tsoigny y su grupo,¹⁸ quienes, usando como coadyuvante iodopovidona al 10% en la TPNQ, lograron disminuir el índice de sangrado a $4.2 \pm 4.7\%$. También Duarte y asociados¹⁹ obtuvieron un control del sangrado, logrando un porcentaje al final de $10.6 \pm 5.7\%$. En relación al CE, éste presentó un cambio de color, al rosado coral, en el grupo control y en el de estudio en 95 y 90%, respectivamente. Esta es una variable poco relacionada en las investigaciones, pero de gran presencia en la clínica, no habiendo estudios con quien comparar este parámetro.

Respecto al efecto antibacteriano que tuvo la aplicación de los productos coadyuvantes de la TPNQ, se pudo cuantificar las UFC antes y después del tra-

Tabla 4: Estadísticos de comparación de las diferencias de las variables clínicas y bacterianas correspondientes al grupo control y al grupo de estudio al finalizar la investigación.
Comparison statistics of the differences in the clinical and bacterial variables corresponding to the control group and the study group at the end of the investigation.

Variables	Control n (%)	Estudio n (%)	p
Clínicas			
Profundidad al sondaje [mm]*	2.0 ± 0.79	2.05 ± 0.89	0.926 [§]
Nivel de inserción clínica [mm]*	2.35 ± 0.93	2.15 ± 0.58	0.285 [§]
Sangrado al sondaje			
No hay sangrado	19 (95.0)	18 (90.0)	1 [¶]
Con sangrado	1 (5.0)	2 (10.0)	
Color de encía			
Rosado coral	19 (95.0)	18 (90.0)	1 [¶]
Rojo	1 (5.0)	2 (10.0)	
Bacterianas*			
UFC [media \pm DE] $\times 10^3$	98.3 ± 88.54	111.05 ± 137.07	0.456 [§]

* Datos expresados en media \pm desviación estándar / Data expressed as mean \pm standard deviation. [§] Wilcoxon. [¶] Fisher.
UFC = unidades formadoras de colonias.

tamiento, tanto en el grupo control como de estudio, obteniéndose diferencia de las medias de las UFC, de $98.3 (\pm 88.54) \times 10^3$ para el grupo control y de $111.05 (\pm 137.07) \times 10^3$ para el grupo de estudio. Estos resultados indicarían una mayor reducción en el grupo de estudio, que recibió *C. reticulata* más TPNQ. Resultados similares fueron obtenidos por Tamashiro y colaboradores,¹² los cuales evaluaron la flora bacteriana subgingival y los indicadores periodontales de la enfermedad en diabéticos tipo 2 después de realizar la TPNQ, teniendo como apoyo el uso de antibióticos; luego de un periodo de evaluación de dos años, encontraron que el grupo de estudio que recibió antibióticos tuvo una proporción baja de bacterias del complejo rojo 5.5% y el grupo control que no recibió antimicrobiano un valor de 12%.

Un indicador del control metabólico de la diabetes, tomado en cuenta en diversos estudios con pacientes diabéticos, es el resultados de la prueba de la HbA1c, ya que permite conocer el control o descontrol de la condición del paciente con diabetes; este valor debe estar, en el mejor de los casos, por debajo de 7%, por lo que procedimientos que puedan reducir este porcentaje ayudarán al control metabólico de la enfermedad. En relación al estudio, éste efectuó una TPNQ apoyada con productos antimicrobianos locales, consiguiendo una recuperación de los indicadores de salud del periodonto, pero también se pudo obtener una mejora en el valor de la HbA1c; el total de diabéticos tuvieron una media de $7.3 \pm 1.4\%$ de la HbA1c al inicio del estudio y de $6.2 \pm 0.9\%$ al finalizarlo, es decir, la HbA1c se redujo en un 1.1%. Este resultado apoyaría la naturaleza bidireccional de la enfermedad diabetes-periodontitis, donde manipulando una de ellas para bien, se puede obtener un beneficio en la otra. En este estudio se mejoró la condición de enfermedad periodontal, obteniendo como consecuencia una mejora en su condición de control de la diabetes. Estos resultados son similares a los referidos por Cuaresma y colaboradores,¹³ quienes obtuvieron una reducción de la HbA1c en una media de 0.8%; valores un poco mayores los obtuvieron Tsoigny y colaboradores,¹⁸ quienes usaron como apoyo clorhexidina en la TPNQ en pacientes diabéticos tipo 2 con periodontitis, reduciendo en $3.0 \pm 2.4\%$ la HbA1c.

Resultados menores en la reducción de la HbA1c fueron reportados por Preshaw y asociados,⁶ en su revisión de diabetes como factor de riesgo para la periodontitis, manifestando que la TPNQ estaría relacionada con una reducción de 0.4% de la HbA1c, aproximadamente. Siguiendo esta línea, Saenz y colaboradores,¹⁰ en su revisión con expertos, señalan

que la TPNQ mejora el control de glucemia de los pacientes diabéticos tipo 2, generando una disminución de la HbA1c en un rango de 0.27 a 0.48%.

CONCLUSIONES

En este estudio se pudo determinar el efecto clínico y antibacteriano de la *C. reticulata* como apoyo a la TPNQ, terapia considerada «estándar de oro» para el tratamiento de la periodontitis, así como el uso de la clorhexidina, agente químico de mayor uso como coadyuvante en el tratamiento de esta enfermedad, que fue utilizada como control. Se puede concluir que los resultados en todos los indicadores periodontales y microbiológicos tuvieron mejoras, restaurando la salud periodontal en el 100% de los pacientes diabéticos tipo 2 con periodontitis. Se propone el posible uso de la copaiba como coadyuvante a la TPNQ, aunque estudios con un mayor número de caso podrían concretar esta propuesta.

Original research

Clinical and antibacterial effect of *Copaifera reticulata* to support the treatment of periodontitis in type 2 diabetics

Donald Ramos-Perfecto,* Américo Castro Luna,* Hilda Moromi Nakata,* Elba Martínez Cadillo,* Hugo Arbañil Huaman,[§] Dante Gamarra Gonzales,[§] Rafael Chucos Ortiz,[¶] Jorge Villavicencio Gastelú,* Darío Dávila Paredes^{||}

* Docente de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

§ Médico-Endocrinólogo del Servicio de Endocrinología del Hospital Dos de Mayo, Lima, Perú.

¶ Licenciado en Enfermería del Servicio de Endocrinología del Hospital Dos de Mayo, Lima, Perú.

|| Ingeniero Forestal Asistente del Herbario Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Loreto, Perú.

ABSTRACT

Introduction: nowadays the use of natural products are an option in the treatment of various diseases, as could well be copaiba oleoresin, which presents properties that could be used as an adjuvant in the treatment of periodontitis. **Objective:** to determine the clinical and antibacterial effect of *Copaifera reticulata* («copaiba») as support for non-surgical periodontal therapy (NSPT) in the treatment of periodontitis in type 2 diabetic patients. **Material and methods:** 40 homologous zones with periodontitis were identified in the maxillary or mandibular hemiarcs of 20 type 2 diabetic patients, recording the clinical variables: probing depth (PD), clinical insertion level (CIL), bleeding on

probing (BP) and gingival color (GC). Subgingival biofilm and blood samples were also collected for bacterial count and determination of glycosylated hemoglobin (HbA1c), respectively. Two homologous areas per patient were evaluated, forming a control group of 20 areas with periodontitis that received NSPT plus chlorhexidine and a study group of 20 areas with periodontitis that received NSPT plus *C. reticulata*. The obtained values were processed by the statistical tests of Wilcoxon and Fisher. **Results:** the PD had a difference of comparison between the control and study groups of the before and after of 2.0 ± 0.79 mm and 2.05 ± 0.89 mm, respectively. For the CIL, the values of the comparison difference between the control and study groups were 2.35 ± 0.93 mm and 2.05 ± 0.58 mm, respectively, thus no significant statistical differences were found in both indicators ($p > 0.05$). BP was reduced by 95% and 90% in the control and study group. Concerning bacterial count, it was reduced in both groups, therefore, it was observed that the study group had a lower number of colony-forming units (CFU) so no statistically significant differences were found ($p > 0.05$). **Conclusions:** *C. reticulata* as support for NSPT showed similar behavior to chlorhexidine, obtaining similar effects for both clinical and microbiological indicators.

Keywords: *Copaifera*, antibacterial, periodontitis, type 2 diabetes mellitus.

Abbreviations:

BP = bleeding on probing.
 CFU = colony-forming units.
 CIL = clinical insertion level.
 GC = gingival color.
 HbA1c = glycosylated hemoglobin.
 NSPT = non-surgical periodontal therapy.
 PD = probing depth.
 T2D = type 2 diabetes.

INTRODUCTION

Diabetes mellitus is a non-infectious disease that is part of metabolic disorders. It is mainly characterized by hyperglycemia, accompanied by a deficient production and/or action of insulin.¹ Worldwide, 425 million people have diabetes,² 50% of whom are undiagnosed, and the prevalence has tripled between 2006 and 2017.¹ Prevalence as the number of new cases continues to grow in the world, in the United States (USA) 30.3 million adults had diabetes in 2017, of which 23.1 million were diagnosed and 7.2 million did not know their diagnosis.¹ In Peru, the prevalence of diabetes in adults is 6.8 to 7.2%, with differences according to regions: coast (8.2%), highlands (4.5%), and jungle (3.5%).³ Of the types of diabetes that can occur, the most frequent are: type 2 diabetes (T2D), type 1 diabetes, and gestational diabetes being T2D the one which occurs in more than 90% of the cases.

Diabetes mellitus is a great burden for the health care system in Peru, since it is a disease on the rise, generating mortality, morbidity, and disability in

people. Its growing prevalence is demonstrated by the fact that two new cases per one hundred people are identified per year.⁴ In Peru, diabetes is the eighth leading cause of death, the sixth leading cause of blindness due to diabetic retinopathy, and the first cause of non-traumatic amputation of lower limbs. It is also a risk factor for the presentation of severe forms of periodontitis, which causes tooth loss.⁵

Regarding periodontitis, it is considered the sixth most common complication in diabetics⁵ with bidirectionality in the origin and development of the disease with diabetes. Although periodontitis is indeed characterized by a dysbiosis at the periodontal sulcus level, where the presence of Gram-negative anaerobic bacteria has great relevance, it is also true that the host's susceptibility as well as systemic factors such as diabetes are factors for its origin. Thus, several studies have been able to confirm the association of periodontitis in diabetic patients, determining a higher prevalence of periodontal pockets, loss of clinical insertion, increased bleeding, and loss of teeth, among others.⁶⁻¹⁰

The treatment of periodontitis is based on the mechanical removal of subgingival biofilm, a biofilm composed mainly of bacterial flora, where the red and orange complexes mentioned by Socrasky¹¹ are the most aggressive. Removal of this biofilm, reducing it to a minimum, is related to clinical improvements such as reduction of the periodontal pocket, attachment gain as well as reduction or absence of bleeding. In addition to this initial removal phase, several researchers have proposed the use of systemic or local antimicrobials to improve periodontal conditions.¹²⁻¹⁹ But these benefits not only occur in periodontitis but also in type 2 diabetic conditions, mainly by reduction of the level of glycosylated hemoglobin (HbA1c) in patients in a range of 1 to 2%.^{13,14,17,18}

Regarding support products for the treatment of periodontitis, there are several antimicrobials used, but taking a more innovative view, natural products are a very good option. Whether in the form of an extract, essential oil, or oleoresin, they show antimicrobial active principles against periodontopathogenic bacteria, so products such as green tea,²⁰ tara,²¹ and copaiba²² have been suggested as adjuvant treatments. *Copaifera reticulata* (*C. reticulata*) «copaiba» or also called palo de árbol oil, is a product extractable by perforation of a tree of the *Copaifera* genus. This oil or oleoresin has shown several pharmacological properties such as anti-inflammatory,²³ healing,²⁴ and antimicrobial,²⁵ among others. Its antibacterial property may reduce the pathogenic bacterial flora that persists after mechanical removal of the biofilm, so it could be an option to support non-surgical periodontal

therapy (NSPT). *C. reticulata* has sesquiterpenes in its composition, such as beta-caryophyllene, a chemical compound that is the main antibacterial active component.²⁶ The antibacterial property of *C. reticulata* has been demonstrated in studies carried out by different researchers.^{22,27-31}

Knowing the benefits of a natural product such as *C. reticulata*, as well as its easy handling and application, this study aimed to determine the clinical and antibacterial effect of *C. reticulata* «copaiba» as a support treatment for periodontitis in type 2 diabetic patients.

MATERIAL AND METHODS

The study was a prospective, comparative, split-mouth clinical trial. The participants were a group of 20 type-2 diabetic patients with periodontitis. They were recruited at the Diagnostic Service of the Faculty of Dentistry of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos and at the Diabetic Foot Clinic of the Hospital Dos de Mayo, Lima, Peru. All the participants in the study had to meet the selection criteria. The inclusion criteria were: type 2 diabetic patients with periodontitis. As for the exclusion criteria, they were: a) Participants who had received periodontal or antimicrobial treatment 60 days before the start of the study. b) Edentulous patients or patients with absence of homologous teeth in different hemiarcs. c) Smokers. d) Patients with autoimmune disease. e) Patients under 18 years of age. f) Patients allergic to the substances to be evaluated, and g) Patients who did not sign the informed consent. The study was assessed and approved by the Ethics Committee of the San Fernando School of Medicine of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos, with certificate number No. 0288 and project code No. 0369. Also, since participants were recruited from the Diabetic Foot Clinic of the Dos de Mayo Hospital, the hospital evaluated the research by its own ethics committee, approving it and giving it a registration number No. 004270.

From the selected group, the periodontium of homologous pieces present in different hemiarcs, either in the maxilla or the mandible presenting periodontitis, was evaluated. A total of 40 zones were assessed. They were distributed in a control group of 20 that received NSPT plus 0.12% chlorhexidine and a study group of 20 that received NSPT plus *C. reticulata*. Disease variables or indicators such as probing depth (PD), clinical insertion level (CIL), bleeding on probing (BP), and gingival color (GC) were registered at the beginning of the study, as well

as the changes after performing the NSPT, supported by chlorhexidine in the control group and *C. reticulata* in the study group. Records of these indicators were obtained by the development of a periodontogram at baseline and two months after treatment. Subgingival biofilm samples were also taken at baseline and at two months to appraise changes in the bacterial flora after treatment.

Obtainment of the oleoresin from *Copaifera reticulata*. *C. reticulata* was obtained by drilling the trunk of trees of the *Copaifera* genus and the species *reticulata*, which was taxonomically identified by taking as a sample a tree leaf and taking it to be analyzed in the Amazonian Herbarium of the National University of the Peruvian Amazon (UNAP), located in Iquitos-Loreto-Peru. The sample of oleoresin used in this study was obtained in the district of Santiago de Estrecho, in the province of Putumayo, on the border with Colombia. Also, the areas of Remanso and Punchana are places where this tree grows and develops naturally. Once *C. reticulata* was identified, it was deposited in amber glass containers and taken to a conventional sterilization process by autoclave. Afterward, it was ready for its application as a support treatment for periodontitis.

Development and evaluation of periodontal therapy in type 2 diabetic patients. Before the diagnosis and registration of periodontal lesions in the patient, the dental staff was calibrated in the recognition of periodontitis indicators, periodontal charting, and sampling of subgingival biofilm. This was done in order to try to make measurements as reliable as possible. In relation to periodontal therapy, the forty identified zones with periodontitis were divided into two groups of 20 homologous zones, in different hemiarcs. Initially, the following indicators were recorded: PD, CIL, BP, and GC, in a card designed for the study.

Once the initial data were obtained, NSPT was performed. NSPT included scaling and root planing of the identified areas in both the control and study groups. This procedure was performed with Gracey periodontal scalers and curettes (Hu-Friedy, USA). Once this procedure was finished, the treatment was supported in the control group with 0.12% chlorhexidine and in the study group with *C. reticulata*. The amount of the support product was 10 μ L taken to the periodontal sulcus utilizing a micro brush (Micro-applicators, China) of 1.5 mm diameter. The application of the products was performed in the first, second, third, and fourth weeks, and two months after NSPT. Changes in some of the indicators of periodontitis, as well as dental plaque

control by the patient, were also evaluated visually during these weeks.

To assess the patient's diabetes control condition, two blood samples were taken, one at the beginning and one at the end of the study, to determine the patient's glycosylated hemoglobin (HbA1c), the reference test to determine the patient's diabetes status.

Development and assessment of the microbiological study of periodontal pockets in type 2 diabetic patients. Periodontal pockets were identified in homologous teeth with periodontitis, 20 in the control group and 20 in the study group. These samples were taken at two moments: at the beginning and the end of the study. For this procedure, first, relative isolation of the selected area for sampling was performed and the supragingival plaque was removed from the tooth with periodontitis. Afterward, two No. 40 paper cones were placed in the periodontal sulcus for a time frame of 40 to 60 s. Once the time was over, the paper cones were removed and brought into a BHI (brain-heart infusion) transport medium. Then they were taken to the laboratory for processing. In the laboratory, dilutions of the sample were made at 10⁻¹, 10⁻², and 10⁻³, from this last dilution 100 μ L were taken for sowing in Schaedler agar medium or 5% blood agar supplemented with vitamin K and hemin. This medium was incubated at 37 °C under anaerobic conditions for 7 days. After this time, a colony-forming unit (CFU) count was performed for both the control and study groups. This sampling and CFU counting procedure were performed at the beginning and end of the study in both groups.

Statistical analysis. The results were analyzed by the SPSS statistical program version 21. Clinical and microbiological variables were evaluated, comparing the before and after of each group as well as the mean differences of the quantitative variables. The Wilcoxon test was applied for all the variables except Gum Color in which the McNemar χ^2 test was applied.

The qualitative variables, bleeding on probing and gum color, were dichotomized to facilitate the differential analysis between the control and study groups using Fisher's exact test. All tests were performed at a significance level of 0.05 ($p < 0.05$).

RESULTS

In general, it was possible to determine the supportive effect of *C. reticulata* on NSPT by demonstrating improvements in the studied clinical and microbiological aspects. Among the general characteristics of the sample, it was identified that 55% were male, with an average age of 62 years,

and had been suffering from diabetes between 8 to 9 years. Sixty percent had severe periodontitis and 40% had moderate periodontitis. Something that stands out about these patients' HbA1c is its average since at the beginning of the study the mean was 7.3% and at the end of the study, it was 6.2%. These data and others concerning the patients are detailed in *Table 1*. After the study phase in which the NSPT support products were applied, the clinical and microbiological variables were compared.

For the patients in the control group, PD went from 4.25 ± 0.44 to 2.25 ± 0.85 and the initial CIL of 5.90 ± 2.08 was reduced to 3.55 ± 2.24 . Bleeding was assessed using the Papilla Hemorrhage Index as described by Saxer and Muhlemann. Initially, grades 1, 2, 3, and 4 were registered, and at the end of the study, grade 1, which is the representation of a bleeding point when probing the papilla. Regarding GC, in the beginning, all the areas showed a red color that changed to a coral pink color in 95% of the sample after the study. Concerning the microbiological aspect, the CFU count was $146.30 (\pm 108.64) \times 10^3$ at the beginning and $48.0 (\pm 57.62) \times 10^3$ at the end. Both the clinical and microbiological values had a significant statistical difference with a p -value < 0.001 , except for GC (*Table 2*).

With regard to the study group, the results indicated that PD decreased from 4.5 ± 0.69 at baseline to 2.45 ± 1.19 at the end of the study. The CIL was 6.70 ± 3.34 at baseline and 4.55 ± 3.36 mm at the end of the study. Bleeding was identified in grades 1, 2, and 3. In the end, grade 1 was obtained in two patients. GC was red in all patients and at the end of the study, it changed to a coral-pink color in 90% of the cases. Regarding the CFU bacterial count, this had a mean of $(146.55 \pm 145.08) \times 10^3$ at the beginning, and at the end of the study, it was recorded at $(35.50 \pm 31.24) \times 10^3$. The studied variables had a p value < 0.001 , except for GC (*Table 3*).

When comparing the results of the differences between the variables of the control and study groups at the end of the investigation, it was determined that the PD was 2.0 ± 0.79 for the control group and 2.05 ± 0.89 mm for the study group. As for CIL, the control group had 2.35 ± 0.93 mm and in the study 2.15 ± 0.58 mm, with no statistically significant differences ($p > 0.05$). In relation to bleeding, in the control group, it was controlled in 95% and in the study group in 90%, thus the differences between them were considered statistically non-significant ($p > 0.05$). GC changed from red to coral pink in 95% of the control group and 90% of the study group, so it was considered statistically non-significant $p > 0.05$. As for the microbiological variable, the CFU had a value of $(98.3 \pm 88.54) \times 10^3$ in the

control group and $(111.05 \pm 137.07) \times 10^3$ for the study group, showing no statistically significant differences $p = 0.456$ (Table 4).

DISCUSSION

Copaifera reticulata oleoresin has been shown to have a variety of properties, among them that of being a good antimicrobial. This characteristic is supported by researchers such as Oliveira dos Santos and collaborators,²⁷ Mendonca and collaborators,²⁵ Pieri and collaborators,²⁹ among others, who have demonstrated its activity against Gram-positive and Gram-negative microorganisms as well as yeast forms, thus supporting its possible use as an adjuvant to NSPT, promoting improvements in clinical variables or parameters such as PD, CIL, Bleeding, GC. Changes in the microbial flora present in the altered gingival sulcus have also been suggested.

Concerning PD, this clinical parameter had a reduction in both the control and study groups of 2.0 ± 0.93 mm and 2.05 ± 0.89 mm, respectively. These values were similar to those mentioned by Famarzi and collaborators,¹⁴ who used NSPT supported with 1.5% chlorhexidine gel, achieving a reduction of 1.93 ± 0.33 mm in PD in the group that received this product. Likewise, Tsobgny and collaborators,¹⁸ performed their study with the same technique supported with 10% iodopovidone. PD was reduced by 1.1 ± 0.4 mm. Duarte and collaborators,¹⁹ used amoxicillin and metronidazole systemically as an adjuvant, achieving a reduction of 1.11 mm of PD in the study group. These studies support some extra benefits when using an antimicrobial as support. There are also reports such as the one by Palka and collaborators³² that do not use antimicrobial support for NSPT, obtaining less PD reduction in their results: they achieved an average BP reduction of 0.9 mm in the study group.

In relation to CIL, at the end of the study, an insertion gain of 2.35 ± 0.93 mm and 2.15 ± 0.58 mm was obtained in the control and study groups, respectively. These values are similar to those obtained by Tsobgny et al,¹⁸ who, using 10% iodopovidone irrigant to support NSPT, obtained a gain of 1.3 ± 0.5 mm. Likewise, Famarzi and collaborators,¹⁴ employing 1.5% chlorhexidine gel, obtained a CIN gain of 0.87 ± 0.1 mm. Duarte and collaborators,¹⁹ supported their therapy with systemic antibiotics and obtained a CIL gain of 0.86 mm in the study group. These two researchers obtained values below 1 mm, unlike the results hereby shown regarding this parameter. Rovai and collaborators,¹⁵ reported values above the ones obtained in the

present study in their systematic review on the local use of antimicrobial agents as support for NSPT, where they mention Martorelli, who used 10% doxycycline gel as support for NSPT and achieved a CIL gain of 3.2 ± 0.4 mm in periodontitis in diabetic patients. Likewise, very low values of CIN gain were obtained by Goel and collaborators,¹⁷ when performing NSPT only in type 2 diabetic patients with periodontitis. They achieved a CIL gain of 0.3 mm, a figure well below all the aforementioned studies.

Bleeding was almost completely controlled, being absent in both the control and study groups at 95 and 90%, respectively. Similar results were obtained by Tsobgny and collaborators,¹⁸ who, using 10% iodopovidone as an adjuvant in NSPT, were able to reduce the bleeding rate to $4.2 \pm 4.7\%$. Likewise, Duarte and collaborators,¹⁹ obtained bleeding control with a final percentage of $10.6 \pm 5.7\%$. About the GC, a color change to coral pink was observed in both the control and study groups at 95 and 90%, respectively. This is a variable scarcely compared in research but of great clinical importance. There are no previous studies with which to compare this parameter.

Regarding the antibacterial effect of the applied products for NSPT support, it was possible to quantify the CFU count before and after treatment, both in the control and study groups, obtaining a difference in the mean CFU, for the control group of $98.3 (\pm 88.54) \times 10^3$ and the study group of $111.05 (\pm 137.07) \times 10^3$. These results might suggest a greater reduction in the study group, which received *C. reticulata* plus NSPT. Similar results were obtained by Tamashiro and collaborators¹² who evaluated the subgingival bacterial flora and periodontal indicators of the disease in type 2 diabetics, after performing NSPT supported by the use of antibiotics. After an evaluation period of 2 years, they found that the study group had a low proportion of red complex bacteria 5.5%, and the control group that did not receive antimicrobials exhibited a value of 12%.

An indicator of the metabolic control of diabetes considered in several studies with diabetic patients is the HbA1c test since it allows one to know the control (or lack of it) of the condition. This value ideally should be below 7% so that procedures that can reduce this percentage will help the metabolic control of the disease. This investigation performed NSPT supported with local antimicrobial products, demonstrating a recovery of periodontal health indicators, but also, possibly an improvement of the HbA1c value: the total of diabetics at the beginning of the study had a mean HbA1c of $7.3 \pm 1.4\%$ and at the end of the study this value was $6.2 \pm 0.9\%$, thus the value of HbA1c was reduced by 1.1%, this finding might support the

bidirectional nature of the diabetes-periodontitis disease, whereby positively manipulating one of the illnesses, a benefit may be obtained in the other; in this research, the periodontal disease condition was improved, and hence, there was an improvement in the diabetes control condition. These results are similar to those reported by Cuaresma and collaborators.¹³ They showed a reduction in HbA1c by an average of 0.8%, although slightly higher values were obtained by Tsobgny and collaborators,¹⁸ who used chlorhexidine as NSPT support in type 2 diabetic patients with periodontitis, reducing HbA1c by $3.0 \pm 2.4\%$.

Smaller results of HbA1c reduction were reported by Preshaw et al.,⁶ in their review of diabetes as a risk factor for periodontitis, stating that NSPT would be related to a reduction of approximately 0.4% in HbA1c. Following this line Saenz et al.,¹⁰ in their expert review, state that NSPT improves glycaemic control in type 2 diabetic patients, resulting in a decrease in HbA1c in the range of 0.27 to 0.48%.

CONCLUSIONS

According to the methodology developed in this study, it was possible to determine the clinical and antibacterial effect of *C. reticulata* as support to NSPT which is considered the «gold standard» for the treatment of periodontitis, as well as chlorhexidine (the most used support chemical agent for this disease) that served as control. It can be concluded that the results observed in all periodontal and microbiological indicators demonstrated improvements thus restoring periodontal health in 100% of type 2 diabetic patients with periodontitis. The possible use of copaiba as an adjuvant to NSPT is hereby recommended, although studies with a larger number of cases might strengthen this suggestion.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Genco RJ, Borgnakke WS. Diabetes as a potential risk for periodontitis: association studies. *Periodontol* 2000. 2020; 83(1): 40-45. doi: 10.1111/prd.12270.
- Graves D, Ding Z, Yang Y. The impact of diabetes on periodontal diseases. *Periodontol* 2020. 2020; 82 (1): 214-224. doi: 10.1111/prd.12318.
- Carrillo-Larco R, Bernabe-Ortiz A. Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general. *Rev Perú Med Esp Salud Publica*. 2019; 36 (1): 26-36. doi: 10.17843/rpmesp.2019.361.4027.
- Villena JE. Epidemiología de la diabetes mellitus en el Perú. *Diagnóstico*. 2016; 55 (4): 173-181. doi: 10.33734/diagnostico.v55i4.21.
- Bascones-Martínez A, Muñoz-Corcuera M, Bascones-Ilundáin J. Diabetes y periodontitis: una relación bidireccional. *Med Clin (Barc)*. 2015; 145 (1): 31-35. doi: 10.1016/j.medcli.2014.07.019.
- Preshaw P, Alba AL, Herrera D, Jepsen S, Konstantinidis A, Makrilakis K et al. Periodontitis and diabetes: a two-way relationship. *Diabetologia*. 2012; 55 (1): 21-31. doi: 10.1007/s00125-011-2342-y.
- Greenblatt AP, Salazar CR, Northridge ME, Kaplan RC, Taylor GW, Finlayson TL et al. Association of diabetes with tooth loss in Hispanic/Latino adults: findings from the Hispanic community health study/ Study of Latinos. *BMJ Open Diab Res Care*. 2016; 4 (1): e000211. doi: 10.1136/bmjdr-2016-000211.
- Pham TAV, Tran TTP. The interaction among obesity, type 2 diabetes mellitus, and periodontitis in Vietnamese patients. *Clin Exp Dent Res*. 2018; 4 (3): 63-71. doi: 10.1002/cre2.106.
- Pumerantz AS, Bisset SM, Dong F, Ochoa C, Wassall RR, Davila H et al. Standardized screening for periodontitis as an integral part of multidisciplinary management of adults with type 2 diabetes: an observational cross-sectional study of cohorts in the USA and UK. *BMJ Open Diab Res Care*. 2017; 5 (1): e000413. doi: 10.1136/bmjdr-2017-000413.
- Sanz M, Ceriello A, Buysschaert M, Chapple I, Demmer RT, Graziani F et al. Scientific evidence on the links between and guidelines of the joint workshop on periodontal diseases and diabetes by the international diabetes federation and the European Federation of Periodontology. *J Clin Periodontol*. 2018; 45 (2): 138-149. doi: 10.1111/jcpe.12808.
- Socransky S, Haffaje A. Dental biofilm: difficult therapeutic targets. *Periodontol* 2000. 2002; 28: 12-55. doi: 10.1034/j.1600-0757.2002.280102.x.
- Tamashiro NS, Duarte PM, Miranda TS, Maciel SS, Figueiredo LC, Faveri M et al. Amoxicillin plus metronidazole therapy for patients with periodontitis and type 2 diabetes: a 2 year randomized controlled trial. *J Dent Res*. 2016; 95 (7): 829-836. doi: 10.1177/0022034516639274.
- Chaves Araújo Quaresma L, Da Silva RF, Camargo G. Efeitos clínicos e metabólicos da terapia periodontal não cirúrgica em pacientes diabéticos e não diabéticos – revisão de literatura. *Rev Bras Odontol*. 2016; 73 (2): 140-143. doi: 10.18363/rbo.v73n2.p.140
- Faramarzi M, Shirmohammadi A, Chitsazi M, Sadighi SM, Ghanitab S. The clinical and metabolic effects of subgingival application of xanthan-based chlorhexidine gel in type 2 diabetic patients with chronic periodontitis. *Dent Rest J (Isfahan)*. 2017; 14 (5): 299-305. doi: 10.4103/1735-3327.215961.
- Rovai ES, Souto ML, Ganhito JA, Holzhausen M, Chambrone L, Pannuti CM. Efficacy of local antimicrobials in the non-surgical treatment of patients with periodontitis and diabetes: a systematic review. *J Periodontol*. 2016; 87 (12): 1406-1417. doi: 10.1902/jop.2016.160214.
- Mauri E, Merlos A, Estrugo A, Jane E, Lopez LJ, Viñas M. Benefits of non-surgical periodontal treatment in patients with type 2 diabetes mellitus and chronic periodontitis: a randomized controlled trial. *J Clin Periodontol*. 2018; 45 (3): 345-353. doi: 10.1111/jcpe.12858.
- Goel K, Pradhan S, Bhattarai MD. Effects of nonsurgical periodontal therapy in patients with moderately controlled type diabetes mellitus and chronic periodontitis in Nepalese population. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2017; 9: 73-80. doi: 10.2147/CCIDE.S138338.
- Tsobgny-Tsague NF, Lontchi-Yimagou E, Nana ARN, Tankeu AT, Katte JC, Dehayem MY et al. Effects of nonsurgical periodontal treatment on glycated haemoglobin on type diabetes patients (PARODIA 1 study): a randomized controlled trial in a sub-saharan Africa population. *BMC Oral Health*. 2018; 18 (1): 28-35. doi: 10.1186/s12903-018-0479-5.
- Duarte PM, Feres M, Yassin LLG, Soares GMS, Miranda TS, Faveri M et al. Clinical and microbiological effects of scaling and root planing, metronidazole and amoxicillin in the treatment of

- diabetic and non-diabetic subjects with periodontitis: a cohort study. *J Clin Periodontol*. 2018; 45 (11): 1326-1335. doi: 10.1111/jcpe.12994.
20. Moromi NH, Martinez-Cadillo E, Ramos-Perfecto D. Antibacterianos naturales orales: Estudios en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Odontol Sanmarquina*. 2009; 12(1): 25-28. DOI: 10.15381/os.v12i1.2910.
 21. Montenegro-Chipana A, Ramos-Perfecto D. Actividad antibacteriana de *Caesalpinia spinosa* (tara) sobre *Porphyromonas gingivalis*. *Odontol Sanmarquina*. 2016; 19 (1): 7-11. doi: 10.15381/os.v19i1.12175.
 22. Ramos-Perfecto D, Castro-Luna A. Actividad antibacteriana de *Copaifera reticulata* "copaiba" sobre *Porphyromonas gingivalis* aisladas de pacientes con periodontitis. *Odontol Sanmarquina*. 2014; 17 (1): 7-11. doi: 10.15381/os.v17i1.9721.
 23. Veiga Junior VF, Rosas E, Carvalho M, Henriques M, Pinto A. Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne – A comparative study. *J Ethnopharmacol*. 2007; 112 (2): 248-254. doi: 10.1016/j.jep.2007.03.005.
 24. De Almeida F, Lima A, Nardin E, De Siqueira C, Santo G, Bromerschenkel I et al. Copaiba oil in experimental wound healing in horses. *Cienc Rural*. 2017; 47 (4): e20151292. doi: 10.1590/0103-8478cr20151292.
 25. Mendonca DE, Becker OS. Actividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela Copaiba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). *Rev Bras Farmacogn*. 2009; 19 (2B): 577-581. doi: 10.1590/S0102-695X2009000400012.
 26. Pieri FA, Souza MC, Vermelho LL, Vermelho ML, Perciano PG, Vargas FS et al. Use of β -caryophyllene to combat bacterial dental plaque formation in dogs. *BMC Vet Res*. 2016; 12 (1): 216. doi: 10.1186/s12917-016-0842-1.
 27. Santos AO, Ueda-Nakamura T, Dias Filho BP, Veiga Junior VF, Pinto AC, Nakamura CV. Antimicrobial activity of Brazilian copaiba oils obtained from different species of the *Copaifera* genus. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2008; 103 (3): 277-281. doi: 10.1590/s0074-02762008005000015.
 28. Felizardo Vasconcelos KR, Veiga Junior VF, Caldas Rocha W, Costa Lima Bandeira MF. Avaliacao *in vitro* da atividade antibacteriana de um cimento odontológico à base de óleo-resina de *Copaifera multifuga* Hayne. *Rev Bras Farmacogn*. 2008; 18 (Suppl): 733-738. doi: 10.1590/S0102-695X2008000500017.
 29. Pieri FA, Mussi MC, Fiorini JE, Schneedorf JM. Efeitos clínicos e microbiológicos do óleo de copaíba (*Copaifera officinalis*) sobre bactérias formadoras de placa dental em caes. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2010; 62 (3): 578-585. doi: 10.1590/S0102-09352010000300012.
 30. Bardají DK, da Silva JJ, Bianchi TC, de Souza Eugenio D, de Oliveira PF, Leandro LF et al. *Copaifera reticulata* oleoresin: chemical characterization and antibacterial properties against oral pathogens. *Anaerobe*. 2016; 40: 18-27. doi: 10.1016/j.anaerobe.2016.04.017.
 31. Diefenbach AL, Muniz FWMG, Oballe HJR, Rosing CK. Antimicrobial activity of copaiba oil (*Copaifera* ssp.) on oral pathogens: systematic review. *Phytother Res*. 2018; 32 (4): 586-596. doi: 10.1002/ptr.5992.
 32. Kaur P, Narula SC, Rajput R, K Sharma R, Tewari Sh. Periodontal and glycemic effects of nonsurgical periodontal therapy in patients with type diabetes stratified by baseline HbA1c. *J Oral Sci*. 2015; 57 (3): 201-211. doi: 10.2334/josnurd.57.201.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Correspondencia / Correspondence:
Donald Ramos-Perfecto
E-mail: dramosp@unmsm.edu.pe



Fuerza microtensil y aspecto superficial de una resina nanocerámica CAD/CAM tratada con diferentes métodos de grabado

Azhela Del Ángel Ibarra,* Rogelio Oliver Parra,§ Carlos Alberto Luna Lara,§ Héctor Téllez Jiménez,§ Bertha Luna García,§ Jorge Humberto Luna Domínguez§

* Egresada de la Maestría en Prosthodontia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.
§ Profesor de tiempo completo, Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

RESUMEN

Introducción: los materiales cerámicos infiltrados con polímero CAD/CAM necesitan tratamientos micromecánicos y químicos que modifiquen su superficie y favorezcan la adhesión a dentina de restauraciones indirectas. **Objetivo:** evaluar *in vitro* la fuerza microtensil que causa la combinación del tratamiento superficial de microarenado (MA), más ácido fluorhídrico (HF 10%), al aplicar un adhesivo universal (AU) sobre especímenes de Lava™ Ultimate (LVU). **Material y métodos:** se utilizó una nanocerámica de resina LVU (3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Las muestras se dividieron en cuatro grupos. Grupo 1: control (sin tratamiento). Grupo 2: MA con Al₂O₃ de 50 µm (Zeta Sand Zhermarck Dental SpA, Italia) + AU (All-Bond Universal® Bisco Inc. Schaumburg, IL). Grupo 3: grabado con AF al 10% Angelus® (Solucoes Odontologicas, Londrina, Brazil) + AU. Grupo 4: MA + AF + AU. Los especímenes se cementaron con resina dual Duo-Link™ (Bisco Inc. Schaumburg, IL) en dentina media de terceros molares extraídos. Después de 24 horas se realizó la prueba de microtracción. El modo de fallo de las muestras se registró bajo estereomicroscopio a 20X. La rugosidad y aspecto superficial se evaluaron con microscopio electrónico de barrido (MEB) y microscopio de fuerza atómica (MFA). **Resultados:** el tratamiento de superficie de LVU con MA + AF + AU mostró diferencias significativas en la resistencia microtraccional ($p < 0.011$). El modo de fallo predominante en los grupos fue adhesivo. Se identificó una correlación significativa, al observar que a mayor rugosidad de la superficie tratada, había mayor resistencia microtraccional ($r = 0.88$). **Conclusiones:** la resina nanocerámica LVU grabada con MA y con AF crea una rugosidad superficial que combinada con un AU incrementa la resistencia de fuerza adhesiva en dentina.

Palabras clave: CAD/CAM, resina nanocerámica, adhesión, resistencia microtensil.

INTRODUCCIÓN

El diseño y manufactura de restauraciones dentales asistido por computadora (CAD/CAM) es una tecnología que con el tiempo ha ido diversificando las aplicaciones clínicas de la prosthodontia.¹ Esta tecnología proporciona una elevada calidad y reproducibilidad de diferentes bloques de materiales CAD/CAM cerámicos, vítreo cerámicos o resinosos.^{2,3} Los materiales cerámicos tradicionales son biocompatibles, estéticos, poseen buena resistencia al desgaste y ofrecen estabilidad del color. En los últimos años, han surgido materiales con diferente composición que son fresados bajo el método CAD/CAM. El objetivo que persiguen estos materiales es obtener propiedades semejantes a las que poseen los materiales cerámicos.⁴ Algunas de sus ventajas son: excelente adaptación marginal, módulo de elasticidad semejante a la dentina y desgaste similar al que presenta el esmalte.⁵ Actualmente, los bloques para fresar que más destacan son Vita Enamic® (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany), esta cerámica híbrida está compuesta por una matriz de cerámica dominante (86% del peso) reforzada por una matriz polimérica.⁶ Asimismo, también se encuentran los materiales de resina con un relleno de nanopartículas de cerámicas uniformemente dispersas (80-90% del peso) como Lava Ultimate Restorative (LVU; 3M ESPE) y Cerasmart (GC Dental Products).⁷⁻⁹ La adhesión de estos materiales al sustrato dentario en restauraciones indirectas es determinante para el éxito a largo plazo. Por esta razón, el tratamiento de la superficie de estos materiales juega un papel significativo en la adhesión.¹⁰

Recibido: Julio 2020. Aceptado: Septiembre 2021.

Citar como: Del Ángel IA, Oliver PR, Luna LCA, Téllez JH, Luna GB, Luna DJH. Fuerza microtensil y aspecto superficial de una resina nanocerámica CAD/CAM tratada con diferentes métodos de grabado. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 32-40.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Durante los últimos años, se ha buscado una superficie microretentiva del material que favorezca una buena fuerza de adhesión. A la fecha, los métodos más utilizados para el tratamiento de superficie son el microarenado (MA) con partículas de óxido de aluminio (Al_2O_3),^{3,10-12} grabado con ácido fluorhídrico (HF)^{9,10,13,14} y método triboquímico (microarenado con partículas recubiertas de sílice), el cual favorece un enlace químico con el silano previo a la cementación.^{14,15} De estos tratamientos, el MA con partículas de Al_2O_3 de 50 μm elimina los contaminantes retenidos en la superficie del material a adherir, al aumentar la rugosidad superficial y la retención micromecánica del adhesivo.^{13,16} Por su parte, el HF remueve químicamente la fase vítrea del material de la superficie tratada, al dejarla irregular y microretentiva.^{9,17} Se ha reportado que el grabado de bloques de cerámicas de disilicato de litio con HF al 10% por 60 segundos alcanza valores entre 31 a 39 Mpa.^{18,19} La prueba de fuerza de unión microtensil (μTBS , por sus siglas en inglés), ha sido probada con éxito para evaluar la fuerza adhesiva en diferentes estudios.^{16,20-23} Esta prueba tiene la ventaja de que las cargas de tensión generan principalmente un modo de falla de tipo adhesiva, lo que favorece la identificación de la exactitud de la fuerza de adhesión de los materiales.²⁴ Es posible que la aplicación conjunta de dos diferentes métodos de tratamiento de superficie generen una superficie irregular en resinas nanocerámicas que promuevan una elevada fuerza de adhesión a dentina. Por lo tanto, debido a que no se ha investigado el efecto conjunto del grabado con MA y el HF como tratamientos superficiales de resinas nanocerámicas, el objetivo del estudio fue evaluar *in vitro* la fuerza microtensil que causa la combinación del tratamiento superficial de MA (Al_2O_3 de 50 μm) más HF (10%), aplicando un AU sobre especímenes de resina nanocerámica LVU (3M ESPE, St. Paul, MN, USA).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio experimental conformado por una muestra de cuatro terceros molares inferiores con corona íntegra, extraídos por indicaciones ortodónticas. Una vez limpiados, éstos se almacenaron en recipientes que contenían agua desionizada para luego obtener muestras de dentina.

Obtención de muestras de dentina

Las molares se sembraron en resina acrílica autopolimerizable (Nic-Tone® MDC Dental, Jalisco, México), se seccionaron transversalmente a la mitad de la corona clínica con un disco en un motor de baja

velocidad (Ray Foster, Dental Equipment Huntington Beach, CA), lo que expuso la dentina media coronal. Las superficies cortadas se abrasionaron con una hoja de carburo de silicio de grano 600, hasta obtener una superficie uniforme y lisa.

Obtención de especímenes de LVU

A partir de bloques de nanocerámica de resina LVU se fabricaron cuatro especímenes con dimensiones de 10 × 10 × 4 mm, usando un disco de diamante de 0.8 mm en una recortadora a baja velocidad (Buelher, IsoMet 5000). Las muestras se alisaron en la superficie a adherir, utilizando papel de carburo de silicio (SiC) grano 600 (Fandelli®, Tlalnepantla, Edo. de México), bajo refrigeración con agua potable durante un minuto. Las muestras lijadas se limpiaron durante cinco minutos dentro de una cubeta ultrasónica (BioSonic UC50D Coltene/Whaledent OH, USA) y después fueron almacenadas en agua destilada a 37 °C, durante 24 horas, en una cámara ambientadora (Shel-lab Mod. 1510E, Sheldon Manufacturing, OR, USA). Posteriormente, las muestras de LVU se asignaron aleatoriamente a cuatro grupos:

Grupo 1: control/sin tratamiento superficial. Únicamente se realizó limpieza con ultrasonido de los especímenes de LVU.

Grupo 2: las muestras de LVU fueron tratadas mediante MA con partículas de Al_2O_3 de 50 μm (Zeta Sand®/Zhermack), por medio de un microarenador (Essence Dental, Araraquara, Brasil), durante 10 segundos bajo una presión de 3 bares a una distancia de 10 mm entre la boquilla y la superficie de la muestra. Por último, se aplicó una capa de AU (All-Bond Universal® Bisco) con ayuda de un microaplicador (Bisco Inc. Schaumburg, IL), se dejó secar durante un minuto y se fotopolimerizó por 20 segundos.

Grupo 3: grabado de especímenes LVU con HF al 10% Angelus® por 60 segundos; lavado y enjuagado durante 60 segundos, seguido de la aplicación de una capa de AU con un microaplicador, secado durante un minuto y fotopolimerizado por 20 segundos.

Grupo 4: las muestras de este grupo se trataron primero con MA como en el grupo 2 y después con HF como en el grupo 3. Finalizado el tratamiento superficial se aplicó una capa de AU.

Un espécimen de cada grupo fue tomado de manera aleatoria para la evaluación del aspecto superficial, bajo microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM 7800F) y microscopio de fuerza atómica (NT-MDT Spectrum Instruments), que también determinó la rugosidad de la superficie de las muestras tratadas.

Adhesión de LVU a dentina

Para el proceso de adhesión las muestras seccionadas se lavaron con agua desionizada por 20 segundos, seguido de un grabado con ácido fosfórico al 35%, Select HV® Etch (Bisco, Schaumburg, IL, USA), durante 15 segundos, lavado y secado de la muestra y aplicación de una capa de AU sobre la dentina expuesta con un microaplicador de grosor regular (2.0 mm). El AU se dejó secar durante un minuto y se fotopolimerizó durante 20 segundos a una distancia aproximada de 2 mm. Para la adhesión de los especímenes de LVU a las muestras de dentina se utilizó resina dual Duolink®. Con una cánula de plástico; se colocó un solo incremento en la parte central de la muestra de dentina y después se colocó el espécimen LVU al retirar el excedente de cemento. Enseguida se puso una pesa metálica sobre la resina nanocerámica LVU, que mantuvo una carga axial constante de 1 kg en toda la superficie y fotopolimerizó el cemento de manera multidireccional por 20 segundos con una lámpara Coltolux Led Curing Light® (Coltene/Whaledent Inc, Cuayhoga Falls, OH, USA), a una potencia de 650 mW/cm², corroborada por un radiómetro Coltolux Light Meter (Coltene®).

Cementadas las muestras, se almacenaron en agua destilada a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, con un vernier digital (Mitutoyo) cada espécimen fue marcado y después seccionado verticalmente cada milímetro con un disco de diamante de 0.8 mm de grosor que fue fijado a una máquina recortadora de muestras (Buelher, IsoMet 5000®). Los cortes se realizaron primero en sentido vestibulo lingual y después en sentido mesiodistal. Finalizados los cortes, éstos fueron separados del bloque de LVU cortando la base de los surcos realizados con un disco de diamante montado en un micromotor (Champion M3 Marathon SDE-SH3L), con lo que se obtuvieron

vigas de LVU/dentina de 1 mm de diámetro por 7 mm de largo. Las vigas fueron lavadas con agua desionizada por cinco minutos y secadas con dos aplicaciones de aire de la jeringa triple. Enseguida estas vigas fueron llevadas a una máquina de pruebas universal (Alliance RT/30 MTA®) para la prueba de microtracción. Las vigas obtenidas se pegaron en sus extremos con cianocrilato (3M™ Super Glue Gel, St. Paul, MN) a un aditamento, de acuerdo al método propuesto por Sano y colaboradores.²¹ Este aditamento fue fijado a la máquina de pruebas universal (Alliance RT/30) y se realizó la prueba microtraccional a una velocidad de 1 mm/min, con una fuerza de 5.4 kg por minuto. Finalizada la prueba, los especímenes fueron llevados al microscopio estereoscópico (Leica Microsystems, Switzerland) a 20X para registrar el modo de fallo (adhesivo, cohesivo y mixto) de cada espécimen.

El coeficiente kappa entre dos observadores de manera ciega e independiente (ADI-CAL) arrojó un coeficiente de concordancia de 0.89.

Se realizaron pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y de varianza Levene. Después, se practicó Kruskal-Wallis y comparaciones *post-hoc* Scheffe en el análisis de la fuerza microtraccional obtenida con los diferentes tratamientos de superficie de LVU. La prueba *r* de Pearson identificó el grado de correlación entre la rugosidad superficial y la resistencia microtraccional. Las pruebas estadísticas se manejaron a un valor alfa de 0.05 en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 23.

RESULTADOS

Las muestras del grupo control se perdieron debido a que los especímenes se fracturaron durante los cortes para la obtención de vigas de LVU/dentina. Se realizó el análisis estadístico a nueve, 10 y 11 vigas de los grupos 4 (MA+AF+AU), 2 (MA+AU) y 3

Tabla 1: Estadísticos descriptivos (Mpa) de la fuerza adhesiva microtraccional encontrada con diferentes técnicas de tratamiento superficial sobre resina nanocerámica Lava™ Ultimate (LVU).
Descriptive statistics (Mpa) of the micro tractional adhesive strength found with different surface treatment techniques on Lava™ Ultimate (LVU) nanoceramic resin.

	MA+AU	HF+AU	MA+HF+AU	p
Media	28.4	31.3	43.5	
Mediana	27.0	30.9	39.3	
Desviación estándar	10.8	5.4	9.3	0.011
Mínimo	16.2	26.0	34.5	
Máximo	44.7	41.5	58.2	

MA = Microarenado con partículas de Al₂O₃ de 50 µm / Micro-sandblasted with 50 µm Al₂O₃ particles. HF = Ácido fluorhídrico al 10% / 10% Hydrofluoric acid. AU = Adhesivo universal all-bond universal / All-bond universal adhesive.

(AF+AU), respectivamente. Los resultados descriptivos se observan en la *Tabla 1*. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de MA+AU y HF+AU. El grupo que combinó el MA+HF+AU presentó mayor resistencia adhesiva microtraccional, lo que fue estadísticamente superior a la encontrada en los grupos MA+AU y HF+AU ($p < 0.05$).

La mayor rugosidad superficial (Ra) se encontró en el grupo que combinó las dos técnicas de tratamiento superficial de LVU con MA y HF (*Figuras 1 y 2*). El modo de fallo predominante en todos los grupos de estudio fue el fallo adhesivo con 81.4%, seguido del cohesivo (18.6%), en todos los grupos ($p > 0.99$). En una prueba de correlación se identificó que a mayor rugosidad superficial (Ra) de LVU mayor resistencia microtraccional ($r = 0.88$), ésta fue una correlación estadísticamente significativa ($p < 0.011$).

DISCUSIÓN

Las pruebas microtraccionales que buscan evaluar la fuerza adhesiva de diferentes técnicas y materiales resinosos o cerámicos a dentina, deben caracterizarse por proporcionar exactitud en la medición de la fuerza de unión en la interfase existente entre el material y el sustrato a adherir. En la presente investigación, se observó que el mayor porcentaje de fallo en las pruebas μ TBS fue de tipo adhesivo; lo anterior respalda la fiabilidad de las pruebas microtensiles al proporcionar datos que nos orientan a identificar la verdadera fuerza adhesiva.^{23,24} Los resultados obtenidos indican que es posible obtener una mayor fuerza adhesiva a dentina cuando LVU es tratada mediante MA con partículas de Al_2O_3 de 50 μm seguido de HF al 10%. Otros materiales como bloques de Enamic y Cerasmart tratados sólo con MA y utilizando un cemento autoadhesivo (G-CEM LinkAce, GC) han reportado valores de 40.5 Mpa;¹⁰ estos resultados son semejantes a los observados en nuestro estudio con LVU grabado con MA más HF (43.4 Mpa). Por su parte, Strasser y colegas²⁵ reportaron que el MA con partículas de Al_2O_3 de 50 μm a 2 bar de presión de aire incrementa hasta 225% la rugosidad superficial. De acuerdo con lo reportado por Tekce y su equipo,²⁶ es importante cuidar que el tiempo de MA con Al_2O_3 de 50 μm no exceda los 30 segundos, ya que la fuerza μ TBS disminuye.

Los hallazgos obtenidos del grabado con HF coinciden con los de otros autores, como el trabajo de Duzyol y colegas,¹² donde reportaron que el HF ataca principalmente la fase leucita de la cerámica feldespática, al formar pequeños hoyos alrededor de los cristales leucita. De manera similar, Do Amaral y colabora-

dores¹³ reportaron mayor disolución de la fase vítrea y exposición de cristales de muestras de bloques CAD/CAM Enamic (composite cerámico con matriz resinosa), LVU, IPS Empress CAD (cerámica vítrea basada en leucita), IPS e.max (cerámica de disilicato de litio), al observar superficies más irregulares en muestras tratadas con HF al 10%, tal como fue advertido en la presente investigación.

Los diferentes estudios mencionados ayudan a entender la fuerza adhesiva encontrada a través de las muestras tratadas con MA y la ventaja que este método ofrece al combinarse el grabado con HF. En la observación realizada bajo SEM a 3000X, el MA dejó una superficie con grietas y surcos, con áreas elevadas y deprimidas en la superficie, mientras el HF generó la presencia de microporos. Por lo anterior, el tratamiento superficial con HF sumado al efecto previo del MA condiciona que se dejen relieves irregulares retentivos en la superficie de la resina nanocerámica LVU. Estas superficies irregulares, en muestras de LVU grabadas con MA y HF, fueron superiores a la rugosidad observada por cada técnica de grabado realizada de manera independiente. La rugosidad encontrada con la combinación de los métodos de grabado MA y HF se pudo confirmar con la representación topográfica 3D, dada por el microscopio de fuerza atómica que reveló una superficie heterogénea e irregular con crestas

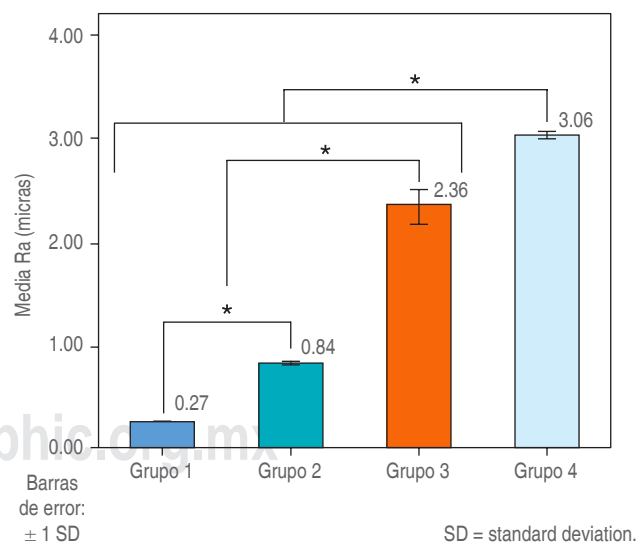


Figura 1: Valores de rugosidad superficial (Ra) y desviación estándar de diferentes métodos de tratamiento superficial de resina nanocerámica Lava™ Ultimate.

Surface roughness values (Ra) and standard deviation of different surface treatment methods of Lava™ Ultimate nanoceramic resin.

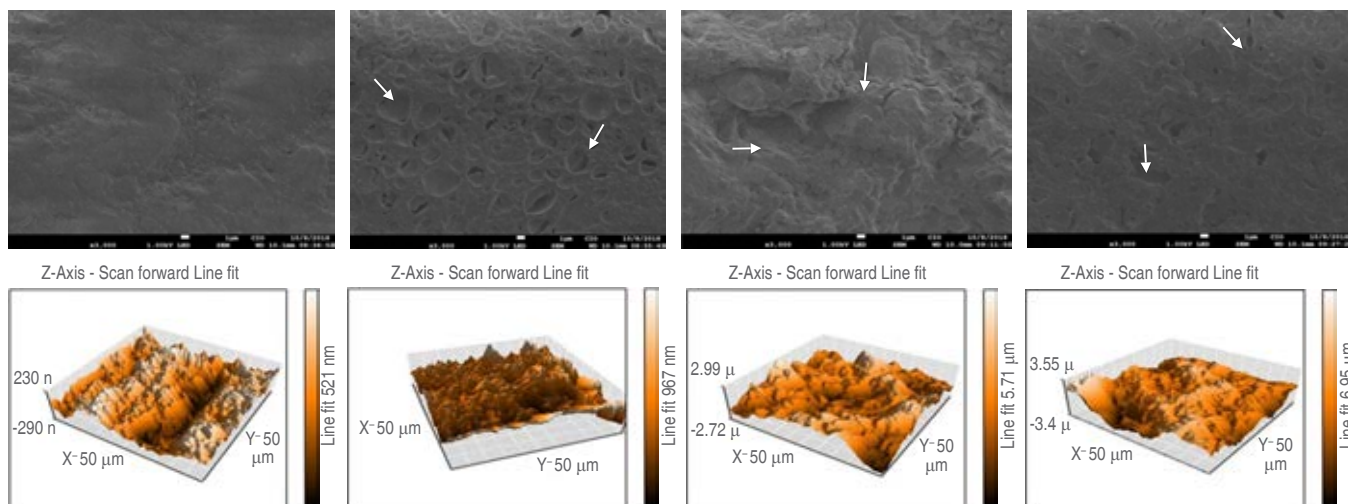


Figura 2: Arriba. Aspecto superficial de Lava™ Ultimate (MEB, 3000X). Abajo. Topografía 3D con MAF de superficie Lava™ Ultimate (50 μm) tratados con diferentes técnicas de grabado. Las flechas señalan poros, surcos, áreas elevadas y deprimidas.

Top. Surface appearance of Lava™ Ultimate (SEM, 3000X). Bottom. 3D topography with MAF of Lava™ Ultimate surface (50 μm) treated with different etching techniques. Arrows indicate pores, grooves, and raised and depressed areas.

altas y bajas en muestras de LVU. Con base en lo anterior, es previsible encontrar lo que el análisis de correlación estableció, es decir, que a mayor rugosidad mayor fuerza microtensil. Serán necesarios más estudios que, con diferentes métodos de estudio y protocolos de tratamiento, profundicen en el conocimiento de las condiciones idóneas de adhesión necesarias en bloques CAD/CAM con diferentes características y composición, a fin de implementar protocolos clínicos que investiguen los resultados de estos materiales a largo plazo.

CONCLUSIONES

La resina nanocerámica LVU requiere de la combinación de métodos de grabado mecánico y químico para generar una superficie rugosa y microretentiva que, junto con la aplicación de un adhesivo universal, incremente la fuerza adhesiva microtraccional a dentina. El tratamiento de superficie de LVU con MA, seguido de la colocación de HF al 10%, favoreció una mayor rugosidad superficial. El tratamiento con MA, usando partículas de Al_2O_3 de 50 μm, seguido del grabado de especímenes con HF al 10% y una capa de AU condiciona a una fuerza microtraccional más elevada que la observada con el grabado de LVU usando MA con partículas de Al_2O_3 de 50 μm o HF al 10%. Estos métodos de grabado de resina nanocerámica pueden incidir en una mayor fuerza de adhesión de LVU a dentina, lo que puede favorecer un sellado

marginal óptimo e incrementar la longevidad de este tipo de restauraciones indirectas.

Original research

Micro tensile strength and surface appearance of a CAD/CAM nanoceramic resin treated by different etching methods

Azhela Del Ángel Ibarra,*
Rogelio Oliver Parra,[§] Carlos Alberto Luna Lara,[§]
Héctor Téllez Jiménez,[§] Bertha Luna García,[§]
Jorge Humberto Luna Domínguez[§]

* Egresada de la Maestría en Prostodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

[§] Profesor de tiempo completo, Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

ABSTRACT

Introduction: CAD/CAM polymer infiltrated ceramic materials need micromechanical and chemical treatments that modify their surface and favor adhesion to dentin of indirect restorations. **Objective:** To evaluate *in vitro* the micro tensile strength caused by the combination of micro-sandblasting (MS) plus hydrofluoric acid (HF 10%) applying a universal adhesive (UA) on Lava™ Ultimate (LVU) specimens. **Materials and methods:** LVU resin nanoceramics (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) were used. The samples were divided into 4 groups: Group 1: Control (No treatment), Group 2: MS with 50 μm Al_2O_3 (Zeta Sand Zhermarck Dental SpA, Italy) + UA (All-Bond Universal® Bisco Inc. Schaumburg, IL). Group 3: Etching with 10% FA Angelus® (Solucões Odontológicas, Londrina, Brazil)

+ UA, group 4: MS + FA + UA. Specimens were cemented with Duo-Link™ dual resin (Bisco Inc. Schaumburg, IL) in the middle dentin of extracted third molars. After 24 h, micro tensile testing was performed. The failure mode of the samples was recorded under a stereomicroscope at 20X. Surface roughness and appearance were evaluated by scanning electron microscopy (SEM) and atomic force microscopy (AFM). **Results:** surface treatment of LVU with MS +FA + UA showed significant differences in micro-tractional strength ($p < 0.011$). The predominant failure mode in the groups was adhesive. A significant correlation was identified by observing that the higher the roughness of the treated surface the higher the micro-tractional resistance ($r = 0.88$). **Conclusions:** LVU nanoceramic resin etched with MS and FA creates a surface roughness that combined with a UA increases the adhesive strength resistance in dentin.

Keywords: CAD/CAM, nanoceramic resin, adhesion, micro tensile resistance.

INTRODUCTION

Computer-aided design and manufacture of dental restorations (CAD/CAM) is a technology that over time has diversified the clinical applications of prosthodontics.¹ This technology provides high quality and reproducibility of different blocks of ceramic, glass-ceramic, or resinous CAD/CAM materials.^{2,3} Traditional ceramic materials are biocompatible, esthetic, have good wear resistance, and offer color stability. In recent years, materials with different compositions have emerged that are milled using the CAD/CAM method. The objective of these materials is to obtain properties similar to those of ceramic materials.⁴ Some of their advantages are: excellent marginal adaptation, modulus of elasticity similar to dentin, and wear similar to that of enamel.⁵ Currently, the most prominent milling blocks are Vita Enamic® (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany), this hybrid ceramic is composed of a dominant ceramic matrix (86% by weight) reinforced by a polymeric matrix.⁶ Also, resin materials with a uniformly dispersed ceramic nanoparticle filler (80-90% by weight) such as Lava Ultimate Restorative (LVU; 3M ESPE) and Cerasmart (GC Dental Products) are also available.⁷⁻⁹ The adhesion of these materials to the tooth substrate in indirect restorations is decisive for long-term success. For this reason, the surface treatment of these materials plays a significant role in adhesion.¹⁰

In recent years, the search for a micro retentive surface that favors good adhesion strength has been pursued. To date, the most widely used methods for surface treatment are micro-sandblasting (MS) with aluminum oxide (Al_2O_3) particles,^{3,10-12} hydrofluoric acid (HF) etching^{9,10,13,14} and the tribochemical method (micro-sandblasting with silica-coated particles), which favors a chemical bond with the

silane before cementation.^{14,15} Of these treatments, MS with $50 \mu m Al_2O_3$ particles removes contaminants retained on the surface of the material to be bonded, increasing surface roughness and micromechanical retention of the adhesive.^{13,16} On the other hand, HF chemically removes the vitreous phase of the material from the treated surface, leaving it irregular and micro retentive.^{9,17} It has been reported that the etching of lithium disilicate ceramic blocks with 10% HF for 60 seconds reaches values between 31 to 39 Mpa.^{18,19} The microtensile bond strength test (μ TBS) has been successfully applied to assess adhesive strength in different studies.^{16,20-23} This test has the advantage that tensile loads generate mainly an adhesive-type failure mode, which favors the identification of the accuracy of the materials' adhesive strength.²⁴ It is possible that the combined application of 2 different surface treatment methods may generate an irregular surface on nano ceramic resins that promotes high bond strength to dentin. Therefore, because the joint effect of MS etching and HF as surface treatments of nanoceramic resins has not been investigated, this study aimed to evaluate in vitro the micro tensile strength caused by the combination of MS ($50 \mu m Al_2O_3$) and HF (10%) surface treatment by applying a UA on LVU nanoceramic resin specimens (3M ESPE, St. Paul, MN, USA).

MATERIAL AND METHODS

An experimental study was performed with a sample of 4 lower third molars with integral crowns extracted for orthodontic indications. Once cleaned, these were stored in containers containing deionized water to later obtain dentin samples.

Obtaining dentin samples

The molars were seeded in self-curing acrylic resin (Nic-Tone® MDC Dental, Jalisco, Mexico) by sectioning them transversely at the middle of the clinical crown with a disk on a low-speed motor (Ray Foster, Dental Equipment Huntington Beach, CA) thus exposing the coronal medial dentin. The cut surfaces were abraded with a 600-grit silicon carbide blade until a uniform, smooth surface was obtained.

Obtaining LVU specimens

From LVU resin nanoceramic blocks, 4 specimens with dimensions of $10 \times 10 \times 4$ mm were fabricated using a 0.8 mm diamond disk on a low-speed trimmer

(Buelher, IsoMet 5000). The surface samples were smoothed to be bonded using 600-grit silicon carbide (SiC) paper (Fandelli®, Tlalnepantla, Edo. de Mexico) under cooling with potable water for 1 min. The sanded samples were cleaned for 5 min inside an ultrasonic cuvette (BioSonic UC50D Coltene/Whaledent OH, USA) and then stored in distilled water at 37 °C for 24 h in an ambient chamber (Shel-lab Mod. 1510E, Sheldon Manufacturing, OR, USA). The LVU samples were then randomly assigned to 4 groups:

Group 1: control/No surface treatment. Only the LVU specimens were ultrasonically cleaned.

Group 2: LVU specimens were treated with MS with 50 µm Al₂O₃ particles (Zeta Sand®/Zhermack) with a micro-sandblaster (Essence Dental, Araraquara, Brazil) for 10 s under a pressure of 3 bar at a distance of 10 mm between the nozzle and the specimen surface. Finally, a layer of UA (All-Bond Universal® Bisco) was applied with a micro-applicator (Bisco Inc. Schaumburg, IL), allowed to dry for 1 min, and light cured for 20 seconds.

Group 3: LVU specimens were etched with 10% Angelus® HF for 60 s; washed and rinsed for 60 s, followed by application of a UA layer with a micro applicator, dried for 1 min, and light-cured for 20 seconds.

Group 4: the samples in this group were first treated with MS as in group 2 and then with HF as in group 3. After the surface treatment, a layer of UA was applied.

One specimen from each group was randomly taken for surface appearance evaluation under a scanning electron microscope (JEOL JSM 7800F) and atomic force microscope (NT-MDT Spectrum Instruments) which also determined the surface roughness of the treated samples.

Bonding of LVU to dentin

For the bonding process the sectioned samples were rinsed with deionized water for 20 s, followed by etching with 35% Select HV® Etch phosphoric acid (Bisco, Schaumburg, IL, USA) for 15 s, rinsed and dried, and a layer of UA was applied on the exposed dentin with a regular thickness (2.0 mm) micro applicator. The UA was allowed to dry for 1 min and light cured for 20 s at a distance of approximately 2 mm. Duolink® dual resin was used to bond the LVU specimens to the dentin samples. With a plastic cannula, a single increment was placed in the central part of the dentin sample, and then the LVU specimen was placed, removing the excess cement. Then a

metallic weight was placed on the LVU nanoceramic resin and a constant axial load of 1 kg was maintained on the entire surface, light curing the cement in a multidirectional manner for 20 s with a Colt lux Led Curing Light® (Coltene/Whaledent Inc, Cuyahoga Falls, OH, USA) at a power of 650 mW/cm², corroborated by a Colt lux Light Meter radiometer (Coltene).

Once the specimens were cemented, they were stored in distilled water at room temperature for 24 hours. Subsequently, with a digital vernier (Mitutoyo) each specimen was marked and then vertically sectioned every millimeter with a 0.8 mm thick diamond disc that was fixed to a specimen trimming machine (Buelher, IsoMet 5000)®. The cuts were made first in the buccolingual direction and then in the mesiodistal direction. Once the cuts were finished, they were separated from the LVU block by cutting the base of the grooves made with a diamond disc mounted on a micro motor (Champion M3 Marathon SDE-SH3L) obtaining LVU/dentin beams of 1 mm in diameter by 7 mm in length. The beams were washed with deionized water for 5 minutes and dried with 2 applications of air from the triple syringe. These beams were then taken to a universal testing machine (Alliance RT/30 MTA) for micro tensile testing. The obtained beams were glued at their ends with cyanoacrylate (3M™ Super Glue Gel, St. Paul, MN) to an attachment according to the method proposed by Sano et al.²¹ This attachment was fixed to the universal testing machine (Alliance RT/30) performing the microtractional test at a speed of 1 mm/min, with a force of 5.4 kg per min. After the test, the specimens were taken to the stereo microscope (Leica Microsystems, Switzerland) at 20X to record the failure mode (adhesive, cohesive and mixed) of each specimen.

The Kappa coefficient between 2 observers blindly and independently (ADI-CAL) yielded a concordance coefficient of 0.89.

Kolmogorov-Smirnov normality and Levene variance tests were performed. Subsequently, Kruskal-Wallis and *post-hoc* Scheffe comparisons were practiced in the analysis of the microtractional strength obtained with the different LVU surface treatments. Pearson's r-test identified the degree of correlation between surface roughness and microtractional strength. Statistical tests were handled at an alpha value of 0.05 in the IBM SPSS Statistics 23 statistical package.

RESULTS

Samples from the control group were lost because the specimens were fractured during the cuts to obtain

LVU/dentin beams. Statistical analysis was performed on 9,10 and 11 beams from groups 4 (MS+FA+UA); 2 (MS+UA) and 3 (FA+UA) respectively. The descriptive results are shown in *Table 1*. There were no statistically significant differences between the MS+UA and HF+UA groups. The group that combined the MS+HF+UA presented the highest values of micro tractional adhesive strength being statistically superior to that found in the MS+UA and HF+UA groups ($p < 0.05$).

The highest value for surface roughness (Ra) was found in the group that combined the two LVU surface treatment techniques with MS and HF (*Figures 1 and 2*). The predominant failure mode in all study groups was adhesive, with 81.4% followed by cohesive (18.6%) in all groups ($p > 0.99$). In a correlation test, it was identified that the higher the surface roughness (Ra) of LVU the higher the micro-tractional resistance ($r = 0.88$) thus determining a statistically significant correlation ($p < 0.011$).

DISCUSSION

Micro tensile tests that seek to assess the adhesive strength of different techniques and resinous and/or ceramic materials to dentin should be characterized by providing accuracy in the measurement of the bond strength at the interface between the material and the substrate to be bonded. In the present investigation, it was observed that the highest percentage of failure in the μ TBS tests was the adhesive kind; this supports the reliability of the micro tensile tests by providing data that led us to identify the true adhesive strength.^{23,24} The obtained results indicate that it is possible to obtain a higher adhesive strength to dentin when LVU is treated with MS with 50 μm Al_2O_3 particles followed by 10% HF. Other materials such as Enamic and Cerasmart blocks treated only with MS and using a self-adhesive cement (G-CEM LinkAce, GC) have reported values of 40.5 Mpa;¹⁰ these results are similar to those observed in our study with LVU etched with MS plus HF (43.4 Mpa). For their part, Strasser et al.²⁵ reported that MS with 50 μm Al_2O_3 particles at 2 bar air pressure increases surface roughness up to 225%. According to Tekce et al.,²⁶ it is important to take care that the MS time with 50 μm Al_2O_3 does not exceed 30 s since the μ TBS force decreases.

The findings obtained from HF etching coincide with those of other authors, such as the work of Duzyol et al.¹² where they reported that HF mainly attacks the leucite phase of feldspathic ceramics forming small holes around the leucite crystals. Similarly, Do Amaral et al.¹³ reported greater

dissolution of the vitreous phase and exposure of crystals in samples of Enamic CAD/CAM blocks (ceramic composite with resin matrix), LVU, IPS Empress CAD (leucite-based vitreous ceramic) and IPS e.max (lithium disilicate ceramic), observing more irregular surfaces in samples treated with 10% HF as was noted in the present investigation. The aforementioned studies help to understand the adhesive strength found with MS-treated samples and the advantage that this method offers when combined with HF etching. The SEM observation at 3000X showed that MS left a surface with cracks and grooves, with elevated and depressed areas on the surface, while the HF created micropores. Therefore, the surface treatment with HF added to the previous effect of the MS conditions to leave irregular retentive reliefs on the surface of the LVU nanoceramic resin. This irregular surface in LVU samples etched with MS and HF was superior to the roughness observed by each etching technique performed independently. The roughness found with the combination of MS and HF etching methods was confirmed with the 3D topographic representation given by the atomic force microscope which revealed a heterogeneous and irregular surface with high and low ridges in LVU samples. Based on the above, it is understandable to find that the correlation analysis established that the higher the roughness the higher the micro tensile strength. Further studies with different study methods and treatment protocols will be necessary to deepen the knowledge of the ideal bonding conditions needed in CAD/CAM blocks with different characteristics and compositions to implement clinical protocols to investigate the long-term results of these materials.

CONCLUSIONS

The nanoceramic resin LVU requires the combination of mechanical and chemical etching methods to create a rough and micro-retentive surface that along with the application of a universal adhesive increases the micro-tractional adhesive strength to dentin. Surface treatment of LVU with MS followed by 10% HF favored higher surface roughness. MS treatment using 50 μm Al_2O_3 particles followed by etching of specimens with 10% HF and a UA layer conditioned to a higher microtractional force than that observed with LVU etching using MS with 50 μm Al_2O_3 particles or 10% HF. These methods for etching nanoceramic resin may provide higher bond strength of LVU to dentin, favor an optimal marginal seal and increase the longevity of this kind of indirect restoration.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res.* 2016;60(2):72-84. doi: 10.1016/j.jpor.2016.01.003.
2. Lucsanzky IJR, Ruse ND. Fracture toughness, flexural strength, and flexural modulus of new CAD/CAM resin composite blocks. *J Prosthodont.* 2020;29(1):34-41. doi: 10.1111/jopr.13123
3. Peumans M, Valjakova EB, De Munck J, Mishevskva CB, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness of luting composites to different CAD/CAM materials. *J Adhes Dent.* 2016;18(4):289-302. doi: 10.3290/j.jad.a36155.
4. Bellan MC, Cunha PFJSD, Tavares JG, Spohr AM, Mota EG. Microtensile bond strength of CAD/CAM materials to dentin under different adhesive strategies. *Braz Oral Res.* 2017;31:e109. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0109.
5. Capa N, Say EC, Celebi C, Casur A. Microtensile bond strengths of adhesively bonded polymer-based CAD/CAM materials to dentin. *Dent Mater J.* 2019;38(1):75-85. doi: 10.4012/dmj.2017-442.
6. Elsaka SE, Elnaghy M. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite cement to novel CAD/CAM nanohybrid composite. *J Adhes Dent.* 2020;22(2):195-204. doi: 10.3290/j.jad.a44284.
7. Schepke U, Meijer HJA, Vermeulen KM, Raghoobar GM, Cune MS. Clinical bonding of resin nano ceramic restorations to zirconia abutments: a case series within a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(5):984-992. doi: 10.1111/cid.12382.
8. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2015;114(4):587-593. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.04.016.
9. Flury S, Schmidt SZ, Peutzfeldt A, Lussi A. Dentin bond strength of two resin-ceramic computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials and five cements after six months storage. *Dent Mater J.* 2016;35(5):728-735. doi: 10.4012/dmj.2016-095.
10. Lise DP, Van Ende A, De Munck J, Vieira LCC, Baratieri LN, Van Meerbeek B. Microtensile bond strength of composite cement to novel CAD/CAM materials as a function of surface treatment and aging. *Oper Dent.* 2017;42(1):73-81. doi: 10.2341/15-263-L.
11. Sismanoglu S, Gürçan AT, Yildirim-Bilmez Z, Turunc-Oguzman R, Gümüstas B. Effect of surface treatments and universal adhesive application on the microshear bond strength of CAD/CAM materials. *J Adv Prosthodont.* 2020;12(1):22-32. doi: 10.4047/jap.2020.12.1.22.
12. Duzylol M, Sagsoz O, Polat Sagsoz N, Akgul N, Yildiz M. The effect of surface treatments on the bond strength between CAD/CAM blocks and composite resin. *J Prosthodont.* 2016;25(6):466-471. doi: 10.1111/jopr.12322.
13. Colombo LDA, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Bond Strength of CAD/CAM restorative materials treated with different surface etching protocols. *J Adhes Dent.* 2019; 21(4):307-317. doi: 10.3290/j.jad.a42931
14. Papadopoulos K, Pahinis K, Saltidou K, Dionysopoulos D, Tsitrou E. Evaluation of the surface characteristics of dental CAD/CAM materials after different surface treatments. *Materials (Basel).* 2020;13(4):981. doi: 10.3390/ma13040981.
15. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent.* 2010;38(1):29-38. doi: 10.1016/j.jdent.2009.08.009
16. Park JH, Choi YS. Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *J Adv Prosthodont.* 2016;8(4):275-284. doi: 10.4047/jap.2016.8.4.275.
17. Straface A, Rupp L, Gintaute A, Fischer J, Zitzmann NU, Rohr N. HF etching of CAD/CAM materials: Influence of HF concentration and etching time on shear bond strength. *Head Face Med.* 2019;15(1):1-21. doi: 10.1186/s13005-019-0206-8.
18. Puppini-Rontani J, Sundfeld D, Costa AR, Correr AB, Puppini-Rontani RM, Borges GA, et al. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on bond strength to lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent.* 2017;42(6):606-615. doi: 10.2341/16-215-L
19. Sundfeld Neto D, Naves LZ, Costa AR, Correr AB, Consani S, Borges GA, et al. The effect of hydrofluoric acid concentration on the bond strength and morphology of the surface and interface of glass ceramics to a resin cement. *Oper Dent.* 2015;40(5):470-479. doi: 10.2341/14-133-L.
20. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. *J Dent Res.* 1995;74(4):1093-1102. doi: 10.1177/00220345950740041001
21. Sano H, Ciucchi B, Matthews WG, Pashley DH. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res.* 1994;73(6):1205-1211. doi: 10.1177/00220345940730061201.
22. Cura M, González-González I, Fuentes V, Ceballos L. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite resin onlays. *J Prosthet Dent.* 2016;116(3):389-396. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.02.016.
23. El Zohairy AA, De Gee AJ, Mohsen MM, Feilzer AJ. Microtensile bond strength testing of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. *Dent Mater.* 2003;19(7):575-583. doi: 10.1016/s0109-5641(02)00107-0.
24. Della Bona A, Van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res.* 1995;74(9):1591-1596. doi: 10.1177/00220345950740091401.
25. Strasser T, Preis V, Behr M, Rosentritt M. Roughness, surface energy, and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. *Clin Oral Investig.* 2018;22(8):2787-2797. doi: 10.1007/s00784-018-2365-6.
26. Tekce N, Tuncer S, Demirci M. The effect of sandblasting duration on the bond durability of dual-cure adhesive cement to CAD/CAM resin restoratives. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(3):211-217. doi: 10.4047/jap.2018.10.3.211.

Correspondencia / Correspondence:
Jorge Humberto Luna Domínguez
 E-mail: jhluna@docentes.uat.edu.mx



Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación

Miriam Marín-Miranda,* Leticia Orozco-Cuanalo,* Jorge Fernández-Hernández,*
María Lilia Adriana Juárez-López*

* Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

Introducción: las resinas compuestas son materiales muy utilizados en los que se continúa la investigación para disminuir la contracción que es la principal causa de su fracaso. **Objetivo:** comparar el estrés por polimerización de tres diferentes técnicas de obturación de resinas dentales y tipos de resina, por medio de fotoelasticidad. **Material y métodos:** se realizaron 33 placas de resina fotoelástica con una cavidad circular en el centro de 7 mm de diámetro, se obturaron dichas cavidades con resina por la técnica en bloque, pared por pared, de incrementos oblicuos y se polimerizaron. Una hora después se colocaron las muestras en el polariscopio, fueron fotografiadas y medidas. Se realizó análisis estadístico con las pruebas Kolmogorov-Smirnov, ANOVA y *post hoc* Tukey, en el programa SPSS V.22 IBM. **Resultados:** el 100% de las muestras presentan contracción por polimerización. Todas expresan isocromas en la resina fotoelástica. La técnica en bloque mostró los resultados más bajos de contracción, el 40% de las muestras presentaron sólo la primera banda isocromática correspondiente al valor más bajo de estrés. **Conclusión:** el uso de las resinas para la técnica en bloque reduce el estrés en las paredes cavitarias.

Palabras clave: obturación en bloque, fotoelasticidad, contracción por polimerización.

INTRODUCCIÓN

Uno de los materiales más utilizados en odontología son las resinas compuestas, también son de los materiales que han sufrido más modificaciones con la finalidad de conseguir propiedades físicas similares al esmalte y a la dentina. Las resinas están constituidas

por una base polimérica; para su reacción química de endurecimiento recurren al proceso de polimerización, en el que la unión de cada monómero supone su acercamiento. Por tanto, en diferentes proporciones, sufren la contracción inherente a la formación de cadenas poliméricas, llamada contracción por polimerización.¹ Por la naturaleza cerámica del esmalte y la dentina es necesaria la formación de microcavidades en los túbulos dentinarios para generar la unión. En ellas se aloja otro material de base polimérica: el adhesivo dental, que funciona como el nexo de unión entre la estructura dental y la resina.² Al existir la unión a la estructura del diente y contracción de los polímeros, la pared unida sufre estrés; mismo que es causa del fracaso de la restauración y dolor postoperatorio. Por esta razón, muchos investigadores y clínicos centran la atención en las técnicas de colocación, polimerización y en los diferentes materiales, pues se ha demostrado que las variaciones de éstos pueden resultar en la reducción de los efectos de la contracción y así ofrecer un mejor pronóstico de los tratamientos que involucran el uso de resinas compuestas.

Técnicas de colocación de resinas compuestas dentales

Técnica incremental. Consiste en crear la restauración, agregando capas de resina de grosor menor a 2 mm, fotoactivando una capa antes de la siguiente. Esta técnica propone que se logra una mejor polimerización al realizarlo por cada capa, por lo que se reduce el efecto de la contracción por polimerización, bajo el principio de que «la contracción por polimerización es directamente proporcional al volumen de la resina».³

Técnica incremental oblicua. En esta técnica se adicionan pequeñas porciones también de menos de 2 mm, pero desde una pared a la opuesta, cada porción se conforma en triángulos formados por el piso y la pared en contacto; al realizar la fotopolimerización

Recibido: Octubre 2020. Aceptado: Enero 2022.

Citar como: Marín-Miranda M, Orozco-Cuanalo L, Fernández-Hernández J, Juárez-López MLA. Análisis fotoelástico de la contracción de resinas dentales usando diferentes técnicas de obturación. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 41-50.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

ésta puede irradiarse de forma directa o a través de las paredes de la cavidad.⁴

Técnica pared por pared. Es otra variación de la técnica incremental con la misma condición en cuanto al grosor, pero las capas son colocadas en un orden específico: el primer incremento se coloca en una de las paredes sin tocar las otras y se realiza el proceso de fotopolimerización; después se lleva otra porción de resina a la pared opuesta, de igual manera sin tocar la anterior. Y así sucesivamente hasta cubrir todas las paredes y el piso; cada capa es polimerizada durante 20 segundos con una intensidad mayor a $1,000 \text{ mW/cm}^2$.⁵

Técnicas en bloque. Las técnicas de aplicación en incrementos únicos también son conocidas como «en bloque o *Bulk-Fill*», se dice que son más simples, rápidas y prácticas, porque se reduce el número de pasos clínicos. La resina compuesta del sistema en bloque fue creada con el objetivo de alcanzar incrementos de hasta 4 mm, disminuir el efecto de contracción y reducir la cantidad de vacíos dentro de los incrementos. Para poder realizar incrementos de 4 mm de profundidad, se debe de utilizar la luz de polimerización con

una intensidad mayor a $1,000 \text{ mW/cm}^2$ por un tiempo mínimo de 20 segundos.⁶

La investigación y desarrollo de este tipo de tecnología cada vez ha sido mayor. Según Furness,⁷ la utilización de un incremento de 4 mm con la resina para sistema *Bulk-Fill* no presentó diferencias significativas en comparación con las resinas compuestas convencionales en cuanto al porcentaje de polimerización. Por otro lado, Czasch⁸ investigó el grado de conversión de las resinas colocadas en incrementos de 4 y 2 mm sin encontrar diferencias significativas. Si bien se han reportado muchos estudios sobre las resinas en bloque, no existe evidencia contundente de su ventaja o desventaja.

Fotoelasticidad

La fotoelasticidad es una técnica óptica que consiste en que al observar un cuerpo de material birrefringente, sometido a estrés a través de luz polarizada, éste expresa líneas de concentración de esfuerzo llamadas isocromas. Mismas que se expresan a causa de diferencias en el índice de refracción dentro del

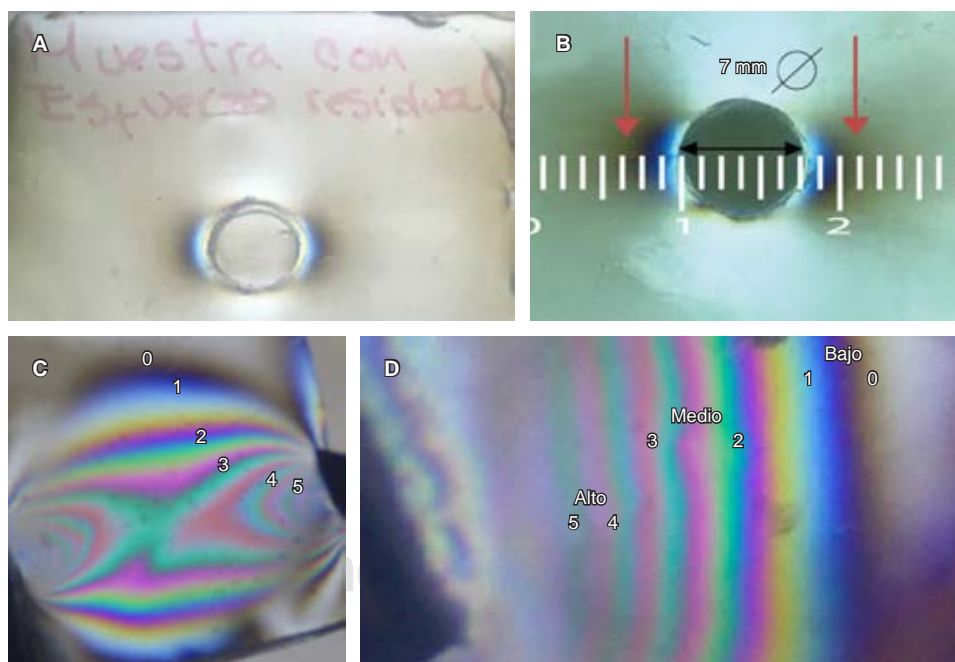
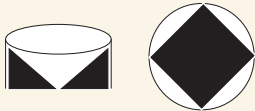



Figura 1: **A)** Muestra eliminada por presentar esfuerzo residual debido al proceso de fabricación. **B)** Medición de las muestras tomando en cuenta un diámetro de 7 mm, las flechas indican hasta dónde termina la banda más oscura tomada para la medición izquierda y derecha. **C)** Escala de fotoelasticidad. **D)** Codificación del nivel de estrés, según las isocromas presentes.

A) Sample eliminated because of residual stress due to the manufacturing process. **B)** Measurement of the samples considering a diameter of 7 mm, the arrows indicate up to the end of the darkest band taken for the left and right measurement. **C)** Photoelasticity scale. **D)** Stress level coding, according to the present isochromes.

Tabla 1: Descripción de los grupos, selección aleatoria de los moldes de resina fotoelástica y descripción gráfica de las técnicas de obturación de la resina dental.

Description of the groups, random selection of the photoelastic resin casts, and graphic description of the dental resin filling techniques.

Grupo y muestra	Descripción del llenado	Tiempo de curado
1. Técnica de llenado en bloque (B) 8, 9, 12, 16, 18, 20, 21, 25, 26, 27, 30		40 segundos
2. Técnica de incrementos pared por pared (PP) 3, 4, 10, 13, 19, 22, 23, 28, 29, 31, 32		20 segundos por incremento
3. Técnicas de incrementos oblicuos (I) 1, 2, 5, 6, 7, 11, 14, 15, 17, 24, 33		20 segundos por incremento

cuerpo del material según las tensiones recibidas. Cada una de las líneas se expresa en distintos colores y grosores, mismos que se han asociado a un valor de esfuerzo, lo que indica la presencia de diferente magnitud del esfuerzo. Así también, se expresan en zonas diferentes del material dirigida en diferentes direcciones.⁹

En odontología, esta técnica ha sido aplicada para analizar los esfuerzos generados en las paredes de las cavidades dentales asociados a la contracción por polimerización que se genera en las resinas compuestas.¹⁰ El objetivo de la presente investigación es comparar el estrés por polimerización de tres diferentes técnicas de obturación de resinas dentales, por medio de la fotoelasticidad, para determinar cuál de las técnicas genera menos estrés a las paredes de la preparación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio experimental, cuya muestra incluyó un total de 33 moldes de resina epóxica que se numeraron y repartieron aleatoriamente en tres grupos (n = 11). Mismos que se obturaron con muestras de resina usando tres técnicas diferentes: Grupo 1. Técnica en bloque con resina *Tetric N-ceram Bulk-Fill IV* Ivoclar. Grupo 2. Técnica por incrementos pared por pared con resina *Z250 XT Nano Hybrid 3M*. Grupo 3. Técnicas de incrementos oblicuos con resina *Z250 XT Nano Hybrid 3M*.

La preparación de los moldes de resina fotoelástica consistió en matrices de silicona; se realizaron moldes cuadrados de 5 x 5 x 4 mm, al centro con una cavidad circular de 7 mm de diámetro y 2.5 mm de profundidad. Se vaciaron en resina epóxica Cristal Líquido AWS 520 de Epolyglas México. El orificio de un lado del molde quedó cerrado con la misma resina y del contrario completamente libre. Antes de la prueba,

se verificó que no existieran líneas de concentración de esfuerzos residuales alrededor del orificio, aquellas muestras que los presentaron fueron eliminadas (*Figura 1A*). Se numeró cada molde y se dividieron en tres grupos. Posteriormente, con ayuda de una espátula con recubrimiento de teflón, se obturaron las cavidades hasta el borde superficial de la cavidad con las diferentes técnicas; al llegar a dicho borde, se colocó una cinta de celuloide y se procedió a fotocurar. Se obturó de acuerdo a la técnica correspondiente para cada grupo:

1. Técnica de llenado en bloque: la cavidad se llenó con la resina en su totalidad y se fotocuró durante 40 segundos. **2. Técnica incremental pared por pared:** se colocaron incrementos que abarcaron sólo una pared con un grosor aproximado de 1.5 mm, fotocurando cada uno antes de colocar el otro durante 20 segundos, hasta llenar la cavidad. **3. Técnicas de incrementos oblicuos:** se colocaron incrementos oblicuos partiendo de una de las paredes, extendiendo y reduciendo la altura del incremento desde un grosor máximo de 1.5 mm, uno sobre otro hasta llenar la totalidad fotocurando entre cada uno por 20 segundos (*Tabla 1*). Se utilizó la lámpara Elipar de 3M (longitud de onda 430-480 nm e intensidad de 1,200 mW/cm²), la lámpara de fotopolimerizado fue calibrada con radiómetro para verificar la intensidad cada cinco muestras y la distancia de fotocurado fue constante a 2 mm del borde de la muestra de resina.

Para llevar a cabo la prueba de fotoelasticidad, la muestra se colocó en el polariscopio en el que se observó y fotografió el molde antes y después de la prueba, señalando las isocromas presentes. Para la cuantificación del esfuerzo presente, se comparó con

una regleta tomando en cuenta un diámetro constante de 7 mm. Se realizó la medición de las isocromas presentes hasta el final de la banda más oscura, tanto del lado derecho como del izquierdo (*Figura 1B*).

ESCALA DE FOTOELASTICIDAD

Las bandas isocromáticas muestran la tensión en colores y grosores diferentes; entre más anchas sean el estrés es más bajo y entre más delgadas y continuas es mayor. En la *Figura 1C* se muestra la escala de color que exhibe la resina utilizada, se codificó de acuerdo con lo reportado en la literatura del 0 al 5; donde 0 y 1 corresponden a un estrés bajo, 2 y 3 medio y 4 y 5 alto (*Figura 1D*).

En este estudio se midió la distancia del origen a la banda 0, porque cuanto más alto es el estrés esta banda se aleja y da origen a la aparición de nuevas bandas de color.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS V.22 IBM, en el que se realizó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, posteriormente la comparación de medias por medio de la prueba ANOVA de una vía y *post hoc* Tukey, todas con un nivel $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

Todas las muestras exhibieron un nivel de estrés en la clasificación de bajo (entre 0 y 1) al mostrar isocromas en sentido horizontal, tanto del lado derecho como del izquierdo, de color negro, azul oscuro, blanco y amarillo; ninguna llegó al nivel 2 (a partir de la banda rosa) (*Figura 2*). Se compararon los resultados con base en las bandas de color antes mencionadas, considerando las más altas de acuerdo con la distancia exhibida del origen al final de la banda negra.

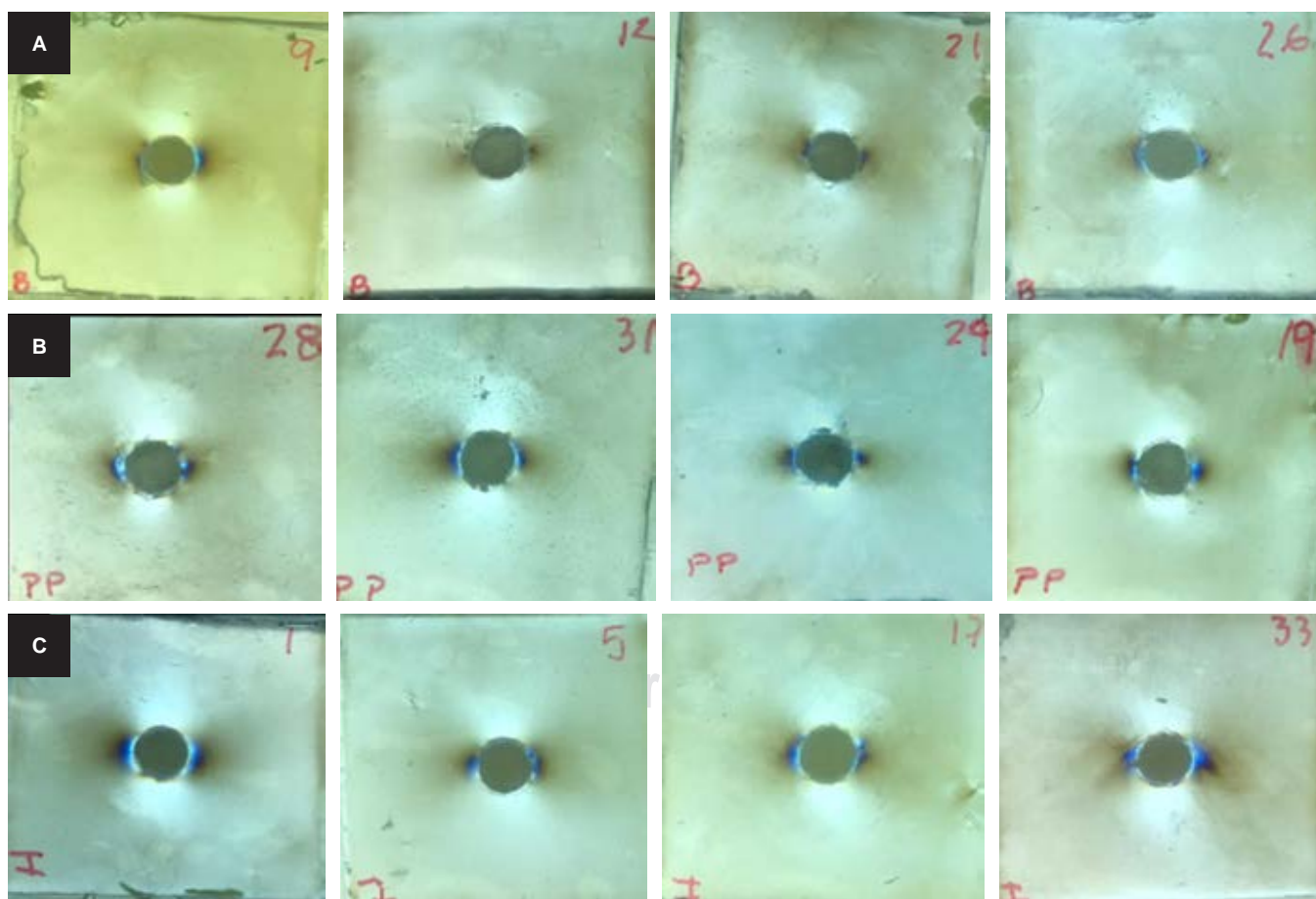


Figura 2: Imagen representativa de todas las muestras.

Representative image of all samples.

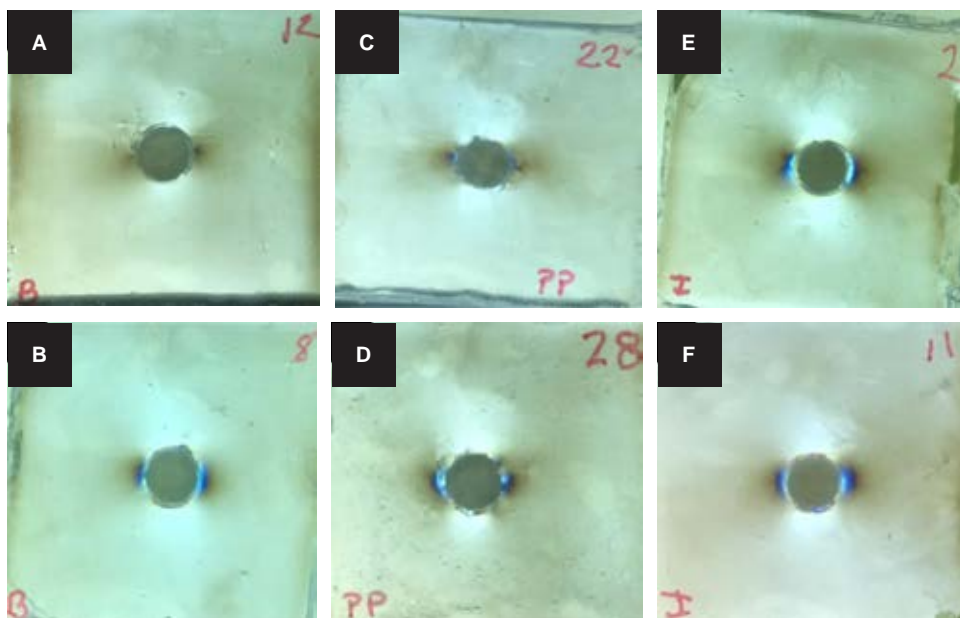


Figura 3:

A-B) Imágenes representativas del grupo 1 técnica en bloque.

C-D) Del grupo 2, técnica por incrementos pared por pared.

E-F) Del grupo 3, técnica por incrementos oblicuos.

A-B) Representative images of group 1 bulk technique. **C-D)** From group 2, wall-by-wall incremental technique. **E-F)** From group 3 technique by oblique increments.

El grupo 1, obturado con la técnica en bloque, mostró los resultados más bajos de estrés en las paredes: el 40% de las muestras presentaron sólo la primera banda isocromática (negra) correspondiente al valor más bajo de estrés (Figura 3A y B). Tanto el grupo 2 (técnica incremental pared por pared) (Figura 3C y D) como el grupo 3 (técnica de incrementos oblicuos) (Figura 3E y F) mostraron resultados de estrés similares; en el grupo 2 alrededor del 10% de muestras sólo mostraron la banda negra y en el grupo 3, considerando el de valor más alto de estrés, todas las muestras exhibieron a partir del nivel 1, es decir de la banda azul. Los grupos 2 y 3 mostraron diferencias estadísticamente significativas al comparar cada técnica con el grupo 1 ($p = 0.002$ y $p = 0.000$, respectivamente). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos 2 y 3.

La Figura 4 muestra los promedios de la medición realizada correspondiente a la longitud a partir de la resina compuesta (tomado como el origen del estrés) hasta el final de la banda negra.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se utilizó la fotoelasticidad como medio para evidenciar la contracción por polimerización de las resinas compuestas dentales al ser colocadas mediante diferentes técnicas en una cavidad, ya que los materiales de obturación resinosos se han convertido en una parte fundamental de la practica odontológica diaria, por lo que es importante conocer y dar relevancia a sus caracterís-

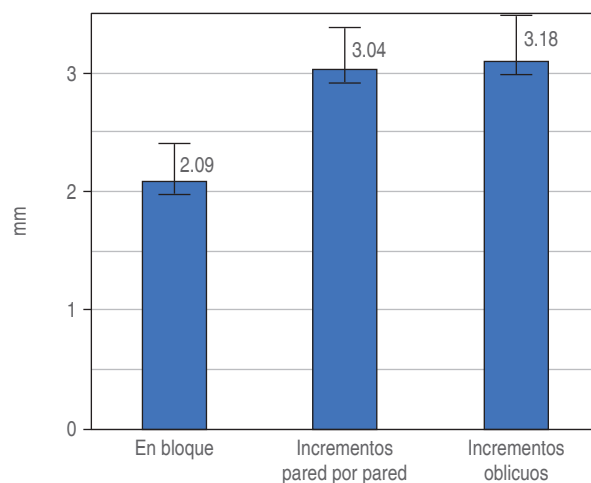


Figura 4: Promedios de la longitud de las isocromas a partir del origen. Comparación de las medias de cada grupo (EE = 0.1)

Average isochrome length from the origin. Comparison of the means for each group (ES = 0.1).

ticas físicas. Autores como Corral¹¹ y Domínguez,³ en 2015, mencionaron algunas desventajas de las técnicas incrementales; como que al aplicar varias capas del material se tiene la posibilidad de retención de espacios vacíos entre capas, además de que el proceso es más largo, teniendo más posibilidades de error o de que la resina sufra sorción a pesar del uso del dique de hule, provocando una polimerización deficiente, sin mencionar el tiempo prolongado del paciente en el sillón dental.

En esta investigación, cada técnica fue probada de manera individual para determinar cuál de éstas presenta la menor tensión en las paredes de la cavidad debido a la contracción por polimerización de cada material. Esta evaluación del estrés también hace notar la tecnología de los polímeros actuales, que han logrado integrar el relleno nanométrico para la disminución de la contracción y con esto lograr menor estrés. Las modificaciones propuestas son las hechas a las resinas diseñadas para las técnicas en bloque, que ofrecen ventajas en relación con el tiempo y pasos para su trabajo clínico. Algunos estudios con técnicas de análisis diferentes a la utilizada en este estudio prueban que ofrecen ventajas en las propiedades físicas como la contracción por polimerización. Al-Harbi¹² analizó, por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM), la integridad marginal de resinas, tanto para técnica en bloque (*Tetric N-ceram Bulk-Fill*) como incrementales, sin encontrar diferencias significativas. En 2018, Pereira¹³ utilizó la fotoelasticidad, entre otras técnicas, y propuso que las resinas de tipo Bulk-Fill tienen un desempeño similar a las convencionales, pero que, en relación con la contracción por polimerización, las técnicas incrementales pueden tener ventajas. Sin embargo, en el presente estudio si bien todas las resinas presentan evidencia de contracción por polimerización, el grupo trabajado con la técnica en bloque presentó los mejores resultados.

Recientemente, dadas las mejoras y la inclusión de nuevos monómeros como AUDMA o AMF y combinaciones con *nanoclusters*, entre otras tecnologías,¹⁴ las resinas para la técnica de bloque vislumbran un futuro muy prometedor, ya que existen estudios con resultados evidentes en la disminución de contracción por polimerización con otras técnicas de análisis, aunque seguramente seguirán evolucionando.¹⁵ Dada la importancia que tiene el estrés por polimerización en el éxito clínico de las resinas odontológicas, se han buscado diferentes técnicas que presenten resultados más cercanos a la realidad. Es común utilizar tensiómetro para observar la contracción al interior de la estructura de la resina; sin embargo, los resultados en relación con el estrés en las paredes presentan desventajas. En 2011, Lopes¹⁶ utilizó la misma técnica y un modelo similar al del presente para demostrar que las resinas basadas en siloranos no ofrecen ventajas en la reducción del estrés en las paredes cavitarias. De igual forma, en 2012, Oliveira¹⁷ analizó el efecto de los fotoiniciadores, mencionándola como técnica adecuada para el análisis del estrés. Existen diferentes formas de análisis; no obstante, el método utilizado en este estudio es más sencillo, y de igual forma brinda resultados válidos y fácilmente observables.

Sin embargo, aún se debe de trabajar con los diferentes sistemas adhesivos que son un factor importante para estos estudios. Los moldes realizados son de forma circular, de esta manera se evita la tensión irregular que se da por los ángulos agudos, mismos que, aunque no son recomendados en las cavidades dentales, en ocasiones se presentan. Por lo que podría probarse un modelo más parecido a la realidad clínica como lo hace Pereira.

CONCLUSIÓN

Con las limitaciones del presente estudio, se permite concluir que el uso de las resinas para técnica en bloque reduce el estrés en las paredes cavitarias. En las técnicas incrementales, independientemente de la forma en que se coloquen dichos incrementos, se muestran valores de estrés similares entre sí.

Original research

Photoelastic shrinkage analysis of dental resins using different filling techniques

Miriam Marín-Miranda,* Leticia Orozco-Cuanalo,* Jorge Fernández-Hernández,*
María Lilia Adriana Juárez-López*

* Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

ABSTRACT

Introduction: composite resins are widely used materials in which research continues in pursuit of decreasing shrinkage which is the main cause for their failure. **Objective:** to compare the contraction by polymerization of three different dental resin placement techniques, using photoelasticity. **Material and methods:** 33 photo elastic resin plates were made with a circular cavity in the center of 7 mm in diameter. These cavities were filled with resin by the block technique, wall by wall, in oblique increments, and polymerized. One hour later, the samples were placed in the polariscope, photographed, and measured. Statistical analysis was performed using the Kolmogorov-Smirnov, ANOVA, and post hoc Tukey tests, in the SPSS V.22 IBM program. **Results:** 100% of the samples showed polymerization shrinkage. They all expressed isochromes in the photoelastic resin. The block technique showed the lowest shrinkage results, 40% of the samples presented only the first isochromatic band corresponding to the lowest stress value. **Conclusion:** the use of resins for the block technique reduces stress on the cavity walls.

Keywords: Bulk-Fill, photoelasticity, polymerization shrinkage.

INTRODUCTION

One of the most widely used materials in dentistry are composite resins; they are also one of the materials

that have undergone the most modifications in order to achieve physical properties similar to enamel and dentin. Resins are constituted by a polymeric base; for their chemical reaction of hardening, they resort to the process of polymerization, in which the union of each monomer supposes its approach. Therefore they present, in different proportions, shrinkage inherent to the formation of polymeric chains, called polymerization shrinkage.¹ Due to the ceramic nature of enamel and dentin, the formation of micro-cavities in the dentinal tubules is necessary to generate the bond. Another polymeric-based material is housed in these cavities: the dental adhesive, which functions as the bonding link between the dental structure and the resin.² When there is bonding to the tooth structure and shrinkage of the polymers, the bonded wall undergoes stress, which is the cause of restoration failure and postoperative pain. For this reason, many researchers and clinicians focus their attention on placement techniques, polymerization, and different materials, as it has been shown that variations regarding these factors may result in shrinkage reduction and thus offer a better prognosis of treatments involving the use of composite resins.

Techniques for the placement of dental composite resins

Incremental technique. It consists of creating the restoration by adding layers of resin less than 2 mm thick, photo-activating one layer before the next. This technique proposes that better polymerization is achieved by performing it for each layer, thus reducing the effect of polymerization shrinkage, under the principle that «polymerization shrinkage is directly proportional to the volume of the resin».³

Oblique incremental technique. In this technique, small portions of less than 2 mm are added, but from one wall to the opposite one. Each portion is set up in triangles formed by the floor and the wall in contact; when performing the photopolymerization, this can be irradiated directly or through the cavity walls.⁴

Wall-by-wall technique. It is another variation of the incremental technique with the same condition regarding thickness, but the layers are placed in a specific order: the first increment is placed on one of the walls without touching the others and the photopolymerization process is performed; then another portion of resin is taken to the opposite wall, in the same way without touching the previous one. And so on until all the walls and the floor are covered; each layer is polymerized for 20 seconds with an intensity greater than 1,000 mW/cm².⁵

Block techniques. The application techniques in single increments are also known as «in block or

Bulk-Fill», it is said that they are simpler, faster, and more practical because the number of clinical steps is reduced. The composite resin of the bulk system was created to achieve increments of up to 4 mm, decreasing the shrinkage effect and reducing the number of voids within the increments. In order to achieve increments of 4 mm in depth, the polymerization light must be used with an intensity greater than 1,000 mW/cm² for a minimum time of 20 seconds.⁶

The research and development of this type of technology have been increasing, according to Furness,⁷ the use of an increment of 4 mm with the resin for the Bulk-Fill system did not present significant differences in comparison with the conventional composite resins regarding the percentage of polymerization. On the other hand, Czasch⁸ investigated the degree of conversion of resins placed in 4 and 2-mm increments without finding significant differences. Although many studies on bulk resins have been reported, there is no conclusive evidence of their advantage or disadvantage.

Photoelasticity

Photoelasticity is an optical technique that consists of the fact that, when observing a birefringent material body subjected to stress through polarized light, it presents stress concentration lines called isochromes. These are expressed as a result of differences in the refractive index within the body of the material according to the stresses received. Each of the lines is expressed in different colors and thicknesses, which have been associated with a stress value, indicating the presence of different stress magnitudes. They have also been revealed in different areas of the material pointed in different directions.⁹

In dentistry, this technique has been applied to analyze the stresses generated within the walls of dental cavities associated with the polymerization shrinkage generated in composite resins.¹⁰ The objective of the present investigation is to compare the polymerization stress of three different dental resin filling techniques, utilizing photoelasticity, to determine which of the techniques generates less stress on the preparation walls.

MATERIAL AND METHODS

An experimental study was performed with a sample that included a total of 33 epoxy resin molds, which were randomly numbered and divided into 3 groups (n = 11). They were filled with resin samples using 3 different techniques: Group 1. Block technique

with Ivoclar Tetric N-Ceram Bulk-Fill IV resin. Group 2. Wall-by-wall incremental technique with 3M Z250 XT Nano Hybrid resin. Group 3. Oblique increment techniques with 3M Z250 XT Nano Hybrid resin.

Preparation of the photoelastic resin molds consisted of silicone matrices; square molds of 5 × 5 × 4mm were fabricated with a circular cavity of 7 mm in diameter and 2.5 mm deep in the center of the mold. They were poured into epoxy resin Cristal Líquido AWS 520 from Epolyglas México. The hole on one side of the mold was closed with the same resin and the other side was completely free. Before the test, it was verified that there were no residual stress concentration lines around the hole, those samples that showed them were eliminated (*Figure 1A*). Each mold was numbered and divided into 3 groups. Subsequently, with the help of a Teflon-coated spatula, the cavities were filled up to the superficial edge of the cavity by different techniques; when the edge was reached, a celluloid tape was placed and light curing was performed. The filling was performed according to the corresponding technique for each group:

1. Block filling technique; the cavity was filled with the resin in its entirety and light cured for 40 seconds, group. **2. Incremental wall-by-wall technique;** increments were placed covering only one wall with an approximate thickness of 1.5 mm, light curing each one before placing the other for 20 seconds, until the cavity was filled, group **3. Oblique increment techniques;** oblique increments were placed starting from one of the walls extending and reducing the height of the increment from a maximum thickness of 1.5 mm, one on top of the other until the entire cavity was filled; light curing was done between each layer for 20 seconds (*Table 1*). The 3M Elipar lamp (wavelength 430-480nm and intensity of 1,200mW/cm²) was used. The light curing lamp was calibrated with a radiometer to verify the intensity every 5 samples and the light curing distance was constant at 2mm from the edge of the resin sample.

To implement the photoelasticity test, the sample was placed in the polariscope in which the mold was observed and photographed before and after the test pointing out the isochromes. For stress quantification, the sample was compared with a scale ruler considering a constant diameter of 7 mm. The isochromes present were measured up to the end of the darkest band, both on the right and left side (*Figure 1B*).

PHOTOELASTICITY SCALE

The isochromatic bands show the stress in different colors and thicknesses: the wider they are, the lower

the stress; the thinner and more continuous they become, the higher the stress. *Figure 1C* shows the color scale exhibited by the resin used; it was coded according to what has been reported in the literature from 0 to 5; where 0 and 1 correspond to low stress, 2 and 3 medium, and 4 and 5 high (*Figure 1D*).

In this study, the distance from the origin to band 0 was measured, because the higher the stress, the farther this band moves away and gives rise to the appearance of new color bands.

For the statistical analysis, the SPSS V.22 IBM program was used. The Kolmogorov-Smirnov normality test was performed followed by the comparison of means through the one-way ANOVA test and post hoc Tukey, all with a level $\alpha = 0.05$.

RESULTS

All the samples exhibited a stress level in the low classification (between 0 and 1) by showing isochromes horizontally on both the right and left sides of black, dark blue, white, and yellow; none reached level 2 (from the pink band) (*Figure 2*). The results were compared based on the aforementioned color bands, considering the highest according to the distance exhibited from the origin to the end of the black band.

Group 1 filled with the block technique showed the lowest wall stress results: 40% of the samples presented only the first isochromatic band (black) corresponding to the lowest stress value (*Figure 3A-B*). Group 2. Incremental wall-by-wall technique (*Figure 3C-D*), as well as group 3- Oblique incremental technique (*Figure 3 E-F*), showed similar stress results; in group 2 about 10% of samples exhibited only the black band and group 3 was considered the one with the highest stress value: all samples exhibited from level 1, i.e. blue band. When comparing the groups, groups 2 and 3 showed statistically significant differences when relating each technique with group 1 ($p = 0.002$ and $p = 0.000$, respectively). No statistically significant differences were found between groups 2 and 3.

Figure 4 illustrates the averages of the length measurement from the composite resin (taken as the origin of the stress) to the end of the black band.

DISCUSSION

In the present study, photoelasticity was used as a means to demonstrate the polymerization shrinkage of dental composite resins when placed by different techniques in a cavity. Since resinous filling materials have become a fundamental part of daily dental

practice, it is important to know and give relevance to their physical characteristics. Authors such as Corral¹¹ and Domínguez³ in 2015 mentioned some disadvantages of incremental techniques, such as the possibility of retention of empty spaces between layers when applying several increments of the material. Additionally, this process is more time-consuming, thus the possibility of error or that the resin suffers sorption despite the use of the rubber dam may increase causing a deficient polymerization; not to mention the fact that the patient spends more time in the dental chair.

In this research, each technique was tested individually to determine which one presented the lowest stress on the cavity walls due to the polymerization shrinkage of each material. This stress evaluation also notes the current polymer technology, which has succeeded in integrating nano-sized filler for shrinkage reduction and thus achieving lower stress. The proposed modifications are those made to resins designed for bulk techniques, which offer advantages in terms of time and steps for clinical work. Some studies with different analysis techniques than the one hereby used, proved to offer advantages in physical properties such as polymerization shrinkage. Al-Harbi 2016¹² analyzed by SEM microscopy the marginal integrity of resins for both bulk (Tetric N-Ceram Bulk-fill) and incremental techniques without finding significant differences. In 2018 Pereira¹³ used photoelasticity among other techniques and determined that Bulk-Fill type resins have similar performance to conventional ones, but also demonstrated that concerning polymerization, shrinkage incremental techniques may have advantages. However, in the present study, although all resins show evidence of polymerization shrinkage, the group restored with the bulk-fill technique showed the best results.

Recently, given the improvements and the inclusion of new monomers such as AUDMA or AMF and combinations with nanoclusters among other technologies,¹⁴ resins for the bulk technique have a very promising future. There have already been studies with evident results in the reduction of polymerization shrinkage with other analysis techniques, although they will surely continue to evolve.¹⁵ Given the importance of polymerization stress in the clinical success of dental resins, different techniques that present results closer to reality have been sought. It is common to use tensiometers to observe the contraction inside the resin structure, however, the results regarding stress in the walls present disadvantages. In 2011 Lopes¹⁶ used the same technique and a model similar to the

one hereby used to demonstrate that resins based on siloranes do not offer advantages in stress reduction within the cavity walls. Similarly, Oliveira in 2012¹⁷ analyzed the effect of photoinitiators suggesting that it may be a suitable technique for stress analysis. There are different methods for analyzing stress, however, the one used in the present study is simpler while providing valid and easily observable results.

However, it is still necessary to work with the different adhesive systems that are an important factor for these studies. The molds made were circular, thus avoiding the irregular tension caused by acute angles, which, although they are not recommended in dental cavities, sometimes occur. Therefore, a model more similar to clinical reality might be tested, as Pereira did.

CONCLUSION

Considering the limitations of the present study, it may be concluded that the use of resins for the bulk technique reduces stress in the cavity walls. In the incremental techniques, independent of how these increments are placed, stress values are similar to each other.

AGRADECIMIENTOS/ACKNOWLEDGMENTS

Al proyecto PAPIME PE206820 por el apoyo al proyecto.

To the PAPIME PE206820 project for support of the project.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Moradas Estrada M, Álvarez López D. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av Odontostomatol.* 2017; 33 (6): 261-272.
2. Koh SH, Powers JM, Bebermeyer RD, Li D. Tensile bond strengths of fourth- and fifth-generation dentin adhesives with packable resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2001; 13 (6): 379-386. doi: 10.1111/j.1708-8240.2001.tb01023.x
3. Domínguez Burich R JL, Corral Halal D, Mattar M. Análisis comparativo *in vitro* del grado de sellado marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con un material mono incremental (Tetric n-ceram Bulk Fill), y uno convencional (Tetric n-ceram). *Revista Dental de Chile.* 2015; 106 (1): 15-19. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137691/Análisis-comparativo-in-vitro-del-grado-de-sellado-marginal-de-restauraciones-de-resina.pdf?sequence=1>
4. Deliperi S, Bardwell D. An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 2002; 133 (10): 1387-1398. doi: 10.14219/jada.archive.2002.0055.
5. Fernández Hernández JA, Ortega Espinoza MC, Llamas Velázquez G. Colocación de una restauración con resina compuesta. *Odont Act.* 2014; 11 (130): 16-22.

6. Muraro DF, Steffen SP, Donassollo SH, Donassolo TA. Resinas compostas de preenchimento único: relato de caso clínico. *Clín Int J Braz Dent.* 2016; 12 (2): 180-185.
7. Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/internal fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent.* 2014; 42(4): 439-449. doi: 10.1016/j.jdent.2014.01.005.
8. Czasch P, Ilie N. *In vitro* comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Invest.* 2013; 17 (1): 227-235. doi: 10.1007/s00784-012-0702-8.
9. Briñez de Leon JC, Restrepo Martínez A, López Giraldo FE. Métricas de similitud aplicadas para análisis de imágenes de fotoelasticidad. *Dyna Rev Fac Nac Minas.* 2013; 80 (179): 42-50. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0012-73532013000300005
10. Lopes LG, Franco EB, Pereira JC, Mondelli RF. Effect of light-curing units and activation mode on polymerization shrinkage and shrinkage stress of composite resins. *J Appl Oral Sci.* 2008; 16 (1): 35-42. doi: 10.1590/s1678-77572008000100008.
11. Corral-Núñez C, Vildósola-Grez P, Bersezio-Miranda C, Alves Dos Campos E, Fernández Godoy E. State of the art of bulk-fill resin-based composites: a review. *Rev Fac Odontol Univ Antioq.* 2015; 27 (1): 177-196. doi: 10.17533/udea.rfo.v27n1a9
12. Al-Harbi F, Kaisarly D, Bader D, El Gezawi M. Marginal integrity of bulk versus incremental fill class II composite restorations. *Oper Dent.* 2016; 41 (2): 146-156. doi: 10.2341/14-306-L.
13. Pereira R, Giorgi MCC, Lins RBE, Theobaldo JD, Lima DANL, Marchi GM. Physical and photoelastic properties of bulk-fill and conventional composites. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2018; 10: 287-296. doi: 10.2147/CCIDE.S184660.
14. 3M. Filtek™ Bulk Fill Restaurador para Posteriores. Perfil técnico del producto. [internet]. [Consultado 11 octubre 2020]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1021141O/filtek-bulk-fill-posterior-restorative-tpp.pdf>
15. Comba A, Scotti N, Maravić T, Mazzoni A, Carossa M, Breschi L et al. Vickers hardness and shrinkage stress evaluation of low and high viscosity bulk-fill resin composite. *Polymers (Basel).* 2020; 12 (7): 1477. doi: 10.3390/polym12071477.
16. Lopes MB, Valarini N, Moura SK, Guiraldo RD, Júnior AG. Photoelastic analysis of stress generated by a silorane-based restoration system. *Braz Oral Res.* 2011; 25 (4): 302-306. doi: 10.1590/s1806-83242011000400004.
17. Oliveira KM, Consani S, Goncalves LS, Brandt WC, Ccahuana-Vásquez RA. Photoelastic evaluation of the effect of composite formulation on polymerization shrinkage stress. *Braz Oral Res.* 2012; 26 (3): 202-208. doi: 10.1590/s1806-83242012000300004.

Correspondencia / Correspondence:

Miriam Marín-Miranda

E-mail: miriam.marin@zaragoza.unam.mx



Evaluación de pH, fraguado y resistencia a la compresión de dos cementos MTA comerciales y un MTA de reciente desarrollo

Cristian Harold Zebadúa-Castellanos,* Miriam Marín-Miranda,§ Jorge Guerrero Ibarra,¶ Abigail Flores-Ledesma,|| Karen García-Briseño,¶ Lauro Bucio-Galindo,** Yoshamin Abnoba Moreno-Vargas¶

* Escuela Militar de Odontología.

§ Profesor de asignatura. Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza.

¶ Profesor de asignatura. Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México.

|| Profesor de asignatura. Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

** Investigador académico. Laboratorio de Cristalofísica y Materiales Naturales. Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar pH y resistencia a la compresión con relación al tiempo de fraguado de tres cementos de obturación retrógrada. Como controles se emplearon los cementos de sellado radicular MTA-Angelus® (MBA) y MTA Viarden® (MV), este último de origen mexicano y uno experimental (CE). Las pruebas a realizar fueron SEM-EDS, difracción de rayos X, pH, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión a distintos tiempos de endurecimiento (un día, siete días y 28 días). Obteniéndose como resultado que en los tres cementos se encuentra presente la fase de silicato tricálcico (Ca_3SiO_5), pero con ausencia de otras fases y presencia de elementos traza en MV. Los valores más altos en pH a un día de iniciada la reacción se mostraron por los cementos MV y CE. A los 28 días se estabilizó el pH de MBA y CE, quedando por debajo de ellos el MV. Sucediendo algo similar en la prueba de resistencia a la compresión, en donde CE obtuvo los valores más altos a los distintos tiempos de endurecimiento (un día-23.5 MPa, siete días-36.5 MPa y 28 días-36.7 MPa) y el más bajo fue MV (un día-14.7 MPa, siete días-17 MPa y 28 días-19.5 MPa). Así como también en tiempo de fraguado, en donde el tiempo más corto registrado fue el de CE y el más largo fue MV. El MBA se mantuvo con valores intermedios en todas las pruebas. Llegando a la conclusión de que los bajos resultados mostrados por MV son debido a la presencia de elementos traza ajenos a su composición principal y posiblemente a la poca formación de portlandita y silicato de calcio hidratado (CSH) en el MV. Cabe señalar que hasta el momento CE es un buen candidato para competir con otros cementos MTA comerciales.

Palabras clave: MTA, cemento Portland, pH, difracción de rayos X, SEM.

Recibido: Enero 2018. Aceptado: Septiembre 2018.

Citar como: Zebadúa-Castellanos CH, Marín-Miranda M, Guerrero IJ, Flores-Ledesma A, García-Briseño K, Bucio-Galindo L et al. Evaluación de pH, fraguado y resistencia a la compresión de dos cementos MTA comerciales y un MTA de reciente desarrollo. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 51-62.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

www.medigraphic.com/facultadodontologiaunam

INTRODUCCIÓN

La gran gama de materiales de uso dental que existen en el mercado ofrece determinadas particularidades de acuerdo a la situación en que se puedan utilizar hoy en día en la rama odontológica, por lo que se van renovando constantemente en la búsqueda de nuevos biomateriales que ofrezcan mayores ventajas a los pacientes. Muestra de ello es el *mineral trioxide aggregate* (MTA, por sus siglas en inglés), el cual es un material de obturación retrógrada que cuenta con estabilidad dimensional, adhesión a estructura dental, bactericida, entre otros,¹ mismo que fue desarrollado en 1990 en la Universidad de Loma Linda. Sus principales ingredientes son silicato tricálcico (C3S) y dicálcico (C2S), aluminato tricálcico (C3A) y sulfato de calcio.²⁻⁴ Las aplicaciones más conocidas de estos cementos son en recubrimiento pulpar, pulpotomía, entre otras,⁵ convirtiéndolo en el material de elección para el tratamiento no quirúrgico de las perforaciones radiculares en banda o en furcación.⁵⁻¹⁰

Un MTA que se ha empleado por largo tiempo en México como material de elección para obturaciones retrogradas ha sido MTA-Angelus™, cuya composición es 80% cemento Portland y 20% óxido de bismuto en el polvo y agua destilada como catalizador.¹¹ Sus ventajas son las aplicaciones anteriormente mencionadas y sus desventajas son dificultad de manipulación^{7,12} y tiempo de fraguado largo.^{13,14} Recientemente, se ha introducido al mercado un nuevo cemento MTA por la casa comercial Viarden™, de origen mexicano. Sin embargo, hasta el momento no existen reportes sobre las propiedades de éste.

El objetivo de este trabajo fue evaluar pH y resistencia a la compresión con relación al tiempo de fraguado de tres cementos de obturación retrograda (dos cementos comerciales y un cemento experimental).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la síntesis de MTA se realizó un balanceo químico y se usaron reactivos de SiO_2 (SIGMA Aldrich), Al_2O_3 (SIGMA Aldrich) y CaCO_3 (J.T. Baker) para obtener 10 g de clinker. Los componentes se mezclaron y se llevaron en un crisol de platino, a una temperatura por arriba de 1,200 °C durante varias horas. Posterior a ser extraído el clinker del horno, fue molido en el mortero de Ágata y tamizado a 300 Mesh para homogeneizar el tamaño de partícula.

Se analizaron tres cementos, dos grupos controles que fueron MTA-Angelus™ (Angelus, Londrina, PR, Brazil) (MBA), MTA Viarden™ (MV) y un cemento MTA experimental (CE). Las pruebas analíticas que se realizaron fueron microscopía electrónica de barrido/espectroscopia de energía dispersa de rayos X (SEM-EDS) y difracción de rayos X (DRX) para la caracterización elemental y de fases.

Las probetas fueron elaboradas bajo temperatura y humedad controladas (23 ± 2 °C y 25% rH), en el Laboratorio de Biomateriales dentales de la DEPEI de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México, de acuerdo a la norma ISO 6876:2001¹⁵ y la norma ADA núm. 30. El cemento fue preparado en la proporción de 1:3 (1g de polvo:0.33 ml de catalizador) en el CE y de acuerdo a la proporción recomendada por el fabricante para MBA y MV.

Microscopía electrónica de barrido/espectroscopia de energía dispersa de rayos X (SEM-EDS)

Las micrografías fueron tomadas en un microscopio electrónico de barrido a bajo vacío, JEOL JSM 5600 LV del Laboratorio Central de Microscopía, IF-UNAM. El polvo de cada espécimen fue colocado sobre barriles de aluminio con cinta de carbono. Posteriormente, se les depositó oro sólo en la mitad de la superficie durante cinco minutos, empleando cinta de carbono para cubrir la otra mitad para hacer posible obtener tanto imágenes como EDS de cada muestra.

Difracción de rayos X (DRX)

Los especímenes en polvo fueron analizados en un difractómetro de rayos-X «Bruker AXS», con un generador de rayos X de Cu-K α en el Instituto de Física, UNAM a temperatura ambiente. Los datos se recolectaron en un intervalo 2 θ de 5 a 110° en condiciones de operación de 35 kV y 25 mA en el generador de rayos X. El análisis se llevó a cabo por medio de un software para la identificación de fases llamado *Match*. El análisis se obtuvo de muestras en polvo y en pastilla. Las

pastillas fueron de 1 cm de espesor, mantenidas en agua desionizada a temperatura de 37 ± 1 °C y 95% rH, para posteriormente ser trituradas.

pH

Se elaboraron probetas de 5 mm de diámetro x 1 mm de espesor. Las muestras fueron almacenadas en contenedores cilíndricos con 10 mL de agua desionizada a 37 ± 1 °C y 95% rH durante el tiempo que duró el estudio (24 horas, siete y 28 días). Para la realización de la prueba se siguió el procedimiento reportado por Massi y colaboradores.¹⁶

Tiempo de fraguado

Se elaboraron muestras de 10 mm de diámetro y 1 mm de altura. Se empleó una aguja Gilmore (peso de 100 ± 0.5 g y 2 ± 0.1 mm de diámetro). Las penetraciones se realizaron cada cinco minutos después del tiempo de mezclado recomendado por el fabricante y hasta que ya no se observara marca de la penetración. Hasta este momento fue que se hizo el registro del tiempo de fraguado, de acuerdo a lo señalado por la norma ISO 6876/2001.

Resistencia a la compresión

Las muestras se realizaron con las dimensiones de 6 ± 0.05 mm de altura por 3 ± 0.01 mm de diámetro, siguiendo el protocolo establecido en la norma núm. 30 de la ADA. Las muestras fueron almacenadas a 100% de humedad en agua desionizada durante 24 horas, siete y 28 días a 37 ± 1 °C. Transcurrido el tiempo cada muestra fue sometida a un ensayo de compresión en la Máquina Universal de Pruebas Mecánicas INSTRON®, aplicando la carga compresiva dirigida al eje longitudinal de la muestra, a velocidad de 1 mm/min.

Análisis estadístico

La prueba estadística de Levene fue realizada para determinar la homogeneidad de los grupos (pH, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión) para posteriormente realizar la prueba de ANOVA ($\alpha = 0.05$) y la prueba *post hoc* Tukey usando el software SPSS 20.0.

RESULTADOS

SEM-EDS

Mediante SEM se observó que las partículas tanto de MBA y MV en polvo son compactas, con superficie

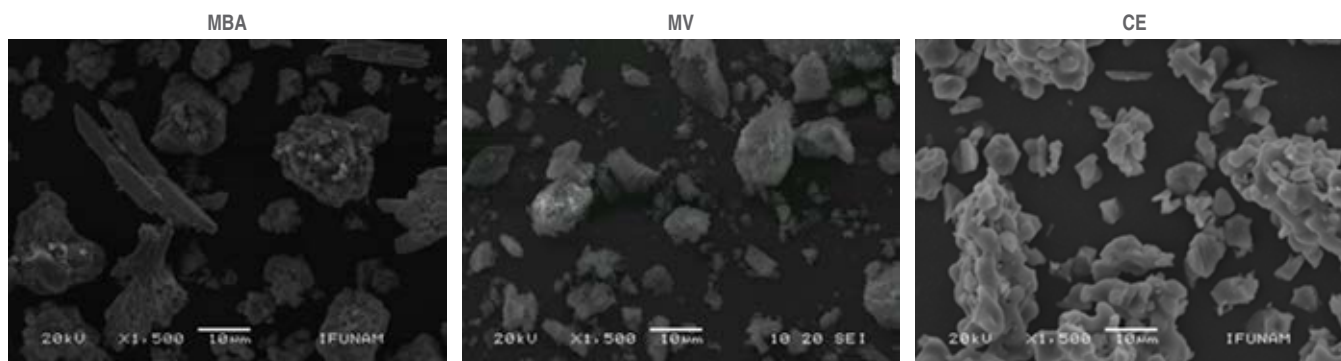


Figura 1: Micrografías obtenidas por SEM en donde se observan partículas compactas, superficie lisa y formas irregulares en MBA y MV. Y CE muestra partículas en forma de coral.

SEM micrographs showing compact particles, smooth surface and irregular shapes in MBA and MV. EC shows coral-shaped particles.

lisa y formas irregulares. Específicamente, observamos una forma de coral en CE y partículas alargadas lisas regulares en MBA (Figura 1).

En cuanto a la composición elemental obtenida por EDS pudimos corroborar la presencia, en los tres cementos, de elementos base como C^{4+} , Ca^{2+} , O^{2-} y Si^{4+} encargados de la formación de silicato tricálcico y dicálcico. El elemento que se observa en mayor cantidad después del oxígeno es el calcio seguido del carbono, excepto en MV (Tabla 1). También se observan magnesio y sodio presentes en MV y solo sodio en MBA (Tabla 1). Así como se encontraron elementos presentes sólo en MV como azufre, potasio y titanio (Tabla 1). También se observó bismuto en MBA y zirconio en CE como agentes radiopacadores.

DRX

El componente principal presente en los tres cementos en polvo es el silicato tricálcico. En MBA (Figura 2) y CE (Figura 3) también está presente la fase cristalina del silicato dicálcico y el agente radiopacador. Corroborando los resultados obtenidos por SEM-EDS, con respecto a los elementos que sólo se encuentran presentes en MV (Figura 4), mostrando las fases de rutilo, óxido de magnesio y calcita.

Los resultados obtenidos en el cemento a 24 horas de iniciado el fraguado arrojaron la presencia de silicato de tricálcico (S) tanto en MBA (Figura 5), MV (Figura 6) y CE (Figura 7). También se encontró óxido de bismuto (B) y óxido de zirconio (Z) como agentes radiopacadores, en MBA y CE, respectivamente. En CE se observó la fase de aluminato de calcio (A) y silicato dicálcico (L). Y solo en MV se pudieron observar las fases de hatrurita (H), inyoita (I), etringita (E) y

Tabla 1: Elementos en porcentaje en peso (wt%) presentes en los cementos MTA MBA, MV y CE. *Elements in weight percentage (wt%) present in MTA MBA, MV and EC.*

Elemento	MBA Wt%	MV Wt%	CE Wt%
C	14.3	21.04	10.42
O	31.33	41.29	46.4
Si	3.13	13.51	7.52
Ca	16.95	13.34	23.79
Na	0.11	1.21	-
Bi	32.63	-	-
Zr	-	-	2.34
Al	1.04	3.29	0.17
Ti	-	3.57	-
Mg	-	0.32	-
K	-	1.33	-

yeso (Y), mismas que se ven a lo largo de los 28 días de endurecimiento.

A los siete y 28 días se puede observar tanto en MBA (Figura 5) como en CE (Figura 7) la formación de dos fases extras como silicato de calcio hidratado (CSH gel) y portlandita ($Ca(OH)_2$), pero no en MV (Figura 6).

pH

Los grupos que mostraron diferencias estadísticamente significativas fueron los siguientes: a las 24 horas MBA (pH 8.5) ≠ MV (pH 10) y CE (pH 10); a los siete días todos presentaron diferencias entre ellos, MBA (pH 8.5), MV (pH 7.8) y CE (pH 10.6) y a los 28 días MV (pH 7.9) ≠ MBA (pH 8.2) y CE (8.2). Se muestra en la Tabla 2.

Tiempo de fraguado

De la misma forma, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre CE con MBA y MV. Como se indica en la *Tabla 2*, MBA mostró 27 minutos, MV 29 minutos y CE 22 minutos.

Resistencia a la compresión

Los resultados del análisis estadístico mostraron que sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre MBA, MV y CE. Los grupos que mostraron diferencias fueron los siguientes: a las 24

Figura 2:

Difractograma de MBA en polvo, donde se muestran las dos fases principales del cemento que son silicato tricálcico, dicálcico y el agente radiopacador.

Diffractogram of MBA powder, showing the two main phases of the cement which are tricalcium silicate and dicalcium silicate. The radiopacifying agent may also be observed.

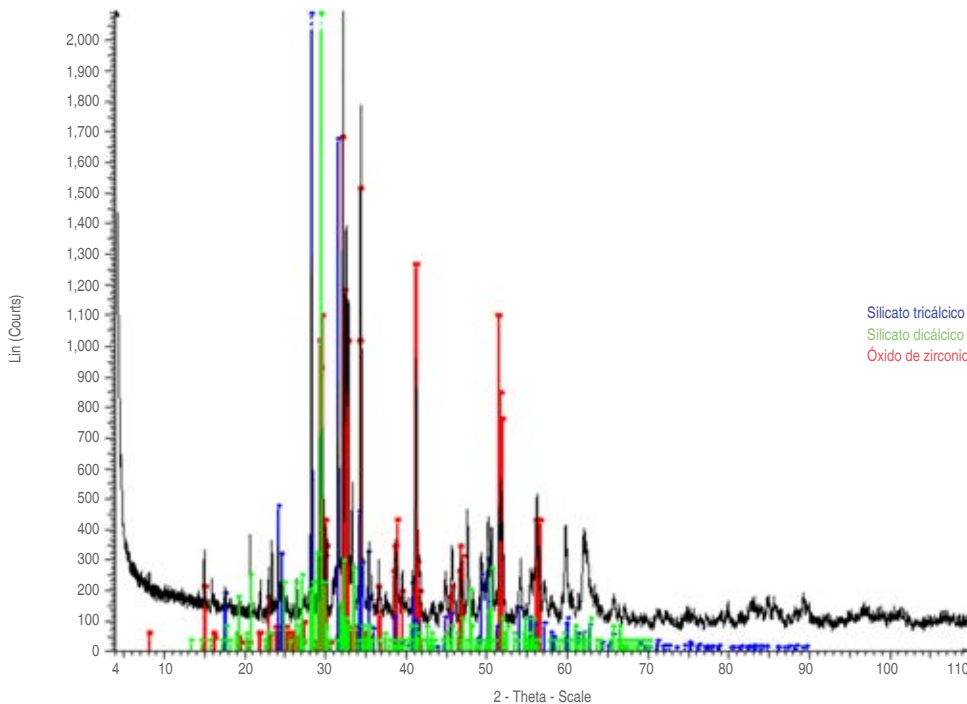
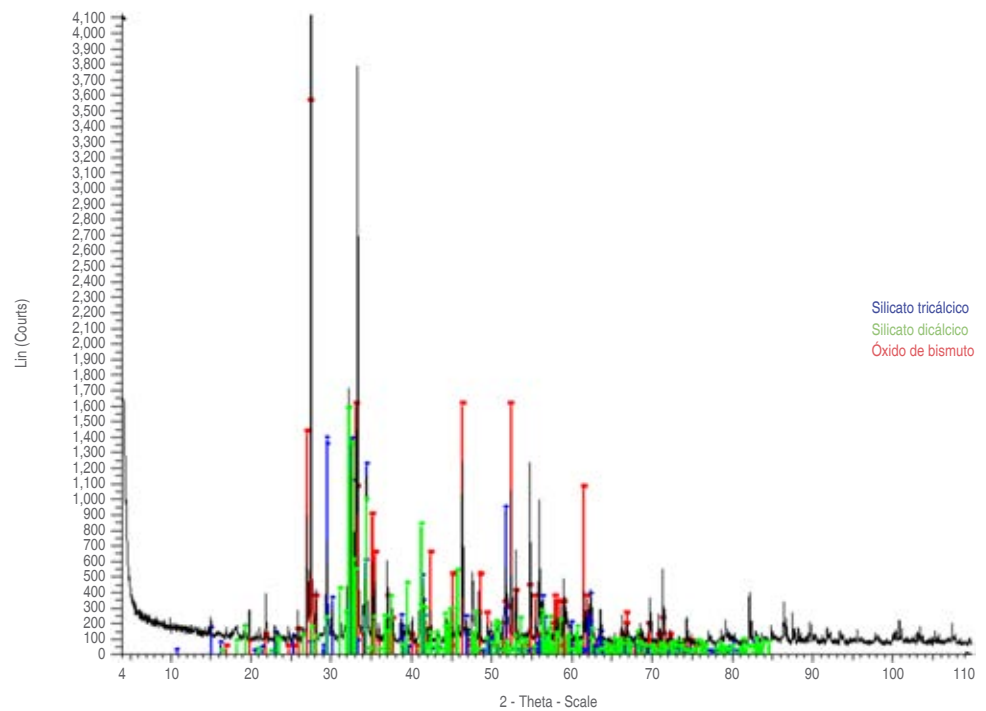


Figura 3:

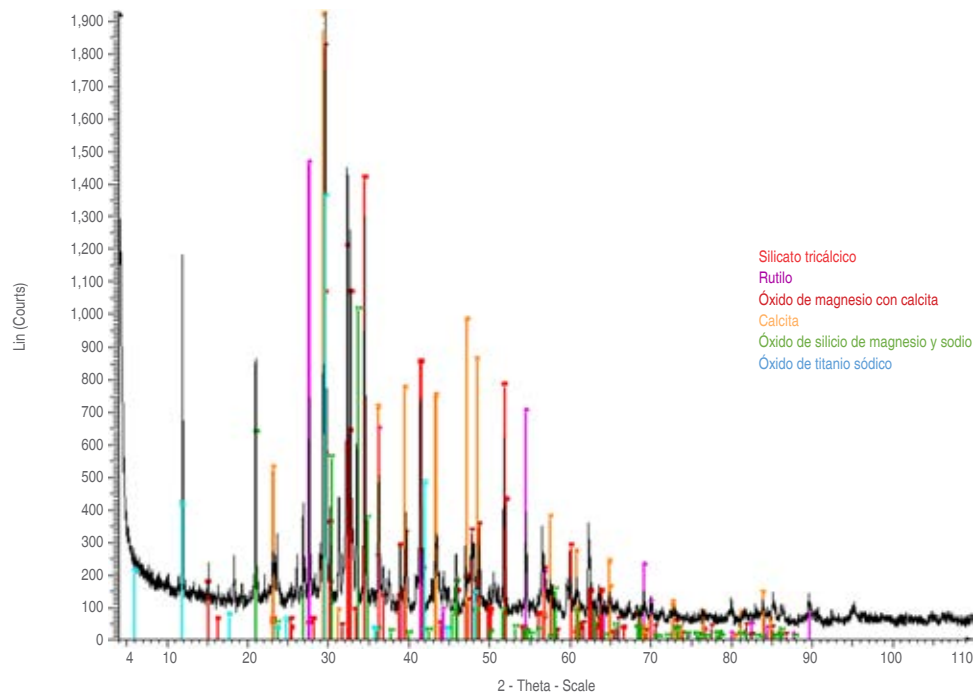
Difractograma de CE en polvo que muestra las fases principales al igual que MBA, excepto Bi_2O_3 y en su lugar está presente el ZrO_2 .

Powder EC diffractogram showing the main phases equal to MBA, except Bi_2O_3 ; ZrO_2 is present instead.

Figura 4:

Difractograma de MV en polvo mostrando la fase de silicato tricálcico y otras fases diferentes a las presentes en otros dos cementos analizados.

Powdered MV diffractogram showing the tricalcium silicate phase and other phases different from those present in the other two analyzed cements.



horas y siete días $CE \neq MBA$ y $MV \neq CE$; 28 días $MV \neq MBA$ y CE . Esto quiere decir que las muestras que presentaron una mayor resistencia a la compresión a las 24 horas, siete días y 28 días después de haber comenzado el fraguado del material fueron las de CE , ya que mostró 23.5 MPa, 36.3 MPa y 36.7 MPa, respectivamente. Mientras que MV mostró 14.7, 17 y 19.5 MPa y MBA 14.3, 23 y 32 MPa, demostrando un incremento constante a lo largo del tiempo (*Tabla 2*).

DISCUSIÓN

Las propiedades ideales de un cemento MTA resultan indispensables para su aplicación clínica, tales como: fácil manipulación, tiempo de fraguado adecuado, estabilidad dimensional y baja solubilidad en tejidos vivos. Por lo que constantemente existen mejoras de este cemento o bien cementos nuevos que tratan de cumplir con los requisitos establecidos. Por lo que, en este estudio se realizó el análisis de dos cementos MTA comerciales contra un cemento MTA experimental, por medio de SEM-EDS, DRX y algunas pruebas físico-mecánicas, en donde se encontró por SEM y corroborado por DRX, que el cemento MV presenta las fases correspondientes a un cemento Portland tipo 1, incluyendo la fase de yeso, cuya función es la de ser un excelente agente retardador del fraguado¹⁷ sin interferir en las propiedades del cemento, siempre y cuando el porcentaje máximo

de contenido se encuentre por debajo de 4%¹⁸ debido a que los iones podrían degradar la superficie del cemento.¹⁹ Otra fase importante que aparece en MV es la etringita, $(Ca_6Al_2(SO_4)_3(OH) \cdot 26 H_2O)$, misma que se forma a partir del contenido de sulfatos provenientes del yeso y el aluminato tricálcico (C_3A).¹⁷ Este cemento también tiene dentro de sus componentes óxido de silicio de sodio y magnesio, de los cuales el Mg se emplea muy comúnmente para la estabilización de las fases y el Na para disminuir la temperatura de fusión,²⁰ el cual se encuentra tanto en MV como en MBA . Algo que causó un poco de extrañeza es que en MV , aparentemente, no hay radiopacador o ningún elemento reportado para ello, a diferencia de MBA y CE que contienen Bi_2O_3 y ZrO_2 , respectivamente. Por lo que se recomienda realizar la prueba de radiopacidad en un futuro, para poder confirmar la ausencia de dicho agente, así como un análisis químico más exhaustivo.

En cuanto a las pruebas físico-mecánicas algo interesante que se pudo observar fue que el tiempo de fraguado más corto lo presentó el cemento CE con 22 minutos y el tiempo más largo fue de MV con 29 minutos, quedando MBA con un tiempo intermedio de 27 minutos, no coincidiendo con Flores²¹ quien reportó un tiempo de 18 minutos. Estas diferencias pueden atribuirse a que el cemento CE no presenta yeso dentro de sus componentes, que como ya se mencionó es un retardador.¹⁷

El pH es un factor muy importante dentro de los cementos MTA ya que les confiere la propiedad bactericida debido a su alta alcalinidad que regula la actividad catalítica de algunas enzimas influyendo en la velocidad de reacción, que al modificarse su medio externo puede influir en la actividad celular de la bacteria.²² Se ha reportado que el MTA cuenta con una gran capacidad de liberación de OH^- , incrementando el pH y, de Ca^{2+} mejorando la biocompatibilidad del material,¹⁶ así como también es útil para disminuir la microfiltración.²³ En este estudio se pudo ver que MV y CE presentan pH de 10 dentro de las primeras 24 horas y MBA se encuentra ligeramente por debajo de ellos. Sin embargo, conforme va avanzando el tiempo de endurecimiento del cemento el pH de MV disminuye más que los otros dos cementos, terminando los tres cementos con un pH cercano a 8. Esta alza y baja de pH al paso del tiempo puede deberse a la formación de la fase

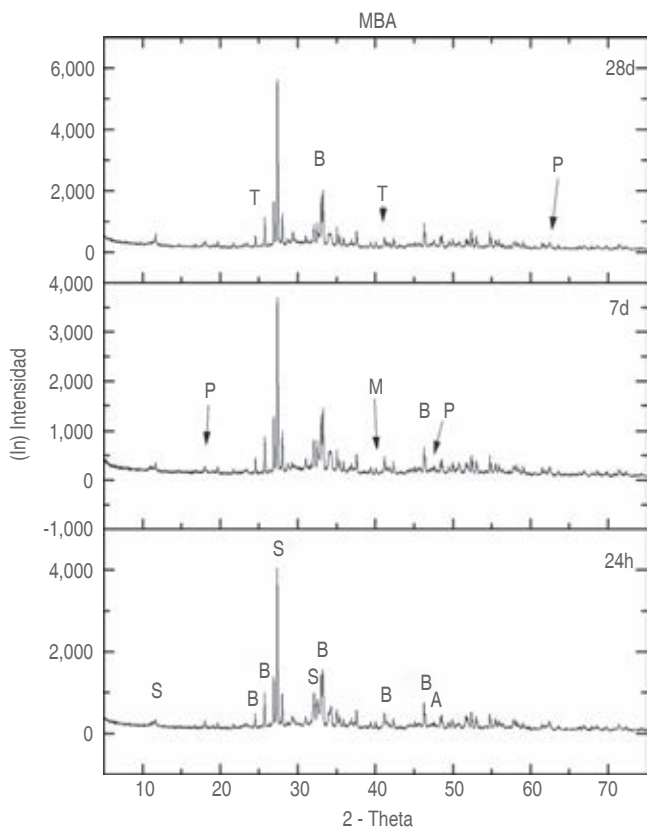


Figura 5: Difractograma de MBA a diferentes tiempos de fraguado. S silicato tricálcico, B radiopacador (óxido de bismuto), P portlandita y T C-S-H gel.

Difractogram of MBA at different setting times. S tricalcium silicate, B radiopacifier (bismuth oxide), P portlandite and T C-S-H gel.

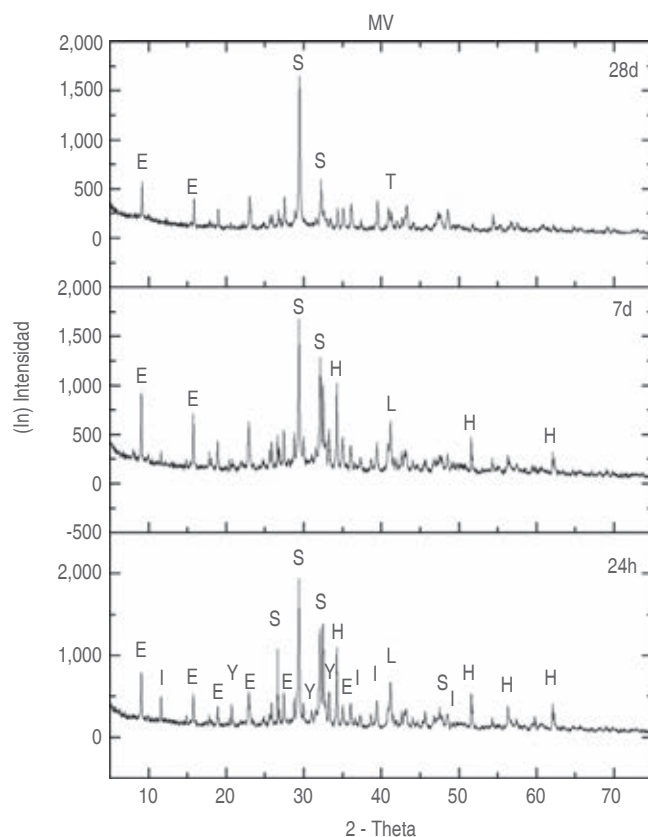


Figura 6: Difractograma de MV a diferentes tiempos de fraguado. S silicato tricálcico, L silicato dicálcico, E etringita, Y yeso, I inyoita, H hatrurita y T C-S-H gel.

MV diffractogram at different setting times. S tricalcium silicate, L dicalcium silicate, E ettringite, Y gypsum, I inyoite, H hatrurite and T C-S-H gel.

de portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), la cual provee al medio de OH^- y de Ca^{2+} sobresaturando el medio.²⁴ Y dicha fase se puede observar presente en los difractogramas de MBA y CE pero no en MV, lo cual no quiere decir que no se encuentre, pero posiblemente está en cantidades muy bajas.

Otra prueba que se realizó fue resistencia a la compresión, aun cuando se sabe que este tipo de material al ser de obturación apical no requiere soportar presiones directas.²⁵ Se decidió realizarla para poder hacer un seguimiento del endurecimiento del cemento ya que los cementos tipo Portland demoran en endurecer aproximadamente 30 días desde iniciada la mezcla. Obteniendo que el cemento con mayor resistencia compresiva a las 24 horas fue el CE con 23.47 MPa, MV con 14.73 MPa y el más bajo fue MBA con 11.2 MPa, coincidiendo con lo reportado por Flores.²¹ Y terminaron a los 28 días con 32

MPa en MBA, 19.5 MPa en MV y el más alto CE con 36.7 MPa. Coincidiendo en los valores a las 24 horas del CE con un cemento experimental reportado por Grech en 2013.²⁶

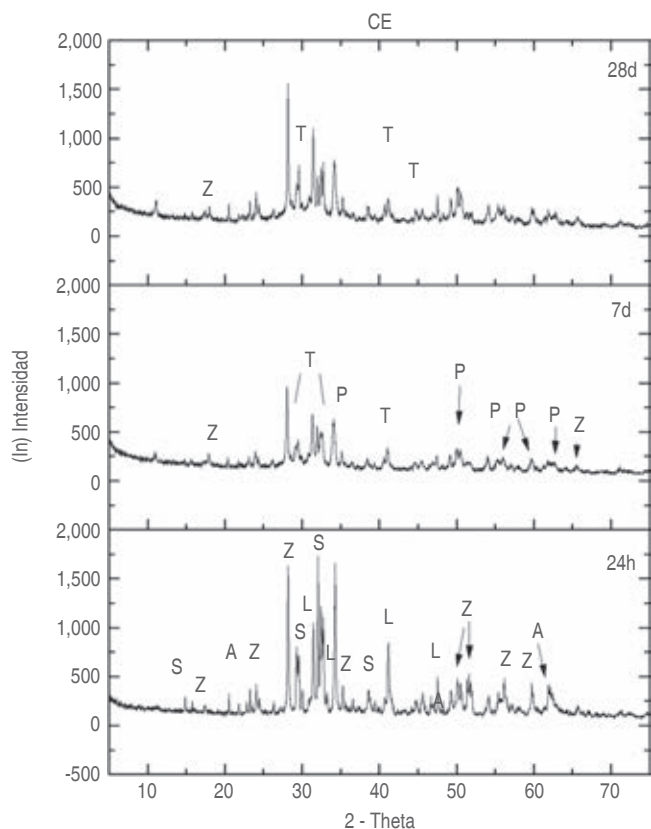


Figura 7: Difractograma de CE a diferentes tiempos de fraguado. S silicato tricálcico, L silicato dicálcico, A aluminato tricálcico, Z radiopacador (óxido de zirconio), P portlandita y T C-S-H gel.

EC diffractogram at different setting times. S tricalcium silicate, L dicalcium silicate, A tricalcium aluminate, Z radiopacifier (zirconium oxide), P portlandite and T C-S-H gel.

Esta elevada resistencia se podría deber a la formación de portlandita, la cual se forma al mismo tiempo que el gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H gel), fase que es muy complicada de ver por difracción debido a que es una fase de naturaleza amorfa.²⁷ La importancia del C-S-H gel es que es la fase de unión primaria en el cemento y son partículas nanoporosas amorfas que rodean los granos de cemento,²⁴ aumentando con ello la resistencia. La fase de portlandita también ayuda a aumentar la resistencia ya que nuclea y crece dentro de huecos vacíos o entre los espacios de los poros.²⁸ Por lo que al no aparecer estas fases en el cemento MV (por medio de DRX) se entiende su baja resistencia a la compresión atribuyendo a una hidratación ligeramente deficiente. Ya que conforme va avanzando la hidratación, la red de C-S-H gel se estabiliza a los pocos minutos de haber comenzado la hidratación.²⁴ Cabe mencionar que, conforme se da el endurecimiento del cemento, la resistencia a la compresión aumenta con el tiempo, considerándose como una característica que sobresale en los diferentes estudios realizados por diversos autores, siendo que en el ambiente donde esté situado exista un mínimo de humedad, ya que como se mencionó anteriormente, este material fragua en presencia de humedad.²⁹

CONCLUSIONES

Las propiedades de los cementos MTA se ven fuertemente influenciadas por la presencia de elementos traza ajenos a su composición principal, a la eficiencia de la hidratación, así como a la formación de portlandita y C-S-H gel, como puede observarse en los resultados obtenidos de MTA Viarden™.

El cemento experimental hasta el momento es un buen candidato para competir con cementos MTA comerciales; sin embargo, hace falta realizar más pruebas para continuar su evaluación.

Tabla 2: Medias y desviaciones estándar de las pruebas pH, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y cambio dimensional. *Means and standard deviations of pH, setting time, compressive strength and dimensional change tests.*

	MBA 27 ± 5.6			MV 29 ± 3.6			CE 21.9 ± 2.3		
	24 horas	7 días	28 días	24 horas	7 días	28 días	24 horas	7 días	28 días
pH	8.5 ± 0.1	8.5 ± 0.3	8.2 ± 0.2	10 ± 0.5	7.8 ± 0.5	7.9 ± 0.1	10 ± 0.3	10.6 ± 0.5	8.2 ± 0.04
Resistencia a la compresión [Mpa]	14.3 ± 5	23 ± 7.8	32 ± 11	14.7 ± 5	17 ± 3.9	19.5 ± 5.1	23.5 ± 3	36.3 ± 9	36.7 ± 6

AGRADECIMIENTOS

A Diego Armando Quiterio Vargas y Manuel Aguilar Franco por la preparación de muestras y la obtención de imágenes de SEM-EDS realizadas en el Laboratorio Central de Microscopía del IFUNAM. A Antonio Espino por la obtención y análisis de los difractogramas realizados en el Laboratorio de Rayos X del Instituto de física de la UNAM. Así como a la Teresa Baeza Kingston por facilitar el material y uso de equipo dentro del Laboratorio de Biomateriales Dentales de la DEPEL de la Facultad de Odontología, UNAM.

Original research

Evaluation of pH, setting, and compressive strength of two commercial MTA cements and a newly developed MTA

Cristian Harold Zebadúa-Castellanos,*
Miriam Marín-Miranda,[§]
Jorge Guerrero Ibarra,[¶] Abigail Flores-Ledesma,^{||}
Karen García-Briseño,[¶] Lauro Bucio-Galindo,^{**}
Yoshamin Abnoba Moreno-Vargas[¶]

* Escuela Militar de Odontología.

[§] Profesor de asignatura. Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza.

[¶] Profesor de asignatura. Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México.

^{||} Profesor de asignatura. Facultad de Estomatología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

^{**} Investigador académico. Laboratorio de Cristalofísica y Materiales Naturales. Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the pH and compressive strength in relation to the setting time of three retrograde filling cements. MTA-Angelus[®] (MBA) and MTA Viarden[®] (MV) root sealing cements, the latter of Mexican origin, were used as controls for the experimental cement (EC). The tests to be carried out were SEM-EDS, X-ray diffraction, pH, setting time, and compressive strength at different hardening times (1 day, 7 days, and 28 days). The obtained results showed that the tricalcium silicate phase (Ca_3SiO_5) is present in all three cements, but with the absence of other phases and the presence of trace elements in MV. The highest pH values obtained 1 day after the onset of the reaction were shown by MV and EC. At 28 days, the pH of MBA and EC remained stable while MV remained below them. Something similar happened during the compressive strength test, where EC obtained the highest values at different hardening times (1 day-23.5 MPa, 7 days-36.5 MPa, and 28 days-36.7 MPa) and the lowest was MV (1 day-14.7 MPa, 7 days-17 MPa and 28 days-19.5 MPa). Regarding setting time, EC registered the shortest time, and MV, the longest. MBA remained with intermediate values in all tests. It is hereby concluded that the low results shown

by MV were due to the presence of trace elements and possibly to the low formation of portlandite and calcium silicate hydrate (CSH) in the MV. It should be noted that so far EC is a good candidate to compete with other commercial MTA cements.

Keywords: MTA, Portland cement, pH, X-ray diffraction, SEM.

INTRODUCTION

The wide range of dental materials that exist in the market offers certain particularities according to the situation in which they can be used nowadays; thus, there is a constant search for new biomaterials that offer greater advantages to patients. An example of this is MTA, which is a retrograde filling material that shows dimensional stability, adhesion to the dental structure, and bactericidal properties among other attributes.¹ It was developed in 1990 at the University of Loma Linda. Its main ingredients are tricalcium silicate (C3S) and dicalcium silicate (C2S), tricalcium aluminate (C3A), and calcium sulfate.²⁻⁴ The best-known applications of these cements are pulp capping and pulpotomy.⁵ MTA is also considered the material of choice for the non-surgical treatment of strip or furcation perforations.⁵⁻¹⁰

An MTA that has been used for a long time in Mexico for retrograde fillings has been the MTA-Angelus[™]. Its composition is 80% Portland cement and 20% bismuth oxide in powder and distilled water as a catalyst.¹¹ Among its advantages are the aforementioned applications. The negative attributes are handling difficulty^{7,12} as well as a long setting time.^{13,14} Recently, a new MTA cement has been introduced to the market by Viarden[™], a Mexican company. However, so far there are no reports regarding its properties.

The aim of this study was to evaluate the pH and compressive strength in relation to the setting time of three retrograde filling cements (two commercial cements and one experimental cement).

MATERIAL AND METHODS

For the synthesis of MTA, a chemical equilibrium was performed and SiO_2 (SIGMA Aldrich), Al_2O_3 (SIGMA Aldrich), and CaCO_3 (J.T. Baker) reactants were used to obtain 10 g of clinker. The components were mixed and brought, in a platinum crucible, to a temperature above 1200 °C for several hours. After the clinker was removed from the kiln, it was ground in an agate mortar and sieved with a 300 Mesh to homogenize the particle size.

Three cements were analyzed, two control groups which were MTA-Angelus[™] (Angelus, Londrina, PR, Brazil) (MBA), MTA Viarden[™] (MV), and an experimental MTA cement (EC). The analytical tests performed were

Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS) and X-ray Diffraction (XRD) for elemental and phase characterization.

The specimens were prepared under controlled temperature and humidity (23 ± 2 °C and 25% rH), in the Dental Biomaterials Laboratory of the Division of Post-graduate Studies and Research of the Faculty of Dentistry of the National Autonomous University of Mexico, according to ISO 6876:2001¹⁵ and ADA standard no. 30. The cement was prepared at a 1:3 ratio (1g of powder:0.33 ml of catalyst) in the EC and according to the ratio recommended by the manufacturer for MBA and MV.

Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)

Micrographs were taken on a low vacuum scanning electron microscope, JEOL JSM 5600 LV from the Central Microscopy Laboratory, IF-UNAM. The powder of each specimen was placed on aluminum barrels with carbon tape. Subsequently, gold was deposited on only half of the surface for 5 minutes using carbon tape to cover the other half. This was made in order to obtain both images and EDS of each sample.

X-Ray Diffraction (XRD)

Powder specimens were analyzed in a «Bruker AXS» X-Ray Diffractometer with a Cu-K α X-Ray generator at the Institute of Physics, UNAM at room temperature. Data were collected over a 2θ interval from 5 to 110° at 35 kV and 25 mA operating conditions in the X-ray generator. The analysis was carried out by means of a phase identification software called «Match». The analysis was obtained from powder and pellet samples. The thickness of the pellets was 1 cm. They were kept in deionized water at a temperature of 37 ± 1 °C and 95 %rH for subsequent milling.

pH

Test tubes of 5 mm diameter \times 1 mm thickness were prepared. The samples were stored in cylindrical containers with 10 mL of deionized water at 37 ± 1 °C and 95 %rH for the duration of the study (24 hours, 7, and 28 days). The procedure reported by Massi et al.¹⁶ was followed to perform the test.

Setting time

Samples of 10 mm in diameter and 1 mm in height were prepared. A Gilmore needle (weight 100 ± 0.5

g and 2 ± 0.1 mm diameter) was used. Indentations were performed every 5 minutes after the mixing time recommended by the manufacturer and until the indentation mark was no longer observed. The setting time was recorded up to this point according to ISO 6876/2001.

Compressive strength

The samples were created with the following dimensions: 6 ± 0.05 mm in height by 3 ± 0.01 mm in diameter, following the protocol established in A.D.A. standard no. 30. They were stored at 100 % humidity in deionized water for 24 hours, 7 and 28 days at 37 ± 1 °C. After this time, each sample was subjected to a compression test in the INSTRON® Universal Mechanical Testing Machine, applying the compressive load directed to the longitudinal axis of the sample at a speed of 1 mm/min.

Statistical analysis

Levene's statistical test was performed to determine the homogeneity of the groups (pH, setting time, and compressive strength) to subsequently perform the ANOVA test ($\alpha = 0.05$) and the Post hoc Tukey test using SPSS 20.0 software.

RESULTS

SEM-EDS

Using SEM images, the particles of both MBA and MV powder appeared to be compact, with a smooth surface and irregular shapes. Specifically, we observed a coral shape in EC and regular smooth elongated particles in MBA (*Figure 1*).

As for the elemental composition obtained by EDS, we were able to corroborate the presence, in the three cements of base elements such as C⁴⁺, Ca²⁺, O²⁻ and Si⁴⁺ responsible for the formation of tricalcium and dicalcium silicate. The most abundant observed element after oxygen was calcium followed by carbon, except in MV (*Table 1*). Magnesium and sodium were also present in MV. Sodium was only present in MBA (*Table 1*). Sulfur, potassium, and titanium were found only in MV (*Table 1*).

Bismuth was also observed in MBA and zirconium in CE as radiopacifying agents.

XRD

The main component present in the three powder cements was tricalcium silicate. In MBA (*Figure 2*) and

EC (Figure 3), the crystalline phase of dicalcium silicate and the radiopacifying agent were also present. These findings corroborate the results obtained by SEM-EDS with regard to the elements that were only present in MV (Figure 4), showing the rutile, magnesium oxide, and calcite phases.

The results obtained in the cement 24 hours after setting showed the presence of tricalcium silicate (S) in MBA (Figure 5), MV (Figure 6), and EC (Figure 7). Bismuth oxide (B) and zirconium oxide (Z) were also found as radiopacifying agents in MBA and EC, respectively. In EC the calcium aluminate (A) and dicalcium silicate (L) phases were observed. Only in MV the phases of hatrurite (H), inyoite (I), ettringite (E), and gypsum (Y) could be observed and they were seen throughout the 28 days of hardening.

At 7 and 28 days the formation of two extra phases such as calcium silicate hydrate (CSH gel) and portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) could be identified in both MBA (Figure 5) and EC (Figure 7), but not in MV (Figure 6).

pH

The groups that showed statistically significant differences were as follows: at 24 hours MBA (pH 8.5) \neq MV (pH 10) and EC (pH 10); at 7 days all showed differences between them, MBA (pH 8.5), MV (pH 7.8) and EC (pH 10.6) and at 28 days MV (pH 7.9) \neq MBA (pH 8.2) and EC (8.2). These results are shown in Table 2.

Setting time

Similarly, statistically significant differences were found between EC with MBA and MV. As shown in Table 2, MBA showed 27 minutes, MV 29 minutes, and CE 22 minutes.

Compressive strength

The results of the statistical analysis showed that statistically significant differences were found between MBA, MV, and EC. The groups that showed differences were as follows: at 24 hours and 7 days EC \neq MBA and MV \neq EC; 28 days MV \neq MBA and EC. This means that the specimens that showed higher compressive strength at 24 hours, 7 days, and 28 days after the start of the setting of the material were those of EC since they showed 23.5 MPa, 36.3 MPa, and 36.7 MPa, respectively. MV showed 14.7, 17, and 19.5 MPa and MBA 14.3, 23, and 32 MPa showing a constant increase over time (Table 2).

DISCUSSION

The ideal properties of MTA cement are indispensable for its clinical application. Such attributes are mainly: easy handling, adequate setting time, dimensional stability, and low solubility in living tissues. Therefore, constant improvements of this cement are made or new cements are created to try to meet the desired requirements. In this study, an analysis of two commercial MTA cements and an experimental MTA cement was performed by means of SEM-EDS, XRD, and some physical-mechanical tests.

It was found by means of SEM and corroborated by XRD, that MV cement presented the phases corresponding to a Portland cement Type 1, including the gypsum phase, whose function is to be an excellent setting retardant agent¹⁷ without interfering in the properties of the cement, as long as the maximum percentage of content is below 4%¹⁸ because the ions could degrade the cement surface.¹⁹ Another important phase that appears in MV is ettringite, $(\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH}) \cdot 26\text{H}_2\text{O})$, which is formed from the sulfate content of gypsum and tricalcium aluminate (C_3A).¹⁷ This cement also has among its components sodium and magnesium silicon oxide, of which Mg is very commonly used for phase stabilization and Na, to lower the melting temperature.²⁰ Na was found in both MV and MBA. An unexpected finding was that, apparently, MV showed no radiopacifier or any element responsible for it, unlike MBA and EC which contain Bi_2O_3 and ZrO_2 , respectively. Therefore, it is recommended to perform a radiopacity test in the future in order to confirm the absence of such an agent, as well as a more exhaustive chemical analysis.

Regarding the physical-mechanical tests, an interesting phenomenon was observed: the shortest setting time was exhibited by EC (22 minutes) and the longest, was that of MV (29 minutes), leaving MBA with an intermediate time of 27 minutes. These findings do not coincide with those reported by Flores²¹ who described a time of 18 minutes. These differences can be attributed to the fact that EC does not possess gypsum among its components. It has already been mentioned that gypsum is a retarder.¹⁷

pH is a very important factor within MTA cements since it confers them a bactericidal property since, due to its high alkalinity, it regulates the catalytic activity of some enzymes influencing the reaction speed. When the external medium is modified, the cellular activity of the bacteria may be affected.²² It has been reported that MTA has a great capacity to release OH^- , increasing pH and Ca^{2+} improving the biocompatibility of the material,¹⁶ as well as being useful to decrease

microfiltration.²³ In this study, it could be seen that MV and EC show a pH of 10 within the first 24 h and MBA is slightly below them. However, as the cement hardening time progresses, the pH of MV decreases more than the other two cements, thus the three cements end with a pH close to 8. This rise and fall of pH over time may be caused by the formation of the portlandite phase (Ca(OH)₂), which provides the medium with OH⁻ and Ca²⁺ hence supersaturating it.²⁴ This phase can be observed in the MBA and EC diffractograms but not in MV. This does not mean that it is not present in MV but possibly it appears in very low quantity

Another test that was performed was resistance to compression, even though it is known that this type of material, being an apical filling material, does not need to support direct pressures.²⁵ It was decided to perform this test in order to follow up on the hardening of the cement since Portland-type cements take approximately 30 days to harden from the beginning of the mixture. The cement with the highest compressive strength at 24 hours was EC with 23.47 MPa, MV with 14.73 MPa and the lowest was MBA with 11.2 MPa. These results coincide with those reported by Flores.²¹ The cements finished at 28 days with 32 MPa for MBA, 19.5 MPa for MV and the highest value was for EC with 36.7 MPa. EC values at 24 hours were in agreement with those of an experimental cement reported by Grech in 2013.²⁶

This high strength could be due to the formation of portlandite, which forms at the same time as the hydrated calcium silicate gel (C-S-H gel), a phase that is very difficult to see by diffraction because it is amorphous in nature.²⁷ The importance of C-S-H gel relies on the fact that it is the primary bonding phase in the cement and that there are amorphous nanoporous particles that surround the cement grains,²⁴ thus increasing its strength. The portlandite phase also helps to increase strength because it nucleates and grows within voids or between pore spaces.²⁸ Therefore, since these phases do not appear in MV cement (by means of XRD), its low compressive strength is understood, attributing it to slightly deficient hydration. As hydration progresses, the C-S-H gel network stabilizes a few minutes after hydration has begun.²⁴ It is worth mentioning that as the cement hardens its compressive strength increases over time. This is considered an attribute that stands out in the different studies conducted by several authors, provided that there is a minimum of humidity in the environment where it is located, since, as mentioned above, this material sets in the presence of humidity.²⁹

CONCLUSIONS

The properties of MTA cements are strongly influenced by the presence of trace elements foreign to their main composition, hydration efficiency, as well as the formation of portlandite and C-S-H gel, as can be observed in the results obtained from MTA Viarden™.

The experimental cement so far is a good candidate to compete with commercial MTA cements, however, further tests are needed.

ACKNOWLEDGMENTS

To Diego Armando Quiterio Vargas and Manuel Aguilar Franco for the sample preparation and SEM-EDS imaging performed at the Central Microscopy Laboratory of IFUNAM. To Antonio Espino for obtaining and analyzing the diffractograms at the X-Ray Laboratory of the Institute of Physics, UNAM. To Teresa Baeza Kingston for facilitating materials and equipment used at the Dental Biomaterials Laboratory of the Division of Post-graduate Studies and Research, Faculty of Dentistry, UNAM.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Ingle J, Taintor JF. *Endodoncia*. 5ta ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2004.
2. Al-Hezaimi K, Al-Shalan TA, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JHS, Rotstein I. Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis in vitro*. *J Endod*. 2006; 32 (11): 1053-1056. doi: 10.1016/j.joen.2006.06.004
3. Torabinejad M, White DJ. *Tooth filing material and method of use* [online]. United States Patent US5769638A. June 23, 1998. [Consultado septiembre 2017] 8-10 p. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/13/b6/a1/818b44ab8f72b0/US5769638.pdf>
4. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: A review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J*. 2006; 39 (10): 747-754. doi: 10.1111/j.1365-2591.2006.01135.x
5. Hsien H-C, Cheng YA, Lee YL, Lan WH, Lin CP. Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod*. 2003; 29 (8): 538-539. doi: 10.1097/00004770-200308000-00011
6. Faraco Junior IM, Holland R. Histomorphological response of dogs' dental pulp capped with white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J*. 2004; 15 (2): 104-108. doi: 10.1590/s0103-64402004000200004.
7. Menezes R, Bramante CM, Letra A, Carvalho VG, Garcia RB. Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements as wound dressings. *Oral Surgery Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2004; 98 (3): 376-379. doi: 10.1016/S107921040400215X.
8. Holland R, de Mello W, Nery MJ, de Souza V, Bernabe P, Otoboni Filho J. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with calcium hydroxide in powder or paste form. *Acta Odontol Pediatr*. 1981; 2 (2): 47-51.

9. Felipe WT, Felipe MC, Rocha MJ. The effect of mineral trioxide aggregate on the apex cation and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J*. 2006; 39 (2): 2-9. doi: 10.1111/j.1365-2591.2005.01037.x.
10. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabé PFE, Dezan Júnior E. Reaction of dogs' teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer. *J Endod*. 1999; 25 (11): 728-730. doi: 10.1016/s0099-2399(99)80118-6.
11. Bortoluzzi E, Broon N, Bramante C, Garcia R, de Moraes I, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *J Endod*. 2006; 32 (9): 897-900. doi: 10.1016/j.joen.2006.04.006.
12. Granados S, Alcalde C, Guzman J, Melendez D, Torres C, Velasquez Z. Cementos a base de silicato de calcio: factor clave en el éxito del recubrimiento pulpar directo. Revisión de la literatura. *Rev Estomatol Herediana*. 2022; 32 (1): 52-60. doi: 10.20453/reh.v32i1.4183.
13. Lee YL, Lee BS, Lin FH, Yun Lin A, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials*. 2004; 25 (5): 787-793. doi: 10.1016/s0142-9612(03)00591-x.
14. Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR. The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Int Endod J*. 2005; 38 (11): 834-842. doi: 10.1111/j.1365-2591.2005.01028.x.
15. International Standards Organization. ISO 6876:2001. *Dental root canal sealing materials*. [Internet]. [Consultado septiembre 2017]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/34965.html>
16. Massi S, Tanomaru-Filho M, Silva GF, Duarte MA, Grizzo LT, Buzalaf MA et al. pH, calcium ion release, and setting time of an experimental mineral trioxide aggregate-based root canal sealer. *J Endod*. 2011; 37 (6): 844-846. doi: 10.1016/j.joen.2011.02.033
17. Calleja J. Puntos de vista sobre el contenido de yeso de los cementos Portland. *Mater Construcción*. 1965; 15 (120): 41-57. doi: 10.3989/mc.1965.v15.i120.1725.
18. Crammond NJ. Quantitative X-ray diffraction analysis of ettringite, thaumasite and gypsum in concretes and mortars. *Cem Concr Res*. 1985; 15 (3): 431-441. doi: 10.1016/0008-8846(85)90116-4.
19. Silva Hermo BM, Prieto Lamas BL, Rivas Brea T, Pereira Pardo L. Origen y efectos deteriorantes del yeso en monumentos graníticos del noroeste de España. *Materiales de construcción. Mater Construcción*. 2010; 60 (297): 97-110. doi: 10.3989/mc.2010.46808
20. Iwamoto N, Tsunawaki Y, Fuji M, Hatfori T. Raman spectra of K_2OSiO_2 and $K_2OSiO_2TiO_2$ glasses. *J Non Cryst Solids*. 1975; 18 (2): 303-306. doi: 10.1016/0022-3093(75)90029-0.
21. Flores LA. Influencia de la Wollastonita y vidrio bioactivo en las propiedades físicas de un cemento tipo Portland. [Tesis maestría]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2011. 98 pp. Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000680222
22. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Júnior O. Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J*. 1995; 6 (2): 85-90.
23. Camilleri J, Pitt Ford TR. Evaluation of the effect of tracer pH on the sealing ability of glass ionomer cement and mineral trioxide aggregate. *J Mater Sci Mater Med*. 2008; 19 (8): 2941-2948. doi: 10.1007/s10856-008-3429-y.
24. Jonsson B, Wennerstrom H, Nonat A, Cabane B. Onset of cohesion in cement paste. *Langmuir*. 2004; 20 (16): 6702-6709. doi: 10.1021/la0498760.
25. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod*. 1995; 21 (7): 349-353. doi: 10.1016/S0099-2399(06)80967-2
26. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater*. 2013; 29 (2): e20-28. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.007.
27. Kirkpatrick J, Yarger JL, McMillan PF, Yu P, Cong X. Raman spectroscopy of C-S-H, tobermorite, and jennite. *Adv Cem Bas Mat*. 1997; 5 (3-4): 93-99. doi: 10.1016/S1065-7355(97)00001-1.
28. Zhao W, Wang J, Zhai W, Wang Z, Chang J. The self-setting properties and *in vitro* bioactivity of tricalcium silicate. *Biomaterials*. 2005; 26 (31): 6113-6121. doi: 10.1016/j.biomaterials.2005.04.025
29. Hong CU, Torabinejad M, Kettering JD. The effects of three retrofilling materials on selected oral bacteria. *J Endod*. 1993; 19 (4): 200. doi: 10.1016/S0099-2399(06)80752-1.

Correspondencia / Correspondence:
Yoshamin Abnoba Moreno-Vargas
E-mail: ymoreno@fo.odonto.unam.mx



Frecuencia de agudización en casos de retratamiento endodóntico con diferente longitud de obturación

Daniel Oropeza Ledezma,* Jorge Humberto Luna Domínguez,[§] Carlos Alberto Luna Lara,[§] Rogelio Oliver Parra[§]

* Egresado del Posgrado en Endodoncia, Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

[§] Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, México.

RESUMEN

Introducción: la remoción completa de materiales de obturación y dentina contaminada del conducto radicular durante el retratamiento endodóntico puede influir en la aparición de agudización endodóntica. **Objetivo:** establecer la frecuencia de agudización endodóntica posterior al retratamiento endodóntico de dientes anterosuperiores con diferente longitud de obturación apical. **Material y métodos:** se eligieron 33 casos con fracaso endodóntico para este estudio. Según la longitud apical de la obturación inicial, los sujetos se dividieron en dos grupos: el grupo A (n = 23) fueron casos obturados entre 0.0 y 2.0 mm al ápice radiográfico (AR) y el grupo B (n = 10) casos obturados entre 2.1 y 6 mm cortos al AR. Las obturaciones con gutapercha se eliminaron con instrumentos ProTaper retreatment D1 a D3 (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Switzerland) más cloroformo. Posteriormente los conductos radiculares se instrumentaron con limas K-flexofíle. Los casos reinstrumentados fueron obturados con gutapercha (Higiyenic, Coltene Whaledent) y Sealapex (Kerr Sybronendo, WA) durante la misma cita. Los pacientes tomaron 400 mg de ibuprofeno cada ocho horas durante 72 horas y registraron el dolor postoperatorio a las ocho, 24, 48 y 72 horas. Se definió como agudización la aparición de dolor severo y/o inflamación (dolor en escala Heft-Parker a partir de 114 mm). Se determinaron porcentajes de casos positivos a la palpación y percusión a las 72 horas en ambos grupos. **Resultados:** dos pacientes presentaron agudización (6%), ambos en el grupo A. El dolor postoperatorio fue de 21.2% en los pacientes del grupo A a las ocho horas y 9.1% a las 48 horas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la presencia de agudización entre grupos ($p > 0.05$). **Conclusiones:** la agudización de casos de retratamiento endodóntico es de 6%. La longitud de obturación de casos indicados para retratamiento endodóntico no influye en la frecuencia de agudización postoperatoria.

Palabras clave: agudización endodóntica, retratamiento endodóntico, dolor postoperatorio, factores de riesgo.

Recibido: Junio 2020. Aceptado: Abril 2021.

Citar como: Oropeza LD, Luna DJH, Luna LCA, Oliver PR. Frecuencia de agudización en casos de retratamiento endodóntico con diferente longitud de obturación. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 63-69.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

www.medigraphic.com/facultadodontologiaunam

INTRODUCCIÓN

La tasa de éxito en casos de conductos radiculares obturados en una cita alcanza 90% al cabo de 2.4 años.¹ En la mayoría de los casos convencionales, el retratamiento de conductos radiculares es la primera elección ante la aparición de fracaso endodóntico.² Sin embargo, el retratamiento de conductos radiculares deriva en la aparición de dolor postendodóntico en 18% de casos sintomáticos cuando se obtura en una cita.² El dolor posterior a la desobturación de conductos radiculares en el retratamiento aparece entre las primeras 24 a 48 horas.³ Desafortunadamente, la fase postoperatoria endodóntica puede ser incómoda y dolorosa para los pacientes. Sathorn y colaboradores⁴ reportaron que el dolor postoperatorio se presenta de 3% a 58%. La agudización endodóntica representa el cuadro clínico más doloroso e involucra una cita de emergencia para su inmediata atención.^{2,5-7} La frecuencia de agudización descrita en la literatura es variada, Iqbal y colaboradores⁸ en un análisis retrospectivo encontraron una incidencia de agudización menor de 1%, De Oliveira⁵ describió una agudización de 1.7%, Azim y su equipo⁹ de 2.3%, y Onay y colegas¹⁰ reportan 3.2% en más de 1,800 casos tratados. Esta exacerbación aguda presenta nueve veces mayor probabilidad de aparecer en casos con lesión periapical y es más probable su presentación cuando el tratamiento de conductos radiculares se finaliza en tres o más citas.^{8,11} En el caso de retratamiento endodóntico, Azim y colaboradores⁹ observaron que los casos de retratamiento pueden causar 4.4% de agudización endodóntica. Por otro lado, Yoldas y colegas² identificaron 12% de agudización en casos de retratamiento cuando se trata de casos sintomáticos obturados en una cita. Es posible que la extrusión de *debrís* sea un factor que esté íntimamente relacionado con el dolor postoperatorio.¹² Esta condición se puede observar fácilmente durante la etapa de desobturación

de conductos radiculares en casos de retratamiento endodóntico. La instrumentación rotatoria en el sistema de conductos es responsable de la extrusión de *debris* dentinario.¹³ Es posible que conductos radiculares obturados muy cercanos al ápice radiográfico favorezcan una mayor cantidad de extrusión de *debris* dentinario infectado durante el retratamiento y con ello incrementar el riesgo de agudización endodóntica.¹⁴ Factores operatorios vinculados a la agudización endodóntica como la distancia radiográfica a la que se encuentra la obturación de conductos radiculares no ha sido totalmente investigada. El objetivo del estudio fue establecer la frecuencia de agudización después del retratamiento endodóntico de dientes anterosuperiores con diferente límite de obturación apical.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se incluyeron 33 casos con fracaso endodóntico e indicación de retratamiento de conductos radiculares en dientes anterosuperiores de pacientes de ambos sexos, con edades entre 30 y 60 años, sin enfermedades sistémicas que acudieron al postgrado de Endodoncia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Los pacientes dieron su consentimiento informado para ser incluidos en el estudio. Se excluyeron pacientes que reportaron consumo de antibióticos 15 días previos al retratamiento endodóntico. Se obtuvieron imágenes radiográficas preoperatorias con un radiovisógrafo (RVG Trophy® Marne la Vallée, France) manejando la técnica de paralelismo (Rinn XCP, Dentsply-Sirona) para conseguir la estandarización de las radiografías periapicales en posición ortorradial y mesiorradial/distorradial. La identificación del límite de obturación de los casos con fracaso endodóntico se obtuvo con la herramienta «calibrar» del RVG previa medición de un alambre para ortodoncia de 0.4 mm de espesor que se utilizó de referencia. Los casos indicados para retratamiento endodóntico se manejaron en dos grupos de acuerdo con la longitud de obturación del caso respecto al AR: grupo A (n = 23): casos obturados entre 0.0 y 2.0 mm y grupo B (n = 10) casos obturados entre 2.1 y 6.0 mm cortos al AR. Con el paciente previamente anestesiado y el aislamiento del diente, se eliminaron las restauraciones presentes hasta conseguir el acceso endodóntico mediante una pieza Endomate TC (NSK, Tokyo, Japan) a 500 rpm con los instrumentos ProTaper Universal Retreatment (Dentsply/Sirona, Ballaigues, Switzerland) siguiendo las indicaciones del fabricante desde D1 hasta D3. En todos los casos se utilizaron 0.2 mL de cloroformo para facilitar la remoción de gutapercha. Con el uso de RVG se comprobó la completa eliminación de gutaper-

cha del conducto radicular. La nueva longitud de trabajo se determinó por medio de un localizador apical electrónico Root ZX Mini (J. Morita Mfg. Corp. Kyoto, Japan) más el método radiográfico. Los conductos radiculares se patentizaron con una lima K Flexofile #.10 (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) siendo instrumentados por un solo operador (DOL) con limas K Flexofile llevándolas a un calibre apical entre #.55 y #.60. Entre cada secuencia de instrumentación, los conductos se irrigaron con 2 mL de NaOCl al 2%. Finalizada la instrumentación se utilizó irrigación ultrasónica pasiva (U File 33mm, #25, NSK) 1 mm corto a la longitud de trabajo durante un minuto. Después se irrigó con 2 mL de EDTA al 17% (VistaDental Products, Racine, WI) durante un minuto, el quelante se removió con 4 mL de solución fisiológica y se hizo una irrigación final con 10 mL de NaOCl al 2% durante dos minutos. Los casos se obturaron en una cita utilizando técnica de condensación lateral clásica y sellador Sealapex. Finalizado el retratamiento endodóntico, se registró la distancia del nuevo límite de obturación al ápice radiográfico de la forma descrita anteriormente quedando en todos los casos entre 0.35 y 1.74 mm cortos al AR. Se indicó ibuprofeno en cápsulas de 400 mg a tomar cada ocho horas para el postoperatorio endodóntico. Para el registro de los parámetros postoperatorios se le explicó y entregó al paciente un formato para el registro del dolor por medio de la escala visual análoga Heft-Parker^{15,16} a las ocho, 24, 48 y 72 horas del postoperatorio. Se citó al paciente a las 72 horas para determinar el dolor a la percusión y a la palpación en ambos grupos. La agudización se definió como la aparición de dolor severo y/o inflamación (dolor en escala Heft-Parker a partir de 114 mm) inmediatamente al término de la cita del retratamiento y hasta las 72 horas del postoperatorio. Se obtuvieron porcentajes para el dolor en los diferentes periodos postoperatorios, dolor a la percusión y palpación así como de agudización. La media y desviación estándar se obtuvo para la edad e intensidad de dolor a las 72 horas. Se usó χ^2 para el análisis de agudización y periodos de dolor así como U Mann Whitney Wilcoxon para el análisis de la intensidad de dolor manejando un alfa 0.05 en el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 24.

RESULTADOS

La edad promedio de la muestra fue de 42.7 ± 6.8 años. Los hombres presentaron 42.1 ± 6.9 y las mujeres 43 ± 7.1 años. Los resultados preoperatorios del estudio se muestran en la *Tabla 1*.

El límite de obturación del tratamiento endodóntico previo al retratamiento fue de 1.01 ± 0.43 mm en el

Tabla 1: Estadísticos descriptivos preoperatorios de pacientes con indicación de retratamiento endodóntico.
Preoperative descriptive statistics of patients with indication for endodontic retreatment.

	Grupo A	Grupo B	p
Edad	42.9 ± 5.5	42.2 ± 9.6	0.71
Género, (%)			0.77
Masculino	34.8	40	
Femenino	65.2	60	
Dolor preoperatorio, (%)	13.0	10	0.80
Lesión periapical, (%)	52.2	80	0.13

grupo A y de 2.71 ± 1.01 mm al AR en el grupo B. Se presentaron dos casos agudizados (6%) en toda la muestra. Ambos casos se observaron en el grupo A. El dolor postoperatorio detectado en diferentes periodos se detalla en la **Tabla 2**.

La intensidad de dolor postoperatorio que se observó en toda la muestra a las 72 horas fue de 15.7 ± 34.1, la percusión positiva fue de 30.3% y la palpación positiva de 9.09%. En la **Tabla 3** se describen los resultados de estos parámetros de acuerdo con el grupo de estudio.

DISCUSIÓN

El dolor es una variable subjetiva en su medición, ya que depende de la percepción que cada individuo posee sobre la sensación de dolor que experimenta. La búsqueda de parámetros para cuantificar este evento postoperatorio ha derivado en el establecimiento de escalas de medición cuantitativas como la escala Heft-Parker utilizada en este estudio.

En la presente investigación se evaluó la influencia que tiene el límite de obturación en casos con fracaso endodóntico y la aparición de la agudización. La agudización endodóntica encontrada en el estudio fue de 6%. Este resultado es parecido al reportado por Onay y colaboradores¹⁰ y Azim y colegas,⁹ lo que corrobora la agudización como un efecto postoperatorio de baja frecuencia. Si bien los casos agudizados se identificaron en el grupo de pacientes con obturación endodóntica inicial entre 0.0 y 2.0 mm al AR, no encontramos estadísticamente que el límite de obturación influya en la frecuencia de agudización y dolor postoperatorio en el retratamiento de conductos radiculares. Al respecto, Hepsenoglu y colaboradores¹⁷ reportaron menor intensidad de dolor en casos de retratamiento obturados en una cita en comparación con dos citas manejando medicación intraconducto. El dolor postendodóntico se presentó en el grupo de pa-

cientes con obturaciones endodónticas entre 0.0 y 2.0 mm cortos al AR en 21 y 13% a las ocho y 24 horas respectivamente. Nuestros resultados sugieren que la reinstrumentación y reobturación en una cita no tienen una participación importante en la frecuencia de agudización e intensidad del dolor postoperatorio, ya que como lo señalan Manfredi y colaboradores,¹⁸ los casos de retratamiento obturados en una cita no muestran más dolor que los obturados en dos sesiones. Coincidimos con Manfredi y colegas¹⁸ en el sentido de que obturar casos de retratamiento en una cita representa una conveniencia en términos de tiempo no sólo para el paciente, sino también para el odontólogo.

Otro factor por considerar en la frecuencia de agudización e intensidad del dolor postoperatorio es la extrusión de material biológico que pueden causar los instrumentos en la remoción de dentina durante el retratamiento. Al respecto, Eyuboglu y su equipo¹⁹ observaron que instrumentos con movimiento rotatorio causan menor incidencia de dolor postoperatorio a las 72 horas que los que presentan acción reciprocante cuando se practican retratamientos endodónticos en una sesión. En general, si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el dolor postoperatorio entre los grupos de estudio, fue mayor la frecuencia e intensidad de dolor en los casos obturados entre 0.0 y 2.0 mm al AR. En nuestro estudio se utilizaron instrumentos rotatorios *ProTaper retreatment* en secuencia corono-apical; es posible que la acción rotatoria pueda generar una acción de desalojo gradual de dentina y gutapercha/sellador hacia la porción coronal a través del ángulo helicoidal de los instrumentos rotatorios cuando las obturaciones de casos con fracaso endodóntico se encuentran cortas al AR, donde el foramen apical pareciera estar a una distancia aún segura. Sin embargo, cuando la obturación de casos con fracaso endodóntico se encuentra entre 0.0 y 2.0 mm al AR, puede ser diferente

Tabla 2: Frecuencia y porcentaje (%) de dolor postoperatorio en casos de retratamiento endodóntico.
Frequency and percentage (%) of postoperative pain in cases of endodontic retreatment.

Periodo	Grupo A n (%)	Grupo B n (%)	p
8 horas	5 (21.7)	3 (30)	0.61
24 horas	3 (13)	0 (0)	0.53*
48 horas	2 (8.7)	0 (0)	0.71
72 horas	0 (0)	0 (0)	--

* Prueba exacta de Fisher.

Tabla 3: Descriptivos de dolor, palpación y percusión a las 72 horas del postoperatorio.
Descriptive data on pain, palpation, and percussion at 72 hours postoperatively.

	Grupo A	Grupo B	p
Dolor*	19.4 ± 39.7	7.4 ± 12.9	0.36
Percusión positiva	39.1%	10%	0.09
Palpación positiva	13%	0%	0.23

* EVA (escala visual análoga) Heft-Parker (mm).

la percepción del dolor postoperatorio. Aunque no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos, una posible explicación al hecho de observar los casos agudizados y mayor frecuencia e intensidad de dolor postoperatorio en los periodos de ocho y 24 horas en el grupo de dientes obturados entre 0.0 y 2.0 mm al AR es que la acción mecánica de los instrumentos *ProTaper retreatment* pudiera extruir material contaminado, dada la inevitable inserción y avance progresivo de este instrumento hacia el ápice, donde se puede ir compactando y empujando el *debris* dentinario del interior del conducto radicular hacia el foramen apical y tejidos periapicales.

Para facilitar la remoción de gutapercha de los conductos radiculares obturados, en nuestro estudio se utilizó un solvente (cloroformo), en este sentido, Ozgur y colaboradores²⁰ no reportaron diferencias en el dolor postoperatorio observado en casos de retratamiento en una cita usando *ProTaper retreatment* con o sin solvente. Una desventaja postoperatoria de la obturación en una cita de casos de retratamiento que inicialmente presentaban un límite de obturación entre 0.0 y 2.0 mm al AR, es que a las 72 horas existe cerca de 30% más de casos con percusión positiva que en retratamientos con obturaciones inicialmente cortas 2.1 mm o más al AR. Al parecer, el fracaso endodóntico de dientes unirradiculares obturados entre 0.0 y 2.0 mm respecto al AR no influye en la agudización posterior al retratamiento de conductos radiculares. Sin embargo, serán necesarios más estudios que den certeza al conocimiento generado por esta investigación y que profundicen en diferentes factores, no sólo operatorios, que puedan estar asociados a la aparición de agudización endodóntica.

CONCLUSIONES

La agudización de casos de retratamiento endodóntico es de 6%. La longitud de obturación de dientes anterosuperiores indicados para retratamiento endodóntico no influye en la frecuencia de agudiza-

ción postoperatoria. El dolor postoperatorio, dolor a la palpación y percusión a las 72 horas no es diferente en casos de retratamiento con diferente longitud de obturación al AR.

Original research

Frequency of aggravation in cases of endodontic retreatment with different length of obturation

Daniel Oropeza Ledezma,*
Jorge Humberto Luna Domínguez,[§]
Carlos Alberto Luna Lara,[§] Rogelio Oliver Parra[§]

* Egresado del Posgrado en Endodoncia, Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

[§] Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico Tamaulipas México.

ABSTRACT

Introduction: complete removal of filling materials and contaminated dentin from the root canal during endodontic retreatment may influence the appearance of an endodontic flare-up. **Objective:** to determine the frequency of endodontic flare-ups after endodontic retreatment of upper anterior teeth with different lengths of apical filling. **Material and methods:** thirty-three cases of endodontic failure were chosen for this study. According to the apical length of the initial filling, the subjects were divided into 2 groups: cases closed between 0.0 and 2.0 mm from the radiographic apex (RA) were placed in group A (n = 23) and group B (n = 10) corresponded to cases closed between 2.1 to 6 mm short to RA. Gutta-percha fillings were removed with ProTaper retreatment instruments D1 to D3 (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Switzerland) plus chloroform. Subsequently, the root canals were instrumented with K-flexofile files. The reinstrumented cases were filled with Gutta-percha (Higienic, Coltene Whaledent) and Sealapex (Kerr Sybronendo, WA) during the same appointment. Patients received 400 mg of ibuprofen every 8 hours for 72 hours and recorded postoperative pain at 8, 24, 48, and 72 hours. Flare-up was defined as the appearance of severe pain (pain on the Heft-Parker scale from 114) and/or inflammation. Percentages of positive cases upon palpation and percussion at 72 hours were determined for both groups. **Results:** two patients presented exacerbation (6%), both of them in group A. Postoperative pain was 21.2% for group A at 8 hours and 9.1% at 48 hours. No statistically significant differences were found in the presence of exacerbation between groups (p > 0.05). **Conclusions:** the aggravation of endodontic retreatment cases is 6%. The obturation length of cases indicated for endodontic retreatment does not influence the frequency of postoperative aggravation.

Keywords: endodontic flare-up, non-surgical treatment, postoperative pain, risk factors.

INTRODUCTION

The success rate in cases of root canals obturated in one appointment reaches 90% after 2.4 years.¹

In the majority of conventional cases, root canal retreatment is the first choice when an endodontic failure occurs.² However, root canal retreatment results in the occurrence of post-endodontic pain in 18% of symptomatic cases when obturation is performed in one appointment.² Pain after removal of root canal obturation in retreatment cases appears within the first 24 to 48 hours.³ Unfortunately, the postoperative endodontic phase can be uncomfortable and painful for patients. Sathorn et al.⁴ reported that post-operative pain is present in 3% to 58% of patients. Endodontic aggravation represents the most painful clinical picture and involves an emergency appointment for immediate attention.^{2,5-7} The frequency of endodontic flare-ups reported in the literature varies widely: Iqbal et al.,⁸ in a retrospective analysis found an incidence of exacerbation of less than 1%, De Oliveira⁵ describes an exacerbation of 1.7%, Azim et al.⁹ of 2.3%, and Onay et al.¹⁰ report 3.2% in more than 1,800 treated cases. This acute exacerbation is 9 times more likely to appear in cases with periapical lesions and is more likely to occur when root canal treatment is completed in three or more appointments.^{8,11} In the case of endodontic retreatment, Azim et al.⁹ found that retreatment cases can cause 4.4% of endodontic aggravation. On the other hand, Yoldas et al.² identified 12% aggravation in retreatment cases when dealing with symptomatic cases obturated in one appointment. Debris extrusion may be a factor closely related to postoperative pain.¹² This condition can be easily encountered during the root canal obturation removal stage in cases of endodontic retreatment. Rotational instrumentation in the canal system is responsible for the extrusion of dentin debris.¹³ It is possible that root canals obturated very close to the radiographic apex could favor a greater amount of extrusion of infected dentinal debris during retreatment and thus increase the risk of endodontic aggravation.¹⁴ Operative factors related to endodontic flare-ups, such as the radiographic distance of the root canal filling, have not been fully investigated. The aim of this study was to determine the frequency of aggravation after endodontic retreatment of anterosuperior teeth with different apical filling limits.

MATERIAL AND METHODS

Thirty-three cases of endodontic failure and indication for root canal retreatment in anterosuperior teeth of male and female patients, aged 30 to 60 years, without systemic diseases, who attended the Endodontics postgraduate course at the Universidad Autónoma de Tamaulipas were included in the study.

The patients gave their informed consent to be included in this investigation. Patients who reported antibiotic consumption 15 days before endodontic retreatment were excluded. Preoperative radiographic images were obtained with a radiovisograph (RVG Trophy® Marne la Vallée, France) using the parallelism technique (Rinn XCP, Dentsply-Sirona) to achieve standardization of the periapical radiographs in orthoradial and mesioradial/distorradial position. Identification of the obturation limit of the cases with endodontic failure was obtained with the «calibrate» tool of the RVG after measuring a 0.4 mm thick orthodontic wire, which was used as a reference. The cases indicated for endodontic retreatment were divided into 2 groups according to their obturation length relative to the RA: group A (n = 23): cases obturated between 0.0 to 2.0 mm and group B (n = 10) cases obturated between 2.1 to 6.0 mm short of the RA. With the patient previously anesthetized and the tooth isolated, tooth restorations were removed until endodontic access was achieved using an Endomate TC piece (NSK, Tokyo, Japan) at 500 rpm with the ProTaper Universal Retreatment instruments (Dentsply/Sirona, Ballaigues, Switzerland) following the manufacturer's indications from D1 to D3. In all cases, 0.2 mL of chloroform was used to facilitate gutta-percha removal. Complete removal of gutta-percha from the root canal was checked using the RVG. The new working length was determined utilizing a Root ZX Mini electronic apical locator (J. Morita Mfg. Corp. Kyoto, Japan) plus the radiographic method. The root canals were patented with a K Flexofile #.10 file (Maillefer, Ballaigues Switzerland) and instrumented by a single operator (DOL) with K Flexofile files to an apical caliber between #.55 to #.60. Between each instrumentation sequence, the canals were irrigated with 2 ml of 2% NaOCl. After instrumentation, passive ultrasonic irrigation (U File 33mm, #25, NSK) was used 1 mm short of the working length for 1 minute. This was followed by irrigation with 2 ml of 17% EDTA (VistaDental Products, Racine, WI) for 1 minute, the chelating agent was removed with 4 ml of saline, and a final irrigation with 10 ml of 2% NaOCl for 2 minutes. The cases were obturated in one appointment using the classic lateral condensation technique and Sealapex sealer. Once the endodontic retreatment was completed, the distance of the new obturation limit to the radiographic apex was recorded as described above and in all cases, it was between 0.35 to 1.74 mm short of the RA. Ibuprofen 400 mg capsules were prescribed every 8 hours for the endodontic postoperative period. For registering postoperative parameters, a format for recording pain

employing the Heft-Parker visual analog scale^{15,16} was explained and given to the patient at 8, 24, 48, and 72 hours postoperatively. The patient was summoned at 72 hours to determine the pain on percussion and palpation in both groups. Flare-up was defined as the appearance of severe pain and/or swelling (Heft-Parker scale pain from 114) immediately at the end of the retreatment appointment and up to 72 hours postoperatively. Descriptive percentages were obtained for pain in different postoperative periods, pain upon percussion and palpation, and pain aggravation. Mean and standard deviation was obtained for age and pain intensity at 72 hours. χ^2 was used for the analysis of flare-ups and pain periods as well as a Mann Whitney Wilcoxon U test for the analysis of pain intensity with an alpha of 0.05 in the IBM SPSS Statistics version 24 statistical program.

RESULTS

The average age of the sample was 42.7 ± 6.8 years. Males presented 42.1 ± 6.9 and females 43 ± 7.1 years. The preoperative results of the study are shown in *Table 1*.

The obturation limit of endodontic treatment before retreatment was 1.01 ± 0.43 mm in group A and 2.71 ± 1.01 mm to the RA in group B. There were 2 flare-up cases (6%) in the entire sample. Both cases were observed in group A. *Table 2* presents postoperative pain observed in different periods.

The intensity of postoperative pain identified in the whole sample at 72 hours was 15.7 ± 34.1 , positive percussion was present in 30.3%, and positive palpation in 9.09%. *Table 3* reports the results of these parameters according to the study group.

DISCUSSION

Pain is a subjective variable since it depends on the perception that each individual has of the sensation of pain that he/she experiences. The search for parameters to quantify this postoperative event has led to the establishment of quantitative measurement scales such as the Heft-Parker scale used in the present study.

In this investigation, the influence of the obturation limit in cases of endodontic failure and the appearance of endodontic flare-ups was assessed. The endodontic flare-up found in the study was 6%. This result is similar to the one reported by Onay et al.¹⁰ and Azim et al.,⁹ corroborating that flare-up is not a frequent postoperative effect. Although the flare-up cases were identified in the group of patients

with an initial endodontic obturation between 0.0 to 2.0 mm at RA, it was not determined statistically that the obturation limit influences the frequency of flare-up and postoperative pain in root canal retreatment. In this regard, Hepsenoglu et al.¹⁷ reported less pain intensity in retreatment cases obturated in one appointment compared to two appointments with intra-canal medication. Post-endodontic pain occurred in the group of patients with endodontic fillings between 0.0-2.0 mm short of RA in 21 and 13% at 8 and 24 hours, respectively. Our results suggest that re-instrumentation and re-filling in one appointment do not play an important role in the frequency of postoperative pain aggravation and intensity since, as pointed out by Manfredi et al.,¹⁸ retreatment cases filled in one appointment do not present more pain than those filled in two sessions. We agree with Manfredi et al.¹⁸ in the sense that the obturation of retreatment cases in one appointment is convenient in terms of time not only for the patient but also for the dentist.

Another factor to be considered in the frequency and intensity of postoperative pain is the extrusion of biological material that may be caused by the instruments during dentin removal for retreatment. In this regard, Eyuboglu et al.¹⁹ observed that instruments with rotary movement cause less incidence of postoperative pain at 72 hours than those with reciprocating action when performing endodontic retreatment in one session. In general, although no statistically significant differences in postoperative pain were observed between the study groups, the frequency and intensity of pain were higher in cases obturated between 0.0-2.0 mm at RA. In our study, ProTaper retreatment rotary instruments were used in coronal-apical sequence; it is possible that the rotary action may generate a gradual dislodging action of dentin and gutta-percha/sealer toward the coronal portion through the helical angle of the rotary instruments when the obturations of cases with endodontic failure are short to the RA where the apical foramen seems to be at a safe distance. However, when the obturation of cases with endodontic failure is between 0.0-2.0 mm to the RA, the perception of postoperative pain may be different. Although no statistically significant differences between groups were identified, a possible explanation for the observation of acute cases and higher frequency and intensity of postoperative pain in the periods of 8 and 24 hours in the group of teeth obturated between 0.0 to 2.0 mm to the RA is that the mechanical action of the ProTaper retreatment instruments might extrude contaminated material, given the inevitable insertion

and progressive advance of this instrument towards the apex where it can compact and push dentin debris from the interior of the root canal towards the apical foramen and periapical tissues.

To facilitate the removal of gutta-percha from the obturated root canals, a solvent (chloroform) was used in our study. In this regard, Ozgur et al.²⁰ reported no difference in the postoperative pain observed in retreatment cases finished in one appointment using ProTaper retreatment with or without solvent. A postoperative disadvantage of one-appointment obturation in retreatment cases that initially had a limit of obturation between 0.0-2.0 mm from the RA is that at 72 hours there are about 30% more cases with positive percussion than in retreatments with obturations initially short 2.1 mm or more from the RA. It seems that the endodontic failure of uniradicular teeth obturated between 0.0-2.0 mm from the RA does not have an influence on the flare-up after root canal retreatment. However, further studies will be necessary to give certainty to the knowledge generated by this research and to delve into different factors, not only operative, that may be associated with the appearance of an endodontic flare-up.

CONCLUSIONS

The flare-up incidence of cases with endodontic retreatment was 6%. The obturation length of upper anterior teeth indicated for endodontic retreatment does not influence the frequency of postoperative flare-ups. Postoperative pain and pain upon palpation and percussion at 72 hours is not different in cases of retreatment with different obturation length from the RA.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Eyuboglu TF, Olcay K, Ozcan M. A clinical study on single-visit root canal retreatments on consecutive 173 patients: frequency of periapical complications and clinical success rate. *Clin Oral Investig.* 2017; 21(5): 1761-1768. doi: 10.1007/s00784-016-1957-2.
2. Yoldas O, Topuz A, Isci AS, Oztunc H. Postoperative pain after endodontic retreatment: Single- versus two-visit treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004; 98 (4): 483-437. doi: 10.1016/j.tripleo.2004.03.009.
3. Topcuoglu HS, Topcuoglu G. Postoperative pain after the removal of root canal filling material using different techniques in teeth with failed root canal therapy: a randomized clinical trial. *Acta Odontol Scand.* 2017; 75 (4): 249-254. doi: 10.1080/00016357.2017.1283707.
4. Sathorn C, Parashos P, Messer H. The prevalence of postoperative pain and flare-up in single- and multiple-visit endodontic treatment: a systematic review. *Int Endod J.* 2008; 41 (2): 91-99. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01316.x.
5. Alves V de O. Endodontic flare-ups: a prospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110 (5): e68-72. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.05.014.
6. Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* 2011; 44 (7): 583-609. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x.
7. Sevekar SA. Postoperative pain and flare-ups: comparison of incidence between single and multiple visit pulpectomy in primary molars. *J Clin Diagn Res.* 2017; 11 (3): ZC09-ZC12. doi: 10.7860/JCDR/2017/22662.9377.
8. Iqbal M, Kurtz E, Kohli M. Incidence and factors related to flare-ups in a graduate endodontic programme. *Int Endod J.* 2009; 42 (2): 99-104. doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01461.x.
9. Azim AA, Azim KA, Abbott PV. Prevalence of inter-appointment endodontic flare-ups and host-related factors. *Clin Oral Investig.* 2017; 21 (3): 889-894. doi: 10.1007/s00784-016-1839-7.
10. Onay EO, Ungor M, Yazici AC. The evaluation of endodontic flare-ups and their relationship to various risk factors. *BMC Oral Health.* 2015; 15 (1): 142. doi: 10.1186/s12903-015-0135-2.
11. Akbar I, Iqbal A, Al-Omiri MK. Flare-up rate in molars with periapical radiolucency in one-visit vs two-visit endodontic treatment. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14 (3): 414-418. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1337.
12. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod.* 1985; 11 (11): 472-478. doi: 10.1016/S0099-2399(85)80220-X.
13. Mittal R, Singla MG, Garg A, Dhawan A. A Comparison of apical bacterial extrusion in manual, ProTaper rotary, and one shape rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 2015; 41 (12): 2040-2044. doi: 10.1016/j.joen.2015.09.002.
14. Siqueira JF. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003; 36 (7): 453-463. doi: 10.1046/j.1365-2591.2003.00671.x.
15. Chopra R, Jindal G, Sachdev V, Sandhu M. Double-blind crossover study to compare pain experience during inferior alveolar nerve block administration using buffered two percent lidocaine in children. *Pediatr Dent.* 2016; 38 (1): 25-29.
16. Hobeich P, Simon S, Schneiderman E, He J. A prospective, randomized, double-blind comparison of the injection pain and anesthetic onset of 2% lidocaine with 1:100,000 epinephrine buffered with 5% and 10% sodium bicarbonate in maxillary infiltrations. *J Endod.* 2013; 39 (5): 597-599. doi: 10.1016/j.joen.2013.01.008.
17. Erdem Hepsenoglu Y, Eyuboglu TF, Ozcan M. Postoperative pain intensity after single- versus two-visit nonsurgical endodontic retreatment: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2018; 44 (9): 1339-1346. doi: 10.1016/j.joen.2018.05.017.
18. Manfredi M, Figini L, Gagliani M, Lodi G. Single versus multiple visits for endodontic treatment of permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016; 12 (12): CD005296. doi: 10.1002/14651858.CD005296.pub3.
19. Eyuboglu TF, Ozcan M. Postoperative pain intensity associated with the use of different nickel-titanium shaping systems during single-appointment endodontic retreatment: a randomized clinical trial. *Quintessence Int.* 2019; 50 (8): 624-634. doi: 10.3290/j.qi.a42693.
20. Genc Sen O, Erdemir A, Canakci BC. Effect of solvent use on postoperative pain in root canal retreatment: a randomized, controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2020; 24 (1): 257-263. doi: 10.1007/s00784-019-02948-3.



Manejo de segundos molares maxilares con dos raíces palatinas: reporte de dos casos

Oscar Lozano González,* Marco Felipe Salas Orozco,[§]
Brenda Eréndira Castillo Silva,[¶] Miguel Ángel Casillas Santana[¶]

* Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

[§] Doctorado en Ciencias Odontológicas de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

[¶] Maestría en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

RESUMEN

Introducción: el objetivo de estos reportes de casos es mostrar la importancia de tener siempre en mente las posibles variaciones anatómicas presentes en los órganos dentales que necesitan tratamiento del conducto radicular. A pesar de los estudios dedicados a informar la prevalencia de estas variaciones anatómicas, las variaciones en el número de raíces palatinas de los molares maxilares rara vez se tienen en cuenta debido a su incidencia extremadamente baja. **Material y métodos:** este reporte presenta dos casos clínicos en los que se hay molares maxilares con raíces palatales adicionales. El primer caso fue una mujer de 41 años, sin datos patológicos aparentes, que presentó una cavidad de acceso previa, pero sin signos radiográficos de patología periapical. El sondaje periodontal fue normal. El diagnóstico pulpar fue de terapia pulpar previamente iniciada y el diagnóstico periapical fue de tejidos periapicales sanos. Durante la inspección del piso de la cámara pulpar el conducto palatino se localizó más distalmente de lo normal, y eso hizo sospechar al operador de la presencia de un conducto radicular adicional. Se amplió ligeramente la cavidad de acceso en sentido mesiopalatino, lo cual dio como resultado la localización de un segundo conducto palatino en una raíz palatina extra. El segundo caso fue una mujer de 28 años de edad con antecedentes médicos no contributivos, se presentó con dolor a los cambios térmicos en el segundo molar maxilar derecho. El diagnóstico pulpar fue pulpitis irreversible sintomática y el diagnóstico periapical fue de periodontitis apical sintomática. La cavidad de acceso tenía un diseño cuadrangular y se ubicaron cuatro conductos radiculares, de los cuales un conducto correspondía a un segundo conducto radicular palatino en su propia raíz palatina. Después de la localización de las raíces palatinas extras en estos dos casos, ambos pudieron ser negociados, instrumentados y obturados. **Resultados:** durante el tratamiento del conducto radicular se identificaron los tipos I

y II del sistema de clasificación de raíces palatinas propuesto por Chritie y colaboradores para los molares maxilares. **Conclusiones:** es importante tener en cuenta estas variaciones anatómicas en el número y la forma de las raíces palatinas de molares maxilares. Aunque su prevalencia puede considerarse extremadamente baja, en una práctica endodóntica diaria se pueden encontrar este tipo de casos complejos.

Palabras clave: raíces palatinas, reporte de caso, tratamiento de conductos.

INTRODUCCIÓN

Los tres pasos esenciales de la terapia endodóntica son la limpieza, la conformación y la obturación del sistema de conducto radicular.¹ La realización inadecuada de uno o más de estos tres pasos junto con la presencia de conductos radiculares adicionales que pueden ser omitidos durante el tratamiento de conductos, se encuentran entre las principales causas de falla del tratamiento endodóntico. La falla endodóntica da como resultado la permanencia de bacterias en los conductos radiculares no tratados y el desarrollo de periodontitis apical.² Por lo tanto, para evitar el manejo inadecuado del tratamiento de conductos radiculares, es necesario que el endodoncista tenga un amplio conocimiento de la anatomía de la raíz y del sistema del conducto radicular así como sus posibles variaciones anatómicas.

La anatomía convencional del segundo molar maxilar presenta tres raíces.³ Sin embargo, está bien establecida la posible presencia de cuatro raíces. Libfeld y colaboradores encontraron que en 1,200 molares maxilares, 90% tenían tres raíces, 7% tenía dos raíces, 2.6% tenía una raíz y sólo 0.4% tenía cuatro raíces.⁴ Pécora y colegas observaron en 200 segundos molares maxilares, que 116 (58%) de ellos mostraron tres conductos radiculares, mientras que 84 (42%) presentaron cuatro conductos radiculares. En

Recibido: Junio 2020. Aceptado: Marzo 2021.

Citar como: Lozano GO, Salas OMF, Castillo SBE, Casillas SMÁ. Manejo de segundos molares maxilares con dos raíces palatinas: reporte de dos casos. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 70-77.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

dicho estudio no se encontraron raíces adicionales ni conductos radiculares palatinos adicionales.⁵ La presencia de conductos radiculares palatinos adicionales en una raíz palatina ha sido bien documentada;⁶ sin embargo, la frecuencia de dos raíces palatinas es extremadamente baja y poco reportada.⁷ Peikoff y su equipo analizaron 520 tratamientos en segundos molares y detectaron dos raíces palatales en 1.4%.³ El objetivo de este artículo es reportar por primera vez en pacientes mexicanos el manejo de dos segundos molares superiores con dos raíces palatinas durante el tratamiento de conductos radiculares.

PRESENTACIÓN DE CASOS

Caso 1

Se presentó una mujer de 41 años remitida para el tratamiento de conductos radiculares del segundo molar maxilar izquierdo. La paciente no muestra datos patológicos aparentes. Se observó la presencia de una cavidad de acceso previa, no se observaron signos radiográficos de patología periapical durante el examen radiográfico. A la exploración clínica hubo una respuesta prolongada al frío y la prueba de percusión tanto horizontal como vertical resultó negativa. El sondaje periodontal se encontró dentro de los límites normales, por lo que el diagnóstico pulpar fue de terapia pulpar previamente iniciada y el diagnóstico periapical fue de tejidos periapicales sanos.

Después de la técnica de anestesia local con lidocaína con epinefrina al 1:80,000, el tratamiento de

conductos se realizó con aislamiento absoluto con dique de hule y aumento a través de lupas (3.5x). La cavidad de acceso se efectuó con fresas de carburo y fresas Endo-Z (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza). No se observó presencia de grietas o líneas de fractura. Al principio se ubicaron tres conductos radiculares utilizando un explorador DG16 (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA), pero el conducto palatino se localizó más distalmente de lo normal, y eso hizo sospechar al operador de la presencia de un conducto radicular adicional. Por lo tanto, se realizó una inspección cuidadosa del piso de la cámara pulpar y se amplió ligeramente la cavidad de acceso en sentido mesiopalatino. Una vez localizados los cuatro conductos radiculares, se negoció cada uno con una lima 10/02 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza). Se tomó la longitud de trabajo con un localizador de ápices (Root ZX, J. Morita, Tokio, Japón) y se confirmó con una radiografía dentoalveolar digital. La instrumentación se realizó con el sistema Reciproc® (VDW, Alemania) con la técnica sugerida por el fabricante y se complementó con el sistema Mtwo® (35/05) (VDW, Alemania). Se utilizó el mismo protocolo de instrumentación para los cuatro conductos radiculares. La desinfección se realizó con NaOCl a 5,25% activado por ultrasonido (tres ciclos de 20 segundos) y EDTA a 17% (Asia Chimi Teb, Teherán, Irán). Después de la irrigación con EDTA se irrigó con solución salina al 0.9% para desactivar al EDTA. Por último, se usaron 20 mL de NaOCl al 5.25% para irrigar cada conducto radicular utilizando un sistema de presión negativa apical como el Endovac® (SybronEndo), esto como protocolo de irrigación final. La técnica

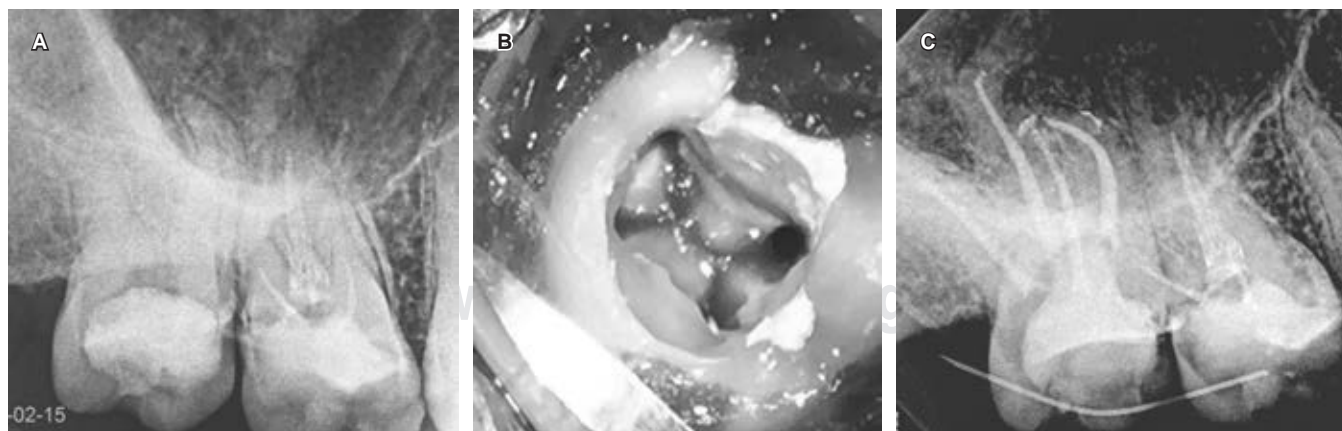


Figura 1: Caso 1. **A)** Radiografía preoperatoria. Presencia de cavidad previa de acceso. No hay signos de patología periapical. **B)** Configuración del piso de la cámara pulpar. Se aprecian cuatro conductos radiculares. **C)** Radiografía postoperatoria inmediata.

Case 1. A) Preoperative radiograph. Presence of previous access cavity. No signs of periapical pathology. B) Configuration of the pulp chamber floor. Four root canals can be seen. C) Immediate postoperative radiograph.



Figura 2: Caso 2. **A)** Radiografía preoperatoria. Presencia de amalgamo con proximidad a la cámara pulpar, no hay signos de patología periapical. **B)** Canales radiculares vestibulares. **C)** Canal radicular de mesio-palatina. **D)** Canal radicular distopalatino. **E)** Radiografía postoperatoria inmediata, se observa la presencia de cuatro raíces.

Case 2. A) Preoperative radiograph. Presence of amalgam with proximity to the pulp chamber, no signs of periapical pathology. B) Buccal root canals. C) Mesio-palatal root canal. D) Dysto-palatal root canal. E) Immediate postoperative radiograph, the presence of four roots is observed.

de obturación se realizó mediante la compactación de onda continua y sellador AH + (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) (Figura 1A-C).

Caso 2

Se presentó una mujer de 28 años de edad con antecedentes médicos no contributivos con dolor a los cambios térmicos en el segundo molar maxilar derecho. Clínicamente, se observó la presencia de una amalgama fracturada y caries profunda. Desde el punto de vista radiográfico, el ancho del espacio del ligamento periodontal (PLS) era normal y no había patología periapical. Hubo una respuesta prolongada al frío y una prueba de percusión vertical positiva, con ausencia de bolsas periodontales. El diagnóstico pul-

par fue pulpitis irreversible sintomática y el diagnóstico periapical fue de periodontitis apical sintomática. Después de la técnica de anestesia local con lidocaína con epinefrina al 1:80,000, el tratamiento se realizó con aislamiento absoluto con dique de hule y aumento con lupas (3.5x). La amalgama se retiró con fresas de diamante y luego la cavidad de acceso se diseñó con fresas de carburo y puntas ultrasónicas Star X (Dentsply Sirona). La cavidad de acceso tenía un diseño cuadrangular y se ubicaron cuatro conductos radiculares. Cada uno de los cuatro conductos se negoció una lima k10/02 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) precurvada. Se tomó la longitud de trabajo con un localizador de ápices (Root ZX, J. Morita, Tokio, Japón) y se confirmó con una radiografía dentoalveolar digital. Para la instrumentación de los conductos radicu-

lares se usó el sistema Mtwo® (VDW, Alemania). Los conductos vestibulares fueron instrumentados a 35/04 y los dos conductos palatinos a 40/04. El protocolo de irrigación y la técnica de obturación fueron los mismos que en el caso anterior (Figura 2A-E).

DISCUSIÓN

El conocimiento de las variaciones anatómicas es importante para el manejo adecuado del tratamiento endodóntico. Aunque la incidencia de algunas de estas variaciones puede ser extremadamente baja, estas anomalías no deben descartarse durante el diagnóstico y el tratamiento de un diente que necesita un tratamiento de conductos radiculares. La etiología de la presencia de raíces adicionales en los molares superiores aún no se comprende completamente. Es posible que la causa principal se deba a fenómenos histológicos como la división o plegamiento de la vaina epitelial de Hertwig (HERS).⁸ El primer mecanismo da lugar a dos raíces similares. El segundo mecanismo da lugar a la formación de raíces completamente independientes que presentan características anatómicas totalmente diferentes. Otros factores que pueden causar esta variación anatómica pueden ser traumatismos durante la etapa de formación de las raíces, diversos factores genéticos o que el individuo pertenezca a un grupo étnico específico.⁹

La presencia de variaciones anatómicas en los molares superiores se ha estudiado previamente. Como se mencionó anteriormente, la incidencia de segundos molares maxilares con cuatro raíces puede considerarse extremadamente rara. En un estudio, de los 1,200 dientes analizados, sólo 0.4% presentó esta condición.⁴ A pesar de los pocos informes de casos

y estudios sobre esta afección, también se ha informado la aparición bilateral y asimétrica de raíces adicionales en los molares maxilares.^{10,11} En la literatura se han propuesto tres sistemas para clasificar la presencia de raíces accesorias en los molares superiores (Tabla 1). De estos tres sistemas, el más utilizado parece ser el propuesto por Christie y colaboradores. Con base en esta clasificación, de los dos casos presentados en este artículo, el primer caso pertenece al tipo I y el segundo corresponde al tipo II (Tabla 1). Esto concuerda con estudios recientes en los cuales se reporta que estos dos tipos son los que tienen mayor prevalencia.¹² Recientemente se describieron características clínicas que pueden servir para la identificación preoperatoria de los molares maxilares con dos raíces palatinas. Estas seis características clínicas presentes únicamente en las coronas clínicas de los molares maxilares con dos raíces palatinas son: corona más ancha en la mitad palatina, cúspide doble de Carabelli, indentación palatina pronunciada, el grosor del esmalte palatino es mayor, presencia del surco palato-radicular y perlas del esmalte palatinas.¹²

La identificación radiográfica preoperatoria de una raíz adicional tiene algunas dificultades. Estas dificultades pueden incluir la superposición de estructuras anatómicas como se observa en las radiografías preoperatorias de los dos casos presentados.¹³ Si el contorno de las raíces no se observa claramente en una radiografía, se deben tomar más radiografías con diferentes angulaciones para identificar o descartar la presencia de variaciones anatómicas (Figuras 1A y 2B). Algunas de las técnicas de angulación para tomar radiografías han sido revisadas previamente por Fava y colaboradores.¹³ Las radiografías siempre tendrán ciertas limitaciones, independientemente de las técni-

Tabla 1: Sistema de clasificación de raíces palatinas adicionales.
Additional palatal root classification system.

Autor	Año	Sistema de clasificación
Christie	1991	Tipo I: molares maxilares con dos raíces palatinas muy divergentes. Las raíces bucales de estos dientes a menudo tienen forma de «cuerno de vaca» y son menos divergentes Tipo II: molar maxilar con cuatro raíces separadas más cortas y paralelas y, a menudo, ápices de raíz romos Tipo III: molar maxilar con el conducto radicular mesiovestibular, mesiopalatino y distopalatino encapsulados en una red de dentina radicular. La raíz distovestibular en estos casos parece estar sola
Baratto-Filho	2002	Agregaron un cuarto tipo a la clasificación anterior Tipo IV: molar maxilar con una raíz palatina con dos canales radiculares distintos, pero fusionados con la raíz mesiobucal hasta el nivel apical
Alexandersen	2000	Clasificaron estos dientes según el lado de la corona con el que está asociada la raíz palatina accesoria Radix mesiolingualis (RML): molares maxilares con 2 estructuras radiculares linguales. Una es la raíz lingual normal y la otra está ubicada mesiolingualmente Radix distolingualis (RDL): molares maxilares con 2 estructuras radiculares linguales. Una es la raíz lingual normal y la otra se localiza distolingualmente

cas de angulación utilizadas, la imagen radiográfica es una sombra y es una representación bidimensional de un objeto tridimensional.¹⁴ A pesar de estos desafíos, las radiografías dentoalveolares preoperatorias de buena calidad podrían ser muy útiles en la identificación de características radiográficas (como la lámina dura y el ligamento periodontal) que pueden interpretarse de manera más consistente que otras¹⁵ y que nos puede proporcionar información para una mejor determinación del número y la forma de las raíces en los molares superiores.¹⁶ Cuando las raíces de los dientes parecen ser más largas que la longitud promedio (20 mm) o la longitud máxima (24 mm), esto puede ser una indicación de una raíz adicional (*Figura 1A-C*). Por ejemplo, algunos casos reportan segundos molares maxilares con dos raíces palatinas con una longitud de la raíz palatina igual o superior a 26 mm.¹⁷ Por lo general, utilizando la técnica de ángulo de bisección estándar, la raíz palatina se puede ver detrás y en el medio de la raíz distobucal y mesiobucal en una radiografía. Si la raíz palatina no se pudiera identificar en la posición mencionada anteriormente (*Figuras 1A y 2A*), esto sería una indicación de una variación anatómica como la presencia de una raíz palatina adicional. Para una correcta identificación de la raíz palatina en esta situación es aconsejable tomar más radiografías que modifiquen la angulación vertical u horizontal para obtener una imagen no superpuesta de las estructuras de interés (*Figuras 1C y 2C*). La radiografía de la longitud de trabajo también puede confirmar la presencia de dos raíces palatinas si el instrumento parece estar alejado del centro de la raíz.^{18,19}

El método ideal para la determinación precisa de la morfología del conducto radicular de un diente son los métodos de imagenología como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). La CBCT nos ofrece un análisis tridimensional del diente que necesita tratamiento de conductos radiculares sin las limitaciones de la radiografía digital convencional.²⁰ La aplicabilidad de la CBCT a la endodoncia se ha demostrado en informes anteriores.²¹ Además, la dosis de radiación producida por este método se puede ajustar siguiendo las pautas de Christoph y colaboradores para producir una dosis efectiva de radiación de 0.56-0.06 mGy, que es equivalente a una ortopantomografía estándar, que puede hacerla adecuada para condiciones médicas especiales.^{22,23}

CONCLUSIONES

A pesar de que la CBCT es el estándar de oro para el diagnóstico y planeación del tratamiento para este tipo de casos, generalmente es poco accesible sobre todo en países como México. Por lo que el endodon-

cista debe tener un amplio conocimiento de las posibles variaciones anatómicas y su manejo clínico.

Clinical case

Management of maxillary second molars with two palatal roots: report of two cases

Óscar Lozano González,* Marco Felipe Salas Orozco,[§] Brenda Eréndira Castillo Silva,[¶] Miguel Ángel Casillas Santana[¶]

* Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

§ Doctorado en Ciencias Odontológicas de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

¶ Maestría en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

ABSTRACT

Introduction: these case reports aim to highlight the importance of always considering the possible anatomical variations present in the dental organs that need root canal treatment. Despite the research dedicated to reporting the prevalence of these anatomical variations, variations in the number of palatine roots of maxillary molars are rarely accounted due to their extremely low incidence. **Material and methods:** this report presents two clinical cases in which maxillary molars with additional palatal roots are present. The first case was a 41-year-old woman, with no apparent pathological data, who had a previous access cavity but no radiographic signs of periapical pathology. Periodontal probing was normal. The pulpal diagnosis was previously initiated pulp therapy and the periapical diagnosis was healthy periapical tissues. During the inspection of the pulp chamber floor, the palatine canal was located more distally than normal, making the operator suspicious of the presence of an additional root canal. The access cavity was slightly enlarged in the mesio-palatine direction, which resulted in the location of a second palatal canal in an extra palatal root. The second case was a 28-year-old woman with a non-contributory medical history who presented pain upon thermal changes in the maxillary right second molar. The pulpal diagnosis was symptomatic irreversible pulpitis and the periapical diagnosis was symptomatic apical periodontitis. The access cavity had a quadrangular design and four root canals were located. One canal corresponded to a second palatal root canal in its own palatal root. After locating the extra palatine roots in these two cases, both could be negotiated, instrumented, and obturated. **Results:** during root canal treatment, types I and II of the palatal root classification system proposed by Chritie et al. for maxillary molars were identified. **Conclusions:** it is important to take into consideration these anatomical variations in the number and shape of the palatal roots of maxillary molars. Although its prevalence may be considered extremely low, such complex cases can be encountered in daily endodontic practice.

Keywords: palatal roots, case report, root canal treatment.

INTRODUCTION

The three essential steps of endodontic therapy are cleaning, shaping, and obturation of the root

canal system.¹ Inadequate performance of one or more of these three steps along with the presence of additional root canals that may be missed during root canal therapy is among the main causes of endodontic treatment failure. Endodontic failure results in the permanence of bacteria in untreated root canals and the development of apical periodontitis.² Therefore, to avoid inadequate management of root canal treatment, the endodontist must have a broad knowledge of the anatomy of the root and root canal system, as well as its possible anatomical variations.

The conventional anatomy of the maxillary second molar presents three roots.³ However, the possible presence of four roots is well established. Libfeld et al. found that in 1,200 maxillary molars, 90% had three roots, 7% had two roots, 2.6% had one root and only 0.4% had four roots.⁴ Pécora et al. found in 200 maxillary second molars that 116 (58%) of them had three root canals, while 84 (42%) had four root canals. No additional roots or additional palatal root canals were found in this study.⁵ The presence of additional palatal root canals in one palatal root has been well documented,⁶ however, the frequency of two palatal roots is extremely low and underreported.⁷ Peikoff et al. analyzed 520 treatments in second molars and found two palatal roots in 1.4%.³ The aim of this article is to report for the first time in Mexican patients the management of two upper second molars with two palatal roots during root canal treatment.

CASE PRESENTATIONS

Case 1

A 41-year-old woman was referred for root canal treatment of the maxillary left second molar. The patient had no apparent pathologic data. The presence of a previous access cavity was noted but no radiographic signs of periapical pathology were observed during the radiographic examination. The clinical exam revealed a prolonged response to cold and the percussion test performed both horizontally and vertically was negative. Periodontal probing was within normal limits. Therefore the pulpal diagnosis was previously initiated pulp therapy and the periapical diagnosis was: healthy periapical tissues.

After the local anesthesia technique using lidocaine/epinephrine at 1:80000, root canal treatment was performed with absolute isolation with a rubber dam and magnification through loupes (3.5x). The access cavity was made with carbide burs and Endo-Z burs (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). No cracks or fracture lines were observed. Three root

canals were initially located using a DG16 explorer (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA), but the palatal canal was located more distally than normal, and that made the operator suspect the presence of an additional root canal. Therefore, a careful inspection of the pulp chamber floor was performed and the access cavity was slightly enlarged in the mesio-palatal direction. Once the 4 root canals were located, each was negotiated with a 10/02 file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The working length was taken with an apex locator (Root ZX, J. Morita, Tokyo, Japan) and confirmed with a digital dentoalveolar radiograph. Instrumentation was performed with the Reciproc[®] system (VDW, Germany) with the technique suggested by the manufacturer and supplemented with the Mtwo[®] system (35/05) (VDW, Germany). The same instrumentation protocol was used for all four root canals. Disinfection was performed with ultrasound-activated 5.25% NaOCl (3 cycles of 20 seconds) and 17% EDTA (Asia Chimi Teb, Tehran, Iran). After EDTA irrigation, 0.9% saline was irrigated to inactivate EDTA. Finally, 20 ml of 5.25% NaOCl was used to irrigate each root canal using an apical negative pressure system such as Endovac[®] (SybronEndo) as the final irrigation protocol. The obturation technique was performed using continuous wave compaction and AH + sealer (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (*Figures 1A-C*).

Case 2

A 28-year-old woman with a noncontributory medical history presented with pain upon thermal stimulus in the maxillary right second molar. Clinically, the presence of a fractured amalgam and deep caries was noted. Radiographically, the periodontal ligament space (PLS) width was normal and there was no periapical pathology. There was a prolonged response to cold and a positive vertical percussion test, with absence of periodontal pockets. The pulpal diagnosis was symptomatic irreversible pulpitis and the periapical diagnosis was symptomatic apical periodontitis. After local anesthesia technique with lidocaine with epinephrine at 1:80000, treatment was done through absolute isolation with a rubber dam and magnification with loupes (3.5x). The amalgam was removed with diamond burs and then the access cavity was designed with carbide burs and Star X ultrasonic tips (Dentsply Sirona). The access cavity had a quadrangular design and four root canals were located. Each of the four canals was negotiated using a pre-curved k10/02 file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The working length was taken with an

apex locator (Root ZX, J. Morita, Tokyo, Japan) and confirmed with a digital dentoalveolar radiograph. The Mtwo® system (VDW, Germany) was used for root canal instrumentation. The buccal canals were instrumented at 35/04 and the two palatal canals at 40/04. The irrigation protocol and obturation technique were the same as in the previous case (*Figure 2A-E*).

DISCUSSION

Knowledge of anatomical variations is important for the proper management of endodontic treatment. Although the incidence of some of these variations may be extremely low, these anomalies should not be ruled out during the diagnosis and treatment of a tooth in need of root canal therapy. The etiology of the presence of extra roots in upper molars is not completely understood. The main cause may be due to histological phenomena such as the splitting or folding of Hertwig's epithelial sheath (HERS).⁸ The first mechanism results in two similar roots. The second mechanism results in the formation of completely independent roots with completely different anatomical characteristics. Other factors that may cause this anatomical variation may be trauma during the root formation stage, various genetic factors, or the individual belonging to a specific ethnic group.⁹

The presence of anatomical variations in upper molars has been studied previously. As mentioned above, the incidence of maxillary second molars with 4 roots can be considered extremely rare. In one study, of the 1,200 teeth analyzed, only 0.4% presented this condition.⁴ Despite the few case reports and studies on this condition, the bilateral and asymmetric occurrence of additional roots in maxillary molars has also been reported.^{10,11} In the literature, three systems have been suggested to classify the presence of accessory roots in upper molars (*Table 1*). Of these three systems, the most widely used seems to be the one proposed by Christie et al. Based on this classification, of the two cases presented in this article, the first one belongs to type I and the second corresponds to type II (*Table 1*). This is in agreement with recent studies in which these two types are reported to be the most prevalent.¹² Recently, certain clinical characteristics were suggested to be used for the preoperative identification of maxillary molars with two palatal roots. These 6 clinical characteristics present only in the clinical crowns of maxillary molars with 2 palatal roots are a wider crown in the palatal half, double Cusp of Carabelli, pronounced palatal indentation, greater palatal enamel thickness, presence of palato-radicular sulcus and palatal enamel pearls.¹²

Preoperative radiographic identification of an additional root has some difficulties. These may include the overlapping of anatomical structures as seen in the preoperative radiographs of the two cases presented.¹³ If the contour of the roots is not clearly seen on a radiograph, (*Figures 1A and 2B*) further radiographs with different angulations should be taken to identify or rule out the presence of anatomic variations. Some of the angulation techniques for taking radiographs have been previously reviewed by Fava et al.¹³ Radiographs will always have certain limitations, regardless of the angulation techniques used, since the radiographic image is a shadow and also, a two-dimensional representation of a three-dimensional object.¹⁴ Despite these challenges, good quality preoperative dentoalveolar radiographs are very useful in identifying radiographic features (such as the lamina dura and periodontal ligament) that can be interpreted more consistently than others¹⁵ and may provide information for better determination of the number and shape of roots in upper molars.¹⁶ When tooth roots appear to be longer than the average length (20 mm) or maximum length (24 mm), this may be an indication of an additional root (*Figures 1A-C*). For example, some cases report maxillary second molars with two palatal roots showing a palatal root length equal to or greater than 26 mm.¹⁷ Usually, using the standard bisection angle technique, the palatal root can be seen behind and in the middle of the distobuccal and mesiobuccal root on a radiograph. If the palatal root could not be identified in the aforementioned position (*Figures 1A and 2A*), this would be an indication of an anatomical variation such as the presence of an additional palatal root. For correct identification of the palatal root in this situation, it is advisable to take further radiographs that modify the vertical or horizontal angulation to obtain a non-overlapping image of the structures of interest (*Figures 1C and 2C*). Working length radiographs may also confirm the presence of two palatal roots if the instrument appears to be away from the center of the root.^{18,19}

The ideal method for accurate determination of the root canal morphology of a tooth is Cone Beam Computed Tomography (CBCT). CBCT offers a three-dimensional analysis of the tooth in need of root canal treatment without the limitations of conventional digital radiography.²⁰ The applicability of CBCT to endodontics has been demonstrated in previous reports.²¹ In addition, the radiation dose produced by this method can be adjusted following the guidelines of Christoph et al. to produce an effective radiation dose of 0.56-0.06 mGy, which is equivalent to standard orthopantomography and may make it suitable for special medical conditions.^{22,23}

CONCLUSIONS

Although CBCT is the gold standard for diagnosis and treatment planning for this kind of case, it is generally not very economically accessible, especially in countries such as Mexico. Therefore, the endodontist should have a broad knowledge of the possible anatomical variations and their clinical management.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974; 18 (2): 269-296.
- Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004; 15 (6): 348-381. doi: 10.1177/154411130401500604.
- Peikoff MD, Christie WH, Fogel HM. The maxillary second molar: variations in the number of roots and canals. *Int Endod J.* 1996; 29 (6): 365-369. doi: 10.1111/j.1365-2591.1996.tb01399.x.
- Libfeld H, Rotstein I. Incidence of four-rooted maxillary second molars: literature review and radiographic survey of 1,200 teeth. *J Endod.* 1989; 15 (3): 129-131. doi: 10.1016/S0099-2399(89)80134-7.
- Pécora JD, Woelfel JB, Sousa Neto MD, Issa EP. Morphologic study of the maxillary molars. Part II: Internal anatomy. *Braz Dent J.* 1992; 3 (1): 53-57.
- Stone LH, Stroner WF. Maxillary molars demonstrating more than one palatal root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981; 51 (6): 649-652. doi: 10.1016/s0030-4220(81)80017-5.
- Holderrieth S, Gernhardt CR. Maxillary molars with morphologic variations of the palatal root canals: a report of four cases. *J Endod.* 2009; 35 (7): 1060-1065. doi: 10.1016/j.joen.2009.04.029.
- Alt KW, Rosing FW, Teschler-Nicola M. Dental anthropology: fundamentals, limits and prospects. Vienna: Springer; 1998. doi: 10.1007/978-3-7091-7496-8.
- Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2012; 38 (7): 977-982. doi: 10.1016/j.joen.2012.03.026.
- Deveaux E. Maxillary second molar with two palatal roots. *J Endod.* 1999; 25 (8): 571-573. doi: 10.1016/S0099-2399(99)80383-5
- He W, Wei K, Chen J, Yu Q. Endodontic treatment of maxillary first molars presenting with unusual asymmetric palatal root morphology using spiral computerized tomography: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109 (1): e55-59. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.08.040.
- Hitij T, Stamefelj I. The role of clinical examination in the detection of permanent maxillary molars with two palatal roots. *Folia Morphol (Warsz).* 2019; 79 (1): 127-133. doi: 10.5603/FM.a2019.0054.
- Fava LR, Dummer PM. Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. *Int Endod J.* 1997; 30 (4): 250-261. doi: 10.1046/j.1365-2591.1997.00078.x.
- Ahmed HM, Abbott PV. Accessory roots in maxillary molar teeth: a review and endodontic considerations. *Aust Dent J.* 2012; 57 (2): 123-131. doi: 10.1111/j.1834-7819.2012.01678.x.
- Kaffe I, Gratt BM. Variations in the radiographic interpretation of the periapical dental region. *J Endod.* 1988; 14 (7): 330-335. doi: 10.1016/S0099-2399(88)80193-6.
- Shin S-J, Park J-W, Lee J-K, Hwang S-W. Unusual root canal anatomy in maxillary second molars: two case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 104 (6): e61-65. doi: 10.1016/j.tripleo.2007.07.014.
- Pasternak JB, Teixeira CS, Silva RG, Vansan LP, Sousa NMD. Treatment of a second maxillary molar with six canals. *Aust Endod J.* 2007; 33 (1): 42-45. doi: 10.1111/j.1747-4477.2007.00059.x.
- Barbizam JV, Ribeiro RG, Tanomaru FM. Unusual anatomy of permanent maxillary molars. *J Endod.* 2004; 30 (9): 668-671. doi: 10.1097/01.don.0000121618.45515.5a.
- Jacobsen EL, Nii C. Unusual palatal root canal morphology in maxillary molars. *Endod Dent Traumatol.* 1994; 10 (1): 19-22. doi: 10.1111/j.1600-9657.1994.tb00593.x.
- Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: An advanced system for detailed endodontic research. *J Endod.* 1995; 21 (11): 561-568. doi: 10.1016/S0099-2399(06)80986-6.
- Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics-a review of the literature. *Int Endod J.* 2019; 52 (8): 1138-1152. doi: 10.1111/iej.13115.
- Diederichs CG, Engelke WG, Richter B, Hermann KP, Oestmann JW. Must radiation dose for CT of the maxilla and mandible be higher than that for conventional panoramic radiography? *AJNR Am J Neuroradiol.* 1996; 17 (9): 1758.
- Omami G, Al Yafi F. Should Cone Beam computed tomography be routinely obtained in implant planning? *Dent Clin North Am.* 2019; 63 (3): 363-379. doi: 10.1016/j.cden.2019.02.005.

Correspondencia / Correspondence:
Marco Felipe Salas Orozco
 E-mail: marcosalaszor@gmail.com



Rehabilitación oral completa en un paciente con erosión dental causada por reflujo gastroesofágico

Jacqueline Ramírez González,* Diana Lizette Figueroa Aguirre,* Olivia Alatorre Castorena,*
Marco Octavio Romero Jiménez,* Andrés Niño Camacho,* Andréa Dolores Correia Miranda Valdivia*.[§]

* Postgrado prostodoncia.

§ Profesora investigadora.

Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

RESUMEN

Introducción: la erosión dental es la pérdida irreversible de estructura dentaria debido a un proceso químico, sin presencia de bacterias, causada por la acción de ácidos que pueden ser de origen extrínseco, intrínseco o ambos. Algunos de los signos de la erosión dental incluyen facetas planas y suaves en las superficies palatinas y vestibulares, así como concavidades superficiales en las caras oclusales. Una causa intrínseca es la presencia de ácido por reflujo gastroesofágico, las causas extrínsecas tienen que ver con la alta ingesta de alimentos ácidos. La enfermedad por reflujo gastroesofágico (ERGE) se ha asociado con problemas dentales como erosión, halitosis, patología de la mucosa y bruxismo. Se pueden encontrar distintos procedimientos para la rehabilitación oral de pacientes con ERGE, entre los cuales se encuentran los procedimientos adhesivos que preservan mayor cantidad de estructura dental sana. **Objetivo:** realizar el reporte de caso de un paciente con erosión dental causada por ERGE. **Presentación del caso:** paciente masculino de 32 años de edad que acudió a la clínica de la especialidad de prostodoncia; en el examen intraoral se observaron atriciones por bruxismo y erosiones generalizadas causadas por reflujo gastrointestinal. La restauración de la erosión dental debe basarse en un método conservador y mínimamente invasivo. La técnica de tres pasos que se utilizó para la rehabilitación completa, de acuerdo a la técnica de Francesca Vailati, Urs Christoph Belser, está estructurada para lograr una rehabilitación adhesiva completa con resultados predecibles y una mínima cantidad de preparación dental. **Conclusiones:** la terapia restauradora de la erosión dental debe basarse en un método mínimamente invasivo. La enfermedad por reflujo gastroesofágico se ha asociado con problemas dentales

como erosión dental, halitosis, patología de la mucosa y bruxismo. Por lo general, los pacientes con ERGE refieren manifestaciones orales de la enfermedad, lo que revela la importancia del tratamiento multidisciplinario y el seguimiento de estos pacientes.

Palabras clave: erosión dental, bruxismo, reflujo esofágico, enfermedad por reflujo gastroesofágico, rehabilitación oral.

INTRODUCCIÓN

La erosión dental ha sido estudiada y descrita como una lesión dental no cariosa multifactorial, que causa la pérdida irreversible de las estructuras dentales, esmalte o dentina, debido a un proceso químico y sin la participación de bacterias. Los ácidos pueden provenir de fuentes extrínsecas, como alimentos y bebidas, la dieta juega un papel importante, la frecuencia de consumo, el tiempo de contacto con el ácido y los patrones inusuales de consumo también son factores relevantes que influyen en el efecto erosivo. La fuente intrínseca es la presencia de ácido gástrico (ácido clorhídrico) en la cavidad oral por problemas de reflujo gastroesofágico o desórdenes alimenticios.¹

Los signos característicos de la erosión dental incluyen: facetas planas y suaves en las superficies palatinas y vestibulares, así como concavidades superficiales localizadas en las caras oclusales. Dependiendo del origen del problema (extrínseco o intrínseco) podemos encontrar tres signos clínicos del reflujo gastroesofágico en la boca, que son las cúspides redondeadas, restauraciones que se elevan por encima del nivel de las superficies dentales adyacentes y la morfología de la pérdida del esmalte.^{1,2} Cuando la erosión es el factor dominante, las superficies bucales y palatinas de los incisivos superiores aparecen lisas y brillantes, con una pérdida generalizada de la anatomía y la dentina expuesta es lisa, además muchas veces presenta un halo de esmalte alrededor de la le-

Recibido: Octubre 2020. Aceptado: Septiembre 2021.

Citar como: Ramírez GJ, Figueroa ADL, Alatorre CO, Romero JMO, Niño CA, Valdivia ADCM. Rehabilitación oral completa en un paciente con erosión dental causada por reflujo gastroesofágico. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 78-86.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

sión, normalmente en la zona del margen gingival.³ En pacientes con dientes erosionados y desgastados por el bruxismo, se debe determinar la causa principal de la pérdida de estructura dental, para eliminar los factores etiológicos antes de realizar la rehabilitación. Por lo tanto, independientemente de la etiología, el desgaste dental se considera patológico.⁴

Los procedimientos adhesivos preservan más estructura dental, al evitar los procedimientos endodónticos, y los dientes rehabilitados con restauraciones adhesivas son más estéticos que los rehabilitados con restauraciones cementadas.⁵ Algunos autores han propuesto distintas técnicas para el tratamiento de pacientes con erosión dental, con el fin de lograr una máxima preservación de la estructura dental, así como un resultado estético más predecible y funcional. Por ello se ha desarrollado un innovador concepto: «La técnica de tres pasos».⁶

Este manuscrito tuvo como objetivo realizar el reporte de caso de un paciente con erosión dental, donde se realizaron los estudios necesarios para confirmar el diagnóstico presuntivo de reflujo gastroesofágico, para su posterior planeación y rehabilitación bucal con incremento de la dimensión vertical de oclusión (DVO), utilizando para la finalización del caso restauraciones cerámicas y de resina compuesta.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Paciente masculino de 32 años de edad, quien se dedica a la atención de un restaurante. Acudió a la clínica odontológica del postgrado de la Universidad Autónoma de Guadalajara y comentó que el motivo principal de la consulta fue que tenía los dientes muy desgastados y presentaba sensibilidad en algunos de ellos (*Figura 1A-B*). El paciente afirmó ser obsesivo compulsivo y padecer el síndrome de Tourette, el cual es un trastorno neuropsiquiátrico de desarrollo en el inicio de la infancia, que se caracteriza por movimientos y vocalizaciones breves, estereotipadas, pero no rítmicas, semejantes a «sacudidas» que son llamadas «tics». En el momento de la consulta, refirió que no tomaba medicamentos para su padecimiento porque los dejó de consumir desde hacía cinco años. La salud del paciente fue considerada como buena y no presentaba ningún tipo de alergia.

Durante la exploración extraoral, se observó un biotipo dolicofacial con la musculatura hipertrófica a nivel de maseteros y tejidos cutáneos aparentemente sanos; en la exploración intraoral, se observaron erosiones generalizadas en varios órganos dentales, causadas posiblemente por periodos de reflujo gastrointestinal y atrición. Se encontró un fenotipo periodontal

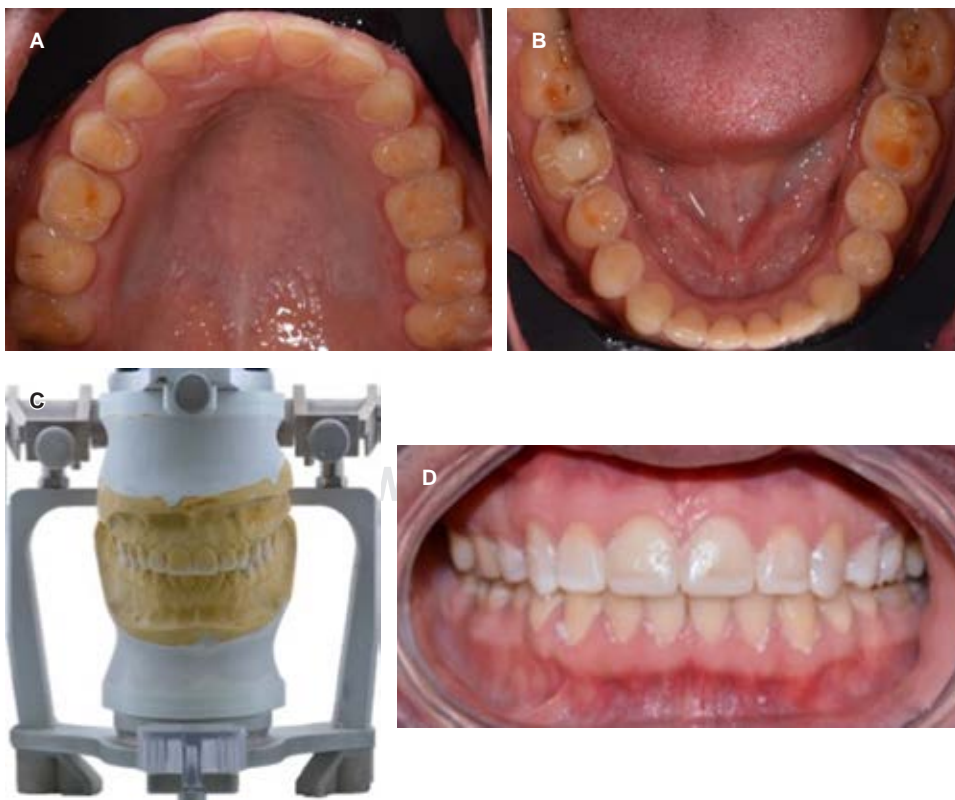


Figura 1:

Fotografías iniciales. **A)** Oclusal superior. **B)** Oclusal inferior. **C)** Encerado de diagnóstico. **D)** Prueba de *mock-up*.

Initial photographs. **A)** Upper occlusal. **B)** Lower occlusal. **C)** Diagnostic wax-up. **D)** Mock-up test.

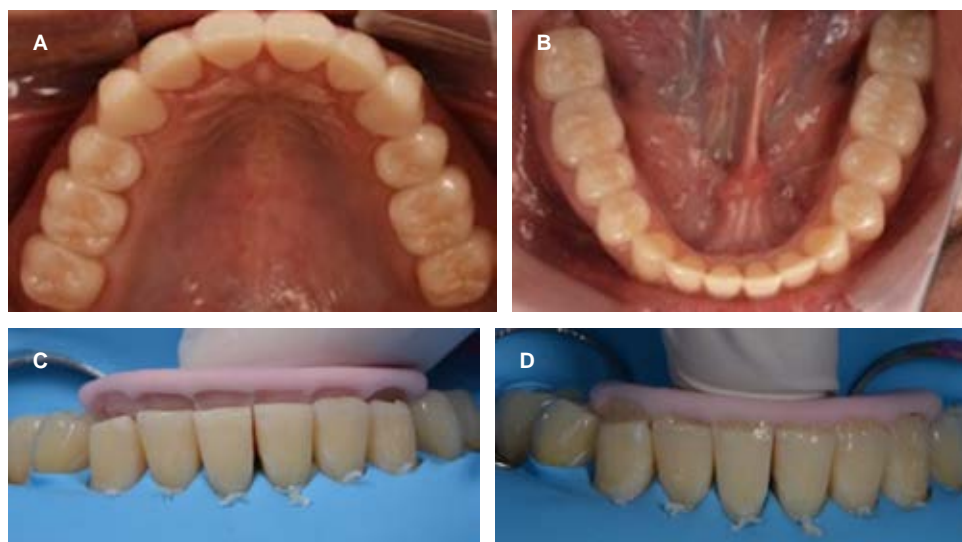


Figura 2: Fotografías de seguimiento, restauraciones finales cementadas. **A)** Oclusal superior. **B)** Oclusal inferior. **C)** Restauración con técnica de resina en el sector anteroinferior con ayuda de la matriz de silicón tomada del encerado de diagnóstico. **D)** Aplicación de la resina con técnica de estratificación.

Follow-up photographs, final cemented restorations. A) Upper occlusal. B) Lower occlusal. C) Restoration with resin technique in the anterior lower sector with the help of the silicone matrix taken from the diagnostic wax-up. D) Resin application with a layering technique.

grosso y aparente salud periodontal. En la exploración radiográfica, se observó un adecuado nivel óseo, no se encontraron caries ni patologías aparentes, únicamente el tratamiento de conductos del órgano dentario 36, con una base aparente de ionómero de vidrio. Se le indicó al paciente un estudio de pHmetría para identificar periodos de reflujo y cambios en el pH. Los resultados arrojados por el estudio fueron que la cantidad de episodios de reflujo gastroesofágico, en este caso 43, se consideró capaz de ocasionar un daño en el tejido dental, teniendo en cuenta también el tiempo de evolución que el paciente llevaba con este problema sin saberlo, aunque el pH de 4 que presentaba el paciente fuera considerado fisiológico. Gracias a estos resultados pudimos confirmar el diagnóstico como **erosión dental**. El plan de tratamiento se llevó a cabo en dos partes, la parte protésica y la parte médica.

Se ejecutó la rehabilitación completa por segmentos de acuerdo a la técnica de tres pasos de Francesca Vailati, Urs Christoph Belser. En esta técnica se alternan tres pasos de laboratorio con tres pasos clínicos para lograr un resultado más predecible. En el primer paso, se realizó la evaluación estética al establecer la posición del plano oclusal. En el segundo paso, se restauró el sector posterior con una dimensión vertical oclusal incrementada. Por último, el tercer paso fue reestablecer la guía anterior.^{5,6} Se hizo un montaje de los modelos de estudio tomando arco facial, con la ayuda de un registro interoclusal en relación céntrica (*Figura 2C*). Después se efectuó el encerado de diagnóstico estableciendo una DVO con el espacio disponible. Se confeccionó un *mock-up* realizado con una llave de polivinilsiloxano tomado del encerado de diagnóstico y con material de resina bis acrílica, para

evaluar el plano oclusal, el plano incisal, la estética y la fonética (*Figura 1D*).

Una vez que el paciente aceptó que se llevaría a cabo el tratamiento, después de analizar el *mock-up*, se efectuó el tallado de los órganos dentales para recibir las futuras restauraciones. Se decidió entonces realizar coronas completas en los órganos dentales anterosuperiores elaboradas de disilicato de litio. No se realizó tallado por la cara palatina, ya que sólo se restableció con cerámica la estructura perdida, por la cara vestibular y en el borde incisal se realizaron desgastes de 0.8 mm, 0.5 mm en el tercio medio y 0.3 mm en el tercio incisal. Dichos desgastes se realizaron sobre un *mock-up* previamente asentado sobre los dientes intactos para evaluar el volumen final de la restauración y calibrar la reducción dental mínima. En la zona de los premolares y molares de la arcada superior se realizaron preparaciones para restauraciones tipo *Vonlay*. Estas preparaciones fueron diseñadas para cubrir la superficie bucal y oclusal manteniendo el punto de contacto interproximal intacto. Dado que la DVO fue incrementada 3 mm en la zona anterior y 1.4 mm en posterior, la remoción de estructura dental en oclusal fue limitada a 0.1 mm en el segundo molar. En la zona de los premolares no hubo la necesidad de conformar una preparación. En general, en el maxilar superior se realizaron preparaciones conservadoras para hacer restauraciones de cobertura completa, esto debido a la cantidad de espacio y la longitud corta de los dientes.

En los dientes anteriores superiores fue posible preservar la mayor cantidad de esmalte remanente. La línea de terminación se posicionó a nivel gingival, para optimizar resultados estéticos, y donde no era

requerida la línea de terminación fue posicionada a nivel supragingival. Se elaboraron bordes incisales con resina en los incisivos mandibulares con la ayuda de una matriz de silicón, de acuerdo a la DVO establecida en el encerado. Para las preparaciones tipo *Vonlay* se realizó un desgaste oclusal de 2 mm con una inclinación de las cúspides de 45° y una preparación de carilla por vestibular, al extenderse de la línea del ángulo mesiovestibular a la línea del ángulo disto vestibular. Los provisionales fueron fabricados con la DVO establecida con la técnica indirecta modificada para posteriormente realizar un rebase directo en la boca y cementarlo con cemento temporal. Se evaluó la comodidad del paciente, la fonética, la estética dental, además de la apariencia física. Después de un mes se tomó la impresión final, para ésta se colocó técnica de doble hilo retractor en el surco, se tomó con silicona de adición, (Imprint light ESPE 3M) usando una cucharilla individual de láminas de resina de metil metacrilato de fotocurado y adhesivo para cucharilla. Antes de realizar la impresión se limpiaron las superficies dentales con tierra pómez y una copa de silicón para retirar cualquier residuo de cemento provisional o de placa bacteriana. Posterior a eso, se tomó la impresión con la técnica de doble mezcla a un solo paso, utilizando un material de consistencia pesada (3M Imprint II) y de consistencia ligera (3M Imprint II).

Luego se tomó un registro interoclusal con un material de resina acrílica de autocurado (Pattern Resin LS, GC) en relación céntrica y en la DVO establecida, al copiar de manera fiel las superficies dentales para un reposicionamiento adecuado. Para los modelos de trabajo se utilizó yeso tipo IV y se usó el modelo alveolar para la fabricación de las restauraciones en el laboratorio, con el fin de permitir un mejor registro de los tejidos blandos y así evitar sobrecontornear las restauraciones al realizar un adecuado perfil de emergencia. Las restauraciones se hicieron de disilicato de litio por las propiedades estéticas y físicas óptimas que presenta este material, realizadas con la técnica de encerado y prensado con pastillas IPS e.max MT. Se realizaron coronas monolíticas con técnica de maquillaje. Una vez realizadas las restauraciones superiores se continuó con la cementación adhesiva

de éstas con la técnica de Pascal Magne. Antes de cementar las piezas cerámicas deben ser probadas meticulosamente en la boca. Después de retirar el provisional, se limpian las superficies dentales con una copa de silicón y una pasta ligeramente abrasiva utilizando dique de hule para aislar.

Para el acondicionamiento de las restauraciones se colocó en su parte interna ácido fluorhídrico al 5% por 20 segundos, se lavaron y se colocaron las restauraciones en agua destilada en ultrasonido por cinco minutos y se aplicó silano. Se empleó una capa de resina adhesiva seguida por un suave y tenue flujo de aire, y se procedió a colocar lentamente siguiendo el eje de inserción del diente con presión digital, se eliminaron excedentes con un pincel y se polimerizó por 60 segundos. Se utilizó un gel de glicerina y se fotocuró nuevamente. Se revisó la oclusión y se continuó con la toma de impresión de la zona posterior con la misma técnica de impresión y con los mismos materiales. Las restauraciones se elaboraron de la misma forma y se adhirieron con el mismo protocolo (*Figura 2A-B*). Para la zona anteroinferior se colocaron bordes incisales con resina compuesta, elaborados con aislamiento absoluto y una llave de silicón basada en el encerado, de esta forma se preservó al máximo la estructura dentaria (*Figura 2C-D*). Mediante desgastes mínimamente invasivos y sólo dando espacio necesario para el material restaurador, se obtuvieron grandes resultados estéticos y funcionales que preservaron el tejido dental sin aumentar demasiado la DVO del paciente (*Figura 3A-B*).

DISCUSIÓN

La erosión dental es una afección oral común y se está volviendo cada vez más presente en las últimas décadas. La enfermedad por reflujo gastroesofágico (ERGE) es una afección en la que hay un paso involuntario de contenido gástrico hacia el esófago que conduce a síntomas como acidez estomacal, dolor en el pecho, pirosis, ronquera, asma, dolor de garganta y erosión dental.⁷ Se recomienda la detección temprana y la intervención para prevenir daños extensos a la dentición. Los informes sugieren que la alta incidencia



Figura 3:

Vista frontal del caso clínico.

A) Inicial. **B)** Final.

Front view of the clinical case.

A) Initial. **B)** Final.

de ERGE en hombres de mediana edad se atribuye al estrés laboral y personal, los hábitos alimenticios y los antecedentes familiares. El dentista puede ser el primer profesional en sospechar de ERGE debido a la erosión dental.⁸

La erosión extrínseca se observa de manera rutinaria en las superficies vestibulares de los dientes anteriores superiores, mientras que las lesiones de erosión intrínseca a menudo se presentan en la superficie palatina de los dientes anteriores.⁸ En superficies lisas, las lesiones erosivas ocurren de forma coronal en la unión de cemento y esmalte, lo que a menudo deja un borde cervical intacto. Las lesiones son poco profundas y pueden afectar toda la superficie del diente.⁹ Se debe hacer un examen completo de los dientes. El diagnóstico a menudo se realiza mediante inspección visual y observaciones para cualquier superficie de diente opaca, estructuras aplanadas de esmalte, desarrollo de defectos distintos, cúspides ahuecadas, aplanamiento de la morfología dental, lo que hace que las restauraciones sean más prominentes, pérdida de contactos oclusales y disminución de la altura de la corona.⁹ La evaluación del desgaste dental es subjetiva, este caso en particular se basó en el índice de Smith y Knight, donde se pudo evaluar un desgaste severo con una pérdida de estructura dental de aproximadamente 2 mm; tomando en cuenta la edad del paciente y sus necesidades se realizó un tratamiento restaurativo conservador y aditivo en el que procuramos dejar la mayor cantidad de tejido sano intacto.¹⁰ Smith y Knight desarrollaron un índice de desgaste dental, un sistema por el cual las cuatro superficies (vestibular, cervical, lingual y oclusal-incisal) de todos los dientes presentes son puntuados por desgaste, independientemente de cómo ocurrió, en caso de duda, se otorga la puntuación más baja. Este índice fue el primero diseñado para medir y monitorear el desgaste dental multifactorial.¹¹

La pérdida de la cubierta protectora del esmalte de los dientes puede conducir a hipersensibilidad, deterioro funcional, caries, así como fractura de dientes, particularmente si hay bruxismo asociado.¹² Tradicionalmente, una rehabilitación de boca completa ha sido el tratamiento recomendado para pacientes afectados por erosión dental severa generalizada. Sin embargo, un concepto restaurador que comprende una cobertura completa de la corona de casi todos los dientes y un tratamiento extenso del conducto radicular puede ser demasiado agresivo para esta población de pacientes generalmente jóvenes. Con las técnicas adhesivas mejoradas y actuales, las indicaciones para coronas han disminuido y un enfoque más conservador puede proponerse para preservar la estructura dental

y posponer tratamientos más invasivos hasta que el paciente sea mayor.¹³ Utilizando la técnica de tres pasos descrita anteriormente, el clínico puede transformar una rehabilitación oral completa en una rehabilitación por cuadrantes individuales para así tener un resultado más predecible y con una mejor función.⁶

CONCLUSIÓN

La terapia restauradora de la erosión dental debe basarse en un método mínimamente invasivo. La técnica de tres pasos es un enfoque estructurado para lograr una rehabilitación adhesiva y completa de la boca, con un resultado más predecible, una cantidad mínima de preparación dental y el más alto nivel de aceptación del paciente.

La ERGE se ha asociado con problemas dentales como erosión dental, halitosis, patología de la mucosa y bruxismo. Por lo general, los pacientes con ERGE refieren manifestaciones orales de la enfermedad, lo que revela la importancia del tratamiento multidisciplinario y el seguimiento de estos pacientes.

Clinical case

Complete oral rehabilitation in a patient with dental erosion caused by gastroesophageal reflux

Jacqueline Ramírez González,*
Diana Lizette Figueroa Aguirre,*
Olivia Alatorre Castorena,*
Marco Octavio Romero Jiménez,*
Andrés Niño Camacho,*
Andréa Dolores Correia Miranda Valdivia*§

* Posgrado prostodoncia.

§ Profesora investigadora.

Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

ABSTRACT

Introduction: dental erosion is the irreversible loss of tooth structure due to a chemical process, without the presence of bacteria; caused by the action of acids that can be of extrinsic or intrinsic origin or both. Some of the signs of dental erosion include smooth, flat facets on the palatal and buccal surfaces and superficial concavities on the occlusal surfaces. An intrinsic cause is the presence of acid from gastroesophageal reflux; extrinsic causes have to do with a high intake of acidic foods. Gastroesophageal reflux disease (GERD) has been associated with dental problems such as erosion, halitosis, mucosal pathology, and bruxism. Different procedures can be found for the oral rehabilitation of patients with GERD; among them

are adhesive procedures that preserve a healthier tooth structure.

Objective: to report the case of a patient with dental erosion caused by GERD. **Case presentation:** a 32-year-old male patient was attended at the Prosthodontics Clinic During the intraoral examination, attrition due to bruxism and generalized erosions caused by gastrointestinal reflux were observed. Restoration of dental erosion should be based on a conservative and minimally invasive approach. Complete rehabilitation was performed based on the three-step technique described by Francesca Vailati, Urs Christoph Belser; it is structured to achieve a complete adhesive rehabilitation with predictable results and with a minimal amount of tooth preparation. **Conclusions:** restorative therapy of dental erosion should be based on a minimally invasive approach. Gastroesophageal reflux disease has been associated with dental problems such as dental erosion, halitosis, mucosal pathology, and bruxism. In general, patients with GERD report oral manifestations of the disease, revealing the importance of multidisciplinary treatment and follow-up to the patients.

Keywords: dental erosion, bruxism, esophageal reflux, *gastroesophageal reflux disease*, oral rehabilitation.

INTRODUCTION

Dental erosion has been studied and described as a multifactorial non-carious dental lesion that causes irreversible loss of dental structures, enamel, and/or dentin, due to a chemical process, without the participation of bacteria. Acids can come from extrinsic sources, such as food and beverages; diet plays an important role. Consumption frequency, contact time with the acid, and unusual consumption patterns are also relevant factors that influence the erosive effect. The intrinsic source is the presence of gastric acid (hydrochloric acid) in the oral cavity due to gastroesophageal reflux problems or eating disorders.¹

Characteristic signs of dental erosion include flat and smooth facets on the palatal and buccal surfaces of the teeth, as well as superficial concavities located on the occlusal surfaces. Depending on the origin of the problem (extrinsic or intrinsic) 3 clinical signs of gastroesophageal reflux in the mouth may be described and they are rounded cusps, restorations that rise above the level of adjacent tooth surfaces and morphology of the enamel loss.^{1,2} When erosion is the dominant factor, the labial and palatal surfaces of the upper incisors appear smooth and shiny with a generalized loss of anatomy. The exposed dentin is smooth and often has an enamel halo around the lesion, usually in the area of the gingival margin.³ In patients with eroded and abraded teeth due to bruxism, the main cause of tooth structure loss should be determined to eliminate etiologic factors before rehabilitation is performed. Therefore, regardless of the etiology, tooth wear is considered pathologic.⁴

Adhesive procedures preserve more tooth structure by avoiding endodontic treatments and

teeth rehabilitated with adhesive restorations are more esthetic than those rehabilitated with cemented restorations.⁵ Several authors have proposed different techniques for the treatment of patients with tooth erosion to achieve maximum preservation of tooth structure and the most predictable and functional esthetic result. Hence, an innovative concept has been developed: «The three-step technique».⁶

The objective of this manuscript was to report the case of a patient with dental erosion, where the necessary studies were performed to confirm the presumptive diagnosis of gastroesophageal reflux, for subsequent planning and oral rehabilitation with an increase in the vertical dimension of occlusion (VDO), using ceramic and composite resin restorations for the completion of the case.

CASE PRESENTATION

A 32-year-old male patient, who works in a restaurant, came to the dental clinic of the Postgraduate Program of the Autonomous University of Guadalajara and commented that his main reason for consultation was that his teeth were very worn, and he had sensitivity in some of them (*Figure 1 A-B*). The patient claimed to be obsessive-compulsive and to suffer from Tourette's syndrome, which is a developmental neuropsychiatric disorder in early childhood, characterized by brief, stereotyped, but not rhythmic «jerking» movements and vocalizations called «tics». At the time of the consultation, he reported that he was not taking medications for his condition because he had stopped taking them for five years ago. The patient's health was considered to be good, and he did not present any type of allergy.

During the extraoral examination, a dolichofacial biotype was observed with hypertrophic musculature at the masseter level and apparently healthy skin tissues; at the intraoral examination, generalized erosions were observed in several teeth possibly caused by periods of gastrointestinal reflux and attrition. A thick periodontal phenotype and apparent periodontal health were observed. Upon radiographic examination, an adequate bone level was noted, and no caries or apparent pathology was observed; the only significant finding was the root canal treatment of tooth #36 with an apparent glass ionomer base. The patient was instructed to undergo a pH metric study to identify periods of reflux and changes in pH. The results of the study showed that the number of episodes of gastroesophageal reflux, in this case, 43, was considered capable of causing damage to the dental tissue. Even though the pH of 4 that the patient

presented was considered physiological, time of evolution was also taken into account since the patient had had this problem without being aware of it. Thanks to these results we were able to confirm the diagnosis as dental erosion. The treatment plan was carried out in two parts, the prosthetic part, and the medical part.

Complete rehabilitation was performed by segments according to the 3-step technique by Francesca Vailati and Urs Christoph Belser. In this technique, three laboratory steps are alternated with three clinical steps to achieve a more predictable result. In the first step, the esthetic evaluation was performed by establishing the position of the occlusal plane. In the second step, the posterior sector was restored with an increased occlusal vertical dimension. Finally, the third step consisted in reestablishing anterior guidance.^{5,6} The study models were mounted using a facial arch and an interocclusal registration in centric relation (*Figure 2C*). Subsequently, the diagnostic wax-up was performed establishing a VDO with the available space. A mock-up was made with a polyvinylsiloxane key taken from the diagnostic wax-up and bis acrylic resin material to evaluate the occlusal plane, incisal plane, esthetics and phonetics (*Figure 1D*).

Once the patient agreed to treatment after analyzing the mock-up, the teeth were prepped to receive future restorations. It was decided to make complete lithium disilicate crowns in the upper anterior teeth. No grinding was performed on the palatal side since only the lost structure was restored with ceramic. On the labial side and on the incisal edge a 0.8 mm deep preparation was performed; 0.5 mm was carved in the middle third and 0.3 mm in the incisal third of the crowns. These preparations were performed on a mock-up previously seated on the intact teeth to evaluate the final volume of the restoration and to calibrate the minimum tooth reduction. In the premolars and molars area of the upper arch, preparations for Vonlay-type restorations were made. These preparations were designed to cover the buccal and occlusal surface while keeping the interproximal contact point intact. Since the VDO was increased by 3 mm in the anterior region and 1.4 mm in the posterior, the removal of tooth structure in the occlusal facet was limited to 0.1 mm in the second molar. In the premolar area, there was no need to make a preparation. In general, in the upper jaw, conservative preparations were made to make full coverage restorations due to the amount of space and the short length of the teeth.

In the upper anterior teeth, it was possible to preserve the greatest amount of remaining enamel. The finishing line was positioned at the gingival level to optimize esthetic results and where not required; it was

placed at the supragingival level. Incisal edges were made with resin on the mandibular incisors with the help of a silicone matrix according to the VDO established in the wax-up. For the Vonlays preparations, a 2 mm occlusal wear with a cusp inclination of 45° was made with a labial veneer preparation extending from the mesio-labial angle line to the disto-labial angle line. The temporaries were fabricated using the VDO established with the modified indirect technique and then relined directly in the mouth and cemented with temporary cement. Patient comfort, phonetics, dental esthetics, and physical appearance were evaluated; and after one month the final impression was taken. A double retraction cord was placed in the sulcus for the final impression which was taken with addition silicone (Imprint light ESPE 3M) and an individually made light-cured methyl methacrylate resin laminate impression tray and tray adhesive. Before taking the impression, the tooth surfaces were cleaned with pumice and a silicone cup to remove any provisional cement or plaque residue. After that, the impression was taken with the one-step double-mix technique using a heavy consistency material (3M Imprint II) and a light consistency material (3M Imprint II).

Subsequently, an interocclusal record was taken with a self-curing acrylic resin material (Pattern Resin LS, GC) in centric relation and in the established VDO, faithfully copying the tooth surfaces for proper repositioning. Type IV plaster was used for the working models. The alveolar model was used for the fabrication of the restorations in the laboratory in order to obtain a better registration of the soft tissues and thus prevent over contouring and achieve an adequate emergence profile. The restorations were made of lithium disilicate due to the optimum esthetic and physical properties of this material, using the waxing and pressing technique with IPS e.max MT. Monolithic crowns were fabricated with the staining technique. Once the upper restorations had been fabricated, they were adhesively cemented using the Pascal Magne technique. Before cementing the ceramic pieces, they should be meticulously tested in the mouth. After removing the temporary, the dental surfaces were cleaned with a silicone cup and a slightly abrasive paste using a rubber dam for isolation.

For the conditioning of the restorations, 5% hydrofluoric acid was placed on the internal part for 20 seconds, the restorations were washed and placed in distilled water under ultrasound for 5 minutes and silane was applied. A layer of adhesive resin was applied followed by a soft and tenuous air flow and proceeded to be placed slowly following the insertion axis of the tooth with digital pressure. The

excess was removed with a brush and polymerized for 60 seconds. A glycerin gel was applied, and light cured again. The occlusion was checked, and the posterior impression was taken with the same impression technique and materials. The restorations were fabricated in the same way and bonded with the same protocol (Figure 2 A-B). For the lower anterior area, incisal edges were placed with composite resin, fabricated with absolute isolation, and a silicone key based on the wax-up, thus preserving the tooth structure as much as possible (Figure 2 C-D). By minimally invasive grinding and only providing the necessary space for the restorative material, good esthetic and functional results were obtained, preserving the dental tissue without increasing the patient's VDO too much (Figure 3 A-B).

DISCUSSION

Dental erosion is a common oral condition, and it is becoming increasingly present in recent decades. Gastroesophageal reflux disease (GERD) is a condition in which there is an involuntary passage of gastric contents into the esophagus leading to symptoms such as heartburn, chest pain, pyrosis, hoarseness, asthma, sore throat, and dental erosion.⁷ Early detection and intervention is recommended to prevent extensive damage to the dentition. Reports suggest that the high incidence of GERD in middle-aged men is attributed to work and personal stress, dietary habits, and family history. The dentist may be the first professional to suspect GERD due to dental erosion.⁸

Extrinsic erosion is routinely observed on the labial surfaces of upper anterior teeth, while intrinsic erosion lesions often occur on the palatal surface of anterior teeth.⁸ On smooth surfaces, erosive lesions occur coronal to the cemento-enamel junction often leaving an intact cervical margin. Lesions are shallow and may affect the entire tooth surface.⁹ A thorough examination of the teeth should be made. Diagnosis is often made by visual inspection and observations for any opaque tooth surfaces, flattened enamel structures, development of distinct defects, hollowed cusps, flattening of tooth morphology making restorations more prominent, loss of occlusal contacts and decreased crown height.⁹ The evaluation of dental wear is subjective, this particular case was based on the Smith and Knight index where severe wear was evaluated with a loss of dental structure of approximately 2 mm. Considering the age of the patient and his needs, a conservative and additive restorative treatment was performed; we tried to leave

intact as much healthy tissue as possible.¹⁰ Smith and Knight developed a tooth wear index, a system by which the four surfaces (labial, cervical, lingual, and occlusal-incisal) of all teeth are scored for wear, regardless of how it occurred; if in doubt, the lowest score is awarded. This index was the first designed to measure and monitor multifactorial tooth wear.¹¹

Loss of the protective enamel covering of the teeth can lead to hypersensitivity, functional impairment, caries, as well as tooth fracture, particularly if there is associated bruxism.¹² Traditionally, full-mouth rehabilitation has been the recommended treatment for patients affected by severe generalized tooth erosion. However, a restorative concept comprising full crown coverage of almost all teeth and extensive root canal treatment may be too aggressive for this generally young patient population. With improved and current adhesive techniques, the indications for crowns have decreased and a more conservative approach may be suggested to preserve tooth structure and postpone more invasive treatments until the patient is older.¹³ Using the three-step technique described above, the clinician can transform a complete oral rehabilitation into a single-quadrant rehabilitation for a more predictable outcome and improved function.⁶

CONCLUSION

Restorative therapy for dental erosion should be based on a minimally invasive approach. The three-step technique is a structured system to achieve full-mouth adhesive rehabilitation with the most predictable outcome, the least amount of tooth preparation, and the highest level of patient acceptance.

GERD has been associated with dental problems such as dental erosion, halitosis, mucosal pathology, and bruxism. Generally, patients with GERD report oral manifestations of the disease thus highlighting the importance of multidisciplinary treatment and follow-up of these patients.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Zero DT, Lussi A. Erosion--chemical and biological factors of importance to the dental practitioner. *Int Dent J.* 2005; 55 (4 Suppl 1): 285-290. doi: 10.1111/j.1875-595x.2005.tb00066.x
2. Ranjitar S, Kaidonis JA, Smales RJ. Gastroesophageal reflux disease and tooth erosion. *Int J Dent.* 2012;2012:479850. doi: 10.1155/2012/479850
3. Bartlett DW. The role of erosion in tooth wear: aetiology, prevention and management. *Int Dent J.* 2005;55(4 Suppl 1):277-84. doi: 10.1111/j.1875-595x.2005.tb00065.x
4. Godoy de Oliveira PT, Somacal DC, Júnior LHB, Spohr AM. Aesthetic rehabilitation in teeth with wear from bruxism

- and acid erosion. *Open Dent J.* 2018; 12: 486-493. doi: 10.2174/1874210601812010486
5. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 1. *Eur J Esthet Dent.* 2008; 3 (1): 30-44.
 6. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 3. *Eur J Esthet Dent.* 2008; 3 (3): 236-257.
 7. Sujatha S, Jalihal U, Devi Y, Rakesh N, Chauhan P, Sharma S. Oral pH in gastroesophageal reflux disease. *Indian J Gastroenterol.* 2016; 35 (3): 186-189. doi: 10.1007/s12664-016-0659-7.
 8. AlShahrani MT, Haralur SB, Alqarni M. Restorative rehabilitation of a patient with dental erosion. *Case Rep Dent.* 2017; 2017: 9517486. doi: 10.1155/2017/9517486.
 9. Ganss C, Schlueter N. Diagnosis of dental erosion. *Clin Dent Rev.* 2017; 1 (1): 1-5. doi: 10.1007/s41894-017-0012-2.
 10. Smith BG, Knight JK. An index for measuring the wear of teeth. *Br Dent J.* 1984; 156 (12): 435-438. doi: 10.1038/sj.bdj.4805394.
 11. López-Frías FJ, Castellanos-Cosano L, Martín-González J, Llamas-Carreras JM, Segura-Egea JJ. Clinical measurement of tooth wear: tooth wear indices. *J Clin Exp Dent.* 2012; 4 (1): e48-53. doi: 10.4317/jced.50592.
 12. Burgess J. Dental erosion, GERD, and salivary stimulation. *J Oral Dent Health.* 2018; 2 (1): 2-5.
 13. Vailati F, Belser UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 2. *Eur J Esthet Dent.* 2008; 3 (2): 128-146.

Correspondencia / Correspondence:

Andréa Dolores Correia Miranda Valdivia DDS, MSc, PhD

E-mail: andrea.correia@edu.uag.mx



Colocación de implante en zona estética y regeneración de tejidos blandos utilizando técnica «VISTA»

Alejandro Darío Ramírez Rodríguez,* Jorge Armando Gómez Chávez,[§] Jacqueline Adelina Rodríguez-Chávez,[¶] Karina Magaña Curiel,[¶] Ricardo Curiel González,[¶] Daniel Eduardo Bayardo González[¶]

* Egresado.

[§] Alumno.

[¶] Profesor.

Especialidad de Prostodoncia. Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales.
Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara.

RESUMEN

Introducción: los implantes dentales son un tratamiento alternativo para la fijación de prótesis en situaciones de edentulismo parcial o total. Los requisitos más importantes en la colocación de un implante dental son la cantidad, calidad de hueso y tejidos blandos en el sitio receptor. La técnica VISTA por sus siglas en inglés (*vestibular incisión subperiosteal tunnel access*) permite un aumento de volumen en sentido horizontal a partir de la regeneración de tejidos duros y blandos. **Objetivo:** presentar el tratamiento de una restauración implantosoportada en la región del diente 21, en la cual se realizaron injertos de tejido óseo y tejido conjuntivo para aumentar el volumen horizontal del reborde utilizando la técnica VISTA. **Reporte de caso:** paciente masculino de 42 años, motivo de consulta «he perdido un diente»; a la exploración intraoral se observó la ausencia del diente 21. Se le colocó un implante (Straumann, SLActive, \varnothing 3.3, longitud 12mm) y se le realizó injerto óseo (xenoinjerto de origen bovino (NuOss) y conjuntivo (membrana de colágena reabsorbible (RCM6) en la región vestibular utilizando la técnica VISTA para incrementar el volumen horizontal del reborde residual. La corona se realizó mediante un pilar Variobase a base de zirconia con porcelana vestibular estratificada. Se consiguió un aumento de reborde en sentido horizontal (2 mm), una estabilidad de los tejidos de soporte duros y blandos alrededor del implante, logrando una restauración estética, biológica y funcionalmente adecuada. **Conclusión:** la técnica *vista* propone un enfoque prometedor para el tratamiento de sitios implantarios con tejidos duros y blandos insuficientes para la cobertura total de la superficie del implante.

Palabras clave: VISTA, implante dental, regeneración de tejidos, defecto óseo, injerto autólogo, xenoinjerto.

INTRODUCCIÓN

Los implantes dentales son una alternativa de tratamiento para realizar prótesis en situaciones de edentulismo parcial o total. Se han identificado varios factores críticos que permiten la supervivencia a largo plazo de los implantes dentales; uno de los requisitos más importantes es cantidad, calidad de hueso y tejidos blandos en el sitio receptor, para permitir una osteointegración adecuada. En un inicio éstos se colocaban en áreas donde existiera hueso suficiente para alojar la totalidad de la porción intraósea del implante. Con el paso del tiempo los implantes se comenzaron a colocar en posiciones previamente planificadas con base al posicionamiento de la restauración final, mejorando así los resultados estéticos y funcionales.¹

La región anterior del maxilar es muy delgada y tiende a reabsorberse posterior a la extracción dental.² Es difícil lograr el éxito del implante en la zona estética si no mejoramos esas condiciones, utilizando técnicas de regeneración de tejidos, ya que existen múltiples problemas estéticos para estos pacientes, incluida la pérdida de papila, una línea irregular del margen gingival, longitudes aumentadas de las prótesis soportadas por los implantes, mayor predisposición a periimplantitis, etcétera.³ Zucchelli y colaboradores⁴ concluyeron que la regeneración del soporte periodontal y periimplantario con distintos materiales logra mejoras clínicas significativas a largo plazo en el tratamiento de los defectos óseos; además, se ha demostrado que los injertos de tejido conjuntivo autó-

Recibido: Noviembre 2020. Aceptado: Junio 2021.

Citar como: Ramírez RAD, Gómez CJA, Rodríguez-Chávez JA, Magaña CK, Curiel GR, Bayardo GDE. Colocación de implante en zona estética y regeneración de tejidos blandos utilizando técnica «VISTA». Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 87-98.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

logo proporcionan la mayor predictibilidad para lograr una cobertura completa de las raíces y los sitios de implantes dentales.^{2,4} Aunque todos los enfoques de regeneración de tejidos que se han propuesto muestran ganancia de nivel de inserción clínica, ninguna técnica ha demostrado la capacidad de resolver todas las deficiencias de los tejidos. Por lo tanto, es necesario elegir una estrategia regenerativa para tratar un defecto en específico.⁵

Se han propuesto y probado diferentes enfoques quirúrgicos, como el colgajo coronalmente desplazado, el colgajo giratorio lateral, el colgajo semilunar, la técnica de túnel o el acceso de túnel subperióstico con incisión vestibular (VISTA, por sus siglas en inglés). La técnica VISTA permite un aumento de volumen en sentido horizontal y reposiciona coronalmente los márgenes gingivales de todos los dientes e implantes involucrados, a partir de la regeneración de tejidos



Figura 1: Fotografías extraorales iniciales. **A)** Fotografías laterales y frontal. **B)** Análisis de perfil facial (perfil, ángulo nasolabial, línea E). **C)** Análisis de tercios faciales.

Initial extraoral photographs. A) Lateral and frontal photographs. B) Facial profile analysis (profile, nasolabial angle, E-line). C) Analysis of facial thirds.



Figura 2:

Fotografías intraorales iniciales.

Initial intraoral photographs.

duros y blandos, permitiendo la preservación de las papilas interdetales debido a su acceso mínimamente invasivo.⁶⁻¹⁰

A continuación, se presenta un caso clínico donde se abordó la reconstrucción de tejidos blandos con la técnica VISTA durante la colación de un implante en la zona estética.

REPORTE DE CASO CLÍNICO

Paciente masculino de 42 años, con motivo de consulta: «he perdido un diente». Presenta un historial médico de hipertensión arterial con evolución de seis años, bajo tratamiento con enalapril de 10 mg cada 12 horas. A la exploración extraoral presenta un biotipo facial mesocefálico, un perfil facial recto de 178°, ángulo naso-labial de 104° y no presenta asimetrías faciales destacables de acuerdo a lo mencionado por Fradeani (*Figura 1A-C*).¹¹

A la exploración intraoral se observan lesiones cariosas incipientes en las caras oclusales de los dientes 14, 15, 24, 25, 26, 34, 35 y 44; pigmentaciones marrones en caras oclusales compatibles con caries de esmalte en molares 16, 17, 18, 28 y 47; pigmentación marrón con cavitación en la zona cervical de la cara vestibular del molar 38 compatible con caries en dentina; fragmentos radiculares en la zona del molar 27; restauraciones metálicas compatibles con amalgama en las caras oclusales de los



Figura 3: Ortopantomografía.

Orthopantomography.

molares 37, 38, 46 y 48; presencia de placa y cálculo generalizada; inflamación gingival generalizada; ausencia del molar 36; prótesis parcial fija provisional adherida con alambre de ortodoncia en la región del diente 21, en esta zona podemos observar un defecto de Seibert clase III y Benic y Hämmerle clase III, como menciona Benic y Hämmerle, y Seibert (*Figura 2*).^{1,12}

En el análisis de la ortopantomografía podemos observar la ausencia dental de 21 y 36, corroboramos la presencia de los fragmentos radiculares del 27 y restauración desajustada en el 38 (*Figura 3*). En el análisis de los modelos de estudio montados en articulador semiajustable podemos identificar que existe

una discrepancia entre el registro de relación céntrica y máxima intercuspidad (Figura 4A-B).

El objetivo del tratamiento fue realizar una restauración implantosoportada en la región del diente 21 haciendo un manejo de tejidos adecuado para incrementar el volumen del reborde en sentido horizontal y conseguir una restauración con resultados estéticos aceptables además de lograr un mejor pronóstico a largo plazo. Se colocó una prótesis implanto-soportada en el área del diente 21 y se colocó un injerto de tejido conjuntivo y óseo en la región vestibular de esta misma zona para obtener un incremento en volumen horizontal del reborde residual.

Se realizó fase I periodontal y protésica, eliminando factores de riesgo (caries restauraciones defectuosas, placa y cálculo), dando instrucciones de higiene oral. Se indicó una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) (Figura 5A) con la implementación de una guía tomográfica elaborada a partir de un encerado de diagnóstico (Figura 5B) para observar las dimensiones de la cresta residual (Figura 5C) y optar por un implante con dimensiones ideales, además se observan cuáles son las zonas de riesgo que pueden presentar una posible fenestración del implante para tratarlas adecuadamente. En la Figura 6A podemos observar la situación inicial a rehabilitar. Posteriormente se procedió a la colocación del implante del diente 21 (Straumann, SLActive, \varnothing 3.3, longitud 12 mm) utilizando una guía restrictiva (Figura 6B) para el posicionamiento tridimensional correcto en relación a la dimensión protésica y la presencia de tejido óseo; se comenzó con la secuencia de fresado del lecho receptor (Figura 6C-F) y se colocó el implante logrando una estabilidad primaria de 35 Ncm² (Figura 6G-I), al final se comprobó la posición mesiodistal del implante con la toma de una radiografía dentoalveolar (Figura 6J).

Posterior a la colocación del implante, se optó por realizar un injerto de tejido conjuntivo y óseo, preparando el lecho receptor con técnica de tunelización VISTA por ser una técnica mínimamente invasiva, evitando la elevación de colgajo y preservando el aporte sanguíneo para evitar el colapso del tejido óseo y la pérdida de la papila interdental, brindando mayor comodidad en el postoperatorio del paciente. Se realizó una incisión vertical adyacente al frenillo vestibular (Figura 7A-C), por medio de túnel se realizó la regeneración ósea guiada, utilizando injerto de tejido conjuntivo (Figura 7D-E), el lecho donante fue la zona retromolar del maxilar, distal al molar 17, se colocó xenoinjerto (NuOss) (Figura 7F-G), además de membrana de colágena reabsorbible (RCM6) y se suturó con hilo de catgut 5-0 (Figura 7H) y se procedió a colocar prótesis provisional adherida con alambre de ortodoncia a los dientes adyacentes (Figura 7I). En la Figura 7J podemos observar la imagen previa a la cirugía; a los tres meses de cicatrización, se obtuvo un aumento en la altura del margen gingival que contornea al diente 21, alrededor de 0.5 mm (Figura 7K).

Después de cinco meses, se realizó la carga del implante con un provisional atornillado de resina acrílica, con el cual se conformaron los perfiles crítico y subcrítico durante tres meses; posterior al manejo de tejidos blandos, se tomó una impresión de polivinilsiloxano, copiando el perfil de emergencia de la prótesis provisional, para elaborar una restauración final cemento atornillada sobre pilar Variobase Standard (Straumann) con el mismo perfil de emergencia, ésta se elaboró a base de zirconia con cobertura vestibular de porcelana feldespática; además, se realizó la extracción del molar 18, se restauraron con resinas compuestas los dientes



Figura 4:

A-B) Fotografías de modelos de estudio.

A-B) Photographs of study models.

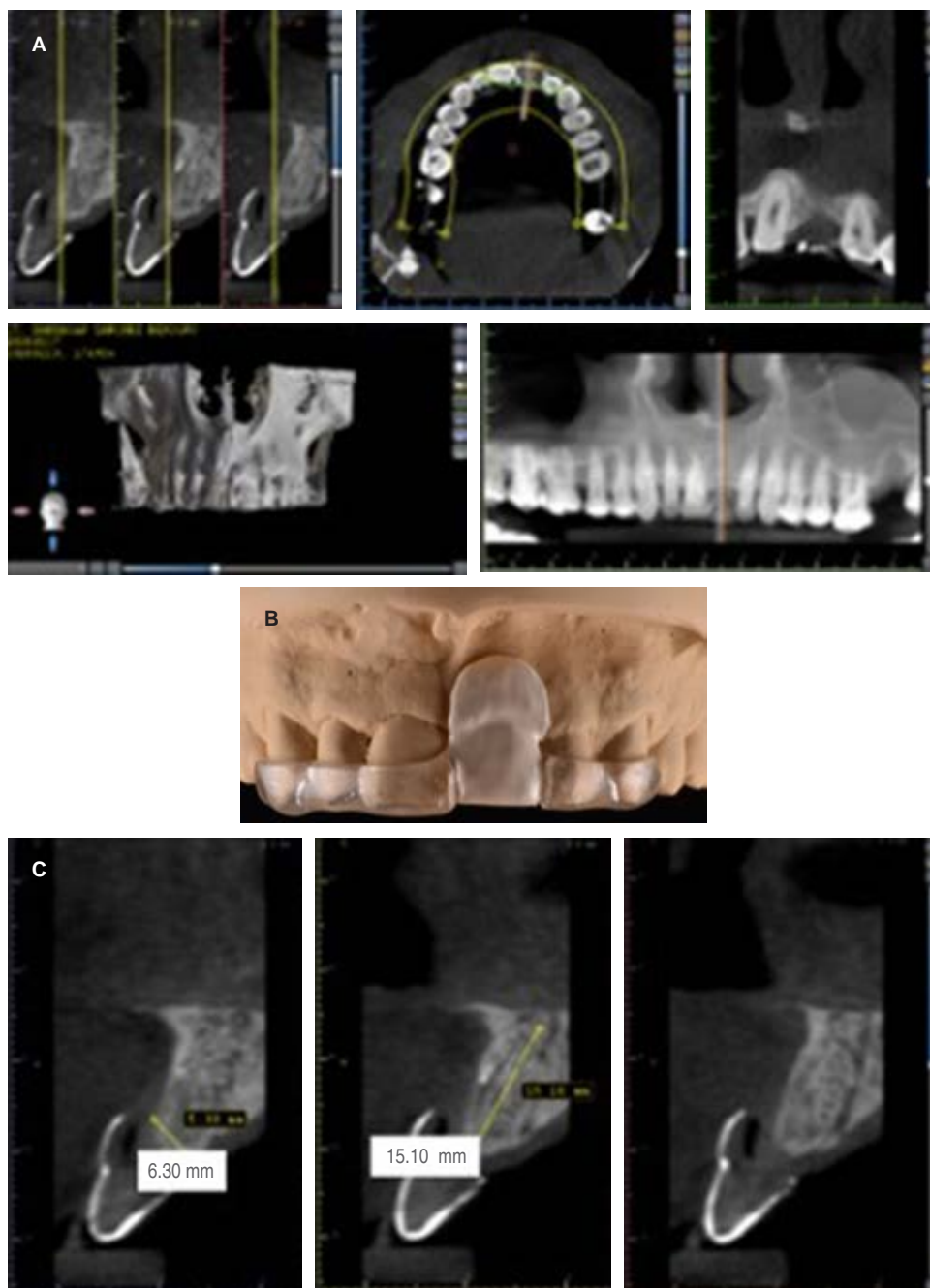


Figura 5:

Diagnóstico de tomografía computarizada de haz cónico. **A)** Análisis general de tomografía. **B)** Guía tomográfica de acrílico autocurado con elemento de contraste en zona de planeación de la restauración en zona de la pieza dental #21. **C)** Análisis de dimensiones de la cresta residual en la zona de la pieza dental #21 en la que se colocara el implante (6.30 mm en sentido vestibulo-palatal/15 mm en sentido inciso-apical).

*Diagnostic cone beam computed tomography. **A)** General analysis of tomography. **B)** Self-curing acrylic tomographic guide with contrast element in the restoration planning area in the zone of tooth #21. **C)** Dimensional analysis of the residual ridge in the area of tooth #21 where the implant will be placed (6.30 mm in labial-palatal direction / 15.10 mm in inciso-apical direction).*

www.medigraphic.org.mx

17, 16, 13, 11, 23, 33, 43 y 47, en el molar 47 se colocó una restauración indirecta de disilicato de litio y se rehabilitó la zona edéntula del molar 36 con implante y corona metal cerámica atornillada (Figura 8).

Se consiguió una restauración estética, biológica y funcional, además de un aumento del reborde en sentido horizontal (2 mm) (Figura 7J), el cual ofrece una mejor estabilidad en los tejidos de soporte del implan-

te y una mimetización de la restauración implantosoportada con el resto de la boca (Figura 8).

DISCUSIÓN

En este caso clínico describimos el abordaje quirúrgico del tratamiento realizado en el reborde residual de la región de incisivo central superior con un defecto de Seibert clase III, posterior a la coloca-

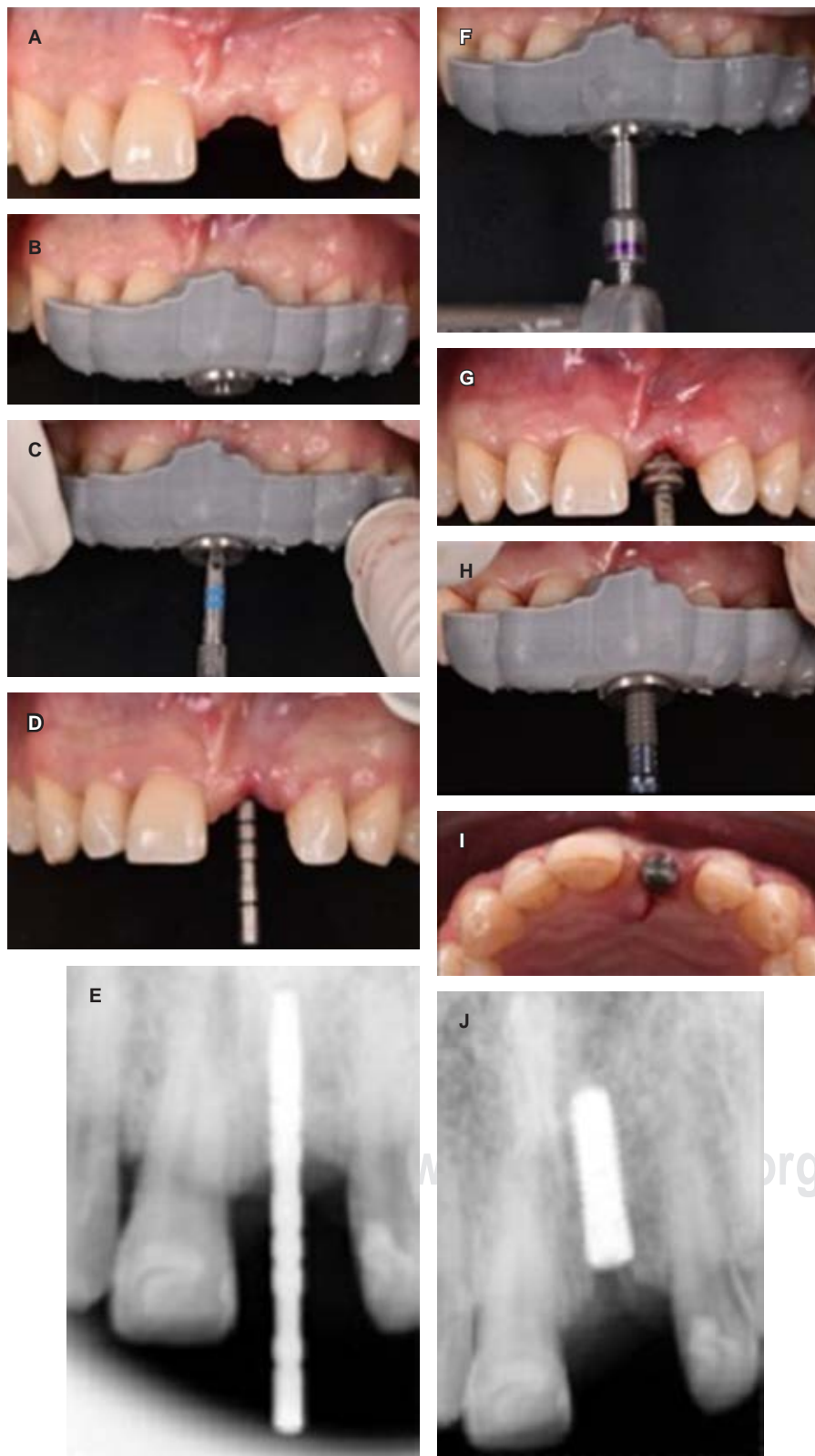


Figura 6:

Protocolo de cirugía guiada para colocación de implante con guía restrictiva. **A)** Fotografía previa a la intervención. **B)** Guía quirúrgica restrictiva posicionada. **C)** Inicio del protocolo de fresado con fresa de aguja de 1.6 mm de diámetro. **D)** Colocación de poste para análisis paralelismo. **E)** Radiografía dentoalveolar para análisis de paralelismo del inicio de fresado. **F)** Última fresa de protocolo de fresado del lecho quirúrgico. **G)** Colocación de medidor de profundidad con indicador de distancia. **H)** Roscado del implante (Straumann, SLActive, \varnothing 3.3, longitud 12 mm). **I)** Colocación de tornillo de cicatrización. **J)** Radiografía de posición final del implante.

Guided surgery protocol for implant placement with restrictive guide.

A) Preoperative photograph. **B)** Positioned restrictive surgical guide.

C) Start of drilling protocol with a 1.6 mm diameter needle drill. **D)** Post placement for parallelism analysis.

E) Dentoalveolar radiograph for parallelism analysis at the beginning of the drilling protocol. **F)** Last drill of the surgical site drilling protocol.

G) Placement of depth gauge with the distance indicator.

H) Threading of the implant (Straumann, SLActive, \varnothing 3.3, length 12 mm).

I) Healing screw placement.

J) X-ray of the final position of the implant.

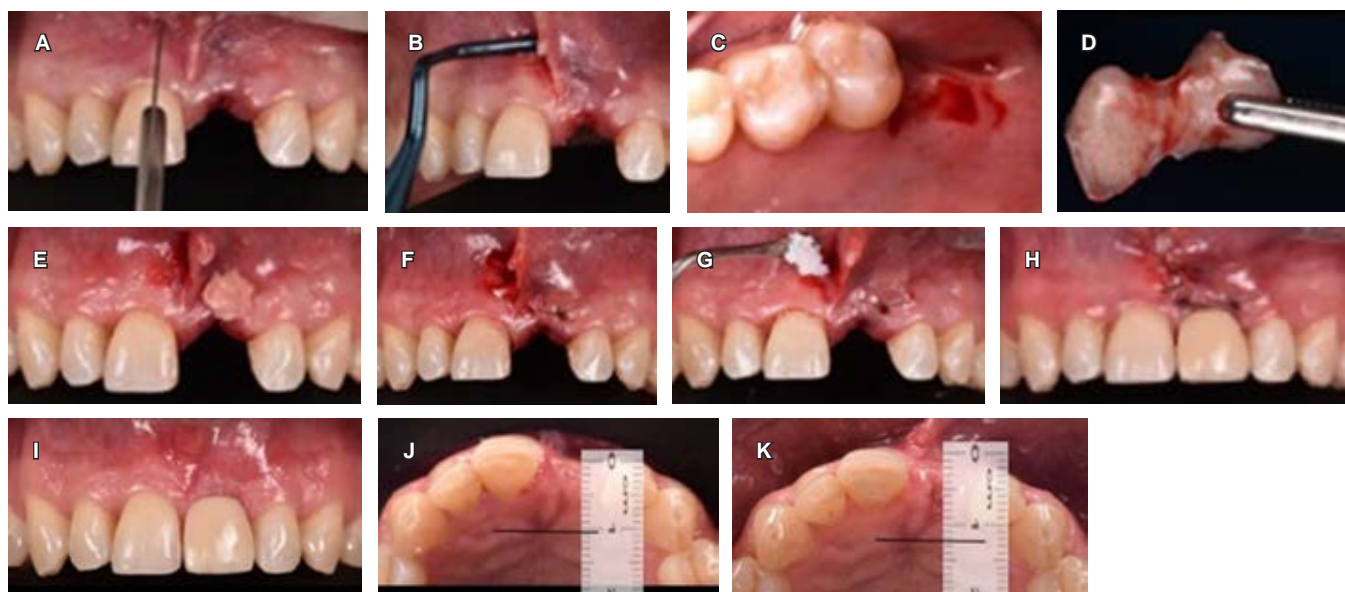


Figura 7: Protocolo de técnica VISTA para la colocación del injerto de tejido conectivo y óseo. **A)** Incisión paralela al frenillo. **B)** Debridación para realizar tunelización. **C)** Lecho donador (zona retromolar distal a pieza dental #27). **D)** Injerto de tejido conectivo. **E)** Inserción del tejido conectivo en lecho receptor. **F)** Fijación del injerto con sutura vestibular y colocación de membrana de colágena reabsorbible (RCM6). **G)** Colocación del xenoinjerto óseo de origen bovino NuOss. **H)** Sutura simple de catgut. **I)** Cicatrización posterior a tres meses de colocación. **J)** Sitio previo al acto quirúrgico. **K)** Sitio tres meses posteriores al acto quirúrgico.

VISTA protocol for placement of connective tissue and bone graft. A) Incision parallel to the frenulum. B) Debridement for tunneling. C) Donor site (retromolar area distal to tooth #27). D) Connective tissue grafting. E) Insertion of the connective tissue in the recipient site. F) Graft fixation with suture on the labial aspect and placement of resorbable collagen membrane (RCM6). G) Placement of the NuOss bovine bone xenograft. H) Simple catgut suture. I) Healing after 3 months of placement. J) Site prior to surgery. K) Site 3 months after the surgical procedure.

ción tardía (cuatro meses) de un implante dental sin elevación de colgajo a partir de una guía quirúrgica restrictiva. En una revisión sistemática elaborada por Gargallo y colaboradores,¹³ la utilización de una guía restrictiva y cirugía sin elevación del colgajo demostró mayor precisión en comparación con la técnica a mano alzada; sin embargo, es primordial que el reborde residual en el que se está trabajando cuente con las dimensiones ideales para albergar el implante o, en su defecto, tener contemplada la colocación de un injerto de tejido óseo adicional para cubrir la superficie de éste, también debe contar con una banda suficiente de encía queratinizada para que ésta no se pierda en su totalidad al momento de realizar la incisión en «punch» (sacabocado), para la preparación del lecho quirúrgico como lo menciona Yadav y asociados.¹⁴

Grunder¹⁵ realizó un estudio *in vivo* en 24 pacientes, en el cual demostró que el injerto de tejido conjuntivo, durante colocación inmediata del implante en sector anterior del maxilar superior, puede aumentar

la dimensión horizontal del tejido blando en 1 mm, en comparación con un grupo de control al cual no se le realizó injerto. En el presente caso clínico coincidimos que el injerto conjuntivo consigue un aumento de 2 mm de volumen en sentido horizontal en la zona del implante; sin embargo, no se realizó el procedimiento de la misma manera que el equipo de Grunder, ya que en su estudio realizaron la colocación del implante inmediato a la extracción de los dientes. Utilizamos tejido conjuntivo autólogo extraído de la región de la tuberosidad del maxilar, debido a que este tratamiento establecido para la cobertura general de la raíces dentales y superficies de implantes, ofrece estabilidad a largo plazo y ha sido estudiado con anterioridad por diversos autores.^{3,4,15,16} Los inconvenientes de realizar un injerto autólogo de tejido conjuntivo generalmente involucran incomodidad al paciente y morbilidad del tejido, debido a la extracción de tejido de un segundo sitio quirúrgico. Sin embargo, se tomó esta decisión, ya que estudios previos mostraron que la matriz dérmica acelular utilizada,

con la misma finalidad que el tejido conjuntivo, puede reducirse significativamente con el tiempo.¹⁷ Inmediatamente después de la cirugía, detectamos un aumento de 1 mm en la dimensión horizontal del tejido blando. Durante la fase de cicatrización, se obtuvo un aumento en la altura del margen gingival que contournea el diente 21 (alrededor de 0.5 mm). Zucchelli y colaboradores¹⁸ evaluaron la cobertura de recesión alrededor de las restauraciones unitarias en zona estética soportadas por implantes a cinco años de seguimiento después de un colgajo coronario avanzado convencional en combinación con un injerto de tejido conjuntivo.

Con relación al abordaje para el injerto de tejidos, seleccionamos la técnica VISTA inmediata a la colocación del implante, que se había utilizado originalmente para el tratamiento de la recesión de la raíz, debido a que esta técnica presenta varias ventajas sobre un enfoque de elevación completa de colgajo mucoperióstico, evita la exposición del tejido óseo, previene la pérdida del aporte sanguíneo suministrado por el periostio.^{6,19,20} Lee y su equipo¹⁰ utilizaron la técnica VISTA para la regeneración de tejidos en sentido horizontal en un implante, el cual habían colocado seis meses posteriores a la colocación del injerto óseo, y observaron un incremento en el grosor

del tejido periimplantario (> 3 mm); concluyen que la técnica VISTA parece ser un método prometedor para mejorar las dimensiones de los tejidos blandos alrededor de la restauración compatible con implantes en el maxilar anterior.

CONCLUSIONES

La técnica VISTA propone un enfoque prometedor para el tratamiento de sitios implantados con tejidos duros y blandos insuficientes, en caso de defectos clase III de Benic y Hämmerle para la cobertura total de la superficie del implante, en el cual se realiza un abordaje libre de elevación de colgajo, resultando en menos reabsorción ósea y conservación de la papila dental.

Se necesitan más estudios prospectivos a largo plazo que evalúen los alcances y limitaciones de la aplicación de esta técnica en sitios con implantes dentales.

Es necesaria la evaluación mediante CBCT previa a la intervención quirúrgica, debido a que es de vital importancia conocer cuáles son las dimensiones del lecho quirúrgico. Se recomienda una segunda toma de CBCT posterior al acto quirúrgico para evaluar la cobertura completa de la superficie del implante.



Figura 8:

Fotografías intraorales y extraorales finales.

Final intraoral and extraoral photographs.

Clinical case

Implant placement in aesthetic zone and guide tissue regeneration using «VISTA» technique

Alejandro Darío Ramírez Rodríguez,*
 Jorge Armando Gómez Chávez,†
 Jacqueline Adelina Rodríguez-Chávez,§
 Karina Magaña Curiel,§ Ricardo Curiel González,§
 Daniel Eduardo Bayardo González§

* Egresado.

† Alumno.

§ Profesor.

Especialidad de Prosthodontia. Departamento de Clínicas Odontológicas Integrales. Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara.

ABSTRACT

Introduction: dental implants are an alternative treatment for prosthetic fixation in situations of partial or total edentulism. The most important requirements for dental implant placement are the quantity and quality of bone and soft tissues at the recipient site. The VISTA technique (*vestibular incision subperiosteal tunnel access*) allows a volume increase in a horizontal direction from the regeneration of hard and soft tissues. **Objective:** to present the treatment of an implant-supported restoration in the region of tooth 21, in which bone and connective tissue grafts were performed to increase the horizontal volume of the ridge using the VISTA technique. **Case report:** 42-year-old male patient; reason for consultation was: «I have lost a tooth»; upon intraoral examination, the absence of tooth 21 was observed. An implant (Straumann, SLActive, \varnothing 3.3, length 12 mm) was placed. Bone (bovine xenograft (NuOss) and connective tissue grafting (resorbable collagen membrane (RCM6) were performed in the vestibular region using the VISTA technique to increase the horizontal volume of the residual ridge. The crown was made using a zirconia-based Variobase abutment with layered vestibular porcelain. An increase of the horizontal ridge (2 mm), stability of the hard and soft supporting tissues around the implant, and an esthetic, biological, and functionally adequate restoration were achieved. **Conclusion:** the VISTA technique is a promising approach for the treatment of implant sites with insufficient hard and soft tissues for full coverage of the implant surface.

Keywords: VISTA, dental implant, tissue regeneration, bone defect, autologous graft, xenograft.

INTRODUCTION

Dental implants are a treatment alternative for prostheses in situations of partial or total edentulism. Several critical factors have been identified that favor the long-term survival of dental implants; one of the most important requirements is the quantity and quality of bone and soft tissues in the receptor site, to allow adequate osseointegration. Initially, implants

were placed in areas where there was enough bone to accommodate the entire intraosseous portion of the implant. With the passage of time, they began to be placed in previously planned positions based on the positioning of the final restoration, thus improving esthetic and functional results.¹

The anterior region of the maxilla is very thin and tends to be reabsorbed after tooth extraction.² It is difficult to achieve implant success in the esthetic zone if we do not improve these conditions using tissue regeneration techniques regarding there are multiple esthetic problems for these patients, including loss of papilla, irregular gingival margin line, increased lengths of implant-supported prostheses, more predisposition for peri-implantitis, etcetera.³ Zucchelli et al.⁴ concluded in their study that periodontal and peri-implant support regeneration with different materials achieves significant long-term clinical improvements in the treatment of bone defects. Furthermore, autologous connective tissue grafts have been shown to provide the most predictability in gaining complete coverage of roots and dental implant sites.^{2,4} Although all tissue regeneration approaches that have been suggested show clinical attachment level gain, no single technique has demonstrated the ability to resolve all tissue deficiencies. Therefore, it is necessary to choose a regenerative strategy to treat a specific defect.⁵

Different surgical approaches have been proposed and tested, such as the coronally advanced flap, the lateral sliding flap, the semilunar flap, the tunnel technique, or the vestibular incision subperiosteal tunnel access «VISTA». The VISTA technique permits a horizontal volume increase and coronally repositions the gingival margins of all teeth and implants involved, from hard and soft tissue regeneration thus preserving the interdental papillae due to its minimally invasive access.⁶⁻¹⁰

A clinical case is hereby presented, where the reconstruction of soft tissues with the VISTA technique was performed during the placement of an implant in the esthetic zone.

CLINICAL CASE REPORT

Male patient, 42 years old, with the reason for consultation «I have lost a tooth». He presents a medical history of arterial hypertension with an evolution of 6 years, under treatment with enalapril 10mg every 12 hours. The extraoral examination showed a mesocephalic facial biotype, a straight facial profile of 178°, a naso-labial angle of 104° and no remarkable facial asymmetries (*Figure 1A-C*) according to Fradeani.¹¹

Intraoral examination showed incipient carious lesions in the occlusal surfaces of teeth 14, 15, 24, 25, 26, 34, 35, and 44; brown pigmentation in occlusal surfaces compatible with enamel caries in molars 16, 17, 18, 28, and 47; brown pigmentation with cavitation in the cervical area of the buccal surface of molar 38 compatible with caries in dentin; root fragments in the area of molar 27; dental amalgams in the occlusal faces of molars 37, 38, 46 and 48; plaque and generalized calculus; generalized gingival inflammation; absence of molar 36; a provisional fixed partial prosthesis adhered with orthodontic wire in the region of tooth 21. In this area, we observed a Seibert class III defect and a Benic and Hämmerle class III as mentioned by Benic and Hämmerle, and Seibert^{1,12} (Figure 2).

The orthopantomography analysis confirmed the absence of teeth 21 and 36 as well as the presence of root fragments of molar 27 and a defective restoration in 38 (Figure 3). The study models analysis, mounted in a semi-adjustable articulator, revealed a discrepancy between centric relation and maximum intercuspation records (Figure 4A-B).

The treatment objective was to perform an implant-supported restoration in the region of tooth 21 with adequate tissue management to increase the volume of the ridge horizontally and achieve a restoration with acceptable esthetic results and hence, a better long-term prognosis. An implant-supported prosthesis was placed in the area of tooth 21 along with connective tissue and bone graft in the labial region of this same area to obtain an increase in the horizontal volume of the residual ridge.

Periodontal and prosthetic phase I was performed, eliminating risk factors (caries, defective restorations, plaque, and calculus) and giving oral hygiene instructions. A cone beam computed tomography (CBCT) was indicated (Figure 5A) with the implementation of a tomographic guide elaborated from a diagnostic wax-up (Figure 5B) to observe the dimensions of the residual ridge (Figure 5C) and to choose an implant with ideal dimensions. Risk areas that may present a possible fenestration of the implant were identified to treat them adequately. Figure 6A shows the initial situation to be rehabilitated. Subsequently, we proceeded to the implant placement of tooth 21 (Straumann, SLActive, \varnothing 3.3, length 12 mm) using a restrictive guide (Figure 6B) for correct three-dimensional positioning in relation to the prosthetic dimension and the presence of bone tissue. The drilling sequence of the receptor site was started (Figure 6C-F) and the implant was inserted achieving primary stability of 35 Ncm² (Figure 6G-I). Finally,

the mesiodistal position of the implant was verified by taking a dentoalveolar radiograph (Figure 6J).

After implant placement, connective tissue and bone grafts were used to prepare the receptor site with the VISTA tunneling technique because it is a minimally invasive technique. It avoids flap elevation and preserves the blood supply to prevent bone tissue collapse and loss of the interdental papilla thus providing greater postoperative comfort for the patient. A vertical incision was made adjacent to the labial frenulum (Figure 7A-C); guided bone regeneration was performed through a tunnel, using connective tissue graft (Figure 7D-E). The donor site was the retromolar area of the maxilla, distal to molar 17; xenograft (NuOss) was placed (Figure 6F-G) in addition to resorbable collagen membrane (RCM6) and it was sutured with 5-0 catgut thread (Figure 7H). A provisional prosthesis was attached with orthodontic wire to the adjacent teeth (Figure 7I). Figure 7J depicts the pre-surgical situation; after 3 months of healing, an increase in height of the gingival margin that outlines tooth 21 was obtained, around 0.5 mm (Figure 7K).

After 5 months, the implant was loaded with a screw-retained acrylic resin temporary, by which the critical and subcritical profiles were formed for 3 months. After the soft tissue management, an impression with polyvinylsiloxane was taken copying the emergence profile of the temporary to fabricate a final cement- and screw-retained restoration on a Variobase Standard abutment (Straumann) with the same emergence profile. The final restoration was made with a zirconia base and vestibular coverage of feldspathic porcelain. Additionally, molar 18 was extracted; teeth 17, 16, 13, 11, 23, 33, 43, and 47 were restored with composite resins; in molar 47 an indirect restoration of lithium disilicate was placed and the edentulous area of molar 36 was rehabilitated with an implant and a screw-retained metal-ceramic crown (Figure 8).

An esthetic, biological and functional restoration was achieved, in addition to an increase in the horizontal ridge (2 mm) (Figure 7J) which offers better stability in the implant support tissues, and mimicry of the implant-supported restoration with the rest of the mouth (Figure 8).

DISCUSSION

In this clinical case, we described the surgical approach to the treatment of the residual ridge of the upper central incisor region with a Seibert class III defect, following the late placement (4 months) of a dental implant without flap elevation from a restrictive

surgical guide. In a systematic review by Gargallo et al.¹³ the use of a restrictive guide and surgery without flap elevation showed greater precision in comparison with the freehand technique. However, it is essential that the residual ridge has the ideal dimensions to receive the implant or, in the absence of this condition, the placement of an additional bone tissue graft should be contemplated. The residual ridge should also have a sufficient band of keratinized gingiva so that it is not lost entirely during the punch incision for the surgical site preparation as mentioned by Yadav et al.¹⁴

Grunder¹⁵ performed an in vivo study in 24 patients, in which he demonstrated that the connective tissue graft, during immediate placement of the implant in the anterior sector of the maxilla, may increase the horizontal dimension of the soft tissue by 1mm, in comparison with a control group to which no graft was performed. In the present clinical case, we agree that the connective tissue graft achieves an increase of 2 mm of volume horizontally in the implant area. However, the procedure was not performed in the same way as the Grunder team, since in their study they placed the implant immediately after the teeth extraction. We used autologous connective tissue extracted from the region of the maxillary tuberosity because this treatment is established for the general coverage of the dental roots and implant surfaces. It also offers long-term stability and has been previously reviewed by several authors.^{3,4,15,16} The disadvantages of performing an autologous connective tissue graft generally involve patient discomfort and tissue morbidity, due to the removal of tissue from a second surgical site. Nevertheless, we made this decision because previous studies showed that the acellular dermal matrix used for the same purpose as connective tissue may shrink significantly over time.¹⁷ Immediately after surgery, we detected a 1-mm increase in the horizontal dimension of the soft tissue. During the healing phase, we obtained an increase in the height of the gingival margin outlining tooth 21 (about 0.5 mm). Zucchelli et al.¹⁸ evaluated recession coverage around implant-supported esthetic zone single-tooth restorations at 5-year follow-up after a conventional advanced coronary flap in combination with a connective tissue graft.

Regarding the approach for tissue grafting, we selected the VISTA technique, which was originally used for root recession treatment, immediately after implant placement because this technique offers advantages over a complete mucoperiosteal flap elevation approach: it avoids the exposure of bone tissue and prevents the loss of blood supply provided by the periosteum.^{6,19,20} Lee et al.¹⁰ used the

VISTA technique for horizontal tissue regeneration on an implant that they had placed six months after bone graft and observed an increase in peri-implant tissue thickness (> 3 mm). They concluded that the VISTA technique appears to be a promising method for improving soft tissue dimensions around implant-supported restorations in the anterior maxilla.

CONCLUSIONS

The VISTA technique is a promising approach for the treatment of implant sites with insufficient hard and soft tissues. In Benic and Hämmerle class III defects for total coverage of the implant surface, in which a flap elevation-free approach is performed, it results in less bone resorption and better preservation of the dental papilla.

Further long-term prospective studies evaluating the scope and limitations of the application of this technique in sites with dental implants are needed.

It is necessary to evaluate CBCT before surgery because it is of utmost importance to know the dimensions of the surgical site. A second CBCT scan after surgery is recommended to evaluate the complete coverage of the implant surface.

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Benic GI, Hammerle CH. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontol 2000*. 2014; 66 (1): 13-40. doi: 10.1111/prd.12039.
2. Al-Sabbagh M. Implants in the esthetic zone. *Dent Clin North Am*. 2006; 50 (3): 391-407. doi: 10.1016/j.cden.2006.03.007.
3. Suzuki S, Morimoto T, Sato A, Igarashi H. *Indications for augmentation prior to/at implant placement*. In: Schoenbaum TR. Implants in the Aesthetic Zone. Switzerland: Springer; 2019. pp.49-80. doi: 10.1007/978-3-319-72601-4.
4. Zucchelli G, Tavelli L, McGuire MK, Rasperini G, Feinberg SE, Wang HL et al. Autogenous soft tissue grafting for periodontal and peri-implant plastic surgical reconstruction. *J Periodontol*. 2020; 91 (1): 9-16. doi: 10.1002/JPER.19-0350.
5. Cortellini P, Tonetti MS. Clinical concepts for regenerative therapy in intrabony defects. *Periodontol 2000*. 2015; 68 (1): 282-307. doi: 10.1111/prd.12048.
6. Zadeh HH. Minimally invasive treatment of maxillary anterior gingival recession defects by vestibular incision subperiosteal tunnel access and platelet-derived growth factor BB. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2011; 31 (6): 653-660.
7. Rodrigues S, Mitra D, Doctor A, Shah R, Shetty G, Vijaykar H. Periodontology: comparative evaluation of root coverage (vista technique) with PRF v/s collagen membrane. *Clin Dent*. 2018; 12 (1): 27-32.
8. Gil A, Bakhshalian N, Min S, Nart J, Zadeh H. Three-dimensional volumetric analysis of multiple gingival recession defects treated by the vestibular incision subperiosteal tunnel access (VISTA) procedure. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2019; 39 (5): 687-995. doi: 10.11607/prd.4313.
9. S RR, Kumar TA, Gowda TM, Mehta DS, Kumar A. Management of multiple gingival recessions with the vista technique: an

- 18-month clinical case series. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018; 38 (2): 245-251. doi: 10.11607/prd.2990.
10. Lee CT, Hamalian T, Schulze-Spate U. Minimally invasive treatment of soft tissue deficiency around an implant-supported restoration in the esthetic zone: Modified VISTA technique case report. *J Oral Implantol*. 2015; 41 (1): 71-76. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-13-00043.
 11. Fradeani M. Análisis estético: un acercamiento sistémico al tratamiento protésico. 2nd ed. Barcelona: Quintessence; 2006.
 12. Seibert J. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts. Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent (Lawrenceville)*. 1983; 4 (5): 437-453.
 13. Gargallo-Albiol J, Barootchi S, Salomó-Coll O, Wang HL. Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Ann Anat*. 2019; 225: 1-10. doi: 10.1016/j.aanat.2019.04.005.
 14. Yadav MK, Verma UP, Parikh H, Dixit M. Minimally invasive transgingival implant therapy: A literature review. *Natl J Maxillofac Surg*. 2018; 9 (2): 117-122. doi: 10.4103/njms.NJMS_52_17.
 15. Grunder U. Crestal ridge width changes when placing implants at the time of tooth extraction with and without soft tissue augmentation after a healing period of 6 months: report of 24 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2011; 31 (1): 9-17.
 16. Atieh MA, Alsabeeha NHM. Soft tissue changes after connective tissue grafts around immediately placed and restored dental implants in the esthetic zone: a systematic review and meta-analysis. *J Esthet Restor Dent*. 2020; 32 (3): 280-290. doi: 10.1111/jerd.12538.
 17. Kroiss S, Rathe F, Sader R, Weigl P, Schlee M. Acellular dermal matrix allograft versus autogenous connective tissue grafts for thickening soft tissue and covering multiple gingival recessions: A 5-year preference clinical study. *Quintessence Int*. 2019; 50 (4): 278-285. doi: 10.3290/j.qi.a42160.
 18. Zucchelli G, Felice P, Mazzotti C, Marzadori M, Mounssif I, Monaco C et al. 5-year outcomes after coverage of soft tissue dehiscence around single implants: a prospective cohort study. *Eur J Oral Implantol*. 2018; 11 (2): 215-224.
 19. Boucher CO. *Prostodoncia total de Boucher*. 10a ed. México: Inter Americana-McGraw Hill; 1994.
 20. Pawar B, Bhuse K, Shetty A. A fantastic approach for multiple recession coverage: vestibular incision subperiosteal tunnel access technique (Vista) -a case report. *IOSR J Dent Med Sci*. 2016; 15 (2): 52-56. doi: 10.9790/0853-15215256.

Correspondencia / Correspondence:

Daniel Eduardo Bayardo González

E-mail: daniel.bayardo@academicos.udg.mx



Proteoma salival: alcances y perspectivas para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal. Revisión de la literatura

Luis Alonso Flores-Reyna,* Miryam Martínez-Hernández[§]

* Alumno Especialidad en Periodoncia e Implantología.

[§] Laboratorio de Biointerfases. Facultad de Odontología.

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

Introducción: esta revisión de la literatura examina los cambios en el proteoma salival relacionados con la presencia de periodontitis que pueden ser utilizados para el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad, esto es posible debido a que la saliva total contiene una variedad de mediadores locales derivados de las respuestas microbianas y del huésped, así como marcadores sistémicos (plasma) que pueden ser útiles en el diagnóstico periodontal. **Objetivo:** documentar los cambios reportados en el proteoma salival asociados con la presencia de periodontitis con potencial para ser utilizados en el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad. **Material y métodos:** las bases de datos PubMed, SpringerLink, Google Académico, WILEY y ScienceDirect fueron consultadas utilizando los términos de búsqueda «salivary proteome AND salivary diagnosis; salivary protein profile AND periodontal disease AND periodontitis» con el fin de identificar publicaciones que reportaran cambios en el perfil proteico salival de sujetos diagnosticados con periodontitis. Se incluyeron artículos de revisión, artículos originales publicados en revistas indexadas y documentos de consenso en los idiomas inglés y español. **Resultados:** proteínas salivales como α -amilasa, cistatina-C y mucina-5B fueron reportadas como aumentadas por algunos autores, mientras que proteínas como cistatina-SN, lactoperoxidasa y mucina-7 fueron reportadas como disminuidas cuando se comparó el proteoma salival de sujetos sistémicamente sanos con periodontitis contra sujetos sin periodontitis. Estos resultados confirman la existencia de cambios en el proteoma salival asociados con la presencia de periodontitis. **Conclusiones:** los cambios en el proteoma salival asociados con la presencia de periodontitis identificados en la presente revisión de la literatura requieren ser investigados a mayor profundidad debido a su potencial para ser utilizados en el diagnóstico y monitoreo de la periodontitis.

Palabras clave: proteoma salival, diagnóstico periodontal, monitoreo periodontal, biomarcadores salivales, enfermedad periodontal.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades periodontales son un grupo de condiciones inflamatorias que afectan a los tejidos de soporte dentales —encía, ligamento periodontal, cemento radicular y hueso alveolar—, dentro de este grupo de condiciones encontramos a la gingivitis y la periodontitis.^{1,2} El desarrollo de la periodontitis está asociado con la presencia de una biopelícula dental disbiótica, la cual induce una desregulación de la respuesta inmune del hospedero;³ es dicha desregulación, aunada con factores hereditarios y ambientales⁴ como el tabaquismo, lo que finalmente conduce a la destrucción de los tejidos periodontales y la consiguiente pérdida dentaria.^{3,5} Se estima que 743 millones de personas padecen periodontitis, posicionándose como la sexta enfermedad más prevalente en el mundo y la tercera enfermedad oral más frecuente.⁶⁻⁸ El correcto diagnóstico de la periodontitis es crucial para lograr el éxito del tratamiento de la enfermedad; de forma general, se basa en la evaluación de parámetros clínicos de inflamación, como sangrado al sondeo (SS),⁴ profundidad de sondeo (PS),⁹ cambios en los niveles de inserción clínica (NIC),¹⁰ además de la extensión y patrón de la pérdida de hueso alveolar, siendo estos últimos evaluados radiográficamente. Hoy en día las radiografías dentoalveolares y la sonda periodontal continúan siendo las principales herramientas para diagnosticar y evaluar la presencia y progresión de la enfermedad periodontal.

La sonda periodontal fue descrita por Orban en la década de los 50 del siglo pasado como los «ojos del clínico debajo del margen gingival»,¹¹ y se utiliza desde

Recibido: Abril 2021. Aceptado: Agosto 2021.

Citar como: Flores-Reyna LA, Martínez-Hernández M. Proteoma salival: alcances y perspectivas para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal. Revisión de la literatura. Rev Odont Mex. 2022; 26 (1): 99-112.

© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

entonces para registrar la extensión del daño periodontal;¹²⁻¹⁴ sin embargo, su uso conlleva ciertas limitaciones. Algunas de estas limitaciones pueden ser resultado de interferencias en la vía de inserción de la sonda periodontal debido a la presencia de cálculo sobre las superficies dentales o la presencia de restauraciones desbordantes; o bien, resultado de una presión o ángulo de inserción incorrecto durante el sondeo. Además, el grado de inflamación de los tejidos periodontales afecta la sensibilidad y reproducibilidad de las mediciones.¹⁵ Todos estos factores incrementan la probabilidad de obtener falsos positivos o negativos en el diagnóstico periodontal, lo cual comúnmente se traduce en el sub o sobretreamiento de la periodontitis.¹⁶ Adicionalmente, los cambios en los NIC sólo son detectables cuando ha ocurrido una pérdida de inserción equivalente a ≥ 2 mm, lo que indica que el sondeo periodontal proporciona una evidencia histórica de la presencia y extensión de la enfermedad periodontal, sin proveer evidencia en tiempo real o predictora del curso de la enfermedad.^{17,18}

Las limitaciones que existen actualmente para diagnosticar y monitorear la periodontitis por medio del sondeo periodontal y el uso de evidencia radiográfica han marcado un desafío en la investigación biomédica, por lo que en las últimas décadas han surgido cada vez más estudios enfocados en identificar biomarcadores cuantificables en saliva total que puedan reflejar de forma confiable el estado fisiopatológico del surco gingival, y que puedan complementar el sondeo periodontal para lograr una detección temprana y monitoreo correcto de la periodontitis.^{18,19} La presente revisión tiene por objetivo describir la existencia de cambios en el proteoma salival asociados con la presencia de periodontitis con el potencial de ser utilizados en el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad, para lo cual se realizó una amplia búsqueda de literatura científica, de marzo de 2020 a marzo de 2021, sobre el tema en revistas indizadas siguiendo una metodología previamente establecida.^{20,21} Los artículos incluidos en la presente revisión fueron consultados en fuentes de información bibliográficas electrónicas: PubMed, SpringerLink, Google académico, WILEY y ScienceDirect, utilizando las siguientes palabras clave: «*salivary proteome AND salivary diagnosis; salivary protein profile AND periodontal disease AND periodontitis*» y que estuvieran redactados en los idiomas inglés o español.

Funciones de la saliva en el ecosistema oral

La cavidad oral humana representa un ecosistema complejo donde factores externos y elementos propios del hospedero interactúan en un equilibrio dinámico que se ve reflejado en la saliva. La saliva desempeña distintas funciones en el mantenimiento de la salud

oral, por ejemplo, lubrica las superficies orales, mantiene la integridad de los dientes al reducir la desmineralización del esmalte, proporciona elementos de la inmunidad innata y adaptativa del hospedero, además actúa como el nutriente primario para la microbiota oral residente, la cual se organiza principalmente en forma de biopelículas sobre las diferentes superficies orales.^{22,23}

Hoy se sabe que el microbioma ha coevolucionado con los seres humanos a través de los siglos, y su relevancia es crucial debido a que desempeña un papel determinante en el establecimiento de los estados de salud y enfermedad.²⁴ En condiciones de equilibrio, el microbioma oral mantiene una relación simbiótica y dinámica con el hospedero, lo cual será un factor determinante en la salud. Sin embargo, cambios en la población microbiana pueden promover el desarrollo de un estado inflamatorio patológico, como consecuencia de la disbiosis del microbioma.²⁵ Los estados inflamatorios en el hospedero a menudo se ven favorecidos por modificadores como la presencia de enfermedades sistémicas (por ejemplo, diabetes mellitus tipo I y II), una higiene oral deficiente, tabaquismo o alteraciones en el flujo salival.²⁶⁻²⁸ La disbiosis del microbioma oral es el factor determinante en el desarrollo de las enfermedades periodontales,²⁹ las cuales inducen cambios en el proteoma salival.

Cambios en el proteoma salival y su potencial para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal

La saliva es un fluido biológico que está constituido por una variedad de biomoléculas funcional y estructuralmente complejas, como proteínas, lípidos y carbohidratos,²² por lo que actualmente es considerada uno de los biofluidos más valiosos para la investigación biomédica. Posee un pH de entre 6-7, alcanzando volúmenes de secreción diarios entre 0.5-1.5 L (0.5 mL/min),³⁰ dichos valores de secreción se ven influidos por factores como la edad, medicación, hidratación, factores psicológicos como el estrés y la depresión, y ritmos circadianos.³¹⁻³³ Está compuesta por 99-99.5% de agua y sólo 0.5-1% de proteínas y minerales,^{32,34} su concentración proteica promedio se encuentra entre 0.7-2.4 mg/mL⁻¹; y al ser un ultrafiltrado del plasma, comparte 30% de su contenido proteico con dicho biofluido.³¹

El término «proteoma» se refiere al conjunto completo de proteínas que pueden ser expresadas por un genoma, célula, tejido u organismo en un momento determinado,³⁵ de tal forma que el proteoma salival asociado con la presencia de periodontitis hace referencia a todas las proteínas presentes en la saliva de un individuo con esta enfermedad.^{36,37} La saliva es producida en las glándulas salivales dentro de células

Tabla 1: Descripción de cada una de las 9 principales familias de proteínas salivales.
Description of each of the 9 major salivary protein families.

Proteína salival	Características	Concentración en saliva total*	Función
α-amilasa salival	Proteína dependiente de calcio. ⁴⁰ Es conocida por su actividad enzimática sobre los enlaces α-1,4-glucosídicos encontrados en almidones y sacaridos ⁴¹	380-500 µg/mL ⁴⁰	Cataliza la hidrólisis de polisacáridos, participa en la formación de la PSA, posee actividad antimicrobiana contra ciertos microorganismos ⁴¹
Cistatinas	Familia de proteínas, de las cuales siete isoformas se encuentran en saliva. Estas proteínas inhiben la actividad de proteasas de cisteína ⁴²	240-280 µg/mL ⁴⁰	Inhibe el crecimiento de <i>Porphyromonas gingivalis</i> y <i>Treponema denticola</i> ; participa en la formación de la PSA ^{41,43}
Defensinas	Péptidos catiónicos caracterizados por una estructura globular estabilizada por tres puentes disulfuro uniendo seis aa de cisteínas ^{41,44}	β-defensina: 1-27 ng/L ⁴⁵ α-defensina: 0.5-23.4 µ/mL ⁴⁶	Inhibe el crecimiento bacteriano y fúngico (<i>Candida albicans</i>) ^{41,47,48}
Estaterinas	Son péptidos ácidos multifuncionales. Su nombre proviene del griego <i>statheropio</i> que significa «estabilizar». Se caracterizan por presentar una alta afinidad por los fosfatos de calcio ^{49,50}	2-12 µg/mL ⁴⁰	Inhibe la precipitación de calcio y crecimiento de cristales de HAp sobre el esmalte y participan en la formación de la PSA ^{49,50}
Histatinas	Péptidos catiónicos con un alto contenido en histidina, conforman el 2.6% de las proteínas en saliva total ^{22,51}	22.8 ± 5.6 µg/mL ⁵²	Incrementa la migración de células epiteliales, inhibe la precipitación primaria y secundaria de fosfatos de calcio, posee propiedades bactericidas, antifúngicas y antivíricas ^{41,52,53}
Mucinas	Proteínas de alto peso molecular, se encuentran presentes en los tractos gastrointestinal, respiratorio y urogenital del organismo ^{40,54}	0.05-0.78 ng/mL ⁵⁵	Aglutina microorganismos, lubrica cavidades del organismo, interactúa con células y bacterias, participa en la formación de la biopelícula y PSA ^{40,56}
Péptidos P-B	Péptidos ricos en prolina. ⁵⁷ Son péptidos maduros por sí mismos que contienen diversos aa apolares y más de 30 aa de prolina ^{49,58,59}	Valores no reportados	Su función aún no ha sido del todo elucidada ⁵¹
Peroxidasas	Proteínas catalizadoras de H ₂ O ₂ mediante óxido-reducción. ^{60,61} hLPO y hMPO conforman las principales proteínas de esta superfamilia, encontrándose en fluidos biológicos como lágrimas y saliva, y productos de células PMN, respectivamente ⁶⁰⁻⁶²	hLPO: 1.9 ± 1.0 µg/mL ⁶² hMPO: 3.6 ± 2.1 µg/mL ⁶²	Evita concentraciones tóxicas de H ₂ O ₂ , cataliza la oxidación del SCN ⁻ en presencia de H ₂ O ₂ , inhibe el crecimiento bacteriano ⁶¹
Proteínas ricas en prolina (PRP)	Proteínas con propiedades de regulación mineral como consecuencia de su alta afinidad por la hidroxiapatita ⁴⁰	267.2-720.6 µg/mL ⁶³	Aglutina microorganismos para su eliminación, regula los electrolitos salivales, lubrica la cavidad oral y participa en la formación de la PSA ^{40,52,57}

* Valores de referencia en sujetos sanos. PSA = película salival adquirida. aa = aminoácidos. HAp = hidroxiapatita. hLPO = lactoperoxidasa humana. hMPO = mieloperoxidasa humana. SCN⁻ = tiocianato. PMN = polimorfonucleares.

* Reference values in healthy subjects. ASF = acquired salivary film. aa = amino acids. HAp = hydroxyapatite. hLPO = human lactoperoxidase. hMPO = human myeloperoxidase. SCN⁻ = thiocyanate PMN = polymorphonuclear.

acinares donde, tras la estimulación, pasa a una red ramificada de conductos para ser secretada a la cavidad bucal. Es aquí donde la saliva prístina se mezcla con otros biocomponentes y agregados derivados de diversas fuentes como sangre, fluido crevicular gingival, restos alimenticios, células orales, microbiota, así como con ADN y ARN; la mezcla de todos estos componentes conforman lo que se conoce como saliva

total.^{29,38} Hoy en día, se han identificado ~2,643 proteínas en saliva total,³⁹ dentro de las cuales es posible identificar nueve familias diferentes que en conjunto representan cerca de 40% del contenido proteico salival total. La **Tabla 1** proporciona una descripción de estas nueve familias de proteínas.^{22,40-63}

La heterogeneidad y diversidad del contenido proteico presente en la saliva total permiten que este

biofluido pueda ser considerado un «reflejo de la salud oral y sistémica»,^{30,64,65} de modo que la identificación de los perfiles de expresión proteica salival asociados con la presencia de periodontitis es relevante, ya que dichos cambios constituyen la base para la identificación de posibles biomarcadores de la enfermedad periodontal, los cuales contribuirían al diagnóstico temprano y el correcto monitoreo de la periodontitis.^{29,38} Un biomarcador hace referencia a un indicador objetivo del estado médico observado desde fuera del paciente, y que puede ser medido de forma precisa y reproducible.⁶⁶ Al respecto, se ha reportado que los biomarcadores potenciales de la enfermedad periodontal pueden ser *no específicos*, los cuales corresponden a cambios en las concentraciones de las proteínas sintetizadas por las glándulas salivales asociados con la presencia de periodontitis,⁶⁵ y *específicos*, los cuales son producto directo de la síntesis proteica derivada del proceso inflamatorio ocurrido durante la enfermedad periodontal.⁶⁷

Los principales hallazgos derivados de la búsqueda de biomarcadores *no específicos* asociados con la presencia de enfermedad periodontal se describen a continuación:

- 1. α -amilasa:** es la proteína más abundante en saliva total. Se ha reportado que diversas isoformas de esta proteína se encuentran aumentadas en sujetos con enfermedad periodontal, pudiendo alcanzar niveles superiores a 600 $\mu\text{g/mL}$ en saliva total de sujetos con periodontitis severa, y disminuyendo a valores cercanos a los 300 $\mu\text{g/mL}$ posterior al tratamiento periodontal.^{38,40,56}
- 2. Cistatinas:** se ha sugerido que las cistatinas actúan como moduladoras de la actividad enzimática del periodonto durante el desarrollo de la enfermedad periodontal.⁶⁸ Dentro de esta familia de proteínas, la cistatina SN posee efectos inhibitorios *in vitro* sobre las catepsinas B, H y L, involucradas en el catabolismo de proteínas estructurales de los tejidos periodontales,^{38,42,68} mientras que las cistatinas C y S, han demostrado inhibir el crecimiento de *Porphyromonas gingivalis*.⁶⁹ Hartenbach y colaboradores⁷⁰ reportaron un incremento en los niveles de cistatina SA, en sujetos con enfermedad periodontal, esto probablemente debido a un intento de frenar la actividad proteolítica desencadenada por la periodontitis. Mientras que Gonçalves y colaboradores³⁸ reportaron una disminución en las concentraciones de la cistatina SN, por lo que podrían esperarse valores superiores a los 280 $\mu\text{g/mL}$ y menores a 240 $\mu\text{g/mL}$ de cistatina SA y SN, respectivamente, en sujetos con periodontitis.⁴⁰
- 3. Defensinas:** con base en su patrón de emparejamiento de cisteínas se pueden distinguir dos subfamilias, denominadas α -defensinas y β -defensinas,⁴¹ las primeras son producidas y almacenadas por neutrófilos, mientras que las segundas son sintetizadas por queratinocitos, principalmente.^{60,71} Ambas presentan propiedades antimicrobianas atribuidas a su carga positiva. Además de sus propiedades antimicrobianas, las β -defensinas también presentan propiedades antifúngicas, en particular contra *Candida albicans*.^{44,72} Aunque no se ha reportado el incremento en la concentración de defensinas en la saliva total de sujetos con enfermedad periodontal, recientemente se reportó que los niveles de β -defensinas incrementan en fluido crevicular gingival de sujetos con periodontitis.⁴⁵
- 4. Estaterinas:** son péptidos precursores de la película salival adquirida (PSA),^{50,73} que permiten la interacción de *Fusobacterium nucleatum* con colonizadores primarios de la biopelícula dental.⁷³ Previamente se ha reportado que la concentración de péptidos derivados de estaterina en sujetos con periodontitis es cinco veces menor en comparación con los niveles cuantificados en saliva total de sujetos periodontalmente sanos, es decir, podrían encontrarse valores inferiores a los 2.4 $\mu\text{g/mL}$ de péptidos derivados de estaterinas, en comparación con sujetos periodontalmente sanos donde se pueden esperar valores cercanos a los 12 $\mu\text{g/mL}$.⁴⁰ Debido a esta correlación negativa entre la concentración de esta familia de proteínas en saliva total y la presencia de la periodontitis, autores como Inzitari y su equipo⁴⁹ expresan su interés en el potencial de los péptidos pertenecientes a esta familia para el monitoreo del desarrollo de periodontitis.
- 5. Histatinas:** son péptidos básicos ricos en residuos de histidina.^{51,74} Histatina 5 posee la capacidad de inhibir a las gingipainas arginina-específicas (Arg-gingipainas o Rgp) y lisina-específicas (Lys-gingipainas o Kgp), producidas por *P. gingivalis*,^{75,76} además de inhibir la actividad gelatinolítica de las metaloproteinasas de matriz (MMP) -2 y -9 hasta en 99%.^{58,75} Además, las histatinas 1, 2 y 3 desempeñan un papel en la cicatrización de heridas, participando en los procesos angiogénicos, promoviendo la reepitelización de heridas y la proliferación fibroblástica.^{53,77} Se ha reportado que histatina 1 pudiera tener aplicaciones diagnósticas, ya que el incremento de su concentración en saliva total ha sido relacionada con la presencia de enfermedad periodontal,^{58,70} encontrándose que en sujetos con periodontitis la concentración en saliva total de histatina 1 podría alcanzar valores superiores a los 27 $\mu\text{g/mL}$.⁵²

- 6. Mucinas:** son el mayor componente proteico secretado por las glándulas submandibular y sublingual. Se ha reportado que la concentración de MUC-1 en saliva total aumenta en sujetos con enfermedad periodontal, especialmente cuando los parámetros clínicos de medición PS, NIC, y SS se encuentran incrementados, lo cual podría suponer un mecanismo de defensa de las glándulas salivales y epitelios ante el desarrollo de periodontitis, mediante la aglutinación de microorganismos y su posterior deglución.⁵⁶ Además, MUC-1, -4, y -16 desempeñan un papel importante en la metástasis a distancia de ciertos carcinomas orales, ya que actúan como mediadores entre leucocitos y células cancerígenas en el microambiente tumoral y facilitan la colonización de células diseminadas a la distancia.⁷⁸ Tomando lo anterior en consideración, estas proteínas han sido objeto de estudio para alternativas en el tratamiento de diversos carcinomas como el pancreático, ovárico, de mama y de cabeza y cuello, mediante la radioinmunoterapia (RIT) basada en mucinas y vacunación, enfocándose en proteínas como la MUC1, -4, -5AC, -5B, -16 y -17.⁷⁸
- 7. Péptidos P-B:** corresponden a péptidos ricos en prolina secretados por todas las glándulas salivales, los cuales, contrario a lo que se creía, no son producto de la degradación de otras proteínas sino péptidos maduros por sí mismos, cuyas funciones en saliva total aún no han sido del todo elucidadas;⁴⁹ sin embargo, se ha reportado que poseen propiedades antimicrobianas.⁵⁸ Dentro de sus posibles aplicaciones en el diagnóstico periodontal, se ha indicado que la concentración de fragmentos provenientes de estos péptidos en saliva total se duplica en sujetos con enfermedad periodontal en comparación con sujetos periodontalmente sanos.^{58,79}
- 8. Peroxidasas:** existen tres subgrupos principales de peroxidasas: lactoperoxidasa (hLPO), la cual es segregada por las glándulas salivales, mieloperoxidasa (hMPO),^{60,61} la cual proviene de gránulos de neutrófilos y catalasa, que proviene de eritrocitos y es capaz de catalizar la conversión del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en agua (H_2O).⁶⁰ Dichas enzimas han demostrado tener un papel importante en lo que supondría el inicio de la disbiosis en la biopelícula dental.⁸⁰ Desafortunadamente, no existen estudios suficientes que ofrezcan datos cuantitativos de los cambios en las concentraciones de peroxidasas en saliva total asociados con la presencia de periodontitis.
- 9. Proteínas ricas en prolina (PRPs):** esta familia de proteínas que se divide en tres subtipos: PRPs-ácidas (PRPs-a), PRPs-básicas (PRPs-b)

y PRPs-glucosiladas (PRPs-g), cuentan con diversas funciones como evitar el sobrecrecimiento de cristales de hidroxiapatita sobre superficies de esmalte, además de participar en la formación de la PSA.^{40,57} También poseen actividad antimicrobiana, por lo que se ha sugerido que un aumento de su secreción en saliva total podría representar un mecanismo de defensa ante un incremento en la carga bacteriana dentro de la cavidad oral.⁵⁸ Su posible función diagnóstica no es del todo clara, ya que mientras que se ha reportado que la concentración de las PRPs-a incrementa en sujetos con enfermedad periodontal,⁷⁰ Trindade y colaboradores⁵⁸ reportan que las isoformas PRPs-a y PRP-b no presentan cambios cuantitativos estadísticamente significativos cuando se compara su concentración en saliva total de sujetos con periodontitis versus sujetos periodontalmente sanos.

Además de los cambios en las concentraciones de las proteínas producidas por las glándulas salivales asociados con la presencia de la enfermedad periodontal antes descritos, una gran cantidad de citocinas, mediadores proinflamatorios y metaloproteasas de matriz (MMP) son producidos durante el proceso inflamatorio característico de la periodontitis. Se ha reportado que particularmente MMP-8, -9 y -13 están involucradas en la cascada de eventos que conduce a la degradación de los tejidos gingivales y del tejido óseo alveolar,⁸¹ por lo que se espera que una elevada actividad proteolítica sea reflejada en saliva total de los sujetos que cursan con enfermedad periodontal. Como ya fue mencionado con anterioridad, los cambios en el proteoma salival derivados de la síntesis proteica asociada al proceso inflamatorio ocurrido durante la enfermedad periodontal constituyen la base para la identificación de los *biomarcadores específicos* de la periodontitis,⁶⁵ los más relevantes se describen a continuación:

- 1. Inmunoglobulina (Ig) A:** es el isotipo principal de inmunoglobulina encontrado en saliva⁸² y constituye el principal mecanismo de la respuesta inmunológica específica contra microorganismos patogénicos.^{83,84} Al ser parte de los mecanismos de defensa dentro de la cavidad oral, es esperado que sus niveles se encuentren aumentados en sujetos con enfermedad periodontal.^{83,84} Además se ha reportado que sus niveles en saliva disminuyen significativamente después de una terapia periodontal efectiva.⁸⁴
- 2. Interleucina (IL) -1 β :** es una citocina proinflamatoria que desempeña un papel fundamental

en la patogenia de la periodontitis.⁸⁵ Es principalmente secretada por neutrófilos, células dendríticas, macrófagos y fibroblastos,^{84,86} al igual que su homóloga IL-1 α .⁸⁷ Se ha reportado que su concentración en saliva total se encuentra incrementada en sujetos que presentan enfermedad periodontal.^{86,88} Junto con MMP8, IL-1 β han sido los biomarcadores salivales más investigados en el campo de la precisión diagnóstica, ambos con una eficacia clínicamente aceptable para el diagnóstico de periodontitis.⁸⁹

3. Interleucina (IL) -17a: se trata de una citocina proinflamatoria producida por los linfocitos Th17 activados, la cual induce inflamación y resorción ósea, estimulando la liberación de quimiocinas y la expresión de MMP, como la MMP-1 y -8,⁹⁰ varios de sus

efectos son producidos por su sinergia con IL-1 β y el factor de necrosis tumoral (TNF)- α .⁸⁸ Liukkonen y su grupo⁸⁸ reportaron un aumento en los niveles de IL-17a en la saliva total de sujetos con enfermedad periodontal localizada, por lo que esta citocina ha sido considerada como un posible biomarcador de la periodontitis en sus estadios tempranos.

4. Prostaglandina (PG) E₂: es un mediador inflamatorio producto del metabolismo del ácido araquidónico, liberado principalmente por neutrófilos, macrófagos y fibroblastos.⁸⁶ Este mediador inflamatorio incrementa la actividad osteoclástica y la resorción ósea, lo que se traduce clínicamente en la pérdida de los niveles de inserción periodontales.^{91,92} Hoy en día, no existen datos suficientes que definan los cambios en las concentraciones en saliva total de

Tabla 2: Cambios en las concentraciones de proteínas presentes en saliva total, asociados con la presencia de periodontitis.
Changes in protein concentrations present in total saliva associated with the presence of periodontitis.

UniProt*/NCBI‡	Nombre de la proteína	Relación con periodontitis
P17654*/gi 178585‡	α -amilasa	↑ (38)
P60709*	Actina, citoplásmica 1	↑ (58)
P01034*	Cistatina-C	↑ (70)
P28325*	Cistatina-D	↑ (70)
P01036*/gi 30366‡	Cistatina-S	↑ (70,95)
P09228*	Cistatina-SA	↑ (70)
P01037*	Cistatina-SN	↓ (38)
P59666*	Defensina 3 de neutrófilos	↑ (95)
P15515*	Histatina 1	↓ (70,95)
P22079*	Lactoperoxidasa	↓ (95)
P05164*	Mieloperoxidasa	↓ (70)
Q9HC84*/gi 11275568‡	Mucina-5B	↑ (40,95)
Q8TAX7*	Mucina-7	↓ (95)
P35325*	Proteína 2B pequeña rica en prolina	↓ (95)
Q9UBC9*	Proteína 3 pequeña rica en prolina	↓ (70,95)
P02814*	Proteína regulada por andrógenos de la glándula submaxilar 3B	↑ (58,70)
Q6MZM9*	Proteína rica en prolina 27	↓ (70)
gi 21264497‡	Proteína rica en prolina 3	↓ (40)
P02812*	Proteína rica en prolina básica salival 2	↑ (70)
Q04118*	Proteína rica en prolina básica salival 3	↑ (58)
P31949*	Proteína S100-A11	↓ (70)
Q9HCY8*	Proteína S100-A14	↓ (70)
Q96FQ6*	Proteína S100-A16	↓ (70)
P06703*	Proteína S100-A6	↑ (37,70)
P31151*	Proteína S100-A7	↓ (70)
P05109*	Proteína S100-A8	↑ (37,95)
P06702*/gi 4506773‡	Proteína S100-A9	↑ (37,95)
P25815*	Proteína S100-P	↑ (95)

Una versión extendida de la *Tabla 2* está disponible a petición del interesado. ↑ = representa un aumento de la concentración proteica en sujetos con periodontitis. ↓ = representa una disminución de la concentración proteica en sujetos con periodontitis. * = referencia numérica asignada por la base de datos UniProt para la identificación de la proteína. ‡ = referencia numérica asignada por el NCBI para la identificación de la proteína. NCBI = National Center for Biotechnology Information. UniProt = UniProt Base de datos. An extended version of *Table 2* is available upon request. ↑ = represents an increase in protein concentration in subjects with periodontitis. ↓ = represents a decrease in protein concentration in subjects with periodontitis. * = numerical reference assigned by UniProt database for protein identification. ‡ = numerical reference assigned by NCBI for protein identification. NCBI = National Center for Biotechnology Information. UniProt = UniProt Database.

la PGE₂ por sí sola; sin embargo, se ha reportado un incremento en su concentración en conjunto con IL-1β conforme incrementa la severidad de la enfermedad periodontal, alcanzando aumentos de hasta 194%.⁸⁶ Otros autores,⁹² también han reportado aumentos de PGE₂ asociado con otras biomoléculas como TNF-α u óxido nítrico.

5. Factor de necrosis tumoral-α (TNF-α): al igual que la PGE₂, el TNF-α es un mediador inflamatorio que tiene una fuerte influencia positiva sobre la actividad osteoclástica y la resorción ósea.⁹³ Frodge y su equipo⁹⁴ reportaron un incremento en la concentración de esta citocina en saliva total de sujetos con enfermedad periodontal.

Además de los cambios en las concentraciones de diversas proteínas en saliva total antes descritos, la *Tabla 2* muestra un resumen de diversas proteínas salivales que también se encuentran bajo estudio por su posible potencial para ser utilizadas como biomarcadores de la enfermedad periodontal.^{37,38,40,58,70,95}

Perspectivas de los biomarcadores identificados en el proteoma salival para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal

Como hemos visto, la saliva contiene una abundancia de proteínas y otras biomoléculas que pueden reflejar el estado fisiopatológico de los tejidos periodontales durante la periodontitis, por lo que cada vez ha sido más claro que el diagnóstico salival podría ofrecer un enfoque seguro y no invasivo para la detección y monitoreo de la enfermedad, y que además posee un alto potencial para revolucionar el diagnóstico de la periodontitis.⁹⁶

La comunidad científica sigue enfocada en generar evidencia de la más alta calidad sobre la precisión diagnóstica de los biomarcadores salivales, para que éstos puedan ser utilizados de forma rutinaria en un futuro cercano.^{89,97} La evidencia disponible actualmente indica que MMP-8, MMP-9, IL-1β, IL-6 y hemoglobina (Hb) son los biomarcadores salivales con mayor capacidad para detectar periodontitis en sujetos sistémicamente sanos; MMP-9 e IL-1β muestran además una buena capacidad para discernir entre casos de no-periodontitis. Otras moléculas como cisteína, proteína inflamatoria de macrófago 1α (MIP-1α) y óxido nítrico (y sus metabolitos relacionados), también se han identificado como biomarcadores salivales prometedores según lo reportado en un reciente metaanálisis;⁸⁹ sin embargo se requieren estudios adicionales para confirmar estos hallazgos.

La era proteómica ha permitido que la identificación de múltiples biomarcadores potenciales en saliva total

sea una meta alcanzable, esto aunado a la reciente creación del Consorcio Internacional de Biomarcadores Salivales de Periodontitis que pretende asegurar la implementación de protocolos estandarizados para la investigación clínica,⁶⁷ además de los avances en las tecnologías diagnósticas, hacen suponer que el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal utilizando herramientas moleculares sea una propuesta realista, hoy más cercana que nunca.⁹⁸

CONCLUSIONES

La comprensión incrementada de los componentes del proteoma salival, sus modificaciones y dinámicas en salud y enfermedad permitirán que la saliva ingrese a la práctica clínica como fluido biológico alternativo para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad periodontal, fungiendo como un complemento del sondeo periodontal, el cual actualmente continúa siendo el componente fundamental en la examinación odontológica completa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, Clave: IA208220, por el apoyo proporcionado para la realización del presente trabajo.

Literature review

Salivary proteome: scopes and perspectives for the diagnosis and monitoring of periodontal disease. Literature review

Luis Alonso Flores-Reyna,*
Miryam Martínez-Hernández§

* Alumno Especialidad en Periodoncia e Implantología.
§ Laboratorio de Biointerfases. Facultad de Odontología.

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Odontología. Universidad Nacional Autónoma de México.

ABSTRACT

Introduction: this literature review examines changes in the salivary proteome related to the presence of periodontitis that can be used for diagnosis and monitoring of the disease, this is possible because whole saliva contains a variety of local mediators derived from microbial and host responses, as well as systemic

(plasma) markers that may be useful in periodontal diagnosis. **Objective:** to document reported changes in the salivary proteome associated with the presence of periodontitis with potential for use in the diagnosis and monitoring of the disease. **Material and methods:** the PubMed, SpringerLink, Google Scholar, WILEY and ScienceDirect databases were queried using the search terms «salivary proteome AND salivary diagnosis; salivary protein profile AND periodontal disease AND periodontitis» to identify publications reporting changes in the salivary protein profile of subjects diagnosed with periodontitis. Review articles, original articles published in indexed journals and consensus documents in English and Spanish were included. **Results:** salivary proteins such as α -amylase, cystatin-C, and mucin-5B were reported as increased by some authors, while proteins like cystatin-SN, lactoperoxidase, and mucin-7 were reported as decreased when comparing the salivary protein proteome of systemically healthy subjects with periodontitis versus subjects without periodontitis. These results confirm the existence of changes in the salivary proteome associated with the presence of periodontitis. **Conclusions:** the changes in the salivary proteome associated with the presence of periodontitis identified in the present literature review require further investigation because of their potential for use in the diagnosis and monitoring of periodontitis.

Keywords: salivary proteome, periodontal diagnosis, periodontal monitoring, salivary biomarkers, periodontal disease.

INTRODUCTION

Periodontal diseases are a group of inflammatory conditions that affect the dental supporting tissues - gingiva, periodontal ligament, root cementum, and alveolar bone - within this group of conditions, we find gingivitis and periodontitis.^{1,2} The development of periodontitis is associated with the presence of a dysbiotic dental biofilm, which induces the deregulation of the host immune response.³ This dysregulation, together with hereditary and environmental factors⁴ such as smoking,⁴ finally leads to the destruction of periodontal tissues and consequent tooth loss.^{3,5} It is estimated that 743 million people suffer from periodontitis, making it the sixth most prevalent disease in the world and the third most common oral disease.⁶⁻⁸ The correct diagnosis of periodontitis is crucial for the successful treatment of the disease and is generally based on the evaluation of clinical parameters of inflammation, such as bleeding upon probing (BP),⁴ probing depth (PD),⁹ and changes in clinical insertion levels (CIN),¹⁰ as well as the extent and pattern of alveolar bone loss, the latter being evaluated radiographically. Today, dentoalveolar radiographs and periodontal probing continue to be the main tools for diagnosing and evaluating the presence and progression of periodontal disease.

The periodontal probe was described by Orban in the 1950s as the «clinician's eyes below the gingival margin»¹¹ and has been used since and has been used then to record the extent of periodontal damage.¹²⁻¹⁴

However, its use has certain limitations. Some of these limitations may be the result of interference in the periodontal probe's path of insertion due to the presence of calculus on the tooth surfaces, overhanging restorations; incorrect pressure or angle of insertion during probing. In addition, the degree of inflammation of the periodontal tissues affects the sensitivity and reproducibility of the measurements.¹⁵ All of these factors increase the likelihood of a false positive or false negative periodontal diagnosis, which commonly results in under- or over-treatment of periodontitis.¹⁶ Additionally, changes in CINs are only detectable when an attachment loss equivalent to ≥ 2 mm has occurred, indicating that periodontal probing provides historical evidence of the presence and extent of periodontal disease, without providing real-time or predictive evidence of the course of the disease.^{17,18}

The limitations that currently exist to diagnose and monitor periodontitis by periodontal probing and the use of radiographic evidence have marked a challenge in biomedical research, so in recent decades more and more studies have focused on identifying quantifiable biomarkers in total saliva that can reliably reflect the pathophysiological state of the gingival sulcus, and that can complement periodontal probing to achieve early detection and correct monitoring of periodontitis.^{18,19} The present review aims to describe the existence of changes in the salivary proteome associated with the presence of periodontitis with the potential to be used for disease diagnosis and monitoring. To that end, an extensive search of scientific literature in indexed journals was conducted from March 2020 to March 2021, following a previously established methodology.^{20,21} The articles included in this review were consulted in electronic bibliographic information sources: PudMed, SpringerLink, Google Scholar, WILEY, and ScienceDirect, using the following keywords: «(Salivary proteome) AND (Salivary diagnosis); (Salivary protein profile) AND (Periodontal disease) AND (Periodontitis)» and that were written in English or Spanish.

Functions of saliva in the oral ecosystem

The human oral cavity represents a complex ecosystem where external factors and host elements interact in a dynamic equilibrium that is reflected in saliva. Saliva plays different roles in the maintenance of oral health, for example, it lubricates oral surfaces, maintains tooth integrity by reducing enamel demineralization, provides elements of innate and adaptive host immunity, and acts as the primary nutrient for the resident oral microbiota, which is mainly organized in the form of biofilms on the different oral surfaces.^{22,23}

It is now known that the microbiome has coevolved with humans over the centuries, and its relevance is crucial because it plays a determining role in the establishment of health and disease states.²⁴ Under equilibrium conditions, the oral microbiome maintains a symbiotic and dynamic relationship with the host, which will be a determining factor in health. However, changes in the microbial population may promote the development of a pathological inflammatory state as a consequence of microbiome dysbiosis.²⁵ Inflammatory states in the host are often favored by modifiers such as the presence of systemic diseases (e.g. diabetes mellitus type I and II), poor oral hygiene, smoking, or alterations in salivary flow.²⁶⁻²⁸ Dysbiosis of the oral microbiome is the determinant factor in the development of periodontal disease²⁹ which induce changes in the salivary proteome.

Changes in the salivary proteome and their potential for diagnosis and monitoring of periodontal disease

Saliva is a biological fluid that is made up of a variety of functionally and structurally complex biomolecules, such as proteins, lipids, and carbohydrates,²² which is why it is currently considered one of the most valuable biofluids for biomedical research. It has a pH between 6-7, reaching daily secretion volumes of 0.5-1.5 L (0.5 mL/min).³⁰ Secretion values are influenced by factors such as age, medication, hydration, psychological conditions such as stress and depression, and circadian rhythms.³¹⁻³³ It is composed of 99-99.5% water and only 0.5-1% protein and minerals (32,34). Its average protein concentration is between 0.7-2.4 mg/mL⁻¹; and being an ultrafiltrate of plasma, it shares 30% of its protein content with that biofluid.³¹

The term «proteome» refers to the complete set of proteins that can be expressed by a genome, cell, tissue, or organism at any given time.³⁵ Thus, the salivary proteome associated with the presence of periodontitis refers to all the proteins present in the saliva of an individual with this disease,^{36,37} Saliva is produced in the salivary glands within acinar cells where, after stimulation, it passes into a branched network of ducts to be secreted into the oral cavity. It is here that pristine saliva mixes with other biocomponents and aggregates derived from various sources such as blood, gingival crevicular fluid, food debris, oral cells, microbiota, as well as DNA and RNA; the mixture of all these components makes up what is known as total saliva.^{29,38} Today, ~ 2,643 proteins have been identified in total saliva³⁹ among which, it is possible to identify 9 different families that together represent about 40% of the total salivary protein content. *Table 1* describes these 9 protein families.^{22,40-63}

The heterogeneity and diversity of the protein content present in total saliva allow this biofluid to be considered a «reflection of oral and systemic health».^{30,64,65} Thus, the identification of salivary protein expression profiles associated with the presence of periodontitis is relevant, since these changes constitute the basis for the identification of possible biomarkers of periodontal disease that may contribute to the early diagnosis and correct monitoring of periodontitis.^{29,38} A biomarker refers to an objective indicator of the medical condition observed from outside the patient, that can be measured accurately and reproducibly.⁶⁶ In this regard, it has been reported that potential biomarkers of periodontal disease can be *nonspecific*, which correspond to changes in the concentrations of proteins synthesized by the salivary glands associated with the presence of periodontitis⁶⁵ and *specific*, which are a direct product of the protein synthesis derived from the inflammatory process occurring during periodontal disease.⁶⁷

The main findings derived from the search for *non-specific* biomarkers associated with the presence of periodontal disease are described below:

- 1. α -amylase:** it is the most abundant protein in total saliva. It has been reported that several isoforms of this protein are increased in subjects with periodontal disease, reaching levels higher than 600 $\mu\text{g/mL}$ in total saliva of subjects with severe periodontitis, and decreasing to values close to 300 $\mu\text{g/mL}$ after periodontal treatment.^{38,40,56}
- 2. Cystatins:** it has been suggested that cystatins act as modulators of the enzymatic activity of the periodontium during the development of periodontal disease.⁶⁸ Within this family of proteins, cystatin SN has inhibitory effects *in vitro* on cathepsins B, H, and L, involved in the catabolism of structural proteins of periodontal tissues,^{38,42,68} while cystatins C and S have been shown to inhibit the growth of *Porphyromonas gingivalis*.⁶⁹ Hartenbach et al.⁷⁰ reported an increase in cystatin SA levels in subjects with periodontal disease, probably due to an attempt to slow down the proteolytic activity triggered by periodontitis. Gonçalves et al.³⁸ reported a decrease in the concentrations of cystatin SN, so values higher than 280 $\mu\text{g/mL}$ and lower than 240 $\mu\text{g/mL}$ of cystatin SA and SN, respectively, could be expected in subjects with periodontitis.⁴⁰
- 3. Defensins:** based on their cysteine pairing pattern, two subfamilies, called α -defensins and β -defensins, can be distinguished.⁴¹ The former are produced and stored by neutrophils, while the latter are synthesized mainly by keratinocytes.^{60,71}

Both have antimicrobial properties attributed to their positive charge. In addition to their antimicrobial properties, β -defensins also exhibit antifungal properties, in particular against *Candida albicans*.^{44,72} Although the increased concentration of defensins in the total saliva of subjects with periodontal disease has not been reported, it was recently demonstrated that β -defensin levels increase in the gingival crevicular fluid of subjects with periodontitis.⁴⁵

4. **Staterins:** staterins are peptide precursors of the acquired salivary film (ASF)^{50,73} that allow the interaction of *Fusobacterium nucleatum* with primary colonizers of dental biofilm.⁷³ It has previously been reported that the concentration of staterin-derived peptides in subjects with periodontitis is five times lower compared to the levels quantified in total saliva of periodontally healthy subjects, i.e., values lower than 2.4 $\mu\text{g/mL}$ of staterin-derived peptides could be found, compared to periodontally healthy subjects where values close to 12 $\mu\text{g/mL}$ can be expected.⁴⁰ Due to this negative correlation between the concentration of this family of proteins in total saliva and the presence of periodontitis, authors such as Inzitari et al.⁴⁹ express their interest in the potential of peptides belonging to this family for monitoring the development of periodontitis.
5. **Histatins:** these are basic peptides rich in histidine residues.^{51,74} Histatin 5 has the ability to inhibit arginine-specific gingipains (Arg-gingipains or Rgp) and lysine-specific gingipains (Lys-gingipains or Kgp), produced by *P. gingivalis*;^{75,76} it also inhibits the gelatinolytic activity of matrix metalloproteinases (MMPs) -2 and -9 by up to 99%.^{58,75} In addition, histatins 1, 2, and 3 play a role in wound healing, participating in angiogenic processes, and promoting wound re-epithelialization and fibroblastic proliferation.^{53,77} It has been reported that histatin 1 could have diagnostic applications since the increase of its concentration in total saliva has been related to the presence of periodontal disease.^{58,70} It has been found that in subjects with periodontitis, the concentration in total saliva of histatin 1 could reach values higher than 27 $\mu\text{g/mL}$.⁵²
6. **Mucins:** they are the major protein component secreted by the submandibular and sublingual glands. It has been reported that the concentration of MUC-1 in total saliva increases in subjects with periodontal disease, especially when the clinical parameters of PD, CIN, and BP are increased, which could be a defense mechanism of the salivary glands and epithelia against the development of periodontitis, through the agglutination of microorganisms and their subsequent swallowing.⁵⁶ In addition, MUC-1, -4, and -16 play an important role in the distant metastasis of certain oral

carcinomas, as they act as mediators between leukocytes and cancer cells in the tumor microenvironment and facilitate the colonization of distant disseminated cells.⁷⁸ Taking the above into consideration, these proteins have been the subject of study for alternatives in the treatment of various carcinomas such as pancreatic, ovarian, breast, and head and neck carcinomas, through mucin-based radioimmunotherapy (RIT) and vaccination, focusing on proteins such as MUC1, -4, -5AC, -5B, -16 and -17.⁷⁸

7. **P-B peptides:** they are proline-rich peptides secreted by all salivary glands, which, contrary to what was believed, are not the product of the degradation of other proteins but mature peptides by themselves, whose functions in total saliva have not yet been fully elucidated.⁴⁹ However, they have been reported to possess *antimicrobial* properties.⁵⁸ Within their possible applications in periodontal diagnosis, it has been suggested that the concentration of fragments from these peptides in total saliva is doubled in subjects with periodontal disease compared to periodontally healthy subjects.^{58,79}
8. **Peroxidases:** there are three main subgroups of peroxidases: lactoperoxidase (hLPO), which is secreted by the salivary glands, myeloperoxidase (hMPO).^{60,61} which comes from neutrophil granules and catalase, which comes from erythrocytes and can catalyze the conversion of hydrogen peroxide (H_2O_2) into water (H_2O).⁶⁰ These enzymes have been shown to play an important role in what would be the onset of dysbiosis in the dental biofilm.⁸⁰ Unfortunately, there are insufficient studies that provide quantitative data on the changes in the concentrations of peroxidases in total saliva associated with the presence of periodontitis.
9. **Proline-rich proteins (PRPs):** this family of proteins, which is divided into 3 subtypes: acidic PRPs (PRPs-a), basic PRPs (PRPs-b) and glycosylated PRPs (PRPs-g), have several functions such as preventing the overgrowth of hydroxyapatite crystals on enamel surfaces, in addition to participating in the formation of ASF.^{40,57} They also possess antimicrobial activity, so it has been suggested that an increase in their secretion in total saliva could represent a defense mechanism against an increase in the bacterial load in the oral cavity.⁵⁸ Its possible diagnostic role is not entirely clear, since while it has been reported that the concentration of PRPs-a increases in subjects with periodontal disease.⁷⁰ Trindade et al.⁵⁸ report that PRPs-a and PRP-b isoforms do not present statistically significant quantitative changes when comparing their concentration in total saliva of subjects with periodontitis vs. periodontally healthy subjects.

In addition to the changes in protein concentrations produced by salivary glands associated with the presence of periodontal disease described above, a large number of cytokines, pro-inflammatory mediators, and matrix metalloproteases (MMPs) are produced during the inflammatory process characteristic of periodontitis. It has been reported that particularly MMP-8, -9 and -13 are involved in the cascade of events leading to the degradation of gingival tissues and alveolar bone tissue⁸¹, so that elevated proteolytic activity is expected to be reflected in total saliva of subjects with periodontal disease. As previously mentioned, changes in the salivary proteome derived from the protein synthesis associated with the inflammatory process occurring during periodontal disease constitute the basis for the identification of periodontitis-specific biomarkers.⁶⁵ The most relevant ones are described below:

1. **Immunoglobulin (Ig) A:** the main immunoglobulin isotype found in saliva.⁸² It constitutes the main mechanism of the specific immunologic response against pathogenic microorganisms.^{83,84} As part of the defense mechanisms within the oral cavity, it is expected that its levels are increased in subjects with periodontal disease.^{83,84} Additionally, it has been reported that their levels in saliva decrease significantly after effective periodontal therapy.⁸⁴
2. **Interleukin (IL)-1 β :** a proinflammatory cytokine that plays a key role in the pathogenesis of periodontitis.⁸⁵ It is mainly secreted by neutrophils, dendritic cells, macrophages, and fibroblasts^{84,86} as is its counterpart IL-1 α .⁸⁷ It has been reported that its concentration in total saliva is increased in subjects with periodontal disease.^{86,88} Together with MMP8, IL-1 β has been the most investigated salivary biomarker in the field of diagnostic accuracy, both with a clinically acceptable efficacy for the diagnosis of periodontitis.⁸⁹
3. **Interleukin (IL)-17a:** this is a proinflammatory cytokine produced by activated Th17 lymphocytes that induces inflammation and bone resorption, stimulating the release of chemokines and the expression of matrix metalloproteases (MMPs), such as MMP-1 and -8.⁹⁰ Some of its effects are produced by its synergy with IL-1 β and tumor necrosis factor (TNF)- α .⁸⁸ Liukkonen et al.⁸⁹ reported an increase in IL-17a levels in the total saliva of subjects with localized periodontal disease, so this cytokine has been considered as a possible biomarker of periodontitis in its early stages.
4. **Prostaglandin (PG) E₂:** it is an inflammatory mediator product of the metabolism of arachidonic acid, released mainly by neutrophils, macrophages, and fibroblasts.⁸⁶ This inflammatory mediator increases

osteoclastic activity and bone resorption, which translates clinically into a loss of periodontal attachment levels.^{91,92} Nowadays, there is not enough data to define the changes in total saliva concentrations of PGE₂ alone, however, an increase in its concentration in conjunction with IL-1 β has been reported as the severity of periodontal disease increases, reaching increases of up to 194%.⁸⁶ Other authors⁹² have also reported increases in PGE₂ associated with other biomolecules such as TNF- α or nitrous oxide.

5. **Tumor necrosis factor- α (TNF- α):** like PGE₂, TNF- α is an inflammatory mediator that has a strong positive influence on osteoclastic activity and bone resorption.⁹³ Frodge et al.⁹⁴ reported an increase in the concentration of this cytokine in the total saliva of subjects with periodontal disease.

In addition to the changes in the concentrations of various proteins in total saliva described above, [Table 2](#) shows a summary of salivary proteins that are also under study for their possible potential to be used as biomarkers of periodontal disease.^{37,38,40,58,70,95}

Insights from biomarkers identified in the salivary proteome for the diagnosis and monitoring of periodontal disease

As we have seen, saliva contains an abundance of proteins and other biomolecules that may reflect the pathophysiological state of periodontal tissues during periodontitis, so it has become increasingly clear that salivary diagnostics could offer a safe and noninvasive approach to disease detection and monitoring, and that it also has a high potential to revolutionize the diagnosis of periodontitis.⁹⁶

The scientific community remains focused on generating the highest quality evidence on the diagnostic accuracy of salivary biomarkers so that they can be used routinely in the near future.^{89,97} Currently available evidence indicates that MMP-8, MMP-9, IL-1 β , IL-6, and hemoglobin (Hb) are the salivary biomarkers with the highest ability to detect periodontitis in systemically healthy subjects; MMP-9 and IL-1 β also show a good ability to distinguish between cases without periodontitis. Other molecules such as cysteine, macrophage inflammatory protein 1 α (MIP-1 α), and nitric oxide (and its related metabolites), have also been identified as promising salivary biomarkers as reported in a recent meta-analysis.⁸⁹ However, further studies are required to confirm these findings.

The proteomic era has made the identification of multiple potential biomarkers in total saliva an achievable goal, coupled with the recent creation of

the International Consortium for Salivary Biomarkers of Periodontitis, which aims to ensure the implementation of standardized protocols for clinical research.⁶⁷ Likewise, advancements in diagnostic technologies suggest that the diagnosis and monitoring of periodontal disease using molecular tools is a realistic proposal, today closer than ever before.⁹⁸

CONCLUSIONS

Increased understanding of the components of the salivary proteome, its modifications, and dynamics in health and disease will allow saliva to enter clinical practice as an alternative biological fluid for the diagnosis and monitoring of periodontal disease, serving as a complement to periodontal probing, which currently remains the fundamental component of a comprehensive dental examination.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) of the UNAM, Code: IA208220, for the support provided for this work.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Periodontol*. 2018; 89 (Suppl20): S1-8. doi: 10.1111/jcpe.12935.
- Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol*. 2018; 89 (Suppl1): S159-172. doi: 10.1002/JPER.18-0006.
- Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH et al. Periodontitis: consensus report of workgroup 2 of the 2017 world workshop on the classification of periodontal and peri-implant diseases and conditions: classification and case definitions for periodontitis. *J Clin Periodontol*. 2018; 45 (Suppl 20): S162-170. doi: 10.1111/jcpe.12946.
- Jenkins W, MacFarlane T, Gilmour W. Longitudinal study of untreated periodontitis (I). Clinical findings. *J Clin Periodontol*. 1988; 15 (5): 324-330. doi: 10.1111/j.1600-051x.1988.tb01591.x.
- Page RC, Kornman KS. The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontol 2000*. 1997; 14 (1): 9-11. doi: 10.1111/j.1600-0757.1997.tb00189.x
- Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of severe periodontitis in 1990-2010: a systematic review and meta-regression. *J Dent Res*. 2014; 93 (11): 1045-1053. doi: 10.1177/0022034514552491.
- Global Burden of Disease Study 2013 Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2015; 386 (9995): 743-800. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60692-4.
- Kassebaum NJ, Smith AGC, Bernabé E, Fleming TD, Reynolds AE, Vos T et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990-2015: a systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors. *J Dent Res*. 2017; 96 (4): 380-387. doi: 10.1177/0022034517693566.
- Robertson PB, Buchanan SA, Armitage GC, Newbrun E, Taggart EJ, Hoover CI. Evaluation of clinical and microbiological measures to predict treatment response in severe periodontitis. *J Periodontol Res*. 1987; 22 (3): 230-232. doi: 10.1111/j.1600-0765.1987.tb01576.x.
- Burmeister JA, Best AM, Palcanis KG, Caine FA, Ranney RR. Localized juvenile periodontitis and generalized severe periodontitis: clinical findings. *J Clin Periodontol*. 1984; 11 (3): 181-192. doi: 10.1111/j.1600-051x.1984.tb01322.x
- Orban BJR, Wentz F, Everett F, Grant D. *Periodontics: a concept-theory and practice*. 4th edition. St. Louis: Mosby; 1958.
- Simonton F. Examination of the mouth-with special reference to pyorrhea. *J Am Dent Assoc*. 1925; 12 (3): 287-295. doi: 10.14219/jada.archive.1925.0061.
- Box H. *Treatment of periodontal pocket*. University of Toronto Press. 1928, p. 83.
- Armitage GC. Manual periodontal probing in supportive periodontal treatment. *Periodontol 2000*. 1996; 12: 33-39. doi: 10.1111/j.1600-0757.1996.tb00078.x.
- Al Shayeb KN, Turner W, Gillam DG. Periodontal probing: a review. *Prim Dent J*. 2014; 3 (3): 25-29. doi: 10.1308/205016814812736619.
- Papapanou PN, Susin C. Periodontitis epidemiology: is periodontitis under-recognized, over-diagnosed, or both? *Periodontol 2000*. 2017; 75 (1): 45-51. doi: 10.1111/prd.12200.
- Ebersole JL, Nagarajan R, Akers D, Miller CS. Targeted salivary biomarkers for discrimination of periodontal health and disease(s). *Front Cell Infect Microbiol*. 2015; 5: 1-12. doi: 10.3389/fcimb.2015.00062.
- Korte DL, Kinney J. Personalized medicine: an update of salivary biomarkers for periodontal diseases. *Periodontol 2000*. 2016; 70 (1): 26-37. doi: 10.1111/prd.12103.
- AlMoharib HS, AlMubarak A, AlRowis R, Geevarghese A, Preethanath RS, Anil S. Oral fluid based biomarkers in periodontal disease: part 1. Saliva. *J Int Oral Health*. 2014; 6 (4): 95-103.
- Codina L. Cómo hacer revisiones bibliográficas tradicionales o sistemáticas utilizando bases de datos académicas. *Rev ORL*. 2020; 11 (2): 139-153. doi: 10.14201/orl.22977.
- Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Info Libr J*. 2009; 26 (2): 91-108. doi: 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x.
- Marsh PD, Do T, Beighton D, Devine DA. Influence of saliva on the oral microbiota. *Periodontol 2000*. 2016; 70 (1): 80-92. doi: 10.1111/prd.12098.
- Mandel ID. The role of saliva in maintaining oral homeostasis. *J Am Dent Assoc*. 1989; 119 (2): 298-304. doi: 10.14219/jada.archive.1989.0211.
- Backhed F, Fraser CM, Ringel Y, Sanders ME, Sartor RB, Sherman PM et al. Defining a healthy human gut microbiome: current concepts, future directions, and clinical applications. *Cell Host Microbe*. 2012; 12 (5): 611-622. doi: 10.1016/j.chom.2012.10.012.
- Cho I, Blaser MJ. The human microbiome: at the interface of health and disease. *Nat Rev Genet*. 2012; 13 (4): 260-270. doi: 10.1038/nrg3182.
- Kilian M, Chapple ILC, Hannig M, Marsh PD, Meuric V, Pedersen AML et al. The oral microbiome – an update for oral healthcare professionals. *Br Dent J*. 2016; 221 (10): 657-666. doi: 10.1038/sj.bdj.2016.865.
- Wu J, Peters BA, Dominianni C, Zhang Y, Pei Z, Yang L et al. Cigarette smoking and the oral microbiome in a large study

- of American adults. *ISME J.* 2016; 10 (10): 2435-2446. doi: 10.1038/ismej.2016.37.
28. López-Pintor RM, Casañas E, González-Serrano J, Serrano J, Ramírez L, de Arriba L et al. Xerostomia, hyposalivation, and salivary flow in diabetes patients. *J Diabetes Res.* 2016; 2016: 1-15. doi: 10.1155/2016/4372852.
 29. Zhang Y, Sun J, Lin C-C, Abemayor E, Wang MB, Wong DTW. The emerging landscape of salivary diagnostics. *Periodontol 2000.* 2016; 70 (1): 38-52. doi: 10.1111/prd.12099.
 30. Pfafe T, Cooper-White J, Beyerlein P, Kostner K, Punyadeera C. Diagnostic potential of saliva: current state and future applications. *Clin Chem.* 2011; 57 (5): 675-687. doi: 10.1373/clinchem.2010.153767.
 31. Katsani KR, Sakellari D. Saliva proteomics updates in biomedicine. *J of Biol Res (Thessalon).* 2019; 26: 17. doi: 10.1186/s40709-019-0109-7.
 32. Roblegg E, Coughran A, Sirjani D. Saliva: an all-rounder of our body. *Eur J Pharm Biopharm.* 2019; 142: 133-141. doi: 10.1016/j.ejpb.2019.06.016.
 33. Dawes C. Circadian rhythms in human salivary flow rate and composition. *J Physiol.* 1972; 220 (3): 529-545. doi: 10.1113/jphysiol.1972.sp009721.
 34. Humphrey SP, Williamson RT. A review of saliva: normal composition, flow, and function. *J Prosthet Dent.* 2001; 85 (2): 162-169. doi: 10.1067/mpr.2001.113778.
 35. Wasinger VC, Cordwell SJ, Cerpa-Poljak A, Yan JX, Gooley AA, Wilkins MR et al. Progress with gene-product mapping of the mollicutes: *Mycoplasma genitalium*. *Electrophoresis.* 1995; 16 (7): 1090-1094. doi: 10.1002/elps.11501601185.
 36. Lederberg J, McCray AT. 'Ome Sweet' omics- A genealogical treasury of words. *Scientist.* 2001; 15 (7): 8-9.
 37. Haigh BJ, Stewart KW, Whelan JRK, Barnett MPG, Smolenski GA, Wheeler TT. Alterations in the salivary proteome associated with periodontitis. *J Clin Periodontol.* 2010; 37 (3): 241-247. doi: 10.1111/j.1600-051X.2009.01525.x.
 38. Gonçalves LDR, Soares MR, Nogueira FCS, Garcia C, Camisasca DR, Domont G et al. Comparative proteomic analysis of whole saliva from chronic periodontitis patients. *J Proteomics.* 2010; 73 (7): 1334-1341. doi: 10.1016/j.jprot.2010.02.018.
 39. National Institute of Dental and Craniofacial Research. [Revised: June 2021]. Available in: https://salivaryproteome.nidcr.nih.gov/public/index.php/Main_Page
 40. Oppenheim FG, Salih E, Siqueira WL, Zhang W, Helmerhorst EJ. Salivary proteome and its genetic polymorphisms. *Ann N Y Acad Sci.* 2007; 1098: 22-50. doi: 10.1196/annals.1384.030.
 41. Fábíán TK, Hermann P, Beck A, Fejérdy P, Fábíán G. Salivary defense proteins: their network and role in innate and acquired oral immunity. *Int J Mol Sci.* 2012; 13 (4): 4295-4320. doi: 10.3390/ijms13044295.
 42. Jia Z, Hasnain S, Hiram T, Lee X, S. Mort J, To R et al. Crystal structures of recombinant rat chatepsin B and a cathepsin B-inhibitor complex. *J Biol Chem.* 1995; 270(10): 5527-5533. doi: 10.1074/jbc.270.10.5527.
 43. Manconi B, Liori B, Cabras T, Vincenzoni F, Iavarone F, Castagnola M et al. Salivary cystatins: exploring new post-translational modifications and polymorphisms by top-down high-resolution mass spectrometry. *J Proteome Res.* 2017; 16 (11): 4196-4207. doi: 10.1021/acs.jproteome.7b00567.
 44. Wiesner J, Vilcinskas A. Antimicrobial peptides: The ancient arm of the human immune system. *Virulence.* 2010; 1 (5): 440-464. doi: 10.4161/viru.1.5.12983.
 45. Yilmaz D, Topcu AO, Akcay EU, Altındis M, Gursoy UK. Salivary human beta-defensins and cathelicidin levels in relation to periodontitis and type 2 diabetes mellitus. *Acta Odontol Scand.* 2020; 78 (5): 327-331. doi: 10.1080/00016357.2020.1715471.
 46. Goebel C, Mackay LG, Vickers ER, Mather LE. Determination of defensin HNP-1, HNP-2, and HNP-3 in human saliva by using LC/MS. *Peptides.* 2000; 21 (6): 757-765. doi: 10.1016/s0196-9781(00)00205-9.
 47. Ganz T. Defensins: antimicrobial peptides of innate immunity. *Nat Rev Immunol.* 2003; 3 (9): 710-720. doi: 10.1038/nri1180.
 48. Wang G. Human antimicrobial peptides and proteins. *Pharmaceuticals (Basel).* 2014; 7 (5): 545-594. doi: 10.3390/ph7050545.
 49. Inzitari R, Cabras T, Rossetti DV, Fanali C, Vitali A, Pellegrini M et al. Detection in human saliva of different statherin and P-B fragments and derivatives. *Proteomics.* 2006; 6 (23): 6370-6379. doi: 10.1002/pmic.200600395.
 50. Schlesinger H, Hay I. Complete covalent structure of statherin, a tyrosine-rich acidic peptide which inhibits calcium phosphate precipitation from human parotid saliva. *J Biol Chem.* 1977; 252(5):1689-95.
 51. Oppenheim F, Xu T, McMillian F, Levitz S, Diamond R, Offner G et al. Histatins, a novel family of histidine-rich proteins in human parotid secretion. *J Biol Chem.* 1988; 263 (16): 7472-7477.
 52. Campese M, Sun X, Bosch JA, Oppenheim FG, Helmerhorst EJ. Concentration and fate of histatins and acidic proline-rich proteins in the oral environment. *Arch Oral Biol.* 2009; 54 (4): 345-353. doi: 10.1016/j.archoralbio.2008.11.010.
 53. Torres P, Castro M, Reyes M, Torres V. Histatins, wound healing, and cell migration. *Oral Dis.* 2018; 24 (7): 1150-1160. doi: 10.1111/odi.12816.
 54. Roussel P, Lamblin G, Lhermitte M, Houdret N, Lafitte J-J, Perini J-M et al. The complexity of mucins. *Biochimie.* 1988; 70 (11): 1471-1482. doi: 10.1016/0300-9084(88)90284-2.
 55. Gabryel-Porowska H, Gornowicz A, Bielawska A, Wójcicka A, Maciorkawska E, Grabowska SZ et al. Mucin levels in saliva of adolescents with dental caries. *Med Sci Monit.* 2014; 20: 72-77. doi: 10.12659/MSM.889718.
 56. Sánchez G, Miozza V, Delgado A, Busch L. Relationship between salivary mucin or amylase and the periodontal status. *Oral Dis.* 2013; 19 (6): 585-591. doi: 10.1111/odi.12039.
 57. Bennick A. Salivary proline-rich proteins. *Mol Cell Biochem.* 1982; 45 (2): 83-99. doi: 10.1007/BF00223503.
 58. Trindade F, Amado F, Oliveira-Silva RP, Daniel-da-Silva AL, Ferreira R, Klein J et al. Toward the definition of a peptidome signature and protease profile in chronic periodontitis. *Proteomics Clin Appl.* 2015; 9 (9-10): 917-927. doi: 10.1002/pcca.201400191.
 59. Isemura S, Saitoh E, Sanada K. Isolation and amino acid sequences of proline-rich peptides of human whole saliva. *J Biochem.* 1979; 86 (1): 79-86.
 60. Gorr S-U. Antimicrobial peptides of the oral cavity. *Periodontol 2000.* 2009; 51: 152-180. doi: 10.1111/j.1600-0757.2009.00310.x.
 61. Ihalin R, Loimaranta V, Tenovuo J. Origin, structure, and biological activities of peroxidases in human saliva. *Arch Biochem Biophys.* 2006; 445 (2): 261-268. doi: 10.1016/j.abb.2005.07.004.
 62. Thomas EL, Jefferson MM, Joyner RE, Cook GS, King CC. Leukocyte myeloperoxidase and salivary lactoperoxidase: identification and quantitation in human mixed saliva. *J Dent Res.* 1994; 73 (2): 544-555. doi: 10.1177/00220345940730021001.
 63. Castagnola M, Cabras T, Vitali A, Sanna MT, Messana I. Biotechnological implications of the salivary proteome. *Trends Biotechnol.* 2011; 29 (8): 409-418. doi: 10.1016/j.tibtech.2011.04.002.
 64. Kaczor-Urbanowicz KE, Martin Carreras-Presas C, Aro K, Tu M, Garcia-Godoy F, Wong DT. Saliva diagnostics – Current views and directions. *Exp Biol Med (Maywood).* 2017; 242 (5): 459-472. doi: 10.1177/1535370216681550.
 65. Giannobile WV, Beikler T, Kinney JS, Ramseier CA, Morelli T, Wong DT. Saliva as a diagnostic tool for periodontal disease:

- current state and future directions. *Periodontol* 2000. 2009; 50: 52-64. doi: 10.1111/j.1600-0757.2008.00288.x.
66. Strimbu K, Tavel JA. What are biomarkers? *Curr Opin HIV AIDS*. 2010; 5 (6): 463-466. doi: 10.1097/COH.0b013e32833ed177.
 67. Ji S, Choi Y. Point-of-care diagnosis of periodontitis using saliva: technically feasible but still a challenge. *Front Cell Infect Microbiol*. 2015; 5: 65. doi: 10.3389/fcimb.2015.00065
 68. Dickinson DP. Salivary (SD-Type) cystatins: over one billion years in the making-but to what purpose? *Crit Rev Oral Biol Med*. 2002; 13 (6): 485-508. doi: 10.1177/154411130201300606.
 69. Blankenvoorde M, van't Hof W, Walgreen-Weterings E, van Steenberghe T, Brand H, Veerman E et al. Cystatin and cystatin-derived peptides have antibacterial activity against the pathogen *Porphyromonas gingivalis*. *Biol Chem*. 1998; 379 (11): 1371-1375.
 70. Hartenbach FARR, Velasquez É, Nogueira FCS, Domont GB, Ferreira E, Colombo APV. Proteomic analysis of whole saliva in chronic periodontitis. *J Proteomics*. 2020; 213: 1-8. doi: 10.1016/j.jprot.2019.103602.
 71. Diamond DL, Kimball JR, Krisanaprakornkit S, Ganz T, Dale BA. Detection of beta-defensins secreted by human oral epithelial cells. *J Immunol Methods*. 2001; 256 (1-2): 65-76. doi: 10.1016/s0022-1759(01)00442-2.
 72. Vylkova S, Li XS, Berner JC, Edgerton M. Distinct antifungal mechanisms: beta-defensins require *Candida albicans* Ssa1 protein, while Trk1p mediates activity of cysteine-free cationic peptides. *Antimicrob Agents Chemother*. 2006; 50 (1): 324-331. doi: 10.1128/AAC.50.1.324-331.2006.
 73. Li J, Helmerhorst EJ, Yao Y, Nunn ME, Troxler RF, Oppenheim FG. Statherin is an *in vivo* pellicle constituent: identification and immuno-quantification. *Arch Oral Biol*. 2004; 49 (5): 379-385. doi: 10.1016/j.archoralbio.2004.01.002.
 74. Konopka K, Dorocka-Bobkowska B, Gebremedhin S, Düzgünes N. Susceptibility of *Candida* biofilms to histatin 5 and fluconazole. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2010; 97 (4): 413-417. doi: 10.1007/s10482-010-9417-5.
 75. Gusman H, Travis J, Helmerhorst EJ, Potempa J, Troxler RF, Oppenheim FG. Salivary histatin 5 is an inhibitor of both host and bacterial enzymes implicated in periodontal disease. *Infect Immun*. 2001; 69 (3): 1402-1408. doi: 10.1128/IAI.69.3.1402-1408.2001.
 76. Pike R, McGraw W, Potempa J, Travis J. Lysine- and arginine-specific proteinases from *Porphyromonas gingivalis*. Isolation, characterization, and evidence for the existence of complexes with hemagglutinins. *J Biol Chem*. 1994; 269 (1): 406-411.
 77. Oudhoff MJ, Bolscher JGM, Nazmi K, Kalay H, Hof W, Amerongen AVN et al. Histatins are the major wound-closure stimulating factors in human saliva as identified in a cell culture assay. *FASEB J*. 2008; 22 (11): 3805-3812. doi: 10.1096/fj.08-112003.
 78. Bhatia R, Gautam SK, Cannon A, Thompson C, Hall BR, Aithal A et al. Cancer-associated mucins: role in immune modulation and metastasis. *Cancer Metastasis Rev*. 2019; 38 (1-2): 223-236. doi: 10.1007/s10555-018-09775-0.
 79. Cabras T, Pisano E, Mastinu A, Denotti G, Pusceddu PP, Inzitari R et al. Alterations of the salivary secretory peptidome profile in children affected by type 1 diabetes. *Mol Cell Proteomics*. 2010; 9 (10): 2099-108. doi: 10.1074/mcp.M110.001057.
 80. Herrero ER, Boon N, Bernaerts K, Slomka V, Verspecht T, Quirynen M et al. Clinical concentrations of peroxidases cause dysbiosis in *in vitro* oral biofilms. *J Periodont Res*. 2018; 53 (3): 457-466. doi: 10.1111/jre.12534.
 81. Sorsa T, Tjaderhane L, Salo T. Matrix metalloproteinases (MMPs) in oral diseases. *Oral Dis*. 2004; 10 (6): 311-318. doi: 10.1111/j.1601-0825.2004.01038.x
 82. Marcotte H, Lavoie MC. Oral microbial ecology and the role of salivary immunoglobulin A. *Microbiol Mol Biol Rev*. 1998; 62 (1): 71-109. doi: 10.1128/MMBR.62.1.71-109.1998.
 83. Olayanju O, Rahamon S, Joseph I, Arinola O. Salivary immunoglobulin classes in nigerians with periodontitis. *J Contemp Dent Pract*. 2012; 13 (2): 163-166. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1114.
 84. Rangbulla V, Nirola A, Gupta M, Batra P, Gupta M. Salivary IgA, Interleukin-1 β and MMP-8 as salivary biomarkers in chronic periodontitis patients. *Chin J Dent Res*. 2017; 20 (1): 43-51. doi: 10.3290/j.cjdr.a37741.
 85. Liu Y-CG, Lerner UH, Teng Y-TA. Cytokine responses against periodontal infection: protective and destructive roles: cytokine effects on periodontal infection. *Periodontol* 2000. 2010; 52 (1): 163-206. doi: 10.1111/j.1600-0757.2009.00321.x.
 86. Sánchez GA, Miozza VA, Delgado A, Busch L. Salivary IL-1 β and PGE2 as biomarkers of periodontal status, before and after periodontal treatment. *J Clin Periodontol*. 2013; 40 (12): 1112-1117. doi: 10.1111/jcpe.12164.
 87. Greenstein G, Hart TC. A Critical assessment of interleukin-1 (IL-1) genotyping when used in a genetic susceptibility test for severe chronic periodontitis. *J Periodontol*. 2002; 73 (2): 231-247. doi: 10.1902/jop.2002.73.2.231.
 88. Liukkonen J, Gürsoy UK, Pussinen PJ, Suominen AL, Kononen E. Salivary concentrations of interleukin (IL)-1 β , IL-17A, and IL-23 vary in relation to periodontal status. *J Periodontol*. 2016; 87 (12): 1484-1491. doi: 10.1902/jop.2016.160146.
 89. Arias-Bujanda N, Regueira-Iglesias A, Balsa-Castro C, Nibali L, Donos N, Tomás I. Accuracy of single molecular biomarkers in saliva for the diagnosis of periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2020; 47 (1): 2-18. doi: 10.1111/jcpe.13202.
 90. Beklen A, Ainola M, Hukkanen M, Gürgan C, Sorsa T, Konttinen YT. MMPs, IL-1, and TNF are regulated by IL-17 in periodontitis. *J Dent Res*. 2007; 86 (4): 347-351. doi: 10.1177/154405910708600409.
 91. Hasturk H, Kantarci A, Van Dyke TE. Paradigm shift in the pharmacological management of periodontal diseases. *Front Oral Biol*. 2012; 15: 160-176. doi: 10.1159/000329678.
 92. Hasan F, Ikram R, Simjee SU, Iftakhar K, Asadullah K, Usman M. The effects of aspirin gel and mouthwash on levels of salivary biomarkers PGE2, TNF- α and nitric oxide in patients with periodontal diseases. *Pak J Pharm Sci*. 2019; 32 (5): 2019-2023.
 93. Bertolini D, Nedwin G, Bringman T, Smith D, Mundy G. Stimulation of bone resorption and inhibition of bone formation *in vitro* by human tumour necrosis factors. *Nature*. 1986; 319 (6053): 516-518. doi: 10.1038/319516a0.
 94. Frodge BD, Ebersole JL, Kryscio RJ, Thomas MV, Miller CS. Bone remodeling biomarkers of periodontal disease in saliva. *J Periodontol*. 2008; 79 (10): 1913-1919. doi: 10.1902/jop.2008.080070.
 95. Salazar MG, Jehmlich N, Murr A, Dhople VM, Holtfreter B, Hammer E et al. Identification of periodontitis associated changes in the proteome of whole human saliva by mass spectrometric analysis. *J Clin Periodontol*. 2013; 40 (9): 825-832. doi: 10.1111/jcpe.12130.
 96. Srivastava N, Anand Nayak P, Rana S. Point of care- a novel approach to periodontal diagnosis-a review. *J Clin Diagn Res*. 2017; 11 (8): ZE01-6. doi: 10.7860/JCDR/2017/26626.10411.
 97. Moons KGM, Altman DG, Reitsma JB, Ioannidis JPA, Macaskill P, Steyerberg EW et al. Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis (TRIPOD): explanation and elaboration. *Ann Intern Med*. 2015; 162 (1): W1-73. doi: 10.7326/M14-0698.
 98. Chapple ILC. Periodontal diagnosis and treatment - where does the future lie? *Periodontol* 2000. 2009; 51: 9-24. doi: 10.1111/j.1600-0757.2009.00319.x.

Correspondencia / Correspondence:

Dra. Miryam Martínez-Hernández

E-mail: miryam_mh@comunidad.unam.mx



Instrucciones para los autores

ASPECTOS GENERALES

La **Revista Odontológica Mexicana** (ROM) publica artículos de investigación original, reportes de caso clínico y revisiones sistemáticas de la literatura relacionadas con aspectos científicos de la odontología, en idioma español e inglés.

Se exhorta a los autores a revisar minuciosamente su manuscrito en aspectos ortográficos y gramaticales. Es importante resaltar que la claridad de la lectura es una de las características más notables del discurso científico. Los artículos científicos deben ser precisos en su contenido. El Comité Editorial se reserva el derecho a editar o rechazar los manuscritos que no cumplan con estas características o cuya gramática y sintaxis sea deficiente.

La ROM utiliza software de detección de plagio para asegurar la originalidad del material publicado.

Los artículos recibidos serán evaluados por un comité de expertos. Sólo los artículos originales serán aceptados, los autores también son responsables de todas las opiniones, resultados y conclusiones contenidas en los artículos, que no necesariamente pueden ser compartidas por el Comité Editorial de la revista y sus revisores.

TIPOS DE MANUSCRITOS

1. Investigación original.
2. Revisión de la literatura.
3. Reporte de caso clínico.
4. Cartas al editor.
5. Editoriales.

Los autores deben indicar la sección en la que desean que su artículo sea incluido, aunque el Comité Editorial puede cambiar esto por sugerencia de los revisores.

SOMETIMIENTO DE ARTÍCULOS

Únicamente se revisarán manuscritos enviados a través del gestor OJS en el siguiente enlace: <https://revistas.unam.mx/index.php/rom/about>; cualquier duda favor de comunicarse al correo electrónico: revodontologiamexicana@gmail.com

Los envíos deben incluir lo siguiente:

1. Carta de cesión de derechos

Deberá incluir la firma de todos los autores, declarando que no existe conflicto de intereses, que el manuscrito es original, no ha sido sometido a evaluación en otra revista y no ha sido previamente publicado total o parcialmente, tanto en forma impresa como electrónica en otros medios de divulgación científica. Todos los artículos aceptados se convierten en propiedad de la Revista Odontológica Mexicana y su fecha de recepción y aceptación será reflejada al publicarse, por lo tanto, su posterior publicación en otros medios no está permitida sin permiso por escrito del Comité Editorial.

2. Carta de presentación

Debe contener el título del artículo, así como el nombre completo, el correo electrónico y la adscripción del autor de correspondencia, y especificar que el manuscrito no se encuentra en ese momento bajo ninguna revisión editorial en alguna otra revista científica.

3. Manuscrito

El manuscrito debe incluir los elementos enlistados a continuación, en letra Arial tamaño 12 y con interlineado de 1.5.

La primera página debe contener los siguientes elementos:

- Título del artículo, no mayor a 14 palabras, nombre(s) y apellidos de cada autor sin grado académico, adscripción de cada autor. Deberá proporcionarse un autor responsable de publicación o autor de correspondencia que incluya su dirección postal, correo electrónico y teléfono.

La segunda página corresponde a:

- Resumen en español e inglés.
- Palabras clave en español e inglés.

A partir de la tercera página:

- Cuerpo del texto del artículo, de acuerdo al tipo de manuscrito.
- Referencias citadas al texto entre paréntesis, por orden de aparición; si son tres o más consecutivas, se pondrá la primera seguida de un guión y la última.
Referencias: lista de referencias en orden de aparición al texto, en formato **Vancouver**, agregar el DOI cuando los artículos cuenten con éste.

Ejemplos:

Artículo convencional

Autor/es. Título del artículo. Abreviatura internacional de la revista. Año; volumen (número): página inicial-página final. DOI

Cura M, González-González I, Fuentes V, Ceballos L. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite resin onlays. *J Prosthet Dent.* 2016; 116 (3): 389-396. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.02.016.

Si son más de seis autores, se colocarán los primeros seis seguidos del nombre *et al.*

Comba A, Scotti N, Maravić T, Mazzoni A, Carossa M, Breschi L et al. Vickers hardness and shrinkage stress evaluation of low and high viscosity bulk-fill resin composite. *Polymers (Basel).* 2020; 12 (7): 1477. doi: 10.3390/polym12071477.

Libro

Autor/es. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: editorial; año.

Siqueira JF. *Endodontic emergencies of infectious origin. Treatment of endodontic infections*. London: Quintessence Publishing Company; 2011.

Capítulo de libro

Autor/es del capítulo. Título del capítulo. En: director/coordinador/editor del libro. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: editorial; año. Página inicial-página final del capítulo.

Reibel J, Gale N, Hile J, Hunt JL, Lingen M, Muller S et al. *Oral potentially malignant disorders and oral epithelial dysplasia*. In: El-Naggar AK, Chan JK, Cgrandis JR, Takata T, Slootweg PJ (Eds.). *WHO classification of head and neck tumours*. 4th ed. Lyon: IARC; 2017. pp. 112-115.

Página electrónica

Autor. Título [Internet]. [Fecha de consulta]. Disponible en: liga de la página.

Centers for Disease Control and Prevention. HIV statistics overview. Statistics Center. International Statistics [Internet]. [Accessed June 8, 2021]. Available in: <https://www.cdc.gov/hiv/statistics/overview/index.html>

4. Figuras, tablas y gráficas

En el caso de manuscritos que incluyan figuras, éstas deben ser de 900 × 600 píxeles y estar en formato .JPG o .PNG, el tamaño deberá ser menor de 5 MB y se deberán enviar en archivos electrónicos independientes.

Las tablas y figuras deberán ser citadas al texto con números arábigos de manera consecutiva y localizarse al final del manuscrito.

Los pies de figura se pondrán al final del manuscrito, posterior al listado de referencias.

Todas las tablas y figuras deberán citarse en el texto.

TIPOS DE MANUSCRITOS

1. Investigación original

Investigaciones básicas y analíticas, estudios transversales, estudios de casos y controles, estudios de cohorte y ensayos clínicos controlados. Los artículos no deben exceder las **12 páginas** (in-

cluidas las referencias), con 30 líneas por página. No más de **tres figuras y cuatro tablas** en el manuscrito.

El resumen y *abstract* deberá tener entre 150 y 300 palabras, incluyendo en su estructura: introducción, objetivos, material y métodos, resultados y conclusiones.

Las referencias deberán numerarse consecutivamente en orden de aparición en el texto, colocándose entre paréntesis.

2. Revisiones de la literatura

Revisiones sistemáticas y metaanálisis, aquellos que conllevan una actualización en cualquiera de los temas identificados como de importancia y de alcance para esta revista. Los artículos no deben exceder las **14 páginas** (incluidas las referencias), con 30 líneas por página. Deben contener un máximo de **tres figuras y cuatro tablas**.

El resumen y *abstract* deberá tener entre 150 y 300 palabras, incluyendo en su estructura: introducción, objetivos, material y métodos, resultados y conclusiones.

Las referencias deberán numerarse consecutivamente en orden de aparición en el texto, colocándose entre paréntesis.

3. Reportes de caso

Casos que aporten conocimiento e información original, por ejemplo, la primera evidencia de una situación diagnóstica o terapéutica inusual e inesperada. Los artículos no deben exceder las **10 páginas** (incluidas las referencias), con 30 líneas por página. Deben contener un máximo de **cuatro figuras y dos tablas**.

El resumen y *abstract* deberá tener entre 150 y 300 palabras, incluyendo en su estructura: introducción, objetivos, presentación de caso y conclusiones.

Las referencias deberán numerarse consecutivamente en orden de aparición en el texto, colocándose entre paréntesis.

4. Cartas al editor

Manuscritos cortos que pueden tener los siguientes propósitos:

- Debatir entre investigadores y clínicos con el objetivo de complementar o intercambiar ideas de un artículo previamente publicado.
- Emitir un juicio crítico sobre un hecho reciente del tema objetivo de la revista.
- Comunicar un hallazgo o una metodología empleada y que no ha sido publicada.

Las referencias utilizadas deben ser fuentes de alta confiabilidad. Las cartas al editor no deben exceder de **dos páginas**, incluyendo las referencias (máximo tres referencias).

**Revista Odontológica Mexicana,
Órgano Oficial de la Facultad de Odontología, UNAM**
se terminó de imprimir el 04 de Marzo de 2023
en los talleres de GRAPHIMEDIC, S.A. de C.V.
Tels: 55 8589-8527 al 32
La edición consta de 50 ejemplares

