

REVISIONES EN ODONTOLOGÍA

UAEH UAEM
JAC

UDEG

UASLP

Red de Investigación
en Estomatología

Editores / Coordinadores

Carlo Eduardo Medina Solís
Rogelio José Scougall Vilchis
Edith Lara Carrillo
Norma Leticia Robles Bermeo
Blanca Silvia González López
María Verónica Cuevas González
Juan Carlos Cuevas González

ISBN
978-607-99751-8-0

Datos para catalogación bibliográfica

EDITORES/COORDINADORES

Carlo Eduardo Medina Solís (UAEH), Rogelio José Scougall Vilchis (UAEMex), Edith Lara Carrillo (UAEMex), Norma Leticia Robles-Bermeo (UAEMex), Blanca Silvia González López (UAEMex), María Verónica Cuevas-González (UJED), Juan Carlos Cuevas-González (UJED).

EDITORA DE IDIOMA INGLÉS:

Sara Ananny Iturbe Peñaloza

DIAGRAMACIÓN

Paola Guadalupe Heredia Medina, Gonzalo Eduardo Heredia Medina

**Revisiones en odontología
Pachuca, Hidalgo, Julio de 2022.**

ISBN: 978-607-99751-8-0



Primera Edición:

**Sobre la presente edición
Río Subterráneo Editores
Prado Norte 226-A-3, Casa Blanca,
Metepec, Estado de México
1a. Edición
Julio de 2022
ISBN: 978-607-99751-8-0**

Los comentarios, interpretaciones y conclusiones de este libro son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del editor.



Revisiones en odontología by Río Subterráneo Editores & Red de Investigación en Estomatología is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

CONTENIDO

	Pag.
Capítulo 1. Cemento de ionómero de vidrio, propiedades, clasificación y usos en la odontología restauradora: Revisión de la literatura. Alejandra Itzel López-Flores, Rogelio José Scougall-Vilchis, Elías Nahúm Salmerón-Valdés, Carlo Eduardo Medina-Solís, Blanca Silvia González-López.	1
Capítulo 2. Incorporación de nanopartículas de plata en brackets de ortodoncia: Revisión de la literatura. Irania Jasso-Ruiz, Ulises Velázquez-Enríquez, Rogelio José Scougall-Vilchis, Raúl Alberto Morales-Luckie, Edith Lara-Carrillo, Víctor Hugo Toral-Rizo.	12
Capítulo 3. Osteogénesis imperfecta: Revisión de la literatura. Alberto Márquez-Conde, Carolina Velázquez-Hernández, Verónica Azucena Montiel-Díaz, Sara Celina Conde-Pérez, Nuria Patiño Marín, Mariana Mora-Acosta, José de Jesús Navarrete-Hernández, Norma Leticia Robles Bermeo, María del Consuelo Cabrera-Morales, Carlo Eduardo Medina-Solís.	20
Capítulo 4. Afectación de las glándulas salivales secundaria a la radioterapia de cabeza y cuello: Revisión de la literatura. Gabriela Anaid Mungarro-Cornejo, María Verónica Cuevas-González, Simón Yovanny Reyes-López, Karla Lizette Tovar-Carrillo, Graciela Zámbrano-Galván, José Luis Osornio-Rojas, Juan Carlos Cuevas-González.	29
Capítulo 5. Ingeniería de tejidos y su potencial aplicación en las ciencias odontológicas: Revisión de la literatura. María Verónica Cuevas-González, Fernando Suaste-Olmos, Marco Antonio Álvarez-Pérez.	36
Capítulo 6. Rugosidad de resinas acrílicas: Revisión de la literatura. Lizzeth Aguillón-Sol, Rogelio José Scougall-Vilchis, Blanca Silvia González-López, Rosalía Contreras-Bulnes, Edith Lara-Carrillo, Carlo Eduardo Medina-Solís.	48
Capítulo 7. Estomatitis aftosa recurrente: Revisión de la literatura. Norma Guadalupe Ibáñez-Mancera, Víctor Hugo Toral-Rizo, Edith Lara-Carrillo, Antonio Hernández-Morales, Violeta Evelyn Flores-Solano, Elías Nahúm Salmerón-Valdés, Ana Miriam Santillán-Reyes.	58
Capítulo 8. Caries interproximal y pérdida de dientes en la dentición primaria como factores de riesgo para la pérdida de espacio en el segmento posterior: Revisión de la literatura. Salvador Eduardo Lucas-Rincón, Norma Leticia Robles-Bermeo, Edith Lara-Carrillo, Rogelio José Scougall-Vilchis, Elena Sarai Baena-Santillán, Ma. Elena Ponce-Díaz, Juan José Villalobos-Rodelo, Martha Mendoza-Rodríguez, Carlo Eduardo Medina-Solís, Gerardo Maupomé.	73

Capítulo 9.	Deglución atípica: Revisión de la literatura. Paulina Villalobos-Chávez, Fabián de León-Chacón, Juan Carlos Cuevas-González, León Francisco Espinosa-Cristóbal, Salvador Nava-Martínez, Jessica Anahí Domínguez-Monrreal, Diana Juana García-Zamarrón.	81
Capítulo 10.	Cambios en el periodonto durante el tratamiento oncológico: Revisión de la literatura. María Verónica Cuevas-González, Alma Graciela García-Calderón, Dalia Abril Guzmán-Gastelum, Alejandro Donohue-Cornejo, León Francisco Espinosa-Cristóbal, Luis Felipe Fornelli Martín-del Campo, Juan Carlos Cuevas-González.	90
Capítulo 11.	Nanopartículas de plata y microdureza de resinas acrílicas: Revisión de la literatura. Pamela López-Galicia, Rogelio José Scougall-Vilchis, Norma Leticia Robles-Bermeo, Rosalía Contreras-Bulnes, Laura Rodríguez-Vilchis, Blanca Silvia González-López, Rosalina Islas-Zarazúa, Carlo Eduardo-Medina-Solís.	97

Cemento de ionómero de vidrio, propiedades, clasificación y usos en la odontología restauradora: Revisión de la literatura

Alejandra Itzel López-Flores,¹ Rogelio José Scougall-Vilchis,¹ Elías Nahúm Salmerón-Valdés,¹ Carlo Eduardo Medina-Solís,^{1,2} Blanca Silvia González-López.¹

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ²Área Académica de Odontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México.

Correspondencia

Rogelio José Scougall-Vilchis: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. email: rogelio_scougall@hotmail.com

Resumen

Los cementos dentales constituyen un grupo de materiales que han sido utilizados a lo largo de los años en operatoria dental y, además, en otras ramas de la odontología como la prostodoncia, endodoncia, periodoncia y cirugía bucal. Un cemento dental es una sustancia que sirve para unir, pegar, y adherir dos cosas, es definido por ser una sal que ha resultado de una reacción ácido base y que a través de un proceso de fraguado ha endurecido. El objetivo de la formulación y el desarrollo de los cementos de ionómero de vidrio fue combinar las buenas propiedades del cemento de silicato y de policarboxilato de zinc. El ionómero de vidrio es un material de obturación basado en sílice, polvos de aluminio-silicato de calcio y soluciones homopolímeros y copolímeros del ácido acrílico. Se suministran en forma de polvo y líquido. El líquido suele ser una solución al 47% de copolímero de ácido poliacrílico e itacónico. El polvo del cemento es formado por la fusión de sus componentes principales, de sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3) y fluoruro de calcio (CaF_2). Existen varias clasificaciones de acuerdo a su composición. Los ionómeros se pueden clasificar en 5 tipos como son: los convencionales o vítreos, reforzados con metal, con partículas de resina (híbridos) copolímeros, nanoionómeros. El ionómero de vidrio es un material versátil con propiedades ideales como protector pulpar usado en cavidades profundas, para restaurar erosiones sin preparación cavitaria, como cemento, como sellador de fosas y fisuras, para la obturación de conductos radiculares, cementado de brackets y bandas de ortodoncia.

Palabras clave: Ionómero de vidrio, cementos dentales, híbridos, flúor, base, protector pulpar.

Glass ionomer, properties, classification and uses in the restoration dentistry. Review of the literature

Abstract

The dental cements constitute a group of materials that have been used throughout the years in dental surgery and, in addition, in other branches of dentistry such as prosthodontics, endodontics, periodontics and oral surgery. A dental cement is a substance that serves to bond, glue, and adhere two things, it is defined as a salt that has resulted from an acid base reaction and that has hardened through

a setting process. The objective of the formulation and development of glass ionomer cements was to combine the good properties of silicate cement and zinc polycarboxylate. The glass ionomer is a sealing material based on silica, aluminum-calcium silicate powders and homopolymer solutions and copolymers of acrylic acid. They are supplied in powder and liquid form. The liquid is usually a 47% solution of polyacrylic acid and itaconic copolymer. Cement dust is formed by the fusion of its main components, silica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) and calcium fluoride (CaF_2). There are various classifications according to their composition. The ionomers can be classified into 5 types: conventional or vitreous, reinforced with metal, with resin particles (hybrids), copolymers, nanoionomers. The glass ionomer is a versatile material with ideal properties as a pulp protector used in deep cavities, to restore erosions without cavity preparation, such as cement, as a pit and fissure sealant, for root canal sealing, bracement cementation and orthodontic bands.

Keywords: Glass ionomer, dental cements, hybrids, fluoride, base, pulp protector.

Introducción

A través de los años han propuesto diferentes materiales para proteger el complejo dentino-pulpar. Dos grupos de materiales que pueden ser utilizados para proteger este sistema. Estos son:

- Cementos dentales
- Compuestos resinosos

Un cemento dental es una sal que ha resultado de una reacción ácido base y que a través de un proceso de fraguado ha endurecido, desde el punto de vista de su composición y estructura los cementos dentales son materiales que se preparan a partir de la combinación del polvo con el líquido.¹⁻³

Los ionómeros de vidrio son materiales de obturación cuyo nombre se debe a que pueden formar enlaces iónicos con vidrio. El objetivo de la formulación y el desarrollo de los cementos de ionómero de vidrio fueron ideados por Wilson y Kent en 1969. Desarrollados por McClean y Wilson durante los años 70. Son materiales de obturación basados en sílice, polvos de aluminio-silicato de calcio y soluciones homopolímeros y copolímeros del ácido acrílico. Se suministran en forma de polvo y líquido.⁴⁻⁸

El ionómero de vidrio es recomendado por sus propiedades ideales principalmente como protector pulpar usado en cavidades profundas, para restaurar erosiones sin preparación cavitaria, como cemento, como sellador de fosas y fisuras, para la obturación de conductos radiculares, cementado de brackets y bandas de ortodoncia.⁹⁻¹⁴

Ionómero de vidrio

Los ionómeros vítreos fueron desarrollados por Wilson y Kent en el Laboratorio de Química del Gobierno Inglés, como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato.¹³ El objetivo de la formulación y desarrollo de los cementos de ionómero de vidrio se basó en la unión del polvo del cemento de silicato con el cemento de policarboxilato de zinc. Los cementos de silicato tienen propiedades anticariogénicas debido a la liberación de flúor, mientras que el cemento de policarboxilato de zinc tiene la capacidad de adherirse a la estructura dental y causar poca irritación pulpar.¹⁵⁻¹⁷

Se caracterizan principalmente por ser materiales de obturación basados en sílice, polvos de aluminio-silicato de calcio y soluciones de homopolímeros y copolímeros de ácido acrílico. El primer ionómero vítreo fue comercializado en Europa en 1975 se conoció con el nombre de ASPA (De Trey): Aluminio-PoloAcrilate.^{4,15}

Composición

El polvo del cemento de ionómero de vidrio es formado por la fusión de sus componentes principales de sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3) y fluoruro de calcio (CaF_2). Los primeros dos componentes son responsables de la resistencia del material. El fluoruro de calcio participa en la reacción de endurecimiento. El líquido suele ser una solución al 47% de copolímero de ácido poliacrílico e itacónico, pero existen materiales en el mercado a base de otros ácidos (maleico, tartárico). El grupo carboxilo (-COOH) es el responsable de la unión química de naturaleza iónica con las partículas de vidrio y el calcio de la hidroxiapatita del esmalte y de la dentina parte de la estructura dental.^{1,6,9}

La composición del polvo del ionómero de vidrio se puede observar en el cuadro 1.

Presenta un tamaño de partícula aproximado de 20 a 50 μm cuando el material es utilizado para obturaciones y de menos de 25 μm cuando se usa como cemento.⁴

La composición del líquido del ionómero de vidrio se puede observar en el cuadro 2.

El agua es un componente esencial de la fórmula. Su misión es proporcionar el medio en que se realizan los intercambios iónicos. Su falta o exceso produce alteraciones estructurales con tendencia al resquebrajamiento al desecarse.¹⁸

Formas de presentación

- Polvo / líquido autocurado.
- Polvo / líquido fotocurado.
- Pasta / pasta fotocurado.
- Cápsulas.^{18,19}

Proporciones clínicas

- Restauración: 2 de polvo y 1 de líquido.
- Protección cavitaria: 1 polvo 1 de líquido.
- Cementación: 1 de polvo 2 de líquido.^{18,19}

Cuadro 1. Composición del polvo del ionómero de vidrio.¹

Compuesto	Composición (%)
SiO_2	29.0
Al_2O_3	16.6
Na_3AlF_6	2.6
AlF_3	3.7
PO_4Al	10.0
CaF_2	34.3

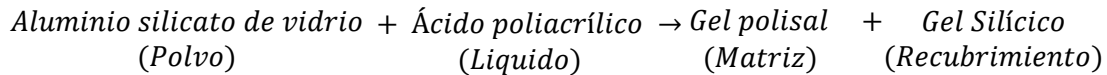
Cuadro 2. Composición del polvo del ionómero de vidrio.⁶

Líquido	Composición (%)
Ácido alquenoico (ácido poliacrílico es el más usado)	30
Ácido itacónico	15
Ácido tartárico	10
Agua	45

Reacción de endurecimiento

La reacción de endurecimiento de este material es de exotérmica e inicia a partir de la aglutinación (mezcla) del polvo con el líquido. Es una reacción entre un ácido y una base para la formación de una sal. Se encuentra dividida principalmente en 3 fases:

- Fase 1: Desplazamiento de iones y ionización de ácido poliacrílico; Esto promueve la disolución superficial de la partícula de vidrio y la liberación de iones.
- Fase 2: Formación de la matriz de polisales; Promueve la precipitación iónica, cambios en el pH debido a la transformación del ácido poliacrílico en polisales.
- Fase 3: Formación del gel de sílice y endurecimiento final; Promueve la precipitación de la matriz.⁶



Compatibilidad biológica

Numerosas investigaciones han demostrado la inocuidad del ionómero de vidrio para el tejido pulpar, cuando se coloca en el complejo dentino-pulpar como *liner*, base o como relleno. Si bien el pH inicial de la mezcla es ácido, en pocos minutos se alcanza un pH cercano a la neutralidad, lo que asegura una adecuada protección pulpar. Los cementos de ionómero de vidrio no experimentan degradación, desintegración ni pérdida de masa por la liberación de fluoruro. Sin embargo, debe notarse que en presencia de pH ácido en la cavidad bucal (pacientes con disfunciones digestivas, o que reciben determinadas medicaciones, entre otros múltiples factores y condiciones clínicas) los ionómeros pueden experimentar alteraciones superficiales por la erosión ácida e incrementar su solubilidad y desintegración.¹⁻⁶

Liberación de fluoruro

El flúor liberado por el ionómero de vidrio se incorpora a los tejidos mineralizados del diente, tornándolos más resistentes a los ciclos de desmineralización, además de actuar remineralizando lesiones incipientes del esmalte y dentina alrededor del material o en las proximidades de los dientes adyacentes, debido a que al entrar en contacto con el esmalte y la dentina, el fluoruro que se encuentra en el ionómero de vidrio lleva a cabo un intercambio iónico con la hidroxiapatita del diente, formando fluorapatita, la cual es más dura y menos soluble en los ácidos, fenómeno que es aprovechado también en su uso como sellador de fosas y fisuras, debido a que el flúor es uno de los elementos que queda débilmente unido a la estructura superficial del material y por lo tanto es fácilmente liberado. Un cemento de ionómero de vidrio de aluminio-silicato tiene aproximadamente 23% de iones de flúor, sin embargo, apenas de 12 al 18% son liberados en forma de NaF en la mayor parte y su donación parece ser medida principalmente por la cantidad de sodio sin perjudicar las propiedades mecánicas del material. La liberación de fluoruro es elevada en las primeras 24 a 48 horas y permanece constante durante largos periodos de tiempo.^{1,2,20,21}

Adhesividad, mecanismo de difusión e intercambio iónico

La adhesión puede ser definida como la fuerza que mantiene unidos dos sustancias o sustratos de diferentes composiciones. Las propiedades de adhesión deben ser vistas como una asociación entre el sellado marginal y la resistencia de unión. Desde que sus moléculas están en contacto íntimo (distancia máxima de 0.0007µm). La adhesión química se logra por una estructura cristalina llamada fosfato de calcio-polialquenoato actuando como interfaz entre el esmalte y la dentina y el cemento fraguado. Esto

es lo que se conoce como adhesión basada en un mecanismo de difusión iónica o de intercambio iónico. Los valores de resistencia de unión del cemento de ionómero de vidrio son bajos en comparación con los obtenidos con los sistemas adhesivos. La mezcla rápida y la inserción inmediata constituyen una premisa indispensable en la manipulación manual del ionómero en función de su capacidad adhesiva.

1,4,23,24

La adhesión de los ionómeros de vidrio a la dentina inicialmente no es muy fuerte, se encuentra alrededor de los 3.5 Mpa, pero al pasar de las horas y los días esta se hace cada vez más fuerte, estable y duradera. Pasado algún tiempo esta adhesión puede llegar a alcanzar valores adhesivos hasta de 10Mpa. Por esta razón es necesario tratar la dentina previamente antes de la colocación de dicho cemento.^{6,12}

Pretratamiento dentario

Para facilitar la unión del ionómero de vidrio a la superficie dentaria, la superficie debe estar limpia, y el ionómero se debe colocar en consistencia blanda sobre el diente. La adhesividad de los ionómeros puede incrementarse notablemente si antes de ser insertado sobre el tejido dentario se trata con sustancias que mejoren la adaptación y por consiguiente la adhesión. Para limpiar la superficie dentaria se ha utilizado solución a base de ácido cítrico a 50%, fosfórico al 37% o láctico cuando el ionómero se usa como sellante, y peróxido de hidrogeno cuando se emplea como obturación, también se utilizan soluciones a base de ácido poliacrílico entre el 10 y 25% y de ácido tetracético diamina etileno (EDTA) debido a que también sirve como un acondicionador pero más potente para remover la capa de desechos del barrido dentinario que tiene un grosor de 0.5 a 5.0 μm y para abrir los túbulos dentinarios. Estas soluciones se aplican con una torunda de algodón o con un pincel de 20 a 30 segundos aproximadamente, posteriormente se lava y se seca la preparación manteniendo la dentina ligeramente húmeda. La acción de estos permite eliminar parcialmente el barrido dentinario también llamado “*smear layer*”. Debido a que la presencia de esta capa impide que el cemento de ionómero de vidrio entre en íntimo contacto con los sustratos dentales.¹⁻¹⁰ Algunas de las funciones de los acondicionadores dentinarios se pueden observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Funciones de un acondicionador dentinario.¹

Funciones de un acondicionador dentinario
Eliminar parcialmente el barrido dentinario
Sellar los túbulos dentinarios
Aumentar la resistencia adhesiva
Mejorar la humectancia del cemento

Manipulación

El ionómero debe prepararse en no más de 20 o 30 segundos y aplicarse en la preparación dentaria inmediatamente, para evitar que el líquido comience a reaccionar con el polvo con la consiguiente menor disponibilidad de grupos carboxílicos adhesivos. Por eso la mezcla debe hacerse rápida y la inserción inmediata, a su vez, los cementos de ionómero de vidrio son susceptibles a la disolución o desecación mientras se lleva a cabo la reacción química de endurecimiento, y tienden a fracturarse si tienen contacto con la humedad en este periodo de tiempo, por eso se recomienda protegerlos con un barniz durante las primeras horas después del fraguado.^{25,26}

Las diferencias en el volumen del líquido dependen de la forma en la que se vierte líquido del recipiente cuando se sostiene para dispersar una gota, de modo que el volumen del líquido variará dependiendo de la inclusión de burbujas de aire; factores externos como la temperatura y humedad del medio

ambiente de mezcla, condiciones como el tiempo y técnica de manipulación también pueden introducir la variabilidad inducida por el operador en el cemento.^{27,28,29}

Recomendaciones sobre su manipulación

La Federación Dental Internacional propone una guía de uso de los ionómeros que puede resumirse de la siguiente manera:

1. Aislamiento del campo operatorio
2. Seleccione correctamente el material, no todos los ionómeros son iguales, cada uno tiene indicaciones precisas.
3. Establezca correctamente la relación polvo-liquido
4. Se puede colocar hidróxido de calcio solamente en los lugares más profundos de las preparaciones
5. Acondicionamiento de la dentina por medio de un pretratamiento con ácido poliacrílico, lavado y secado. Si se trata con ácido poliacrílico se deja actuar durante 30 segundos para que se pueda ejercer su acción impregnadora y secar suavemente con aire o bien fotopolimerizar de acuerdo a las indicaciones del fabricante.
6. Mezclar hasta conseguir una superficie homogénea, brillante de consistencia adecuada.
7. Colocar el material sobre superficies libres de contaminantes, como saliva y restos de materiales debido a que estos contaminantes dificultan la adhesión
8. Tras la polimerización del ionómero según los tiempos indicados por el fabricante se debe proteger la restauración para evitar cambios en las propiedades físicas del material tales como el endurecimiento de la deshidratación y de la humedad.^{1, 29,30}

Propiedades del ionómero de vidrio

Las propiedades mecánicas del cemento de ionómero de vidrio se describen de acuerdo a la American National Standards Institute-American Dental Association (ANSI-ADA) Specification No. 96 (ISO 9917). La evaluación de la compresión y la resistencia a la tracción es similar a los cementos de fosfato de zinc.⁷ Los ionómeros constituyen el material ideal para efectuar rellenos y bases cavitarias, debido a que reemplazan satisfactoriamente a la dentina perdida cuando se utilizan como base cavitaria este material posee la rigidez suficiente para soportar las fuerzas de masticación, como *liner* o recubrimiento el ionómero de vidrio deberá tener un espesor que no supere los 0.5 mm. Si se trata de ionómero modificado con resina se debe aplicar el material en capas no mayores de 1.5 mm para permitir su correcta polimerización.¹

Cuentan con alta resistencia a la compresión superior a la de los fosfatos, que aumenta con el envejecimiento de la restauración, debido a la incorporación de iones dentro de la matriz y de cadena cruzada. Sin embargo, la resistencia friccional es similar a la de los fosfatos. Su estabilidad química, estabilidad dimensional, los valores de solubilidad y desintegración son los más bajos de todos los cementos, además de una gran capacidad óptica y fácil manipulación.^{17,31,32}

Como se puede observar en el cuadro 4 se muestran los valores de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del ionómero de vidrio a comparación con el policarboxilato de zinc.

El ionómero de vidrio se recomienda principalmente como protector pulpar en cavidades profundas, debido al fluoruro incorporado en el polvo, el cemento cuenta con un efecto anticariogénico, la retención de este es principalmente micromecánica, aunque algunos presentan unión química.⁷

Cuadro 4. Valores de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del ionómero de vidrio.¹¹

Cemento	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (Gpa1)
Ionómero de vidrio	70-210	3.9-8.3	3.7-9.0
Ionómero de vidrio modificado con resina	150-200	20-40	8-20
Policarboxilato de zinc	80	16	5.0

Técnica sándwich

Esta técnica también es llamada “técnica mixta”, fue desarrollada originalmente por McLean en el año de 1985, surgió en busca de una solución para aquellos casos en que los márgenes de las restauraciones debían extenderse hacia regiones del diente con escaso o nulo soporte de esmalte, como es el caso de las lesiones cervicales, cavidades con cajas proximales clase II o cavidades profundas.³³

El procedimiento implica colocar una restauración estética de resina sobre una base de ionómero de vidrio que actúa como reemplazo de esmalte y dentina respectivamente. En la obturación final se asocian entonces la resistencia mecánica, pulido superficial, estética y estabilidad de color de la resina compuesta con la biocompatibilidad, liberación de flúor, compatibilidad térmica y adhesión química del vidrio ionómero sobre la dentina. Esta técnica permite realizar un efectivo sellado de la cavidad ya que previene el paso de bacterias y la difusión de sustancias tóxicas desde el exterior hasta el interior de la cavidad, donde se localiza el complejo dentino-pulpar, protegiendo a la pulpa de los estímulos superficiales y sensibilidad postoperatoria. Por otro lado, el uso de una base cavitaria de vidrio ionómero reduce el espesor en las restauraciones al disminuir los posibles efectos negativos derivados de la contracción de la polimerización.^{34,35,36}

Clasificación de la técnica sándwich

La Técnica Sándwich se clasifica según la extensión del ionómero de vidrio en:

- Técnica de Sándwich Cerrado: Donde el ionómero de vidrio está cubierto en su totalidad por resina compuesta. Esta técnica consiste en restaurar completamente la preparación cavitaria en cuestión, con el ionómero de vidrio y en otra cita prepararlo, dejando una base gruesa de este cemento, pero proporcionando el espacio suficiente para permitir el grosor adecuado de resina.
- Técnica de Sándwich Abierto: El ionómero de vidrio es colocado de modo que cubra la mayor parte de la dentina, extendiéndose al cabo superficial de la caja proximal, para formar el sellado gingival; la efectividad de estas técnicas radica en el comportamiento elástico inicial del cemento y su porosidad intrínseca del mismo.³⁷

Clasificación de los cementos de ionómero de vidrio

1. DE ACUERDO CON SU USO

Los ionómeros de vidrio se pueden clasificar en 5 tipos como se muestra en la cuadro 5.

2. DE ACUERDO CON SU NOMENCLATURA

Los ionómeros vitreos se van a clasificar en 2 tipos dividiéndose en convencionales o modificados o híbridos.³⁸

3. DE ACUERDO CON SU COMPOSICIÓN:

- **Cementos de ionómero de vidrio convencionales o vítreos:** Están constituidos por un polvo, que es un cristal, fluoroaluminosilicato; y por un líquido, que es el ácido, poliacrílico. Endurecen solo por una reacción ácido base, el fraguado es sólo químico, no se activan con luz y siempre se utilizan previa mezcla de sus componentes.^{1,39}
- **Cementos de ionómero de vidrio reforzado con metal:** Están reforzados mediante la incorporación física de una aleación de plata al polvo de vidrio. A esta fórmula se le conoce como “*cermet*”, en una proporción del 12 al 14% por volumen. Dentro de las propiedades mejoradas de estos ionómeros están la resistencia al desgaste y una mayor resistencia a la compresión. Están indicados principalmente como base de obturaciones oclusales pequeñas, reconstrucción de muñones, obturación de dientes temporales, pilares de sobredentaduras.^{4,9,40,41}
- **Cementos de ionómero de vidrio modificados con resinas o híbridos:** Aparecieron a finales de los años 80. Son materiales a los que en su matriz se agrega una resina de matriz hidrofílica. Existen 2 sistemas ionómero/resina estos son autopolimerizables y fotopolimerizables, dichos materiales al igual que los ionómeros puros pueden ser utilizados como agentes de cementación, bases o fondos cavitarios, reconstrucción de muñones, selladores de fosas y fisuras y como materiales de obturación radicular retrograda. El polvo del cemento autopolimerizable contiene fluoroaluminosilicato y un sistema catalizador microencapsulado de persulfato potásico y ácido ascórbico, pero el líquido está constituido por ácido policarboxílico modificado con grupos metacrilatos polimerizables unidos a él, se le ha incorporado 10% de éster vinílico de BisGMA, HEMA (metacrilato de hidroxietilo) y ácido tartárico. Los ionómeros fotopolimerizables contiene en el polvo de vidrio fluoroaluminosilicato y en el líquido un copolímero de ácido acrílico y maleico, HEMA, agua, canforoquinonas y un activador. La reacción de fraguado ácido base se complementa con la fotopolimerización, debido a que se garantiza un endurecimiento inicial más rápido. De esta forma al mezclar el cemento comienza una reacción ácido-base, aumentando sus propiedades físicas y disminuyendo la absorción del agua.^{9,10,42-47}

Fundamentalmente las ventajas de los ionómeros de vidrio modificados con resina son:

- a) Adhesión física y química al diente.
- b) Biocompatibilidad.
- c) Liberación de flúor.
- d) Excelentes propiedades mecánicas.
- e) Buenos protectores termoeléctricos.
- f) Endurecimiento inicial rápido.
- g) Radiopacidad.
- h) Mejor translucidez.^{11,12}

Por otro lado, es importante saber que estos materiales presentan algunas limitaciones:

- 1.- Aumentan de tamaño debido a que presentan una expansión higroscópica importante relacionada con la formación de una deficiente red polimérica.
- 2.- Cambian de color debido a una polimerización incompleta, absorción de agua o desecación.
- 3.- Vida media corta (Aproximadamente 2 o 3 años)
- 4.- Alto costo.^{11,12}

- **Coopómeros:** Es una resina fotoactivada que una vez polimerizada adquiere alguna de las propiedades de los ionómeros vítreos específicamente la capacidad de liberar fluoro y mantener la reacción ácido-base en presencia de saliva. Se componen por partículas de vidrio de silicato,

fluoruro sódico y monómero modificado con un poliácido sin nada de agua. Los copómeros se presentan en forma de pasta envasada en jeringas, cómpules o dispensadores unitarios.^{1,12}

- **Nanoionómeros:** Representan el último avance del cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, estos materiales son comercializados desde el 2007. Este nanomaterial cuenta con nanorrellenos, los cuales contiene fluorosilicato, ácido policarboxílico y monómeros de metacrilato miscibles en agua. La adición de nanopartículas provee mejor pulido y mejores características ópticas.^{48,49,50}

Cuadro 5. Clasificación de los cementos de ionómero de vidrio.¹³

TIPO	USO
Tipo I	Para cementación
Tipo II	Restauración
Tipo III	Para Sellador de fosas y fisuras
Tipo IV	Para protector y bases cavitarias
Tipo V	Para reconstrucción de muñones y en Odontopediatría

Agradecimientos

La autora principal realizó el trabajo cuando gozaba de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Referencias

1. Joubert Hued R. Odontología Adhesiva y Estética. 1ª Edición. Madrid España: RIPANO, S.A; 2010. 175-198.
2. Macchi. Materiales dentales. Argentina, 4º Edición. Editorial medica panamericana;2007. 139-146
3. Guzmán Báez HJ. Biomateriales Odontológicos de Uso Clínico. Primera edición. Bogotá Colombia: Cat Editores;1990. 77-85.
4. Cova JL. Biomateriales Dentales. Segunda Edición, Caracas Venezuela: Amolca;2009. 223-237.
5. Cabrera Villalobos Y. En busca del cemento adhesivo ideal: los ionómeros de vidrio. AMC 2010;14(1).
6. Reis A, Dourado Loguercio A. Materiales dentales directos de los fundamentos a la aplicación clínica. Primera edición. Sao Paulo, Brasil; Gen Editorial Nacional; Santos Editora;2012. 217-247.
7. Nandish BT. Complete Solutions for dental materials. Primera edición. Panama: JAYPEE; 2012. 84-94.
8. Souza Gabriel AE. Al. Morphologic assessment of dental surface/ glass ionomer cement interface: influence of Er: YAG laser pretreatment. RSBO. 2012;9(4):382-387.
9. Flores Sánchez LA. Ionómeros de vidrio restauradores: valoración de acuerdo con la Norma 96 de la ADA. Rev ADM. 2010; 65(2): 72 -77
10. Lafuente D. Influencia de acondicionador dentinario en la fuerza de adhesión de ionómeros de vidrio para restauraciones. UCR. 2011; 13:3-5.
11. Powers J. Foundations and Applications. 11º Edición. St. Louis Missouri; ELSEVIER; 2013. 182-191.
12. Kenneth J. Anusavice Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11º Edición Malaga, España: ELSEVIER; 2004. 445-486.
13. Dixon Hatrick C. Materiales dentales: Aplicaciones clínicas. 2º Edición. México: El manual moderno; 2012. 77-109
14. Cedillo Valencia JDJ. Ionómeros de vidrio remineralizantes. Una alternativa de tratamiento preventivo o terapéutico. Rev. Odont. Mex. 2011;68(5):258-265.
15. Cedillo Valencia JJ. Ionómero de Vidrio de alta densidad como base en la técnica restauradora de Sándwich. Rev. Odont. Mex. 2011;68(1):39-47
16. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. Dent Mater. 1989 Sep;5(5):355-8.

17. Barceló Santana FH, Calero JM. Materiales dentales conocimientos básicos aplicados. Primera Edición. México: Trillas; 2008. 105-120.
18. De la Paz Suárez T, García Alguacil CM, Ureña Espinosa M. Ionómero de vidrio: el cemento dental de este siglo. Revisión bibliográfica. Rev. Electron. Zoilo. 2016;44(7):1-9
19. Mount GJ. Atlas práctico de cementos de ionómero de vidrio. Guía clínica. Barcelona; Salvat, 1990.
20. Craig RG. Materiales de odontología restauradora. Décima edición. Madrid, España: Harcourt Brace; 1998. 87-89.
21. Delgado Muñoz. Liberación de fluoruro de dos cementos de ionómero de vidrio: estudio in vitro. Rev. Odont. Mex. 2014;18(2):84-88.
22. McCabe JF. Resin-modified glass-ionomers. Biomaterials. 1998;19(6):521-527.
23. Scougall Vilchis RJ. Adhesión contemporánea en Ortodoncia: Principios clínicos basado en evidencia científica. Primera edición. Ciudad de México; Notabilis Scientia; 2018. 32-120.
24. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Using glass ionomers. J Am Dent Assoc. 1990;121(1):181-8.
25. Castro GW, Gray SE, Buikema DJ, Reagan SE. The effect of various surface coatings on fluoride release from glass-ionomer cement. Oper Dent. 1994 Sep-Oct;19(5):194-8.
26. Echeverri C. Ionómeros de vidrio, utilidad en odontopediatría. Revista Facultad de Odontología U. de A. 1994; 6(1):69-73.
27. Fleming, G. Influence of powder/liquid mixing ratio on the performance of a restorative glass-ionomer dental cement. Biomaterials 2003;24(23):4173-4179.
28. Fleming GJP, Marquis PM, Shortall ACC. The influence of clinically induced variability on the distribution of compressive fracture strengths of hand-mixed zinc phosphate dental cements. Dent Mater 1999; 15:87-97.
29. Sharanbir K, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. J. Funct. Biomater. 2016;7(16): 2-15.
30. Federation Dentarie Internationale. Guide to the use of glass ionomer filling materials. Int Dent. 1987; 37:183-4.
31. Pérez A. Caries Dental en Dientes Deciduos y Permanentes Jóvenes. 1º Edición. Perú: Diseño total S.R.L. 2004. 117-147
32. Hernández González R. Compressive strength of glass ionomer Ionofil Molar and Vitremer according to exposure time in artificial saliva. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral 2013;6(2):75-77.
33. McLean JW. The use of glass-ionomer cements in bonding composite resins to dentine. Br. Dent. J. 1985;158(11):410-4.
34. Suzuki M, Jordan RE. Glass ionomer-composite sandwich technique. J Am Dent Assoc. 1990;120(1):55-57.
35. Francisconi LF. Glass ionomer cements and their role in the restoration of non-cariou cervical lesions. J Appl Oral Sci. 2009;17(5):364-9.
36. Hilton TJ. Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. Oper Dent 2009;34(5):615-625.
37. García Alguacil C., De la Paz Suárez TR, Aguirre MR. Optimización de la Técnica de Sándwich Cerrado mediante el acondicionamiento de ácido selectivo y simultáneo. Rev. electron. Zoilo. 2016; 41(10):1-28 Disponible en: <http://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/912>
38. Tostes AM, Guedes PAC, Chevitanese O. Effects of a glass ionomer cement on the remineralization of occlusal caries. An in situ study. Braz. Oral Res. 2006;20(2):91-96.
39. Barata T. Comparación de la longevidad de restauraciones con cemento de ionómero de vidrio en dos métodos mínimamente invasivos: resultados a corto plazo de un estudio piloto. J. Minim. Interv. Dent. 2009;2(1):194-204.
40. Barceló SFH, Sato MY, Sánchez J, Serrano CP, Guerrero IJ. Estudio comparativo de ionómeros de vidrio y reforzados con metal. Revista ADM 1999;56(5):177-181.
41. Cosio H, Zuñiga G, Zvietcovich M. Comparación in vitro de las propiedades fisicoquímicas de un ionómero de vidrio convencional, un cermet y un ionómero de vidrio modificado con aleación para amalgama. Ciencia y Desarrollo 2015;18(2):13-18.
42. McCabe FJ. Anderson: materiales de aplicación dental. Edición Original. Barcelona, España. Salvat: 1988. 192-198.

43. Zandi Karimi A, Rezabeigi E, Drew RAL. Glass ionomer cements with enhanced mechanical and remineralizing properties containing 45S5 bioglass-ceramic particles. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019; 97:396-405.
44. Davidson C. Avances en cementos de ionómero de vidrio. *J. Minim. Interv. Den.* 2009;2(1):171-182.
45. Proaño de Casalino D, López Pinedo M. Los cementos ionómeros de vidrio y el mineral trióxido agregado como materiales biocompatibles usados en la proximidad del periodonto. *Rev. Estomatol. Herediana.* 2006;16(1):59-63.
46. De la Torre DEL, Lucena C, Gijón VR, Navajas JM. Efecto de los ionómeros de vidrio auto y fotopolimerizables sobre la filtración marginal. *Archivos de odontoestomatología* 1993;9(4):188-196.
47. Berzins DW. Resin-modified Glass-ionomer Setting Reaction Competition. *J Dent Res.* 2009;89(1):82–86.
48. Uysal T, Yagci A, Uysal B, Akdogan G. Are nano-composites and nano-ionomers suitable for orthodontic bracket bonding? *Eur J Orthod.* 2010;32(1):78-82.
49. Bishara SE, Ajlouni R, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Warren J. Evaluation of a new nano-filled restorative material for bonding orthodontic brackets. *World J Orthod.* 2007;8(1):8-12.
50. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *American J Orthod.* 1984;85:333-340.

Incorporación de nanopartículas de plata en brackets de ortodoncia: Revisión de la literatura

Irania Jasso-Ruiz,¹ Ulises Velázquez-Enríquez,² Rogelio José Scougall-Vilchis,³ Raúl Alberto Morales-Luckie,⁴ Edith Lara-Carrillo,² Víctor Hugo Toral-Rizo.⁵

¹Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. ²Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ³Centro de Investigación de Estudios Avanzados en Odontología de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ⁴Departamento de Nanomateriales, Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM/UNAM, Toluca, México. ⁵Ciencias Odontológicas de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.

Correspondencia

Ulises Velázquez Enríquez: Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. email: ulisesvelazqu@hotmail.com

Resumen

En la actualidad los nanomateriales manufacturados por diferentes métodos ya sea físico, químico o por síntesis verde están desarrollándose de forma exponencial debido a sus múltiples aplicaciones industriales, biomédicas, electrónicas, entre muchas otras. Además también han sido aplicados tanto en el campo de la odontología general como el de las especialidades, para prevención secundaria de caries, a través de nanosistemas no biológicos para la ingeniería de tejidos periodontales o bien el uso de nanorobots, que serán utilizados en la inducción de la anestesia, eliminar la hipersensibilidad, mejorar la higiene oral, la halitosis y en la manipulación de fuerzas directas sobre el tejido periodontal, permitiendo enderezar, rotar y reposicionar los dientes de forma rápida y sin dolor, estos materiales manipulados a escalas «nano» incrementan las propiedades mecánicas, físicas y químicas, cuando se comparan con los materiales convencionales utilizados en la práctica clínica. Específicamente en el área de ortodoncia existen estudios en los cuales incorporan nanopartículas de plata (AgNPs) a diferentes aditamentos ortodónticos con el fin de disminuir la alta incidencia de lesión de mancha blanca alrededor de los brackets (la cual es considerada como el primer signo de caries dental), debido a su efecto bacteriostático de la plata. Por su importancia, se realizó una revisión bibliográfica utilizando los servicios disponibles desde Infomed y se revisaron las bases de datos especializadas: SciELO, Medline y PubMed; con el objetivo de actualizar la información respecto a la agregación y distribución de las AgNPs en los diferentes aditamentos utilizados en el tratamiento de Ortodoncia, así como la evaluación de su actividad antibacteriana en algunos de ellos, lo cual podría repercutir de manera positiva en la salud bucal del paciente.

Palabras clave: Brackets ortodónticos, Nanopartículas de plata, efecto antimicrobiano, lesión de mancha blanca, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

Incorporation of Silver Nanoparticles in Orthodontic Brackets: A Literature Review

Abstract

At present, nanomaterials manufactured by different methods, whether physical, chemical or by green synthesis, are developing exponentially due to their multiple industrial, biomedical, electronic applications, among many others. In addition they have also been applied both in the field of general dentistry and specialties, for secondary caries prevention, through non-biological nanosystems for periodontal tissue engineering or the use of nanorobots, which will be used in induction of anesthesia, eliminate hypersensitivity, improve oral hygiene, halitosis and in the manipulation of direct forces on the periodontal tissue, allowing to straighten, rotate and reposition teeth quickly and painlessly, these materials manipulated at «nano» scales they increase the mechanical, physical and chemical properties, when compared with conventional materials used in clinical practice. Specifically in the area of orthodontics there are studies in which they incorporate silver nanoparticles (AgNPs) to different orthodontic attachments in order to reduce the high incidence of white spot lesion around the braces (which is considered as the first sign of caries dental), due to its bacteriostatic effect of silver. Due to its importance, a literature review was carried out using the services available from Infomed and the specialized databases were reviewed: SciELO, Medline and PubMed; with the objective of updating the information regarding the aggregation and distribution of AgNPs in the different attachments used in the treatment of Orthodontics, as well as the evaluation of their antibacterial activity in some of them which was of great contribution to the oral health of the patient.

Keywords: Orthodontic braces, Silver nanoparticles, antimicrobial effect, white spot lesion, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

Introducción

Historia de la plata

Desde la antigüedad han sido reconocidas las propiedades antibacteriales y de prevención de infecciones de algunos metales que se encuentran en la naturaleza principalmente el oro, el cobre y la plata; siendo esta última la más abundante, la menos costosa de los metales, es el metal más maleable y dúctil encontrado en la corteza terrestre; seguida del oro y el cobre, y el que posee la mayor reflexión óptica, la cual da su atractivo brillo y resplandor.

A nivel mundial, México es el principal productor de plata (con un 20% de la producción mundial), seguido de los Estados Unidos, Canadá, Perú y Chile. A través de la historia el hombre, al desarrollar métodos de extracción, separación y purificación de oro y cobre, observó que se formaba la plata como uno de los subproductos, es por lo que se cree que fue el tercer metal que el hombre descubrió.¹

El mayor impacto de la plata en las civilizaciones, según consideran los historiadores, fue su uso como la base monetaria y económica más importante desde la época del imperio greco-romano hasta antes de la primera guerra mundial. Así mismo los griegos y romanos observaron importantes propiedades curativas en la plata, por lo que fue utilizado para esterilizar agua, almacenar alimentos y tratar heridas. Sin embargo, es conocido que la ingesta excesiva de plata causa en los seres humanos una afección llamada argyria.^{2,3}

En 1929 Alexander Fleming observó que un organismo vivo contaminante en sus platos de cultivo bacteriano (después identificado como el hongo *Penicillium chrysogenum*) lograba desarrollar alrededor de él mismo un halo libre de crecimiento de bacterias.⁴

No obstante, a causa de la escasa regularización en el uso de antibióticos, la ciencia médica enfrenta actualmente grandes retos. Entre ellos, la resistencia de bacterias patógenas a los antibióticos en el mercado, por lo cual se estima que, en pocos años, si no se hace algo al respecto, la humanidad podría

afrontar situaciones similares a las de la Edad Media, cuando la mortalidad por infecciones (como la peste bubónica) llegó a 70%. Esto ha llevado a explorar nuevamente las propiedades antimicrobianas de algunos agentes con trayectorias terapéuticas milenarias, como la plata.^{2,5}

Recientemente, al investigar y experimentar en torno a la acción bactericida de la plata, se ha observado que uno de los principales blancos de este agente microbicida es la membrana celular (encargada de la respiración y el control de intercambio de materiales entre la célula y el medio ambiente), la cual, incrementa su permeabilidad, provocando que la bacteria sea incapaz de efectuar sus procesos vitales y la lleva a su muerte.²

En un estudio reciente sobre las propiedades bactericidas de la plata, realizado en la Universidad de Boston y en la Universidad de Harvard afirma que la plata es capaz de incrementar el efecto de una gran variedad de antibióticos, comúnmente usados en la actualidad, por un factor de 10 y hasta 10,000 veces. La plata funciona de manera sinérgica con los antibióticos, lo que potencia el efecto de estos últimos, así como su funcionalidad contra bacterias resistentes a ellos.^{2,5}

El desarrollo de la nanotecnología (escala de 1-100 nm) ha permitido que sus propiedades antimicrobianas se aumenten y su facultad de potenciar antibióticos se multiplique, debido a la mejora de sus propiedades físicas y químicas de la materia cuando se trabaja a esta escala.⁵

El objetivo de esta es innovar y desarrollar nuevos dispositivos de impacto en diferentes áreas, como por ejemplo, en la conversión de energía, almacenamiento de información, administración de fármacos y mejora de la calidad de los materiales de uso médico.

Nanotecnología en medicina

La irrupción de la nanotecnología en las ciencias de la salud ha dado lugar a una nueva disciplina denominada nanomedicina, cuyo objetivo principal es el desarrollo de herramientas para diagnosticar, prevenir y tratar enfermedades cuando están todavía en estados poco avanzados o en el inicio de su desarrollo.^{6,7}

Cabe señalar que la actividad antibacteriana de las nanopartículas de plata (AgNPs) está dominada por iones de plata (iones Ag⁺), cuando las AgNPs son finas (menos de 10 nm de diámetro en promedio) se emplean para liberar altas concentraciones de estos iones. En contraste, cuando estas son relativamente más grandes se utilizan para liberar bajas concentraciones de iones Ag⁺. Del mismo modo, tienen un tamaño promedio de 14 ± 6 nm y los iones Ag⁺ como AgNO₃, inhiben el crecimiento de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* 55 ± 8% y 100%, respectivamente. Además, las nanopartículas de plata también se utilizan como radiopacificador alternativo para obtener la radiopacidad necesaria para cementos de silicato de calcio (CSC) y evaluar la pureza de los agentes radiopacificantes. Estos nanomateriales se pueden preparar de forma sencilla y rentable, y pueden ser adecuado para la formulación de nuevos tipos de materiales bactericidas.⁸⁻¹⁰

Nanotecnología en odontología

En la Odontología también ha sido empleada la nanotecnología donde desempeña un papel importante en el diagnóstico, materiales dentales y diferentes técnicas terapéuticas permitiendo un gran aporte en el desarrollo de nuevos mecanismos y materiales en la medicina oral.

La Nano-odontología es la aplicación odontológica de la Nanotecnología, que permitirá el uso de instrumentos de investigación útiles, nuevas vías y mecanismos avanzados de liberación de moléculas y/o medicamentos, para la reparación de tejidos dañados. A la Nano-odontología se le puede establecer como propósito el control, rastreo, construcción, reparación, protección y mejoramiento del

funcionamiento bucal. En este contexto, la Nano-odontología hace uso de sistemas nanométricos adecuados para integrarse en microdispositivos o a un medio biológico, para realizar una función.^{11,12} La última innovación en este campo ha sido la introducción de materiales de nanorelleno, mediante la combinación de escala nanométrica, partículas y nanoagrupamientos en una matriz de resina convencional. Dado que estos nanorellenos no se dispersan, ni absorben la luz visible, pueden proporcionar un método para incorporar radioopacidad en un material sin interferir con su estética. También permite una alta carga de relleno, con la consecuente reducción en la contracción de la polimerización. Además, la posibilidad de aumentar de una manera tan enorme, la adhesión de biomateriales restauradores para la dentina y el esmalte es un factor clave en la fiabilidad y longevidad de las restauraciones adhesivas.^{11,13}

- **Nanotecnología en ortodoncia**

Las nanopartículas de plata de igual manera han sido aplicadas a las diferentes especialidades dentales, en el caso de la ortodoncia han sido estudiadas y probadas como medio preventivo en diferentes aditamentos ortodónticos, ya que en esta área existe una mayor retención de placa dentobacteriana debido a su complejo diseño y el tiempo de duración del tratamiento favoreciendo la incidencia de lesiones de mancha blanca alrededor de los brackets. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo es hacer una revisión de la literatura acerca de este tema con el fin de poder establecer el uso de nanopartículas de plata como una alternativa eficaz en el desarrollo de estas lesiones.

Objetivos

Este estudio contempla los siguientes objetivos como:

1. Analizar la incorporación de las AgNPs en ortodoncia.
2. Evaluar la actividad antibacterial de las AgNPs en ortodoncia.

Literatura en Odontología y Ortodoncia

En este trabajo se ha realizado una recopilación y análisis de los artículos científicos obtenidos mediante la búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos.

Se han consultado artículos recogidos en bases de datos como PubMed, ScienceDirect, Google Académico, EBSCO, Springer Link y ResearchGate. También, cabe mencionar, revistas científicas como ELSEVIER, International Dental Journal, Ciencia y Desarrollo, Revista Digital Universitaria, MDPI (Molecules) y Coatings.

En el área de Ortodoncia esta siendo aplicada la nanotecnología, ya que la presencia de aparatos fijos en las superficies de los dientes dificulta el proceso de limpieza de los dientes favoreciendo la acumulación de biopelículas dentales. Después de la unión de los aparatos de ortodoncia, hay aumentos documentados en las cantidades de *Streptococcus mutans* y *Lactobacilli* en la saliva y placa dental de los pacientes. Estos microorganismos han sido identificados como los principales patógenos en odontología en el desarrollo de caries y su presencia aumenta el riesgo de descalcificación provocando la lesión de mancha blanca (por sus siglas en inglés: WSL).¹⁴

Estas lesiones se deben a la desmineralización del esmalte por ácidos de biopelículas alrededor de los brackets y su desarrollo durante la terapia ortodóntica puede ocurrir rápidamente.

Estudios de O'Reilly et al., y Øgaard et al., mostraron el desarrollo de WSL clínicamente visible en pacientes de ortodoncia después de cuatro semanas o menos.^{15,16} Gorelick estudió la incidencia de WSL en pacientes de ortodoncia y encontraron que casi el 50% de los pacientes de ortodoncia desarrollaron al menos una WSL durante el curso de tratamiento.¹⁷

Esta acumulación de biopelículas dentales se debe principalmente a varios factores relevantes como el complejo diseño de los aditamentos ortodónticos, el tipo de material de fabricación, el tiempo de duración del tratamiento y la higiene bucal.

Debido a esto han sido desarrollados estudios para lograr la incorporación de las nanopartículas de plata a diferentes aditamentos, como el método de ligadura de los arcos de ortodoncia principalmente los módulos elastoméricos de ortodoncia (por sus siglas en inglés: OEM) que son elásticos sintéticos hechos de material de poliuretano, con ventajas como rapidez de aplicación, comodidad al paciente y menos costo que los clips de autoligado.¹⁸

Además de sus beneficios prácticos, es evidente en la revisión de la literatura que las ligaduras elastoméricas exhiben un mayor número de microorganismos en la placa dentobacteriana que se encuentra alrededor de los brackets en comparación con las ligaduras de acero.^{19,20}

Forsberg et al., evaluaron la colonización microbiana de doce pacientes tratados con aparatos fijos de ortodoncia e informó que el incisivo lateral unido al arco de alambre con ligadura elastomérica exhibió un mayor número de microorganismos en la placa dental. También informaron un aumento significativo en el número de *S. mutans* y *Lactobacilli* en la saliva después de la inserción de aditamentos fijos. La superficie rugosa y las propiedades de absorción de las ligaduras elastoméricas contribuyen aún más a la formación de placa bacteriana en sus superficies, lo que resulta en la acumulación de un mayor número de microorganismos en las superficies de los dientes. Recomendaron que se deben evitar las ligaduras elastoméricas en pacientes con higiene bucal inadecuada porque las ligaduras aumentarán significativamente la acumulación microbiana en las superficies de los dientes adyacentes a los brackets, que conduce a una predisposición para el desarrollo de caries dental y gingivitis.²¹

En estudios posteriores como alternativa a lo anteriormente mencionado, Hernández evaluó la incorporación de las nanopartículas de plata (AgNPs) a ligaduras elastoméricas, logrando una adecuada incorporación por síntesis verde, corroborándolo por medio de SEM y TEM, y comprobando una excelente actividad antibacteriana de AgNPs contra microorganismos de relevancia clínica, representativos de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas comúnmente utilizadas como estándares: *S. aureus*, *E. coli*, *S. mutans* y *L. Casei*; además se observó un incremento de las propiedades del elastómero en cuanto fuerza y tensión al someterlo a la máquina de ensayos universal, por lo que resultó una excelente alternativa como ligadura de brackets ortodónticos.²²

Con ese mismo fin de evitar el desarrollo de WSL se realizaron también estudios para incorporar las nanopartículas de plata a otros aditamentos ortodónticos como son los brackets, Sanchez-Reyna et al., en su estudio incorporaron nanopartículas de plata (AgNPs) a brackets ortodónticos cerámicos por diferentes síntesis del método químico logrando seleccionar como mejor método el de Tenushere Bala para una correcta agregación y tamaño, corroborándolo con SEM y TEM.²³

Posteriormente Jasso et al., en su estudio lograron la incorporación de nanopartículas de plata por síntesis por método químico a 5 tipos diferentes de material de fabricación de brackets, logrando una buena adhesión y distribución de ellas a la superficie corroborándose en SEM y TEM y comprobando una excelente actividad antibacteriana de AgNPs contra microorganismos de relevancia clínica por su alta resistencia, representativos de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas comúnmente utilizadas como estándares: *S. Aureus* y *E. Coli*.²⁴

Jasso y cols., reportaron también la incorporación de nanopartículas de plata por síntesis por método químico a 5 tipos diferentes de material de fabricación de brackets, logrando una excelente adhesión y distribución de ellas a la superficie corroborándose en SEM y TEM a través de radioisótopos radiactivos una adecuada actividad antibacteriana de AgNPs contra microorganismos de relevancia clínica

específicamente en el desarrollo de lesiones de mancha blanca y caries dental como son *Streptococcus mutans* y *Streptococcus Sobrinus*.²⁵

De igual manera Murga et al., realizaron la incorporación de AgNPs al adhesivo ortodóntico, logrando una adecuada agregación, no afectando las propiedades del adhesivo; sino al contrario incrementándolas, y comprobando una excelente actividad antibacteriana de AgNPs contra *S. Mutans* logrando una reducción significativa en comparación al grupo control sin nanopartículas de plata.²⁶

Cada año las publicaciones acerca del tema de nanomateriales van en aumento, al realizar esta investigación se localizaron grandes cantidades de información acerca de síntesis de nanopartículas de diferentes metales como Oro, Cobre, Titanio, Níquel, Ag, Óxido de Zinc, entre otras. Sin embargo, una de las más utilizadas debido a su alto poder bacteriostático son las nanopartículas de plata.

Existe un claro predominio de las AgNPs, esto se puede entender como un gran interés de investigación por sus propiedades fisicoquímicas, potencial acción bactericida y múltiples aplicaciones que tiene en varios sectores como la industria textil, la electrónica o la medicina.

En análisis de estudios previos se puede determinar que la síntesis y agregación de las nanopartículas de plata proporcionó un tamaño eficaz, una correcta distribución y adhesión sobre la superficie de los distintos aditamentos ortodónticos; así como una excelente actividad microbiana en las diferentes cepas gram positivas y gram negativas utilizadas, convirtiéndose en una alternativa de prevención para disminuir la incidencia de lesiones de mancha blanca, lo que sería de gran aporte a la práctica ortodóntica.

Por lo tanto, se puede concluir que las aplicaciones en Nano-odontología hacen uso de sistemas nanométricos adecuados para integrarse en microdispositivos o a un medio biológico, con el propósito de control, rastreo, construcción, reparación, protección y mejoramiento del funcionamiento bucal, tanto en el campo de la odontología general como el de las especialidades, donde el uso de los materiales manipulados a escalas “nano” incrementan las propiedades mecánicas, físicas y químicas, cuando se comparan con los materiales convencionales utilizados en la práctica clínica. En el caso de la ortodoncia concluimos que al analizar los resultados obtenidos en las investigaciones previas sobre los distintos aditamentos usadas en la práctica ortodóntica incorporando nanopartículas de plata muestran una efectiva agregación y distribución debido al excelente tamaño obtenido, y un eficaz poder antibacterial, evitando en gran medida la adhesión de microorganismos, lo cual resulta un gran avance en mejorar la salud oral del paciente y mejorando frecuentemente las propiedades físicas de los materiales. Cabe mencionar que la mayoría de los estudios previos son in vitro, por lo que sugerimos realizar más estudios valorando otros factores, así como el realizarlo in vivo.

Adicionalmente existe gran evidencia orientada en la búsqueda a través de trabajos de investigación que fortalezcan el desempeño en general de las nanopartículas de plata en las diferentes especialidades en odontología para evitar el desarrollo de distintas patologías.

Agradecimientos

La autora principal realizó el trabajo cuando gozaba de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Referencias

1. Ramirez JR. Historia de la plata: Su impacto en las antiguas civilizaciones y la sociedad moderna.2010.
2. Morones-Ramirez JR, Winkler JA, Spina CS, Collins JJ. Silver enhances antibiotic activity against gram-negative bacteria. Science translational medicine. 2013 Jun 19;5(190):190ra81-.

3. Shahverdi, A. R., Fakhimi, A., Shahverdi, H. R., & Minaian, S. (2007). Synthesis and effect of silver nanoparticles on the antibacterial activity of different antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 3(2), 168-171.
4. Hare R. New light on the history of penicillin. *Medical history*. 1982 Jan;26(1):1-24.
5. Morones JR, Elechiguerra JL, Camacho A, Holt K, Kouri JB, Ramírez JT, Yacaman MJ. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*. 2005;16(10):2346.
7. Sáez Martín LC. Evaluación de la eficacia y seguridad clínicas de la terapia combinada de presión negativa y apósitos con plata nanocrystalina para el tratamiento de úlceras crónicas.
8. García-Contreras R, Argueta-Figueroa L, Mejía-Rubalcava C, Jiménez-Martínez R, Cuevas-Guajardo S, Sanchez-Reyna PA, Mendieta-Zeron H. Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice. *International dental journal*. 2011;61(6):297-301.
9. Sotiriou GA, Pratsinis SE. Antibacterial activity of nanosilver ions and particles. *Environmental science & technology*. 2010;44(14):5649-54.
10. Martínez HR, Abdala HM, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología. *Revista CES Odontología*. 2011;24(2):87-91.
11. Cabrales RA, Cobo RB, Benítez Patiño YD, Osorio Quintero MF, Martínez JW, Castrillón Upegui ML. Efectividad de los apósitos de plata en la prevención de la infección del sitio operatorio en heridas contaminadas. *Iatreia*. 2014;27(3):247-54.
12. Molina GF, Palma SD. Nanotecnología en Odontología: Aspectos generales y posibles aplicaciones. *Methodo Investigación Aplicada a las Ciencias Biológicas*. 2018;3(3).
13. Calza T, AC CA, Bonnin CE. La nanotecnología aplicada al desarrollo de resinas compuestas y sistemas adhesivos a esmalte y dentina. Reporte de un caso clínico. *Methodo Investigación Aplicada a las Ciencias Biológicas*. 2018;3(3).
14. Velazquez-Enriquez U, Scougall-Vilchis RJ, Contreras-Bulnes R, Flores-Estrada J, Uematsu S, Yamaguchi R. Adhesion of Streptococci to various orthodontic composite resins. *Australian Dent J*. 2013;58(1):101-5.
15. O'reilly MM, Featherstone JD. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1987;92(1):33-40.
16. Øgaard B. White spot lesions during orthodontic treatment: mechanisms and fluoride preventive aspects. *In Seminars in orthodontics* 2008;14(3):183-193).
17. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *American journal of orthodontics*. 1982;81(2):93-8.
18. Magno AF, Enoki C, Ito IY, Matsumoto MA, Faria G, Nelson-Filho P. In-vivo evaluation of the contamination of Super Slick elastomeric rings by *Streptococcus mutans* in orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;133(4):S104-9.
19. Ahrari F, Jalaly T, Zebarjad M. Tensile properties of orthodontic elastomeric ligatures. *Indian Journal of Dental Research*. 2010;21(1):23-9.
20. Bai MP, Vaz AC. " Comparative evaluation of surface modified elastomeric ligatures for microbial colonization": An in vivo study. *Indian Journal of Dental Research*. 2015;26(2):180.
21. Forsberg CM, Brattström V, Malmberg E, Nord CE. Ligature wires and elastomeric rings: Two methods of ligation, and their association with microbial colonization of *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli*. *The European Journal of Orthodontics*. 1991;13(5):416-20.
22. Hernández-Gómora AE, Lara-Carrillo E, Robles-Navarro JB, Scougall-Vilchis RJ, Hernández-López S, Medina-Solís CE, Morales-Luckie RA. Biosynthesis of silver nanoparticles on orthodontic elastomeric modules: evaluation of mechanical and antibacterial properties. *Molecules*. 2017;22(9):1407.
23. Bala T, Armstrong G, Laffir F, Thornton R. Titania-silver and alumina-silver composite nanoparticles: novel, versatile synthesis, reaction mechanism and potential antimicrobial application. *Journal of colloid and interface science*. 2011;356(2):395-403.
24. Jasso-Ruiz I, Velazquez-Enriquez U, Scougall-Vilchis RJ, Lara-Carrillo E, Toral-Rizo VH, López-Castañares R, Morales-Luckie RA. Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles on Orthodontic Brackets: A New Alternative in the Prevention of White Spots. *Coatings*. 2019;9(8):480.

25. Jasso-Ruiz I, Velazquez-Enriquez U, Scougall-Vilchis RJ, Morales-Luckie RA, Sawada T, Yamaguchi R. Silver nanoparticles in orthodontics, a new alternative in bacterial inhibition: in vitro study. *Progress in Orthodontics*. 2020;21(1):1-8.
26. Murga M, AM GA, Cárdenas M. Antimicrobial efficacy of orthodontic primer added with silver nanoparticles. Cross-sectional in vitro study. *Investigacion clinica*. 2016;57(4):321-9.

Osteogénesis imperfecta: Revisión de la literatura

Alberto Márquez-Conde,¹ Carolina Velázquez-Hernández,² Verónica Azucena Montiel-Díaz,¹ Sara Celina Conde-Pérez,¹ Nuria Patiño Marín,² Mariana Mora-Acosta,¹ José de Jesús Navarrete-Hernández,¹ Norma Leticia Robles Bermeo,³ María del Consuelo Cabrera-Morales,^{4,5} Carlo Eduardo Medina-Solís.^{1,3}

¹Área Académica de Odontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. ²Programa de Doctorado en Ciencias Odontológicas de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. SLP, México. ³Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ⁴Área Académica de Medicina del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. ⁵Delegación del ISSSTE Hidalgo. Pachuca, México.

Correspondencia

Carlo Eduardo Medina-Solís: Área Académica de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. email: cemedinas@yahoo.com

Resumen

La osteogénesis imperfecta (OI) se caracteriza por la fragilidad ósea. Al menos siete tipos discretos se han descrito desde enfermedad leve a una forma letal. En un gran número de casos, se han encontrado mutaciones en uno de los dos genes que codifican el colágeno de tipo I. En las formas descritas recientemente (tipos V, VI, VII), se han excluido dichas mutaciones. En otras dos formas, (Bruck, y osteoporosis - pseudoglioma síndromes) defectos en otras proteínas se han caracterizado. En OI, fragilidad ósea se debe a: disminución de la masa ósea, la organización perturbada del tejido óseo, y la geometría ósea alterada (tamaño y forma). Los estudios histológicos han demostrado que el aumento del recambio óseo es la regla en el hueso OI. Esto justifica el uso de bisfosfonatos para reducir la resorción ósea mediada por los osteoclastos. Los resultados iniciales son alentadores. Administración intravenosa de pamidronato cíclico reduce el dolor óseo y la incidencia de fractura, y aumenta la densidad ósea y el nivel de la deambulación, con efectos secundarios mínimos. Efectos sobre el hueso incluyen aumento en el tamaño de los cuerpos vertebrales y engrosamiento del hueso cortical. Estos resultados permiten la cirugía correctiva más eficaz usando varilla intramedular de los huesos largos y la instrumentación paravertebral. Programas ocupacionales y de fisioterapia específicos son partes integrales del protocolo de tratamiento. Este enfoque multidisciplinario prevalecerá hasta que las estrategias destinadas a la corrección del defecto básico (s) se han llegado a buen término

Palabras clave: Salud bucal, osteogénesis imperfecta, colágeno, genética, mutación.

Osteogenesis imperfecta: a mini-review of the literature

Abstract

Osteogenesis Imperfect (OI) is characterized by bone fragility. At least seven discrete types have been described ranging from mild disease to a lethal form. In a large number of cases, mutations in one of

the two genes encoding type I collagen have been found. In forms recently described (types V, VI, VII), such mutations have been excluded. In two other forms, (Bruck, and osteoporosis – pseudoglioma syndromes) defects in other proteins have been characterized. In OI, bone fragility stems from: decreased bone mass, disturbed organization of bone tissue, and altered bone geometry (size and shape). Histologic studies have shown that increased bone turnover is the rule in OI bone. This justifies using bisphosphonates in order to reduce osteoclast mediated bone resorption. Initial results are encouraging. Cyclical intravenous pamidronate administration reduces bone pain and fracture incidence, and increases bone density and level of ambulation, with minimal side effects. Effects on bone include increase in size of vertebral bodies and thickening of cortical bone. These results allow for more efficacious corrective surgery using intramedullary rodding of the long bones and paravertebral instrumentation. Specific occupational and physiotherapy programs are integral parts of the treatment protocol. This multidisciplinary approach will prevail until strategies aiming at the correction of the basic defect(s) will have come to fruition.

Keywords: Oral health, osteogenesis imperfecta, collagen, genetics, mutation.

Introducción

La osteogénesis imperfecta (OI), es un trastorno hereditario del tejido conectivo con una prevalencia de aproximadamente 1/15 000 ~ 1/20 000 en recién nacidos.¹⁻⁴ La osteogénesis imperfecta es un grupo fenotípica y molecularmente heterogéneo de desórdenes hereditarios del tejido conectivo, con diferentes grados de severidad, que comparten anomalías esqueléticas similares que causan fragilidad y deformidad ósea, además de escleróticas transparentes o azules, sordera, ligamentos laxos fragilidad capilar y dentinogénesis imperfecta, por lo que se conoce también con el nombre de huesos de cristal, igual se le ha llamado como enfermedad de vrolic, enfermedad de Lobstein.^{2,4-8} Anteriormente, se pensaba que el trastorno era una displasia ósea autosómica dominante causada por defectos en el colágeno tipo I, pero en los últimos 10 años los descubrimientos de genes causantes nuevos (principalmente recesivos) han apoyado una fisiopatología predominantemente relacionada con el colágeno y han contribuido a una mejor comprensión del desarrollo óseo normal.⁴ Su principal característica clínica es la fragilidad ósea, para la que no existe cura. Por tanto, los servicios de salud se centran en la prevención y el tratamiento de las fracturas para maximizar la movilidad. Sin embargo, el dolor, la fatiga y diversos grados de limitaciones físicas pueden dificultar la participación en las actividades diarias y la aceptación por parte de los compañeros y provocar sentimientos de miedo, alteridad y aislamiento.⁹

La osteogénesis imperfecta es un padecimiento que puede presentarse, en los pacientes que son atendidos tanto en la consulta privada o institucional, por tal razón es muy necesario que los profesionales de la odontologías tengan los conocimientos necesarios para conocer cuáles son los signos y síntomas característicos de la enfermedad, así como su diagnóstico diferencial, para poder atender al paciente infantil la atención oportuna y adecuada, así como brindarle oportunidad de una mejor calidad de vida. El objetivo de esta revisión fue actualizar algunos conocimientos en relación con la enfermedad, así como presentar un panorama para la atención dental.

Osteogénesis imperfecta

La osteogénesis imperfecta, también conocida como enfermedad de los huesos quebradizos o enfermedad de los huesos frágiles, es un trastorno hereditario de la matriz extracelular. Es el trastorno

hereditario de fragilidad ósea más prevalente en niños. Este trastorno se manifiesta principalmente como fragilidad ósea, aunque pueden verse afectados otros órganos. A menudo se observan anomalías de los dientes, conocidas como dentinogénesis imperfecta, y de los tejidos blandos, como decoloración de la esclerótica e hiperlaxitud articular.³ La osteogénesis imperfecta es una alteración de la síntesis de colágeno (mutaciones en el colágeno tipo I o en proteínas relacionadas con el colágeno), que produce un aumento de la fragilidad ósea, el paciente presenta baja estatura alteración dentaria, escleras azules sordera prematura y una amplia variabilidad clínica.^{5,10,11} Aunque los defectos del colágeno tipo I se han establecido desde hace mucho tiempo como la causa principal de la patología ósea, todavía estamos lejos de comprender el mecanismo completo.⁶

No existe tratamiento curativo, pero si varias medidas terapéuticas para mejorar la calidad de vida. Las personas con OI tienen una masa ósea baja y una resistencia del material óseo reducida, lo que conduce a una mayor fragilidad ósea, baja estatura, fracturas repetidas y deformidad ósea. Aunque la manifestación clínica primaria involucra el esqueleto, la OI es un trastorno generalizado del tejido conectivo, que a menudo se acompaña de características, que incluyen laxitud de los ligamentos, esclerótica azul, pérdida auditiva conductiva o sensorial, dentinogénesis imperfecta, deterioro de la función pulmonar, anomalías de las válvulas cardíacas y debilidad muscular.^{1,12,13} Se trata de un trastorno genéticamente heterogéneo, el 90% de los casos se debe a mutaciones autosómicas dominantes, mientras que el restante 10% se debe a mutaciones autosómicas recesivas o de causa desconocida. La osteogénesis imperfecta por su baja incidencia de 1/15 000 a 1/20 000 pertenece al grupo de enfermedades raras y afecta por igual a ambos sexos, razas y grupos étnicos. Algunos investigadores se refieren a ella como Síndrome de osteogénesis imperfecta, algunos presentan huesos rectos con muy pocas fracturas y otras múltiples fracturas incluso intraútero por lo que también se puede decir que puede ser leve moderada y severa.^{1,3,14} Se sabe desde hace tres décadas que la mayoría de las personas con OI tienen mutaciones en COL1A1 o COL1A2, los dos genes que codifican las cadenas alfa de colágeno tipo I, pero en los últimos 10 años se han relacionado defectos en al menos otros 17 genes con OI. Casi todos los individuos con un fenotipo típico de OI tienen una mutación en uno de los genes actualmente conocidos.^{7,12}

Clasificación

En la década de 1970, el Dr. D. Silience y su equipo de investigadores en Australia desarrollaron el sistema de categorización utilizando "Tipos" que se utiliza actualmente. Sus cuatro clasificaciones originales (Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo IV) combinan síntomas clínicos con componentes genéticos. Esta lista se basa en la cantidad de personas en el estudio que tenían síntomas similares.² La gravedad de la fragilidad ósea en la OI varía ampliamente. Estos tipos de OI todavía se encuentran en la Nosología y Clasificación de Trastornos Genéticos Esqueléticos de 2015. OI tipo I representa el extremo más leve del espectro con extremidades rectas (OI no deformante), OI tipo II generalmente conduce a la muerte poco después del nacimiento (OI perinatalmente letal), OI tipo III es la forma más grave de la enfermedad en individuos que sobreviven al período neonatal (deformación progresiva de OI), y la OI tipo IV se caracteriza por una gravedad de la enfermedad intermedia entre los tipos I y III de OI (gravedad moderada OI).⁷ Aunque esta clasificación fue propuesta previa a la identificación de los defectos del colágeno, actualmente siguen siendo vigentes y fundamentales los cuatro primeros tipos de O.I, a pesar de que el número de tipos haya ido aumentando en los últimos años.

En 2000, FH Glorieux presentó una clasificación de osteogénesis imperfecta, en la que, además de los tipos ya conocidos, se identificaron cuatro tipos más de OI (V, VI, VII, VIII) que no están asociados a la

patología del colágeno tipo I (Figura 1). En esta clasificación se tuvieron en cuenta los avances modernos en el campo de los estudios genéticos moleculares de la enfermedad.²

En menos del 5% de los pacientes diagnosticados con OI, se presenta el tipo V, que se hereda en un tipo autosómico dominante. El fenotipo clínico de la OI tipo V difiere de otros tipos de OI y se caracteriza por la calcificación de la membrana interósea del antebrazo y la formación de callo hiperplásico. OI – V tiene un amplio espectro de gravedad de la enfermedad. El tipo VI OI es clínicamente similar a los tipos II y IV, pero tiene un osteoide que forma un cuadro histológico característico diferente debido a una violación de la mineralización.¹⁵

Type	Clinical severity	Typical features	Inheritance	Associated mutations
I	Mild nondeforming	Normal height or mild short stature; blue sclera	AD	<i>COL1A1, COL1A2</i>
II	Perinatal lethal	Multiple rib and long bone fractures at birth	AD Rarely AR	<i>COL1A1, COL1A2</i>
III	Severely deforming	Very short; triangular face; grayish sclera	AD	<i>COL1A1, COL1A2</i>
IV	Moderately deforming	Moderately short; grayish or white sclera	AD	<i>COL1A1, COL1A2</i>
V	Moderately deforming	Hyperplastic callus; white sclera	AD	Unknown
VI	Moderately to severely deforming	White sclera	AR	Unknown
VII	Moderately deforming	White sclera	AR	<i>CRTAP</i>
VIII	Severely deforming, perinatal lethal	White sclera	AR	<i>LEPRE1</i>

Figura 1. Clasificación ampliada F.H. Glorieux de la osteogénesis imperfecta

Nota. AD: dominancia autosómica; AR: recesividad autosómica; COL1A1 y COL1A2: genes que codifican el colágeno de tipo I; CRTAP: proteína asociada al cartílago; LEPRE1, también conocido como P3H1, prolil-3-hidroxilasa 1.² Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License

El tipo VII se manifiesta por deformaciones de huesos largos, acortamiento de las extremidades proximales, coxa vara (deformidades en varo del cuello femoral), acompañadas de dentinogénesis normal y el color habitual de la esclerótica. Se caracteriza por un tipo de herencia autosómico recesivo. La OI de tipo VII está causada por una mutación genética en el cromosoma 3p22-24.1, que codifica una proteína asociada al cartílago (CRTAP). CRTAP es un cofactor para la modificación postraduccional del colágeno tipo I. La gravedad de la enfermedad depende del grado de deficiencia de CRTAP. En ausencia total de la proteína CRTAP, se produce la muerte prenatal o el bebé nace con OI grave.¹⁶

Tipo VIII: un tipo grave de enfermedad, clínicamente similar al tipo II de OI, que se caracteriza por un tipo de herencia autosómico recesivo, asociado con la mutación en LEPRE1. Diagnosticado en edad perinatal. Son características las deformidades óseas severas, esclerótica blanca, acompañadas de dentinogénesis normal.¹⁷

Los tipos I-V son predominantemente de herencia autosómica dominante, los VI-XVIII son autosómicos recesivos. Cuando se descubrieron nuevos genes, la clasificación se amplió y, en 2015, el número de formas de la enfermedad llegó a 18.²

Diagnóstico

Los nuevos descubrimientos de genes en los últimos años han contribuido a una mejor explicación de la fisiopatología de la osteogénesis imperfecta, brindando oportunidades para el desarrollo de nuevas

terapias. El diagnóstico de osteogénesis imperfecta se basa en la historia, el examen clínico, la densidad mineral ósea de la columna lumbar, la bioquímica ósea y los hallazgos radiográficos.^{3,18} Generalmente depende de los antecedentes familiares y la presentación clínica caracterizada por una fractura (o fracturas) durante el período prenatal, al nacer o en la primera infancia; las pruebas genéticas pueden confirmar el diagnóstico. La osteogénesis imperfecta está causada por mutaciones autosómicas dominantes en los genes que codifican el colágeno tipo I (COL1A1 y COL1A2) en aproximadamente el 85% de los individuos, que afecta la cantidad o estructura del colágeno. En la última década, (en su mayoría) defectos recesivos, dominantes y ligados al cromosoma X en una amplia variedad de genes que codifican proteínas involucradas en la síntesis, procesamiento, secreción y modificación postraduccional del colágeno tipo I, así como en proteínas que regulan la diferenciación, se ha demostrado que la actividad de las células formadoras de hueso causa osteogénesis imperfecta. La gran cantidad de genes causantes ha complicado la clasificación clásica de la enfermedad y, aunque se usa ampliamente un nuevo sistema de clasificación genética, todavía se debate.¹³

La exclusión de las causas metabólicas de la osteoporosis es importante al inicio del estudio. La característica clínica más importante es la fragilidad ósea, que es común a todos los tipos de osteogénesis imperfecta, pero pueden estar presentes otras características extraesqueléticas.³

Diagnóstico por tipo³

- La osteogénesis imperfecta tipo I se asocia con una masa ósea baja. Las fracturas son raras al nacer, pero hay un aumento en la tasa de fracturas de huesos largos. La esclerótica azul o gris y un mayor riesgo de pérdida auditiva precoz son características comunes. Las deformidades de los huesos largos o de la columna y la dentinogénesis imperfecta son infrecuentes.
- En la osteogénesis imperfecta tipo II, los huesos se ven extremadamente afectados. En las ecografías fetales de 18 a 20 semanas se detectan huesos largos cortos y gravemente deformados y una osificación deficiente de los huesos del cráneo y la cara. Se observan múltiples fracturas de costillas en el útero y la letalidad perinatal es casi una regla, y el 90% de los bebés afectados mueren a las 4 semanas de edad.
- La osteogénesis imperfecta tipo III se caracteriza por una fragilidad ósea severa y una deformidad esquelética progresiva. La osteopenia generalizada y las fracturas se observan en los estudios radiográficos al nacer. Puede haber esclerótica azul y dentinogénesis imperfecta, pero la esclerótica tiende a volverse menos azul con la edad. La baja estatura es una regla y la cifoescoliosis progresiva comienza en la niñez y progresa con el crecimiento. La discapacidad auditiva puede desarrollarse en la edad adulta.
- Los pacientes con osteogénesis imperfecta tipo IV tienen fracturas recurrentes y la deformidad es variable. La mayoría de ellos tienen una esclerótica normal y la discapacidad auditiva es rara. La gravedad también es variable dentro de las familias, con algunos individuos que presentan osteogénesis imperfecta leve y otros con formas más graves en la misma familia.
- La osteogénesis imperfecta tipo V se caracteriza por una calcificación progresiva de la membrana interósea y el callo hiperplásico. La fragilidad ósea es de moderada a grave y no hay esclerótica azul ni dentinogénesis imperfecta.

El diagnóstico de los tipos de OI, según lo propuesto por la Nosología y clasificación de los trastornos genéticos esqueléticos de 2015, generalmente se puede realizar mediante la historia del paciente, el examen clínico y las radiografías. No obstante, el diagnóstico molecular mediante el análisis de la secuencia de ADN es útil para identificar la causa exacta de la OI. El diagnóstico molecular no solo proporciona información precisa sobre el riesgo de recurrencia (OI dominante frente a recesiva) en los individuos afectados y sus familias, sino que también permite identificar a los miembros de la familia

afectados con un alto grado de certeza. Esto es particularmente importante en la OI tipo I, donde los signos clínicos de la enfermedad pueden ser sutiles. Sin embargo, el diagnóstico molecular tiene un rendimiento muy bajo en los lactantes que son evaluados por sospecha de abuso infantil y en los que un examen clínico cuidadoso no ha revelado características clínicas de OI.⁷

Los últimos avances tecnológicos en modalidades de imagenología y diagnóstico molecular han permitido el diagnóstico de OI desde el primer trimestre hasta principios del segundo trimestre. Anteriormente, la mayoría de los casos solo podían sospecharse como OI en el segundo trimestre mediante ecografía, y el diagnóstico definitivo requería pruebas genéticas invasivas. El diagnóstico temprano, especialmente en casos letales o graves, podría proporcionar tiempo suficiente para mejorar la autonomía reproductiva de los padres en términos de interrupción del embarazo, modo de parto, reanimación después del nacimiento, métodos de tratamiento y solicitud de asesoramiento genético para embarazos posteriores.⁵

Se requiere un amplio conocimiento general de los aspectos clínicos y genéticos de la enfermedad, así como de las características de imagen de la OI, para que los radiólogos proporcionen con conocimiento el diagnóstico adecuado y participen responsablemente en un enfoque de equipo con genetistas, médicos, abogados y servicios de protección infantil. Hay varios tipos de OI, que van de leves a graves. El diagnóstico se basa en características clínicas, genéticas y radiográficas. Es importante distinguir la OI del abuso infantil para proteger a un niño abusado o para evitar una acusación inapropiada de abuso infantil en un niño con OI evidente.¹⁹

Manejo médico de la osteogénesis imperfecta

Los principales objetivos del tratamiento en pacientes con OI son disminuir la incidencia de fracturas, aliviar el dolor óseo, promover la movilidad y el crecimiento y, en última instancia, mejorar la participación social y la calidad de vida.¹ La osteogénesis imperfecta se maneja mejor mediante un equipo multidisciplinario, utilizando fisioterapia, rehabilitación, cirugía ortopédica, intervenciones farmacológicas y monitoreo de la nutrición con suplementos de calcio y vitamina D. La rehabilitación física por parte de un terapeuta con experiencia en el trastorno es posiblemente la contribución más importante a la función. La combinación de huesos frágiles, músculos débiles y ciclos de fractura y desuso crea desafíos sustanciales para que un paciente logre y mantenga las habilidades motoras gruesas, especialmente caminar. La fisioterapia y la hidroterapia enfocadas en la fuerza muscular y el rango de movimiento de las articulaciones son cruciales para maximizar un función e independencia del individuo. La mayoría de las personas con osteogénesis imperfecta severa pueden lograr el autocuidado, la transferencia y las habilidades domésticas necesarias para una vida independiente, el éxito educativo y ocupacional. Las personas con osteogénesis imperfecta leve pueden funcionar a un nivel muy alto, a menudo excluyendo solo los deportes de contacto. El deterioro de la función pulmonar es la principal causa de morbilidad y mortalidad en la osteogénesis imperfecta. La pérdida de la función pulmonar está relacionada con escoliosis mayor de 60° y deformidad de la caja torácica y pectoral. Las principales manifestaciones cardíacas son valvulares, especialmente regurgitación aórtica y mitral.¹⁴

El examen de audiología debe comenzar en la niñez, ya que la pérdida auditiva comienza en la primera o segunda década en aproximadamente el 5% de los pacientes. La pérdida auditiva es principalmente mixta neurosensorial y conductiva, y algunos casos tienen pérdida pura conductiva o sensorial. Las anomalías de la base del cráneo, que incluyen platibasia, invaginación basilar e impresión basilar, son frecuentes en pacientes con una puntuación Z de estatura menor de -3. La impresión basilar, en la que el borde del foramen magnum se pliega hacia el cráneo, es la complicación neurológica más grave del

trastorno. Puede provocar compresión del tronco encefálico, hidrocefalia y siringe. El tratamiento con bisfosfonatos no ha afectado la incidencia de impresión basilar.⁴

Tratamiento

El enfoque terapéutico de los pacientes con OI variará con la edad, la gravedad de la enfermedad o fenotipo y el estado funcional. Los niños con OI de tipo I sin complicaciones pueden tener niveles de actividad física similares a los de sus compañeros sanos, aunque pueden requerir restricciones sutiles, como evitar los deportes de contacto, y la terapia ortopédica se reserva para el tratamiento de las fracturas. Por lo tanto, los tratamientos ortopédicos y de rehabilitación en la OI leve suelen limitarse al tratamiento de las fracturas. En este contexto, el seguimiento médico sirve principalmente para detectar complicaciones, como fracturas vertebrales por compresión, que en muchos centros provocarían el tratamiento con bisfosfonatos intravenosos. Por el contrario, la OI de moderada a grave a menudo se asocia con deformidades de huesos largos, escoliosis y movilidad reducida, lo que crea la necesidad de intervenciones ortopédicas no solo en las fracturas agudas, sino también para abordar la movilidad reducida, las deformidades de huesos largos y la escoliosis, además de rehabilitación. Estas intervenciones son esenciales para la atención adecuada de los pacientes con OI de moderada a grave. Las fracturas múltiples pueden resultar en deformidades y períodos repetidos de inmovilización, lo que puede comprometer el estado funcional y la movilidad. En este escenario, un enfoque multidisciplinario es la mejor opción y la rehabilitación física juega un papel importante en la mejora de la función del individuo y la promoción de la independencia.^{3,7}

Asegurar que los niveles séricos de vitamina D sigan siendo suficientes es un objetivo citado con frecuencia en el tratamiento médico de apoyo de la OI, pero la base de pruebas para cualquier nivel objetivo específico de 25-hidroxivitamina D es escasa. La terapia con bisfosfonatos intravenosos es el enfoque médico más utilizado. Esto tiene un efecto marcado sobre las vértebras en los niños en crecimiento y puede conducir a una remodelación vertebral después de las fracturas por compresión, pero hay poco efecto de la terapia con bisfosfonatos sobre el desarrollo de la escoliosis. El tratamiento con bisfosfonatos es útil para aumentar la masa ósea y, en cierta medida, reducir el riesgo de fracturas por lo que reduce las tasas de fracturas de huesos largos, pero estas fracturas siguen siendo frecuentes. Se están investigando y desarrollando otros tratamientos farmacológicos nuevos con acción antirresortiva y anabólica ósea en un intento por mejorar la eficacia de los bifosfonatos, que incluyen denosumab, inhibición de catepsina K, hormona del crecimiento, teriparatida y enfoques de terapia génica y celular, pero aún no se ha establecido la seguridad y eficacia de estos nuevos enfoques en niños con OI.^{1,7}

El autocuidado de los pacientes con OI para su salud es muy importante, lo que les ayuda a manejar eficazmente su enfermedad y mejorar los resultados de salud. Para prevenir fracturas, los pacientes deben seguir el tratamiento médico y tener cuidado en las actividades diarias.¹

Manifestaciones orales de osteogénesis imperfecta

A nivel dental podemos observar diferentes manifestaciones clínicas, las cuales están íntimamente relacionadas con el tipo de osteogénesis que presente el paciente. Clínicamente, los individuos con OI comúnmente muestran algunos aspectos morfológicos craneofaciales que incluyen una cara triangular, una circunferencia de la cabeza aumentada, una deformidad esquelética de clase III y maloclusiones como mordida abierta y mordida cruzada. Se ha descrito maloclusión retrusiva bimaxilar asociada a la altura de la cara inferior reducida. Entre las anomalías dentales descritas en la OI, la dentinogénesis imperfecta es la alteración más comúnmente reportada. De hecho, es un hallazgo clínico y radiográfico

relevante que se ha reportado como un factor predictivo independiente significativo de una mayor prevalencia de caries dental experimentada en pacientes con OI moderado o severo.²⁰ Las radiografías muestran con frecuencia que los dientes poseen raíces cortas y delgadas. Los dientes afectados pueden tener coronas con apariencia bulbosa, constricción acentuada en la unión amelocementaria.²² Las cámaras pulpares y los conductos se encuentran completamente obliterados, además suelen aparecer zonas periapicales radiolúcidas, pues la estructura dental al estar expuesta a un desgaste tan precipitado da lugar a afecciones periapicales. Por lo tanto, es frecuente encontrar fracturas radiculares.²¹ Otras observaciones reportadas en OI son: dientes perdidos en maxilar y mandíbula, cámaras pulpares apicalmente extendidas, diente ectópico, microdoncia, coronas bulbosas, radiolucidez perirradicular, raíces residuales, raíces estrechas y delgadas, obliteración pulpar, impactación dentaria, dilaceración radicular y morfología alterada del cóndilo mandibular, conductos radiculares grandes debido a la formación defectuosa de la dentina y taurodontismo (cavidades pulpares agrandadas).^{8,20,22}

Conclusiones

La OI es una enfermedad hereditaria clínica y genéticamente heterogénea del tejido conectivo, cuya causa principal es una violación determinada genéticamente de la calidad del tejido óseo, que conduce a fracturas frecuentes con el desarrollo de deformidades óseas incapacitantes y un complejo de problemas concomitantes por parte de los sistemas respiratorio, cardiovascular y neuromuscular. Recientes descubrimientos han permitido el avance rápido en la comprensión de la osteogénesis imperfecta y ha identificado genes cuya importancia para el desarrollo óseo no se había apreciado anteriormente. Han surgido temas comunes para las formas dominantes y recesivas, incluidos los mecanismos relacionados con el colágeno, la mineralización anormal, la señalización osteoblástica, el estrés del retículo endoplásmico y la señalización célula-célula y célula-matriz. En la actualidad, la disponibilidad de la secuenciación del exoma y los avances en el metabolismo óseo ofrecen la posibilidad de identificar todas las causas restantes del trastorno y anunciar una nueva era en el diagnóstico y la terapéutica de la osteogénesis imperfecta. El diagnóstico y tratamiento de pacientes con osteogénesis imperfecta ha avanzado recientemente. Está claro que el tratamiento médico actual (bisfosfonato intravenoso) tiene un efecto beneficioso sobre la densidad ósea, las tasas de fractura y la remodelación de las vértebras después de las fracturas por compresión. Un enfoque multidisciplinario ha ido mejorando la atención al paciente produciendo notables ganancias en funcionalidad y movilidad. Los pacientes con dentinogénesis imperfecta se encuentran más afectados en la primera dentición es muy importante tener un buen diagnóstico temprano para realizar el tratamiento que el paciente requiere. Se sugiere que los alumnos de licenciatura tengan los conocimientos referentes a la osteogénesis imperfecta para que cuando se presente un paciente con este padecimiento puedan ser capaces de diagnosticarlo para poder darle un buen plan de tratamiento.

Referencias

1. Lai Y, Lu W, Mao H, Zhang Y, Ming WK, Wu Y. Knowledge, attitude and practices regarding health self-management among patients with osteogenesis imperfecta in China: an online cross-sectional survey. *BMJ Open*. 2021;11(9):e046286.
2. Zaripova AR, Khusainova RI. Modern classification and molecular-genetic aspects of osteogenesis imperfecta. *Vavilovskii Zhurnal Genet Selektcii*. 2020;24(2):219-227.
3. Palomo T, Vilaça T, Lazaretti-Castro M. Osteogenesis imperfecta: diagnosis and treatment. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2017;24(6):381-388.
4. Forlino A, Marini JC. Osteogenesis imperfecta. *Lancet*. 2016;387(10028):1657-71.

5. Deguchi M, Tsuji S, Katsura D, Kasahara K, Kimura F, Murakami T. Current Overview of Osteogenesis Imperfecta. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(5):464.
6. Claeys L, Storoni S, Eekhoff M, Elting M, Wisse L, Pals G, Bravenboer N, Maugeri A, Micha D. Collagen transport and related pathways in Osteogenesis Imperfecta. *Hum Genet*. 2021;140(8):1121-1141.
7. Trejo P, Rauch F. Osteogenesis imperfecta in children and adolescents-new developments in diagnosis and treatment. *Osteoporos Int*. 2016;27(12):3427-3437.
8. Carballido Fernández J, Monteserin Matesanz M, Mourelle Martínez MR. Osteogénesis imperfecta: Manifestaciones orales. *Revista reduca Serie Congresos Alumnos 2011*;3(7):8.
9. Siedlikowski M, Curiale L, Rauch F, Tsimicalis A. Experiences of Children With Osteogenesis Imperfecta in the Co-design of the Interactive Assessment and Communication Tool Sisom OI: Secondary Analysis of Qualitative Design Sessions. *JMIR Pediatr Parent*. 2021;4(3):e22784.
10. Ballenger KL, Tugarinov N, Talvacchio SK, Knue MM, Dang Do AN, Ahlman MA, et al. Osteogenesis Imperfecta: The Impact of Genotype and Clinical Phenotype on Adiposity and Resting Energy Expenditure. *J Clin Endocrinol Metab*. 2021:dgab679.
11. Álvarez R, García R, López J, Gutiérrez A. Densidad mineral ósea en pacientes pediátricos con osteogénesis imperfecta. *Revista Española de Medicina Nuclear*, 2003;22: 224-228
12. Storoni S, Treurniet S, Micha D, Celli M, Bugiani M, van den Aardweg JG, et al. Pathophysiology of respiratory failure in patients with osteogenesis imperfecta: a systematic review. *Ann Med*. 2021;53(1):1676-1687.
13. Marini JC, Forlino A, Bächinger HP, Bishop NJ, Byers PH, Paepe A, et al. Osteogenesis imperfecta. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:17052.
14. Gutiérrez Díez MP, Molina Gutiérrez MA, Prieto Tato L, Parra García JI, Bueno Sánchez AM. Osteogénesis Imperfecta: nuevas perspectivas. *Rev Esp Endocrinol Pediatr* 2013;4(Suppl):107-117.
15. Glorieux FH, Ward LM, Rauch F, Lalic L, Roughley PJ, Travers R. Osteogenesis imperfecta type VI: a form of brittle bone disease with a mineralization defect. *J Bone Miner Res*. 2002;17(1):30-38.
16. Ward LM, Rauch F, Travers R, Chabot G, Azouz EM, Lalic L, et al. Osteogenesis imperfecta type VII: an autosomal recessive form of brittle bone disease. *Bone*. 2002;31(1): 12-18.
17. Fratzl-Zelman N, Barnes AM, Weis M, Carter E, Hefferan TE, Perino G, et al. Non-lethal type VIII osteogenesis imperfecta has elevated bone matrix mineralization. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(9):3516-3525.
18. Palomo T, Glorieux FH, Schoenau E, Rauch F. Body Composition in Children and Adolescents with Osteogenesis Imperfecta. *J Pediatr*. 2016;169:232-7.
19. Ablin DS. Osteogenesis imperfecta: a review. *Can Assoc Radiol J*. 1998 Apr;49(2):110-23.
20. Marçal FF, Ribeiro EM, Costa FWG, Fonteles CSR, Teles GS, de Barros Silva PG, et al. Dental alterations on panoramic radiographs of patients with osteogenesis imperfecta in relation to clinical diagnosis, severity, and bisphosphonate regimen aspects: a STROBE-compliant case-control study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019;128(6):621-630.
21. Soto Llanos L, Marín P. Dentinogénesis Imperfecta asociada a Osteogénesis Imperfecta (tipo I de Shields. *Revista Estomatología* 2000; 9(1): 61-67.
22. Costa FW, Chaves FN, Nogueira AS, Rodrigues Carvalho FS, Pereira KM, Kurita LM, Rodrigues RR, Fonteles CS. Clinical aspects, imaging features, and considerations on bisphosphonate-related osteonecrosis risk in a pediatric patient with osteogenesis imperfecta. *Case Rep Dent*. 2014;2014:384292.

Afectación de las glándulas salivales secundaria a la radioterapia de cabeza y cuello: Revisión de la literatura

Gabriela Anaid Mungarro-Cornejo,¹ María Verónica Cuevas-González,² Simón Yovanny Reyes-López,¹ Karla Lizette Tovar-Carrillo,¹ Graciela Zámbrano-Galván,³ José Luis Osornio-Rojas,¹ Juan Carlos Cuevas-González.¹

¹Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Juárez, México. ²Ciencias Odontológicas, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, CDMX. ³Facultad de Odontología, Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México.

Correspondencia

Juan Carlos Cuevas-González: Área Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Juárez, México. email: juan.cuevas@uacj.mx

Resumen

El carcinoma de cabeza y cuello ocupa el sexto cáncer más común a nivel mundial, el tratamiento de este tipo de neoplasias malignas involucra cirugía oncológica, radioterapia (Rt) y quimioterapia, cuando la neoplasia maligna es diagnosticada en estadios avanzados la radioterapia es la opción de tratamiento, ya sea como tratamiento adyuvante o en concomitancia con la quimioterapia. Dentro de los efectos secundarios de la radioterapia en la región de cabeza y cuello destacan la presencia de inflamación generalizada de las mucosas, atrofia de las glándulas salivales, daños al órgano dentario, exposiciones óseas entre otros. La xerostomía es uno de los principales efectos secundarios de la Rt en cabeza y cuello y se define como la sensación de boca seca ocasionada por la alteración de la función de las glándulas salivales, clínicamente el paciente experimenta la sensación de boca ardorosa, así mismo se observa aumento en la viscosidad de la saliva el cual afecta el habla, la masticación, formación del bolo alimenticio y el tragar, además de que se incrementa el riesgo de desarrollar infecciones tipo candidiasis, mucositis, caries dental, enfermedad periodontal entre otras, aunado al impacto psicológico que representa para el paciente. El tratamiento de esta patología es complejo, en la literatura se pueden encontrar desde los tratamientos paliativos que tienen como principal objetivo aminorar los efectos secundarios como la sensación de boca ardorosa, las dificultades en la alimentación y proteger al órgano dentario contra los cambios en la microflora y la desmineralización, hasta la aplicación de fármacos estimuladores de las glándulas salivales. La atención odontológica de los pacientes radiados en la región de cabeza y cuello es complicada y se debe partir desde la prevención para evitar al máximo el daño en la cavidad bucal.

Palabras clave: Glándulas salivales, Radioterapia, Cáncer cabeza y cuello

Salivary gland damage secondary to head and neck radiotherapy: A literature review.

Abstract

Head and neck carcinoma are the sixth most common cancer worldwide, the treatment of this kind of malignant neoplasm involves oncological surgery, radiotherapy (Rt) and chemotherapy, when the

diagnosis of the cancer is made in advanced stages the option of treatment is the Rt, like adjuvant or in concomitant treatment with chemotherapy. The side effects of head and neck Rt are generalized inflammation of oral mucosa, atrophy of the salivary glands, damage of tooth, bone exposures, among others. The xerostomia is one of the main side effects of head and neck Rt and is defined as the burning mouth sensation originated by decreased of salivary gland function, Clinically the patient goes through the burn mouth sensation, increased saliva viscosity which affects speech, chewing, bolus formation and swallowing, in addition to increasing the risk of developing infections such as candidiasis, mucositis, decay, periodontal disease among others, coupled with the psychological impact it represents for the patient. The treatment of this pathology is complicated, in the literature can be found from palliative treatments whose main objective is decrease side effects such as burning mouth sensation, feeding difficulties and protect the dental organ against changes in microflora and demineralization, until the application of stimulant drugs of the salivary glands. Dental care of patients irradiated in the head and neck region is complicated and should be started from preventive therapy to minimize damage to the oral cavity.

Keywords: Salivary glands, Radiation therapy, Head and neck cancer

Introducción

El carcinoma de cabeza y cuello representa el 2.8% de las neoplasias malignas a nivel mundial, por lo que se sitúa como el sexto cáncer más común a nivel mundial.¹⁻⁴ El tratamiento de este tipo de neoplasias malignas involucra cirugía oncológica, radioterapia (Rt) y quimioterapia (Qt), la elección del tratamiento depende de las condiciones fisiológicas del paciente y estadio clínico de la lesión.⁵⁻⁷ Cuando los tumores de cabeza y cuello se encuentran en estadios avanzados la radioterapia es uno de los tratamientos claves al proveer el máximo control de las estructuras adyacentes al tumor.⁸⁻¹⁰ La aplicación de este tratamiento cuando abarca grandes regiones de la zona maxilofacial suele generar afectaciones en la mucosa bucal, en mandíbula y maxila, glándulas salivales y piel provocando efectos adversos que van desde una inflamación generalizada de la mucosa, atrofia de las glándulas salivales, daños al órgano dentario, exposiciones óseas entre otros.¹¹⁻¹⁵

La xerostomía es uno de los principales efectos secundarios de la Rt en cabeza y cuello y se define como la sensación de boca seca ocasionada por la alteración de la función de las glándulas salivales con un flujo salival por debajo de 0.1–0.2 mL/min.¹⁶⁻¹⁹ El daño que se genera en las glándulas es dependiente del tipo de radiación y de la dosis recibida, se ha reportado que a los 10Gy hay una afectación reversible y se caracteriza por la secreción de una saliva “pegajosa”, densa y viscosa, conforme la dosis de radiación aumenta el daño es mayor, cuando se alcanzan dosis superiores a los 60-70Gy se provoca una degeneración y fibrosis de la glándula ocasionando el daño permanente a la misma.²⁰

Es complejo determinar el daño histológico a las glándulas salivales consecuencia de la Rt en humanos, sin embargo, en estudios realizados en modelos animales se ha visto la pérdida del parénquima, presencia de atrofia acinar, así como atrofia intersticial, también se han identificado en las células acinares pérdida de los gránulos secretores, y abundante infiltrado inflamatorio, de igual forma se ha demostrado una disminución del tamaño glandular.²¹ Se han descrito cuatro etapas del daño glandular: daño agudo que ocurre dentro de los primeros 10 días en el que no hay una afectación morfológica de la glándula, los primeros cambios se observan en la capacidad de la glándula para secretar agua pero la presencia de la amilasa se mantiene; el daño temprano que se observa a los 60 días aproximadamente se caracteriza por la disminución de la amilasa salival con la aparición de edema interacinar; el daño

intermedio a partir de los 120 días es característico cuando no se implementa una terapia profiláctica adecuada y se caracteriza por el inicio de fibrosis tisular; y finalmente el daño tardío en el que hay un marcado incremento en el número de las células y la función glandular es notablemente disminuida.^{8,22} El diagnóstico de esta afectación no es complejo debido al antecedente de la radioterapia en la región de cabeza y cuello, sin embargo, se requieren de estudios que evalúen la funcionalidad de esta, se puede optar por medir el flujo global o de una glándula específica utilizando la cateterización del conducto salival elegido y tomando como parámetro el rango normal del flujo salival que es mayor a 0.3-0.4 ml min⁻¹.²³⁻²⁵ Clínicamente el paciente manifiesta boca ardorosa, aumento en la viscosidad de la saliva el cual afecta el habla, la masticación, formación del bolo alimenticio y el tragar, además de que se incrementa el riesgo de desarrollar infecciones tipo candidiasis, mucositis, caries dental, enfermedad periodontal entre otras.²⁶⁻²⁸ Otro de los efectos secundarios de la xerostomía son los cambios en el pH los cuales se han reportado que de 7 baja hasta 5 generando un ambiente predominantemente ácido favoreciendo la colonización de microorganismos oportunistas, así como la desmineralización del diente.^{29,30} Por otra parte, el impacto psicológico que tiene el paciente ante esta patología es de importancia y está relacionado con los efectos adversos desarrollados de forma aguda por la propia enfermedad, si bien hay reportes que indican que la calidad de vida mejora con el paso del tiempo es importante brindarle atención al paciente y proporcionarle tratamiento paliativo adecuado para evitar al máximo el deterioro.³¹⁻³²

El tratamiento es complejo, en la literatura se pueden encontrar desde los tratamientos paliativos que tienen como principal objetivo aminorar los efectos secundarios como la sensación de boca ardorosa, las dificultades en la alimentación y proteger al órgano dentario contra los cambios en la microflora y la desmineralización, sin embargo, la literatura también menciona el empleo de fármacos ya sea que protejan al tejido de la Rt o que favorezcan la producción de saliva.³³

Dentro de la terapia farmacológica se encuentra la amifostina, considerado un fármaco radioprotector, el cual es una sal fosfórica que una vez absorbida en el tejido sano elimina los radicales libres para proteger la membrana y el ADN del daño, su principal desventaja son los efectos secundarios como hipotensión, vómito y reacciones alérgicas, una característica y quizás desventaja de este fármaco es la forma de administración intravenosa,³⁴⁻³⁵ por otra parte la pilocarpina es un fármaco parasimpáticomimético estimulante del flujo salival por medio de los receptores M3,³⁶⁻³⁸ se ha descrito su efecto en pacientes radiados, el cual tarda entre 8 a 12 semanas; al igual que el fármaco anterior la gran desventaja son los efectos secundarios que se pueden desencadenar principalmente sudoración, epifora, enrojecimiento facial, aumento de la frecuencia urinaria, diarrea, broncoespasmo, hipotensión y bradicardia.^{39,16} La cevimelina es un agonista muscarínico que actúa estimulando receptores M1 y M3 específicos de las glándulas salivales exocrinas,^{40,41} este medicamento al igual que los anteriores ha reportado efectos adversos como diaforesis, náuseas, emesis y sialorrea.^{42,43}

La evidencia que hay acerca de la terapia farmacológica basada en estimuladores de la saliva es muy heterogénea lo que dificulta valorar su efectividad en diversas poblaciones, en el trabajo publicado por MA SJ y col. realizaron una recopilación de la literatura que abordó este tipo de tratamientos mencionando que la pilocarpina, el cevimelina y la amifostina son efectivos en el tratamiento de la xerostomía, sin embargo los efectos adversos que generan no suelen ser tolerables para el paciente, y cuando estos fármacos fueron comparados con otros tratamientos alternos como lo es la acupuntura, los resultados fueron muy similares y sin efectos secundarios;⁴⁴ los mismos hallazgos fueron observados por otros grupos de investigadores.⁴⁵⁻⁴⁶

Por otra parte, el uso de saliva artificial, vitamina B₁₂, vitamina C así como el uso de enjuagues a base de ácido bórico, anestésicos en conjunto con glucocorticoides son empleados para aliviar la

sintomatología de la xerostomía sin embargo debido a que los reportes en la literatura son tan variados es complejo determinar la efectividad;⁴⁷ los tratamientos naturales o alternativos también son una buena opción terapéutica para este padecimiento, entre ellos se destaca el uso de aceite de oliva extra virgen enriquecido con licopeno el cual ha mostrado mejorar la sintomatología de la xerostomía,⁴⁸ la miel de tomillo es otra opción natural que mejora la sintomatología y carece de reportes de efectos secundarios.⁴⁹ Finalmente este tipo de pacientes no son ajenos al uso de aparatos protésicos, el colocar prostodoncias o prótesis parciales removibles representa un verdadero reto para el odontólogo debido a que las condiciones propias de la mucosa limitan el éxito de la rehabilitación, en nuestra experiencia los pacientes no son capaces de retener la prótesis debido a la deshidratación de la mucosa o bien desarrollan numerosas lesiones a consecuencia del roce del acrílico con el tejido, el uso de acondicionadores de tejidos, adhesivos dentales y saliva artificial pueden contribuir al éxito de la prótesis; técnicamente está reportado que el colocar un reservorio de saliva en el dispositivo protésico mejora mucho la estabilidad y retención de la misma,⁵⁰ sin embargo cada caso debe tratarse de forma independiente, atendiendo las necesidades primarias del paciente.

Conclusión

La xerostomía es un síntoma frecuentemente expresado en pacientes que fueron tratados con radioterapia en la región de cabeza y cuello, actualmente un gran número de investigaciones se enfoca en determinar medidas para el control y tratamiento de este síntoma, sin embargo, mantener la funcionalidad de dichas glándulas representa un reto. Se recomienda implementar medidas de prevención y llevar a cabo el tratamiento adecuado para cada paciente de manera individual con la finalidad de prevenir la, mejorarla o incluso revertirla. Es de suma importancia para el odontólogo tener conocimiento sobre este tema con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento por parte del programa DGAPA-UNAM al proyecto PAPIIT IT203618, y al CONACYT por el proyecto financiado A1-S-9178 por parte del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación, y al apoyo CONACYT por la beca (No. 326127 con CVU: 537149) a María Verónica Cuevas González durante sus estudios de Doctorado en el Programa de Doctorado en Ciencias Odontológicas en el PMDCMOS, UNAM que hizo posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

Referencias

1. Jemal A, Siegel R, Ward E, Murray T, Xu J, Smigal C, et al. Cancer statistics, 2006. 2006;56:106–30.
2. Vigneswaran N, Williams MD. Epidemiologic trends in head and neck cancer and aids in diagnosis. Vol. 26, Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. W.B. Saunders; 2014. 123–41.
3. Duvvuri U, Myers JN. Cancer of the head and neck is the sixth most common cancer worldwide. *Curr Probl Surg* [Internet]. 2009 Mar [cited 2019 Aug 24];46(2):114–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19111678>
4. Dixit R, Weissfeld JL, Wilson DO, Balogh P, Sufka P, Siegfried JM, et al. Incidence of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma Among Subjects at High Risk of Lung Cancer: Results From the Pittsburgh Lung Screening Study. *Cancer*. 2015;121:1431–6.
5. Dirix P, Nuyts S, Van den Bogaert W. Radiation-induced xerostomia in patients with head and neck cancer: a literature review. *Cancer* [Internet]. 2006 Dec 1 [cited 2019 Aug 24];107(11):2525–34. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17078052>

6. Langendijk JA, Slotman BJ, van der Waal I, Doornaert P, Berkof J, Leemans CR. Risk-group definition by recursive partitioning analysis of patients with squamous cell head and neck carcinoma treated with surgery and postoperative radiotherapy. *Cancer* [Internet]. 2005 Oct 1 [cited 2019 Aug 24];104(7):1408–17. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16130134>
7. Nutting C. Radiotherapy in head and neck cancer management: United Kingdom National Multidisciplinary Guidelines. *J Laryngol Otol*. 2016 May 1;130:S66–7.
8. Vives-Soler A, López-López J, Jané-Salas E. Xerostomía y radioterapia de cabeza y cuello: actualización. *Rev Colomb Cancerol*. 2017 Jan;21:26–32.
9. Gomez-Millan J, Fernández JR, Medina Carmona JA. Current status of IMRT in head and neck cancer. *Reports Pract Oncol Radiother*. 2013;18:371–5.
10. Santa Cruz O, Tsoutsou P, Castella C, Khanfir K, Anchisi S, Bouayed S, et al. Locoregional Control and Toxicity in Head and Neck Carcinoma Patients following Helical Tomotherapy-Delivered Intensity-Modulated Radiation Therapy Compared with 3D-CRT Data. *Oncology* [Internet]. 2018 [cited 2019 Aug 24];95:61–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29895020>
11. Tolentino E de S, Centurion BS, Ferreira LHC, Souza AP de, Damante JH, Rubira-Bullen IRF. Oral adverse effects of head and neck radiotherapy: literature review and suggestion of a clinical oral care guideline for irradiated patients. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2011 Oct [cited 2019 Aug 24];19:448–54. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21986648>
12. Rosales AC de MN, Esteves SCB, Jorge J, Almeida OP de, Lopes MA. Dental needs in Brazilian patients subjected to head and neck radiotherapy. *Braz Dent J* [Internet]. 2009 [cited 2019 Aug 24];20:74–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19466236>
13. Rose-Ped AM, Bellm LA, Epstein JB, Trotti A, Gwede C, Fuchs HJ. Complications of radiation therapy for head and neck cancers. The patient's perspective. *Cancer Nurs* [Internet]. 2002 Dec [cited 2019 Aug 24];25:461–7; quiz 468–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12464838>
14. Jham BC, Freire AR da S. Complicações bucais da radioterapia em cabeça e pescoço. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2006 Oct;72:704–8.
15. Mendes RL, Nutting CM, Harrington KJ. Managing side effects of radiotherapy in head and neck cancer. *Hosp Med* [Internet]. 2002 Dec [cited 2019 Aug 24];63(12):712–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12512196>
16. Ulloa B J Patricio FCF. Manejo actual de la xerostomía Current management of xerostomia. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello*. 2016;76:243–8.
17. López-López J, Jané Salas E, Chimenos Küstner E. Pronóstico y tratamiento de la boca seca. Revisión sistemática. *Med Clin (Barc)*. 2014 Feb 4;142:119–24.
18. Strojan P, Hutcheson KA, Eisbruch A, Beitler JJ, Langendijk JA, Lee AWM, et al. Treatment of late sequelae after radiotherapy for head and neck cancer. Vol. 59, *Cancer Treatment Reviews*. W.B. Saunders Ltd; 2017. 79–92.
19. De Luca Monasterios FM RLX, De Luca Monasterios F, Roselló Llabrés X. Etiopatogenia y diagnóstico de la boca seca Etiopathogenesis and diagnosis of dry mouth. *Av Odontoestomatol*. 2014;30:121–8.
20. González-Medina, Malpica-Sánchez, Macías-Jiménez. Xerostomía. *GAMO*. 2011;10:222–9.
21. Cheng SCH, Wu VWC, Kwong DLW, Ying M. Assessment of post-radiotherapy salivary glands. *Br J Radiol*. 2011 May;84:393–402.
22. Coppes RP, Zeilstra LJW, Kampinga HH, Konings AWT. Early to late sparing of radiation damage to the parotid gland by adrenergic and muscarinic receptor agonists. *Br J Cancer* [Internet]. 2001 Oct 2 [cited 2019 Aug 24];85:1055–63. Available from: <http://www.nature.com/doi/10.1054/bjoc.2001.2038>
23. Martín Martín M, López M CL. Xerostomia post-radiation therapy. Efficacy of topical treatments based on olive oil, betaine and xylitol. *Av Odontoestomatol*. 2017;30:161–70.
24. Iorgulescu G. Saliva between normal and pathological. Important factors in determining systemic and oral health. *J Med Life* [Internet]. 2009 [cited 2019 Aug 24];2:303–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20112475>
25. Hoseini A, Mirzapour A, Bijani A, Shirzad A. Salivary flow rate and xerostomia in patients with type I and II diabetes mellitus. *Electron Physician*. 2017;9:5244–9.

26. Jaguar GC, Prado JD, Campanhã D, Alves FA. Clinical features and preventive therapies of radiation-induced xerostomia in head and neck cancer patient: a literature review. *Appl Cancer Res*. 2017 Dec;37:2–8.
27. Deasy JO, Moiseenko V, Marks L, Chao KSC, Nam J, Eisbruch A. Radiotherapy Dose-Volume Effects on Salivary Gland Function. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2010;76:58–63.
28. Gallardo JM. Xerostomía: etiología, diagnóstico y tratamiento. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2008;46:109–16.
29. Hurtado DC EJ. Complicaciones orales en pacientes sometidos a radioterapia: revisión de literatura. *Univ Odonto*. 2012;31:111–29.
30. Kielbassa AM, Hinkelbein W, Hellwig E, Meyer-Lückel H. Radiation-related damage to dentition. *Lancet Oncol* [Internet]. 2006 Apr [cited 2019 Aug 24];7:326–35. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16574548>
31. Thomson WM, Lawrence HP, Broadbent JM, Poulton R. The impact of xerostomia on oral-health-related quality of life among younger adults. *Health Qual Life Outcomes*. 2006 Nov 8;4:1–17.
32. Memtsa P-T, Tolia M, Tzitzikas I, Bizakis J, Pisteovou-Gombaki K, Charalambidou M, et al. Assessment of xerostomia and its impact on quality of life in head and neck cancer patients undergoing radiation therapy. *Mol Clin Oncol* [Internet]. 2017 May [cited 2019 Aug 24];6:789–93. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28529753>
33. Rovirosa A, Foro P, De Serdio JL, Galiana R, Santos JA, De Vega M, et al. Recomendaciones clínicas del Grupo Español de Tratamiento Conservador del Cáncer de Cabeza y Cuello (GETCOCACU) para la prevención y la terapéutica de la xerostomía radioinducida. *Oncol*. 2005;28:13–20.
34. Kahn ST, Johnstone PAS. Management of xerostomia related to radiotherapy for head and neck cancer. *Oncology (Williston Park)* [Internet]. 2005 Dec [cited 2019 Aug 24];19:1827–32; discussion 1832–4, 1837–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16506635>
35. Antonadou D, Pepelassi M, Synodinou M, Puglisi M, Throuvalas N. Prophylactic use of amifostine to prevent radiochemotherapy-induced mucositis and xerostomia in head-and-neck cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* [Internet]. 2002 Mar 1 [cited 2019 Aug 24];52:739–47. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11849797>
36. Berk L. Systemic pilocarpine for treatment of xerostomia. *Expert Opin Drug Metab Toxicol* [Internet]. 2008 Oct [cited 2019 Aug 24];4:1333–40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18798702>
37. Pereira Almeida J, Paulo Kowalski L. Pilocarpine used to treat xerostomia in patients submitted to radioactive iodine therapy: a pilot study Abstract. *Publ Manag Syst J Otorhinolaryngol* [Internet]. 2010;76:659–62. Available from: <http://www.bjorl.org/>
38. Mosqueda-Taylor A, Luna-OrtizK, Irigoyen-CamachoME, Díaz- Franco MA C-MA. Efecto del clorhidrato de pilocarpina como estimulante de la producción salival en pacientes sometidos a radioterapia de cabeza y cuello. *Med Oral*. 2004;9:204–11.
39. Fernández LRG, Cortés ANZ, Ochoa CFJ, Poitevin CMA PT. Respuesta terapéutica de la pilocarpina con relación a la xerostomía inducida por radioterapia. *Rev Odont Mex*. 2012;12:149–53.
40. Fife RS, Chase WF, Dore RK, Wiesenhutter CW, Lockhart PB, Tindall E, et al. Cevimeline for the treatment of xerostomia in patients with Sjögren syndrome: a randomized trial. *Arch Intern Med* [Internet]. 2002 Jun 10 [cited 2019 Aug 24];162:1293–300. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12038948>
41. Chambers MS, Posner M, Jones CU, Biel MA, Hodge KM, Vitti R, et al. Cevimeline for the treatment of postirradiation xerostomia in patients with head and neck cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* [Internet]. 2007 Jul 15 [cited 2019 Aug 24];68:1102–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17379432>
42. Rodríguez PJI, Martínez SG, Rodríguez FNI, Chapa AMG SS. Terapia farmacológica y avances terapéuticos en xerostomía e hiposalivación. *Rev ADM*. 2014;74:221–3.
43. Voskoboynik B, Babu K, Hack JB. Cevimeline (Evoxac ®) overdose. *J Med Toxicol* [Internet]. 2011 Mar [cited 2019 Aug 24];7:57–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20865466>
44. Ma SJ, Rivers CI, Serra LM, Singh AK. Long-term outcomes of interventions for radiation-induced xerostomia: A review. *World J Clin Oncol* [Internet]. 2019 Jan 10 [cited 2019 Aug 24];10:1–13. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30627521>

45. Mercadante V, Al Hamad A, Lodi G, Porter S, Fedele S. Interventions for the management of radiotherapy-induced xerostomia and hyposalivation: A systematic review and meta-analysis. *Oral Oncol* [Internet]. 2017 [cited 2019 Aug 24];66:64–74. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28249650>
46. Gu J, Zhu S, Li X, Wu H, Li Y, Hua F. Effect of amifostine in head and neck cancer patients treated with radiotherapy: A systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *PLoS One*. 2014 May 2;9:95968.
47. Park B, Noh H, Choi D-J. Herbal Medicine for Xerostomia in Cancer Patients: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Integr Cancer Ther* [Internet]. 2018 [cited 2019 Aug 24];17(2):179–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28870110>
48. Navarro Morante A, Wolff A, Bautista Mendoza GR, López-Jornet P. Natural products for the management of xerostomia: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *J Oral Pathol Med*. 2017 Feb 1;46:154–60.
49. Charalambous A, Lambrinou E, Katodritis N, Vomvas D, Raftopoulos V, Georgiou M, et al. The effectiveness of thyme honey for the management of treatment-induced xerostomia in head and neck cancer patients: A feasibility randomized control trial. *Eur J Oncol Nurs*. 2017;27:1–8.
50. Gurkar H, Venkatesh OY, Somashekar JM, Gowda MHL, Dwivedi M, Ningthoujam I. Prosthodontic Management of Xerostomic Patient: A Technical Modification. *Case Rep Dent*. 2016;1–6.

Ingeniería de tejidos y su potencial aplicación en las ciencias odontológicas: Revisión de la literatura

María Verónica Cuevas-González,¹ Fernando Suaste-Olmos,² Marco Antonio Álvarez-Pérez.¹

¹Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, División de Estudios Profesionales e Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México. ²Instituto de Fisiología Celular, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México.

Correspondencia

María Verónica Cuevas González: Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, División de Estudios Profesionales e Investigación, Facultad De Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México. email: cuevas_veronica@live.com.mx

Resumen

La regeneración se define como la habilidad de reemplazar un tejido u órgano dañado; la ingeniería de tejidos es una estrategia de regeneración que se basa en la utilización de principios de ingeniería en combinación con el alcance de las ciencias biológicas, involucra la selección, aislamiento y cultivo de células, el diseño del andamio, así como el uso de biomoléculas adicionales que favorezcan el desarrollo de un nuevo tejido. Los andamios tienen como principal objetivo imitar la forma dinámica de la matriz extracelular de tal forma que se reproduzca el ambiente ideal para que la célula sobreviva, crezca, prolifere y se diferencie, además, las propiedades del material dependen en gran medida del tipo de tejido a regenerar y estas deben cumplir ciertas condiciones biológicas como ser biocompatibles, no inmunogénicos, biodegradables, entre otras. La estructura y material empleado para el diseño del andamio juega un papel clave ya que de esto dependerá la morfología que adquiera la célula y por consiguiente su comportamiento. El tipo de células más empleado son las troncales mesenquimales debido a la capacidad de diferenciación hacia múltiples linajes. El cultivo celular en 3D mantiene su morfología celular y polaridad, preservando la interacción célula-ambiente de manera muy similar a las estructuras tisulares; la interacción que tiene la célula con el andamio es dependiente de los receptores localizados en la superficie celular al responder a los estímulos mecánicos del ambiente, y como ya se mencionó dependiendo de la estructura del andamio es su comportamiento. La evidencia que hay del uso de la ingeniería de tejidos en el campo de la odontología es muy amplia llegando a mostrar la capacidad de regenerar los diversos tejidos que componen al diente.

Palabras clave: ingeniería de tejidos, regeneración, biomateriales, odontología

Tissue engineering and its potential application in odontological sciences: A literature review

Abstract

Regeneration is defined as the capacity to replace a damaged tissue or organ, tissue engineering is a regeneration strategy that is based on the use of engineering principles in combination with biological sciences, it involves the selection, isolation of cells, cell culture techniques, scaffold design, as well as the use of additional molecules that stimulate the development of a new tissue. A scaffold has as a main function to mimic the dynamic shape of the extracellular matrix to create an ideal environment for cell

survive, growth, proliferation and differentiation. Moreover, the characteristic of the material depends largely on the type of tissue to regenerate, however all of them has to have specific biological conditions such as being biocompatible, non-immunogenic, biodegradable, among others. The structure and material used for scaffold design plays a key role since this depends the morphology acquired by the cell and its behavior or cell respond. The Mesenchymal stem cells are the most common cell used for this kind of strategy of regeneration due to its capacity potential to differentiated toward multiples lineages. 3D onto cell culture maintains its morphology and polarity, preserving cell-environment interaction in a very similar way to natural tissue structures, the interaction that cell has with the scaffold is dependent of the receptors localized on the cell surface and their response to the mechanical stimuli of the environment, as already mentioned depending of structure of the scaffold it's the cell behavior. The evidence of use of tissue engineering in the field of dentistry is very broad, showing the ability to regenerate multiples tissues that constituted the tooth.

Keywords: tissue engineering, regeneration, biomaterials, dentistry

Introducción

En la región de cabeza y cuello los defectos en tejidos blandos y duros pueden originarse a consecuencia de traumatismos, eventos patológicos o por anomalías congénitas; las cuales hoy día han aumentado la demanda de estrategias de regeneración a nivel mundial. En el campo de las ciencias biomédicas incluidas las ciencias odontológicas, la regeneración es definida como la habilidad de reemplazar un tejido u órgano dañado por trauma o enfermedad, siendo el uso de autoinjertos el estándar de oro en dichos procesos de regeneración, sin embargo, al requerirse de un segundo sitio quirúrgico para su obtención puede generar riesgo de infección; asimismo, otra estrategia que trata de solventar el estándar de oro son los aloinjertos que conllevan un mayor número de riesgos debido al posible rechazo inmunológico, transmisión de infecciones y la espera a un posible donador lo que trae consigo que el costo llegue a ser igual que los xenoinjertos con las mismas desventajas mencionadas y con la posibilidad de transmisiones cruzadas entre especies.¹

En la búsqueda por evadir estas complicaciones en la medicina regenerativa, se han combinado diversas áreas del conocimiento desarrollando un nuevo campo llamado ingeniería de tejidos, la cual surgió a finales de la década de los 80's bajo el concepto del uso de dispositivos prostéticos y la manipulación quirúrgica de tejidos, sin embargo, bajo el concepto de medicina actual la ingeniería de tejidos se basa en la utilización de principios de ingeniería en combinación con el alcance de las ciencias biológicas.²

La primera terapia basada en la ingeniería de tejidos se dio con el desarrollo de injertos de piel; en la cual en 1962 se reportó el diseño de un andamio que fungió como sustituto de piel. Posterior a esto se empezaron a desarrollar técnicas de preservación celular dando lugar a los primeros injertos comerciales a finales de los años 70s y principios de los 80s.³

El desarrollo de la ingeniería de tejidos se ha especializado hoy día, involucrando múltiples etapas como la selección, aislamiento y el cultivo especial de las células que van a servir como estirpes del proceso de regeneración tisular, un elevado conocimiento en cuanto a las técnicas de cultivo celular que han evolucionado de las monocapas a cultivos 3D y con ambientes dinámicos más adecuados que controlan su diferenciación bajo ciertos estímulos mecánicos y de señales biológicas; y por último, un gran auge en el diseño geométrico del andamio con la combinación de diferentes biomateriales tanto sintéticos como naturales con el objetivo de imitar las características estructurales del tejido a regenerar, en donde se ha pasado de lo macro a lo nano en cuanto a la topografía superficial y al empleo de moléculas

adicionales como factores de crecimiento, hormonas y nutrientes que funcionalicen la superficie del andamio para aumentar la respuesta de crecimiento, adhesión o diferenciación celular.⁴ Por ello, para entender con mayor detalle el concepto de ingeniería de tejidos se hará una breve descripción de los elementos que la componen a continuación.

Andamios en ingeniería de tejidos

Las células que constituyen a los tejidos se encuentran íntimamente unidas a la matriz extracelular (MEC) la cual dentro de sus múltiples funciones destaca el proveer un soporte estructural a las células, presentar propiedades mecánicas específicas de acuerdo al tejido que pertenece, suministrar señales biológicas, ya que es una red que atrapa factores de crecimiento, biomoléculas, péptidos, entre otras señales, que inducen a las células a responder al microambiente específico, y finalmente proporcionar un ambiente capaz de responder a las señales de remodelación tisular.⁵

La MEC está compuesta por proteínas y polisacáridos, que son producidos por la propia célula formando una especie de red de forma azarosa en ciertos tejidos y alineada en otros, en donde se distinguen de manera general tres clases de moléculas que la componen: las proteínas fibrilares como son la colágena, elastina, fibrilina y fibulina; las glicoproteínas adhesivas como las lamininas, fibronectinas, y finalmente los glicosaminoglicanos.⁶

Dicha estructura de la MEC es una de las metas que se pretenden en las estrategias de ingeniería de tejidos, ya que al imitar sus propiedades, se podría garantizar una mejora en las respuestas biológicas, por ello la síntesis y diseño de los andamios tienen como principal objetivo imitar la forma dinámica de la MEC de tal forma que se recree el microambiente ideal para que la célula sobreviva, crezca, prolifere y se diferencie para que de forma eventual se dé el desarrollo del nuevo tejido.⁶ Todo esto se logra a través de la ciencia de materiales y/o la nanotecnología en la cual busca elaborar y diseñar las complejas topografías que se encuentran en la MEC con los andamios.⁷

Siendo las características fisicoquímicas del material las que determinan en gran medida las propiedades del biomaterial, sin embargo todos los andamios deben cumplir ciertas condiciones biológicas como ser biocompatibles, no inmunogénicos, biodegradables, y presentar un topografía que permita una adecuada interacción con el ambiente tisular, llevando a que las células empiecen la síntesis de su propia MEC y que la geometría y topografía del andamio lleve incluso a potenciar la capacidad de degradación sin generar productos tóxicos para el organismo.^{5,8}

Otro punto de gran importancia del andamio son las características morfológicas de la topografía, ya que se busca que al momento de su síntesis la topografía permita una porosidad controlada y una interconectividad del mismo que favorezca por un lado la colonización celular hacia el interior del andamio y por otro, el adecuado intercambio de gases, nutrientes y desechos celulares; y por último que la geometría estructural mejore la estabilidad mecánica del mismo.⁹ Por tal motivo, la estructura superficial del andamio juega un papel clave ya que de esto dependerá la morfología que adquiera la célula, los andamios con poros pequeños permiten a la célula una poca expansión generando una morfología más redondeada, en cambio aquellos andamios con poros más amplios permitirán una conformación aplanada de la célula lo que impacta en la organización del citoesqueleto e influencia el linaje de diferenciación a osteoblastos o adipocitos.¹⁰ Asimismo, se menciona que las propiedades superficiales de dureza y viscoelasticidad influyen en la inducción de las células MSC hacia diferentes linajes, por ejemplo, un material blando diferencia las MSC hacia tejido neuronal, si aumenta la rigidez, pero es elástico se diferencian hacia un tejido muscular y si es una superficie dura con baja elasticidad hacia tejido mineralizado.¹¹

Aunado a lo anterior, en el campo de los andamios se distinguen en general dos grandes grupos: las estructuras planas o en 2D que han sido empleados en la mayoría de los estudios hasta nuestros días, sin embargo, tienen la desventaja de no permitir una adecuada vascularización, y la nueva vertiente que son las estructuras en 3D que son construcciones en multicapas que facilitan la mejor distribución de nutrientes y oxígeno a las células, además de proveer una conformación mecánica más firme.¹²⁻¹⁴ Dentro de estos últimos se distinguen distintos tipos de morfologías y diseños como los tipo esponjas que están formados por microporos interconectados que permiten una adecuada absorción de fluidos, su principal desventaja es que puede ser una estructura mecánica frágil; los andamios basados en malla están formados por nanofibras que caracterizan de forma más certera las fibras de la MEC; los hidrogeles compuestos por polímeros naturales o sintéticos altamente hidrofílicos entrecruzados con consistencia en gel las cuales han sido propuestas para promover la angiogénesis, cartílago y hueso; finalmente se han descrito otro tipo de andamios llamados inteligentes que tienen la capacidad de liberar biomoléculas de forma controlada, esto se puede lograr ya sea promoviendo su liberación por estímulos externos o bien como parte del proceso de degradación del andamio.^{13,15-16} Otro tipo de andamios que han tomado gran auge son las matrices descelularizadas, consisten en que a un órgano o porción de éste se le retira el componente celular para generar una MEC acelular la cual funge como andamio para la re-celularización manteniendo la estructura nativa de la matriz, así como las señales moleculares necesarias para el crecimiento y diferenciación de la célula.¹⁷ Por último, la era de la impresión 3D que permite generar morfologías y estructuras complejas conservando las tres dimensiones generando nichos lo más real posible.

Los materiales con los que son elaborados dichos andamios tienen impacto en el comportamiento de la célula, en la actualidad se manejan una gran diversidad de biomateriales y dependiendo del tejido a regenerar es su elección, en general los materiales pueden ser agrupados en naturales, sintéticos y cerámicos (Cuadro 1). Los polímeros naturales son provenientes de plantas, animales o microorganismos, los andamios basados en este tipo de materiales tienen alta biocompatibilidad favoreciendo la adhesión celular debido a que contienen de forma natural numerosos grupos funcionales disponibles para llevar a cabo modificaciones químicas y funcionales que favorecen la interacción con el microambiente, sin embargo, carecen de estabilidad mecánica en el caso de regeneración de tejidos duros.¹⁸⁻¹⁹ Por otra parte los polímeros sintéticos debido a que su síntesis es más controlada tienen mejores propiedades mecánicas, con una tasa de degradación controlada, además de que pueden ser optimizados al añadir grupos funcionales que favorezcan la interacción con la célula.²⁰⁻²¹ Finalmente los materiales cerámicos son una clase de materiales que se caracterizan por tener buena biocompatibilidad, resistencia a la corrosión, sin embargo, son materiales frágiles y ciertos tipos de materiales cerámicos son utilizados como dispositivos permanentes los cuales pueden llegar a generar reacciones tóxicas.²²⁻²³

Cuadro 1. Clasificación de los principales materiales empleados para la elaboración de andamios.

BIOMATERIALES		
Polímeros Naturales	Polisacáridos	Alginato Dextran Quitosan Celulosa Hialuronano Agarosa
	Proteínas	Colágeno Elastina Fibrina

Continuación Cuadro 1.....

Polímeros Sintéticos	Policaprolactona (PCL) Ácido poliláctico (PLA) Ácido poli láctico-co-glicólico (PLGA) Basados en polietilenglicol (PEG) Tereftalato de polietileno (PET) Poli fumarato de propileno (PPF) Poli vinil alcohol (PVA) Poli amino-amina (PAA) Poliuretanos (PU)	
Cerámicos	Inertes	Alúmina Zircona
	Bioactivos	Cristales bioactivos Silicatos Fosfatos vitreos
	Reabsorbibles	Fosfato tricálcico

Cultivos celulares en ingeniería de tejidos

El cultivo celular fue desarrollado a principios del siglo 20, el primer cultivo se dio al mantener embriones de pollo por varios días en solución salina tibia;²⁴ el cultivo celular se definió como el mantener células en un medio artificial suplementado con nutrientes y factores de crecimiento, hormonas y gases (CO₂, O₂) que ayuden a regular el ambiente fisicoquímico y permitan su crecimiento.²⁵⁻²⁶ Desde los inicios del cultivo el método empleado para mantener a las células viables ha sido en monocapa o 2D permitiendo que éstas crezcan sobre una superficie plana que provee el soporte mecánico, las células al estar en monocapa tienen el mismo acceso a los nutrientes del medio de cultivo lo que resulta en un crecimiento y proliferación homogéneo, si bien esta técnica de cultivo es sencilla no se tiene un control sobre la morfología que adquiere la célula por lo que hay variaciones en el comportamiento de la misma debido a la reestructuración interna de los componentes celulares así como en las vías de señalización relacionadas a la morfología, sin bien hay técnicas de cultivo en monocapa que se desarrollaron para tratar de controlar estas deficiencias como los micropatrones, microposillos o microcapilares, también fuerzan la polaridad de la célula lo cual no es representativo de lo que sucede en un ambiente fisiológico.²⁷⁻²⁸

Los cultivos en 3D eliminan las deficiencias de los cultivos en monocapa simulando de mejor manera las condiciones fisiológicas,²⁹ esta técnica fue desarrollada en 1906 por Ross Harrison con la técnica de gota colgante,³⁰ este concepto de cultivo se basa en la creación de estructuras esferoidales en que las células forman múltiples capas,²⁸ para la formación de estas estructuras, de manera inicial las células deben tener cierta proximidad para que permitan formar interacciones por medio de las fibras de la matriz extracelular que ellas mismas empiezan a sintetizar de tal forma que se generen agregados celulares, posteriormente la presencia de las cadherinas en la superficie celular favorecen que el agregado se compacte³¹ (Figura 1). Este cultivo mantiene la morfología y polaridad de la célula, se preserva la interacción célula-ambiente de manera muy similar a las estructuras tisulares.²⁸ Una característica de estos agregados celulares o también conocidos como esferoides es que las células no tienen la misma exposición a los nutrientes y al oxígeno del medio en el que crecen, por lo que se han descrito áreas celulares con diferente metabolismo, una zona externa con suficiente aporte nutricional y oxígeno que está conformada por células con alto potencial proliferativo, una zona intermedia donde hay una disminución de nutrientes donde se identifican células con un metabolismo lento o quiescentes, y finalmente la zona central en la que se disminuye de forma considerable los nutrientes generando un núcleo de células necróticas (Figura 2).³²⁻³³

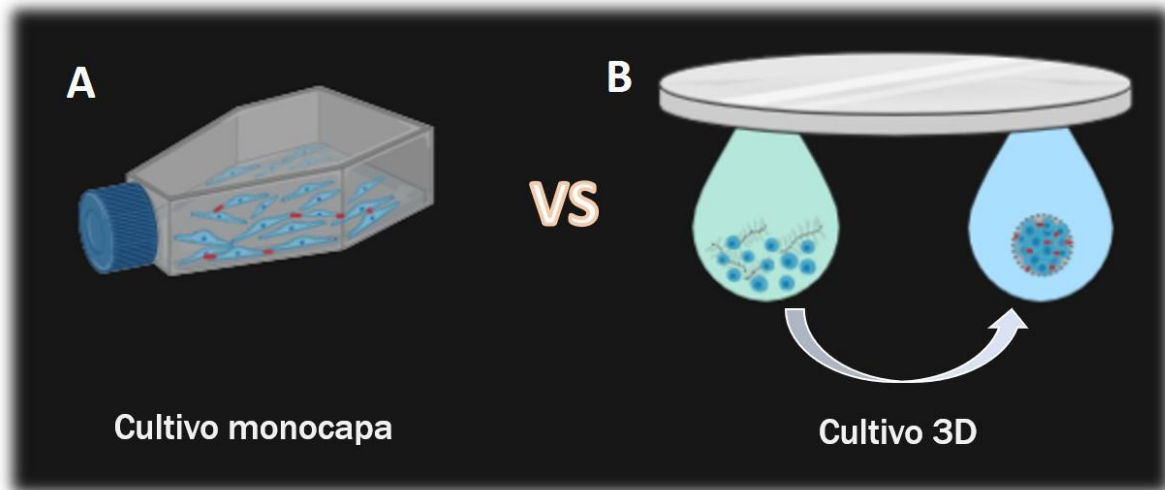


Figura 1. A) Cultivo celular en monocapa el cual muestra cómo las células se adhieren a la superficie del frasco de cultivo adquiriendo una morfología plana, las interacciones célula-célula están marcadas en rojo; B) cultivo en 3D que muestra la formación de los agregados celulares con la técnica de gota colgante en la que de forma inicial se mantiene una proximidad celular, las células comienzan con la formación de matriz extracelular, posteriormente hay una compactación del agregado celular con una mayor interacción entre las células y la matriz extracelular que producen.

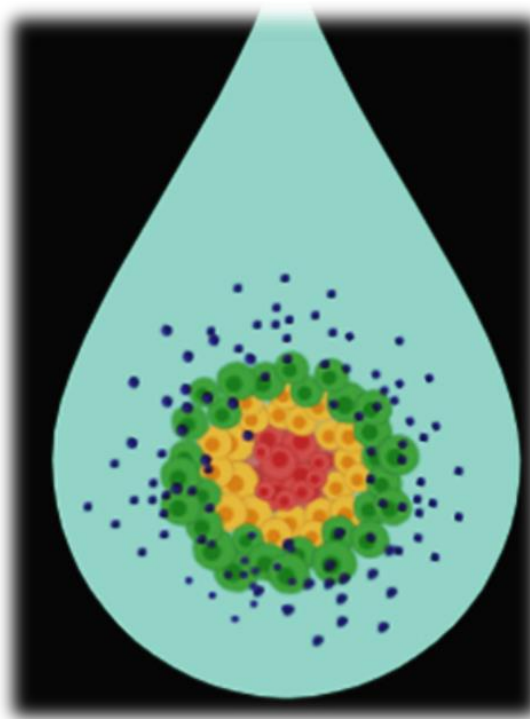


Figura 2. Esquema que muestra el aporte nutricional que recibe el esferoide, las células que forman la superficie del agregado reciben un mayor aporte de nutrientes y oxígeno comparadas con las capas que conforman la parte interna.

Las características morfológicas ya descritas de los esferoides les permiten tener mejores propiedades pro-angiogénicas, anti-inflamatorias y de supervivencia en comparación con los cultivos en monocapa, además de que aquellos esferoides formados por células troncales presentan un mayor potencial de diferenciación,³⁴ y esto probablemente se deba a que los agregados celulares muestran cambios significativos en la expresión de genes relacionados con hipoxia, angiogénesis, inflamación, respuesta

al estrés, diferenciación celular entre otros; además la organización que tienen las células dentro del esferoide tiene un impacto en la organización del citoesqueleto, se ha reportado que las células que se encuentran en el interior del esferoide tienen una forma esférica en comparación con las células localizadas en la periferia que presentan una morfología alargada,³⁵ esto genera tensión en las fibras del citoesqueleto favoreciendo la diferenciación hacia determinados linajes como osteoblástico cuando los filamentos de actina se tensan o adipogénico cuando dichos filamentos se encuentran laxos, por lo que los temas actuales de investigación en este campo se enfocan en el análisis del potencial de diferenciación de los esferoides como estrategia en la regeneración de tejidos.

¿Cómo es la interacción célula/andamio?

La célula responde al ambiente a través de mecano-receptores localizados en la superficie celular, estos son receptores que transmiten los estímulos externos a la célula por medio de canales iónicos modificando el comportamiento de esta.³⁶ El citoesqueleto es clave en este proceso ya que recibe señales que se encuentran en la matriz extracelular, la conexión entre los filamentos de actina del citoesqueleto y las fibras de la matriz extracelular como las fibras de colágena y fibrinas es principalmente a través de las integrinas.³⁷ Las adhesiones focales corresponden a los sitios en donde las integrinas y los proteoglicanos se unen a las fibras de actina del citoesqueleto, en este tipo de adhesiones intervienen múltiples adaptadores proteicos como p130Cas, paxilina y Crk, cuya función es fungir como andamios de señalización que contribuyen al cambio en la morfología y comportamiento celular.³⁸

Se han descrito cuatro pasos en los que la célula responde al ambiente: 1) cuando las señales mecánicas son presentadas a los receptores que se encuentran en la superficie celular, 2) el receptor de la superficie celular recibe la señal del ambiente, 3) la señal es transmitida al interior de la célula y 4) esta señal finalmente es traducida generando cambios conformacionales, estos procesos se conocen como mecano-presentación, mecano-recepción, mecano-transmisión y mecano-traducción respectivamente.³⁹

Como ya se mencionó los receptores de la célula responden a los estímulos mecánicos del ambiente, y dependiendo de la estructura del andamio es su comportamiento; se han descrito tres interacciones célula-andamio: en la primera es una fase de extensión en el que las células se adhieren y los pseudópodos celulares crecen dentro del andamio por medio de proteólisis, posteriormente las células se contraen deformando ligeramente al andamio lo que permite a las células empiezan a migrar y a tener contacto entre ellas para finalmente formar agregados provocando que el andamio se deforme y disminuya en tamaño con lo cual la secreción de las proteasas aumentan la degradación del andamio y con ello su sustitución por su propia MEC.⁴⁰

Ingeniería de tejidos en el campo de la odontología

La aplicación que tiene esta estrategia de regeneración en el campo de la odontología es muy amplia, el área de la periodoncia es la rama más estudiada y esto probablemente se deba a que la enfermedad periodontal afecta entre el 20 y 50% de la población a nivel mundial.⁴¹

En el tratamiento de esta patología uno de los principales objetivos es la regeneración ósea; la estructura del andamio tiene un papel de gran relevancia de tal forma que permita la formación de tejido óseo, el uso de andamios tubulares de PLA ha demostrado favorecer la interacción de las células osteoblásticas permitiendo la adecuada adhesión, crecimiento y diferenciación hacia osteoblastos maduros, esto al demostrarse el depósito de minerales y matriz ósea.⁴²

El empleo de PLA en conjunto con nanohidroxiapatita aporta al andamio un biofactor relevante que favorece la osteoconductividad por ser uno de los principales minerales implicados en la mineralización del hueso.⁴³ Otro tipo de estrategia propuesta es el uso de copolímeros (L-lactido y co- ϵ -caprolactona)

embebidos en matriz dentinaria descelularizada, la cual aporta biomoléculas específicas que favorecen la osteogénesis como hidroxapatita, colágeno, proteínas no colágenas que forman parte de la matriz extracelular, todo en conjunto brindando un alto potencial regenerativo.⁴⁴ Finalmente un material que ha sido empleado de forma rutinaria no solo en el campo de la odontología sino también en la ortopedia es el cemento de fosfato cálcico el cual tiene propiedades biocompatibles, biodegradables además de que su porosidad permite la neovascularización y osteogénesis por lo que se ha propuesto el diseño de andamios a base de este material optimizados con VEGF (factor de crecimiento del endotelio vascular).⁴⁵ Además; en la regeneración del tejido periodontal las células troncales mesenquimales son ampliamente utilizadas debido a la capacidad de diferenciación hacia múltiples linajes, éstas han sido obtenidas de diversas estructuras del órgano dentario como la pulpa, ligamento periodontal, papila apical o tejido gingival las cuales han mostrado la capacidad de diferenciación hacia los distintos tejidos periodontales.⁴⁶ Se ha demostrado que las células troncales derivadas del ligamento periodontal tienen una adecuada adhesión, proliferación y diferenciación cuando interactúan con andamios fibrilares de PLA a múltiples concentraciones, y esto se debe a que el diseño nanofibrilar, la disposición azarosa de las fibras, así como la elevada porosidad interconectada reflejan la arquitectura de la MEC favoreciendo la formación de adhesiones focales y la respuesta celular durante el proceso de diferenciación.⁴⁷ Dentro de las estrategias que se han descrito para la regeneración periodontal se encuentra el uso de ligamento descelularizado como andamio en conjunto con células MSC del mismo ligamento los cuales han mostrado la capacidad de proliferación y diferenciación celular favoreciendo el proceso de regeneración.⁴⁸

Otra estrategia propuesta recientemente es el empleo de constructos 3D libres de andamios con células del ligamento periodontal, esta estrategia consiste en crecer las células en cultivos en monocapa permitiendo el crecimiento y formación de su propia matriz extracelular simulando una capa fina de tejido la cual es desprendida y enrollada formando un constructo 3D tipo cilindro, esta técnica ha demostrado en estudios in vivo la capacidad de organización y formación de una estructura fibrosa externa tipo ligamento periodontal seguido por tejido interno mineralizado.⁴⁹

Uno de los principales desafíos en el tema de la regeneración periodontal es el lograr que los múltiples tejidos que componen el periodonto se regeneren de forma simultánea, una de las técnicas propuestas para lograr esto son los andamios en multicapas que simulen las distintas estructuras jerárquicas del tejido teniendo la ventaja de adicionar en cada capa biomoléculas que favorezcan el desarrollo tisular.⁵⁰ Sowmya S y cols emplearon una técnica basada en el uso de andamios de hidrogel nanocompuestos por tres capas a base de quitina-poli (ácido láctico-co-glicólico) a los cuales se les agrego proteína del cemento 1 (CEMP 1), factor de crecimiento fibroblástico 2 y factores de crecimiento derivados de plasma rico en plaquetas para promover la regeneración del cemento, ligamento periodontal y hueso respectivamente mostrando resultados favorecedores.⁵¹

La pulpa dental es otro de los tejidos del diente que llega a ser afectado de forma severa y permanente no solo por la caries dental si no por algún traumatismo, para regenerar este tejido se ha propuesto realizar bioimpresión manual, la cual utiliza una biotinta a base de gelatina y colágena favoreciendo la neo-vascularización del conducto radicular, esta estrategia puede ser favorable en casos de afectación pulpar por necrosis por traumatismo o en pulpitis irreversibles especialmente en presencia de ápices abiertos.⁵²

Finalmente son múltiples factores por los que el órgano dentario es afectado y destruido, la caries dental y la enfermedad periodontal son los principales causantes de la pérdida del órgano dentario, la población más afectada es aquella que presenta un nivel socioeconómico bajo,⁵³ por lo que los últimos enfoques de la ingeniería de tejidos se basan en sintetizar toda la estructura del órgano dentario para

poder reemplazarlo, Han J y cols., propusieron la posibilidad de sintetizar toda la estructura dentaria utilizando biotinta a base de fibrina, gelatina, ácido hialurónico y glicerol y células mesenquimales derivadas de pulpa dental, sin embargo uno de los principales retos es el de controlar la diferenciación de las células mesenquimales en los distintos tejidos dentarios.⁵⁴

Conclusión

Como se puede ver el avance en la medicina regenerativa hoy día es a pasos agigantados, la gran mayoría de la literatura realiza estudios *in vitro* e *in vivo* mostrando resultados prometedores en la regeneración de los distintos tejidos del órgano dentario, sin embargo, aún falta un análisis más profundo del comportamiento de los diversos constructos diseñados para que puedan ser probados en humanos, hasta el momento se mantiene la puerta abierta en la investigación de la regeneración de las diversas estructuras dentarias. Ya que los estudios se enfocan en la respuesta de biocompatibilidad del material, su potencial diferenciador como bioactividad celular, sin embargo, en cuanto a las vías moleculares de cómo están influyendo en la respuesta y diferenciación aún no hay muchos estudios los cuales podría abrir nuevos campos de exploración en las ciencias odontológicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento por parte del programa DGAPA-UNAM al proyecto PAPIIT IT203618, y al CONACYT por el proyecto financiado A1-S-9178 por parte del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación, y al apoyo CONACYT por la beca (No. 326127 con CVU: 537149) a María Verónica Cuevas González durante sus estudios de Doctorado en el Programa de Doctorado en Ciencias Odontológicas en el PMDCMOS, UNAM que hizo posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

Referencias

1. Oryan A, Alidadi S, Moshiri A, Maffulli N. Bone regenerative medicine: Classic options, novel strategies, and future directions. *J Orthop Surg Res.* 2014 Mar 17;9(1):1–18.
2. Vacanti CA. The history of tissue engineering. *J Cell Mol Med.* 2006;10(3):569–76.
3. Berthiaume F, Maguire TJ, Yarmush ML. Tissue Engineering and Regenerative Medicine: History, Progress, and Challenges. *Annu Rev Chem Biomol Eng [Internet].* 2011 Jul 15;2(1):403–30. Disponible en: www.annualreviews.org
4. Gomes ME, Reis RL. Tissue engineering: key elements and some trends. *Macromol Biosci [Internet].* 2004 Aug 9 [cited 2019 Aug 16];4(8):737–42. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15468268>
5. Chan BP, Leong KW. Scaffolding in tissue engineering: General approaches and tissue-specific considerations. *Eur Spine J.* 2008 Dec;17(SUPPL. 4):467–79.
6. Yi S, Ding F, Gong L, Gu X. Extracellular Matrix Scaffolds for Tissue Engineering and Regenerative Medicine. *Curr Stem Cell Res Ther.* 2017 Feb 17;12(3):233–46.
7. O'Brien FJ. Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Mater Today.* 2011;14(3):88–95.
8. Eltom A, Zhong G, Muhammad A. Scaffold Techniques and Designs in Tissue Engineering Functions and Purposes: A Review. *Adv Mater Sci Eng.* 2019;2019:1–13.
9. Loh QL, Choong C. Three-dimensional scaffolds for tissue engineering applications: Role of porosity and pore size. *Tissue Eng - Part B Rev.* 2013 Dec 1;19(6):485–502.
10. Guilak F, Cohen DM, Estes BT, Gimble JM, Liedtke W, Chen CS. Control of Stem Cell Fate by Physical Interactions with the Extracellular Matrix. *Cell Stem Cell.* 2009 Jul 2;5(1):17–26.
11. Metavarayuth K, Sitasuwan P, Zhao X, Lin Y, Wang Q. Influence of Surface Topographical Cues on the Differentiation of Mesenchymal Stem Cells in Vitro. *ACS Biomater Sci Eng.* 2016 Feb 8;2(2):142–51.

12. Geetha Bai R, Muthoosamy K, Manickam S, Hilal-Alnaqbi A. Graphene-based 3D scaffolds in tissue engineering: fabrication, applications, and future scope in liver tissue engineering. *Int J Nanomedicine*. 2019 Jul;14:5753–83.
13. Edgar L, McNamara K, Wong T, Tamburrini R, Katari R, Orlando G. Heterogeneity of scaffold biomaterials in tissue engineering. *Materials (Basel)*. 2016;9(5):1–21.
14. Deluzio TG, Seifu DG, Kibret Mequanint. 3D scaffolds in tissue engineering and regenerative medicine: beyond structural templates? *Pharm Bioprocess [Internet]*. 2013;1(3):267–81. Disponible en: www.future-science.com
15. Ahadian S, Khademhosseini A. Smart scaffolds in tissue regeneration. *Regen Biomater*. 2018 Jun 1;5(3):125–8.
16. El-Sherbiny IM, Yacoub MH. Hydrogel scaffolds for tissue engineering: Progress and challenges. *Glob Cardiol Sci Pract*. 2013 Sep;2013(3):316–42.
17. Yu Y, Alkhawaji A, Ding Y, Mei J. Decellularized scaffolds in regenerative medicine. *Oncotarget*. 2016;7(36):58671–83.
18. Bhattarai DP, Aguilar LE, Park CH, Kim CS. A Review on Properties of Natural and Synthetic Based Electrospun Fibrous Materials for Bone Tissue Engineering. *Membranes (Basel)*. 2018;8(3):1–24.
19. Gomes M, Azevedo H, Malafaya P, Silva S, Oliveira J, Silva G, et al. Natural Polymers in Tissue Engineering Applications. In: *Tissue Engineering*. Elsevier Inc.; 2008. p. 145–92.
20. Pina S, Ribeiro VP, Marques CF, Maia FR, Silva TH, Reis RL, et al. Scaffolding Strategies for Tissue Engineering and Regenerative Medicine Applications. *Mater (Basel, Switzerland) [Internet]*. 2019 Jun 5 [cited 2019 Aug 20];12(11):1–42. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31195642>
21. Gunatillake P, Adhikari R. Biodegradable synthetic polymers for tissue engineering. *Eur Cells Mater*. 2003;5:1–16.
22. Pina S, Reis RL, Oliveira JM. Chapter 4 Ceramic Biomaterials for Tissue Engineering. In 2017.
23. Baino F, Novajra G, Vitale-Brovarone C. Bioceramics and scaffolds: A winning combination for tissue engineering. *Front Bioeng Biotechnol*. 2015;3(202):1–17.
24. Thorpe TA. History of plant tissue culture. *Mol Biotechnol [Internet]*. 2007 Oct [cited 2019 Aug 22];37(2):169–80. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17914178>
25. Hudu SA, Alshrari AS, Syahida A, Sekawi Z. Cell culture, technology: Enhancing the culture of diagnosing human diseases. Vol. 10, *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. Journal of Clinical and Diagnostic Research; 2016. p. DE01–5.
26. Anton D, Burckel H, Josset E, Noel G. Three-dimensional cell culture: A breakthrough in vivo. Vol. 16, *International Journal of Molecular Sciences*. MDPI AG; 2015. p. 5517–27.
27. Duval K, Grover H, Han LH, Mou Y, Pegoraro AF, Fredberg J, et al. Modeling physiological events in 2D vs. 3D cell culture. *Physiology*. 2017 Jun 14;32(4):266–77.
28. Kapałczyńska M, Kolenda T, Przybyła W, Zajczkowska M, Teresiak A, Filas V, et al. 2D and 3D cell cultures – a comparison of different types of cancer cell cultures. *Arch Med Sci*. 2018;14(4):910–9.
29. Ravi M, Paramesh V, Kaviya SR, Anuradha E, Solomon FDP. 3D cell culture systems: advantages and applications. *J Cell Physiol [Internet]*. 2015 Jan [cited 2019 Aug 22];230(1):16–26. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24912145>
30. Simian M, Bissell MJ. Organoids: A historical perspective of thinking in three dimensions. *J Cell Biol*. 2017;216(1):31–40.
31. Cui X, Hartanto Y, Zhang H. Advances in multicellular spheroids formation. *J R Soc Interface*. 2017 Feb 1;14(127):1–15.
32. Edmondson R, Broglie JJ, Adcock AF, Yang L. Three-dimensional cell culture systems and their applications in drug discovery and cell-based biosensors. *Assay Drug Dev Technol*. 2014 May 1;12(4):207–18.
33. Vadivelu RK, Kamble H, Shiddiky MJA, Nguyen NT. Microfluidic technology for the generation of cell spheroids and their applications. *Micromachines*. 2017 Mar 23;8(4):94.
34. Xie L, Mao M, Zhou L, Jiang B. Spheroid Mesenchymal Stem Cells and Mesenchymal Stem Cell-Derived Microvesicles: Two Potential Therapeutic Strategies. *Stem Cells Dev [Internet]*. 2016 Feb 1 [cited 2019 Sep 10];25(3):203–13. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26575103>
35. Cesarz Z, Tamama K. Spheroid Culture of Mesenchymal Stem Cells. *Stem Cells Int*. 2016;(16):1–11.

36. Iheanacho F, Vellipuram AR. Physiology, Mechanoreceptors [Internet]. StatPearls. 2019 [cited 2019 Aug 25]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31082112>
37. Fletcher DA, Mullins RD. Cell mechanics and the cytoskeleton. *Nature*. 2010 Jan 28;463(7280):485–92.
38. Wozniak MA, Modzelewska K, Kwong L, Keely PJ. Focal adhesion regulation of cell behavior. *Biochim Biophys Acta - Mol Cell Res*. 2004 Jul 5;1692(2–3):103–19.
39. Chen Y, Ju L, Rushdi M, Ge C, Zhu C. Receptor-mediated cell mechanosensing. *Mol Biol Cell*. 2017 Nov 7;28(23):3134–55.
40. Chen H, Liu Y, Jiang Z, Chen W, Yu Y, Hu Q. Cell-scaffold interaction within engineered tissue. *Exp Cell Res* [Internet]. 2014 May 1 [cited 2019 Aug 25];323(2):346–51. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24631290>
41. Nazir MA. Prevalence of periodontal disease, its association with systemic diseases and prevention. *Int J Health Sci (Qassim)* [Internet]. 2017 [cited 2019 Aug 26];11(2):72–80. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28539867>
42. Vazquez-Vazquez FC, Chanes-Cuevas OA, Masuoka D, Alatorre JA, Chavarria-Bolaños D, Vega-Baudrit JR, et al. Biocompatibility of Developing 3D-Printed Tubular Scaffold Coated with Nanofibers for Bone Applications. *J Nanomater*. 2019 May 9;2019:1–13.
43. Chen X, Gao C, Jiang J, Wu Y, Zhu P, Chen G. 3D printed porous PLA/nHA composite scaffolds with enhanced osteogenesis and osteoconductivity in vivo for bone regeneration. *Biomed Mater* [Internet]. 2019 Aug 5 [cited 2019 Aug 27];5. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31382255>
44. Munir A, Døskeland A, Avery SJ, Fuoco T, Mohamed-Ahmed S, Lygre H, et al. Efficacy of copolymer scaffolds delivering human demineralised dentine matrix for bone regeneration. *J Tissue Eng*. 2019 May 1;10.
45. Lin Y, Huang S, Zou R, Gao X, Ruan J, Weir MD, et al. Calcium phosphate cement scaffold with stem cell co-culture and prevascularization for dental and craniofacial bone tissue engineering. *Dent Mater* [Internet]. 2019 Jul [cited 2019 Aug 27];35(7):1031–41. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31076156>
46. Novello S, Debouche A, Philippe M, Naudet F, Jeanne S. Clinical application of mesenchymal stem cells in periodontal regeneration: A systematic review and meta-analysis. *J Periodontol Res* [Internet]. 2019 Aug 4 [cited 2019 Aug 26];00:1–12. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31378933>
47. Suarez-Franco JL, Vázquez-Vázquez FC, Pozos-Guillen A, Montesinos JJ, Alvarez-Fregoso O, Alvarez-Perez MA. Influence of diameter of fiber membrane scaffolds on the biocompatibility of hPDL mesenchymal stromal cells. *Dent Mater J* [Internet]. 2018 Jun 8 [cited 2019 Sep 10];37(3):465–73. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29553121>
48. Son H, Jeon M, Choi H-J, Lee H-S, Kim I-H, Kang C-M, et al. Decellularized human periodontal ligament for periodontium regeneration. Papaccio G, editor. *PLoS One* [Internet]. 2019 Aug 15 [cited 2019 Aug 26];14(8):e0221236. Disponible en: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0221236>
49. Basu A, Rothermund K, Ahmed MN, Syed-Picard FN. Self-assembly of an organized cementum-periodontal ligament-like complex using scaffold-free tissue engineering. *Front Physiol*. 2019;10(APR):1–9.
50. Yousefi A-M, Hoque ME, Prasad RGS V, Uth N. Current strategies in multiphasic scaffold design for osteochondral tissue engineering: A review. *J Biomed Mater Res A* [Internet]. 2015 Jul [cited 2019 Aug 27];103(7):2460–81. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25345589>
51. Sowmya S, Mony U, Jayachandran P, Reshma S, Kumar RA, Arzate H, et al. Tri-Layered Nanocomposite Hydrogel Scaffold for the Concurrent Regeneration of Cementum, Periodontal Ligament, and Alveolar Bone. *Adv Healthc Mater* [Internet]. 2017 Apr [cited 2019 Aug 27];6(7):1–13. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28128898>
52. Duarte Campos DF, Zhang S, Kreimendahl F, Köpf M, Fischer H, Vogt M, et al. Hand-held bioprinting for de novo vascular formation applicable to dental pulp regeneration. *Connect Tissue Res* [Internet]. 2019 Jul 9 [cited 2019 Aug 27];9:1–11. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31284786>
53. Shabana Begum S, Reddy VcS, Kumar RVSK, Sudhir K, Srinivasulu G, Noushad Ali S. Tooth loss prevalence and risk indicators among adult people visiting community health centers in Nellore district, Andhra Pradesh: A cross-sectional study. *J Indian Assoc Public Heal Dent*. 2016;14(4):413.

54. Han J, Kim DS, Jang H, Kim H-R, Kang H-W. Bioprinting of three-dimensional dentin-pulp complex with local differentiation of human dental pulp stem cells. *J Tissue Eng* [Internet]. 2019 [cited 2019 Aug 28];10:2041731419845849. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31205671>

Rugosidad de resinas acrílicas: Revisión de la literatura

Lizzeth Aguillón-Sol,¹ Rogelio José Scougall-Vilchis,¹ Blanca Silvia González-López,¹ Rosalía Contreras-Bulnes,¹ Edith Lara-Carrillo,¹ Carlo Eduardo Medina-Solís.^{1,2}

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ²Área Académica de Odontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México.

Correspondencia

Rogelio José Scougall Vilchis: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología. Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: rogelio_scougall@hotmail.com

Resumen

Introducción: La rugosidad de superficies es importante, en ocasiones presentar una mayor rugosidad, no es deseable, en el campo de la odontología es un factor biológico que molecularmente influye en la adhesión bacteriana. Las resinas acrílicas son utilizadas para la elaboración de restauraciones provisionales, prótesis dentales y aparatos de ortodoncia; debidamente pulidas presentan beneficios en el cuidado bucal, por eso es de suma importancia realizar un pulido óptimo para disminuir la rugosidad de la superficie, en la actualidad, se cuenta con una gran variedad tanto de resinas acrílicas, como de materiales de acabado y pulido para dichas prótesis, debido a que constantemente se busca obtener materiales con mejores propiedades y características, que ayuden a mejorar la calidad y mantenimiento de los materiales para uso en boca. **Objetivo:** Identificar el procedimiento de pulido y los materiales de pulido utilizados que dan como resultado un valor de rugosidad aceptable en las resinas acrílicas de uso odontológico. **Material y Métodos:** Para la revisión de la literatura se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos: PubMed, Scielo, Science Direct; de artículos de investigación que contengan datos de medición de la rugosidad superficial de resinas acrílicas y los materiales utilizados en el pulido de estas resinas. **Resultados:** Se encontraron diferentes estudios que evaluaron la rugosidad de superficie de resinas acrílicas, al analizar los resultados de estos, se concluye que la mayoría de los procedimientos de pulido donde se utilizaron hules, presentaron menor rugosidad en la superficie. **Conclusiones:** Existen diferentes materiales y procedimientos de pulido, ya sean mecánicos o químicos; sin embargo, la rugosidad de los materiales para prótesis no sólo se ve afectada principalmente por la técnica de pulido; las características de los materiales y las habilidades manuales del operador son factores importantes.

Palabras clave: rugosidad, resinas acrílicas, pulido.

Roughness of acrylic resins: a literature review

Abstract

Introduction: The roughness of surfaces is important, sometimes a greater roughness, it's not desirable, in the field of dentistry is a biological factor that molecularly influences bacterial adhesion. Acrylic resins are used for the production of temporary restorations, dental prostheses and orthodontic

appliances; properly polished present benefits in oral care, that is why it is extremely important to perform an optimal polishing to reduce the roughness of the surface, at present, there's a wide variety of both acrylic resins, as well as finishing and polishing materials for these prostheses, due to the constantly seeking to obtain materials with better properties and characteristics, which help to improve the quality and maintenance of materials for use in the mouth. **Objective:** To identify the polishing procedure and the polishing materials used that result in an acceptable roughness value in acrylic resins for dental use. **Material and Methods:** For the literature review, a search was carried out in the following databases: PubMed, Scielo, Science Direct; of research articles containing data for measuring the surface roughness of acrylic resins and the materials used in polishing these resins. **Results:** Different studies were found that evaluated the surface roughness of acrylic resins, when analyzing the results of these, it is concluded that most of the polishing procedures where rubbers were used, presented less roughness on the surface. **Conclusions:** There are different materials and polishing procedures, whether mechanical or chemical; However, the roughness of prosthetic materials is not only affected primarily by the polishing technique; the characteristics of the materials and the manual skills of the operator are important factors.

Keywords: roughness, acrylic resins, polished.

Introducción

En un esfuerzo por elaborar superficies altamente pulidas que disminuyan la adhesión de microorganismos a su estructura y conseguir mayor estética, se requieren instrumentos que permitan medir la calidad de la superficie, existen diferentes métodos de medición, como el rugosímetro, perfilómetro y actualmente el microscopio de Fuerza Atómica (MFA).

Estudios In vivo sugieren que un nivel mayor de rugosidad en la superficie de ($R_a = 0,2\mu m$) resulta en un aumento simultaneo de la acumulación de placa,^{1,4} por eso la importancia de estudiar las superficies de resinas acrílicas y su rugosidad.

Las resinas acrílicas son los materiales más implementados para fabricar prótesis dentales, constantemente se busca obtener un material que sea de aspecto natural y más durable.⁵

En la actualidad, se dispone de diversas presentaciones de resinas acrílicas que varían según su proceso de polimerización, técnica de manipulación y casa comercial que las fabrica; la literatura refiere ciertas ventajas de algunas sobre otras, en cuanto a sus propiedades físicas. Una característica de gran relevancia clínica es la porosidad, ya que esta determina en gran parte la aspereza de la superficie de la resina acrílica; la presencia de poros superficiales puede comprometer las características físicas, estéticas e higiénicas del material.⁶

El acabado y pulido de los materiales dentales son pasos importantes en la fabricación de prótesis y restauraciones exitosas. Las restauraciones acabadas y pulidas proporcionan salud y función oral, así como la estética dental.^{1,7,8} Promueve la salud oral mediante la disminución de la rugosidad en la superficie de la restauración, por lo que se dificulta el depósito de restos alimenticios y bacterias.^{1,7} Las superficies más lisas tienen menos zonas de retención y son más fáciles de mantener en un estado higiénico.⁷

Existen diferentes materiales y procedimientos, para el pulido de los materiales dentales ya sean mecánicos o químicos;¹ el pulido mecánico se realiza generalmente con pulidores de goma, ruedas pulidoras, conos de fieltro, y una suspensión elaborada a base de piedra pómez y agua. Sin embargo, la rugosidad de los materiales para prótesis no sólo se ve afectada principalmente por las características

de los materiales; la técnica de pulido y las habilidades manuales del operador son factores importantes.³

Los materiales dentales deben presentar una superficie con mínima rugosidad, evitando acumulación de placa bacteriana y conseguir mayor efecto estético.^{1,8,9} Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es dar a conocer la importancia de la rugosidad de las resinas acrílicas de mayor uso en la cavidad bucal, así como la importancia del pulido, identificando aquellos materiales que ayuden a llegar al nivel más bajo de rugosidad para los diferentes tipos de resinas acrílicas, basándose en investigaciones publicadas.

Rugosidad Superficial

La definición de rugosidad se presenta como una medición cuantitativa de la calidad del perfil de una superficie¹⁰

La Rugosidad media (Ra), es el promedio aritmético de los valores absolutos de las alturas y(x) medidas a partir de la línea central,⁸ ha sido catalogada como un parámetro estándar de rugosidad, gráficamente se representa la parte media entre picos y valles.¹⁰

El procedimiento más utilizado para cuantificar la rugosidad se basa en el registro de perfiles de alturas mediante un rugosímetro o perfilómetro.⁸

Estudios In vivo sugieren que un nivel mayor de rugosidad en la superficie de (Ra= 0,2µm) resulta en un aumento simultáneo de la acumulación de placa.¹⁻⁴ Sin embargo varios estudios han indicado que la rugosidad de la resina acrílica con pulido de pastas profilácticas, pulidores de goma, piedras abrasivas, todavía supera el umbral de rugosidad Ra de 0,2µm.^{3,4}

La rugosidad de las superficies es importante, en ocasiones es favorable tener una rugosidad mayor y en otras, este estado es indeseable. Molecularmente, es un factor biológico que influye en la adhesión de bacterias; los materiales dentales deben presentar una superficie con mínima rugosidad, para evitar la acumulación de placa bacteriana y obtener una mejor estética.⁸

Diversos autores han encontrado una correlación positiva entre la rugosidad de la superficie y la cantidad de acumulación de placa.⁷

Una disminución de la rugosidad en la superficie de la restauración promueve la salud oral por lo que se dificulta el depósito de restos alimenticios y bacterias.^{1,9} Las superficies más lisas tienen menos zonas de retención y son más fáciles de mantener en un estado higiénico,⁹ para evitar la acumulación de placa o minimizarla al grado que sea aceptable.^{1, 11, 12}

La rugosidad también tiene un efecto importante en cuanto a la pigmentación de los materiales utilizados; en un estudio realizado por Guler et al,¹² evaluaron el efecto de diferentes métodos de pulido sobre la estabilidad del color de compuestos bis-acrílicos y resinas acrílicas; de este estudio resultó que el uso de pasta de pulido de diamante después del pulido con piedra pómez disminuyó significativamente la tinción de resinas acrílicas y los compuestos de bis-acrílico probados.

Las superficies ásperas tienen la capacidad de retener mayor cantidad de microorganismos, ya que, al aumentar la aspereza, aumenta el área de superficie con lo cual se favorece la adhesión microbiana.^{13,14}

De tal forma, que diversos estudios resaltan como los materiales pulidos disminuyen la adhesión bacteriana.¹⁴⁻¹⁶

Rugosidad y Adhesión bacteriana

La cavidad bucal es una de las zonas del cuerpo humano más pobladas de microorganismos,¹⁷ especialmente los responsables de caries, enfermedad periodontal y estomatitis.⁴ La retención de microorganismos en la superficie de prótesis dentales puede ocurrir porque las resinas acrílicas tienen

porosidad, rugosidad o capacidad de absorción de fluidos;^{4,18} al presentar una superficie suave, se mantiene la salud de los tejidos orales y reduce la acumulación de microorganismos y placa bacteriana.¹⁹ Recientemente se ha comprobado que superficies pulidas que presenten ralladuras de tamaños micrométricos, permiten el alojamiento de microorganismos de menor tamaño, los cuales se adhieren firmemente a dichas superficies.²⁰

Existen demasiados estudios que intentan exponer la relación entre la rugosidad superficial y la adhesión celular, así como en diferentes superficies de materiales como el vidrio, la sílice, los metales y los polímeros; con el objetivo de inhibir la adhesión inicial de las células bacterianas en las superficies.²¹ La adhesión microbiana en superficies de biomateriales depende de la estructura de la superficie y la composición de los biomateriales, así como de las propiedades fisicoquímicas de la superficie^{2, 22} de la célula microbiana, su carga superficial e hidrofobicidad.²²

Una vez que el microorganismo está cerca de la superficie sólida, entran en juego fuerzas de corto alcance o adhesivas de carácter de enlace primario, iónico o covalente; produciéndose así la fijación a la superficie del material. Por otra parte, cuando el microorganismo se encuentra a una distancia de 10nm; éste puede unirse íntimamente a la superficie del material debido a sus prolongaciones, fimbrias o pilis que pueden alcanzar dicho material.²³

Uno de los principales microorganismos, reconocido como agente etiológico en mucosa oral por el uso de prótesis elaboradas a base de resina acrílica es la *Candida albicans*;¹⁵ Las proporciones elevadas de este microorganismo en las biopelículas, formadas en las dentaduras, pueden causar estomatitis.^{2,22,24}

El desarrollo del biofilm de *Candida albicans* en las prótesis inicia con la adhesión del microorganismo, en donde la superficie de la resina acrílica ha mostrado tener gran influencia, ya que se ha demostrado asociación entre la aspereza de la superficie con la retención del microorganismo.^{20,25,26} Sin embargo, recientemente se ha comprobado que superficies pulidas que presenten ralladuras de tamaños micrométricos, permiten el alojamiento de microorganismos de menor tamaño, los cuales se adhieren firmemente a dichas superficies.²⁶

Además, encontraron que el *S. mutans* se adhiere con más frecuencia a cementos dentales que a los materiales que presentan un alto pulido. También se ha confirmado que las fuerzas de adhesión microbiana a los composites incrementan debido al aumento de la rugosidad de su superficie.²² Estudios anteriores utilizando microscopía de fuerza atómica (MFA) observaron que existen diferentes cepas bacterianas orales que se adhieren con mayor fuerza a resinas compuestas de ortodoncia que al esmalte o inclusive a los brackets.²⁷

Radford et al²⁸ evaluaron la adherencia de *Candida Albicans* con variación de la rugosidad de diferentes materiales: fresa de acero, fresa de carburo de tungsteno (corte de diamante fino), piedra Molloplast Bracon azul y silicón de carburo (80 granos); reportaron menor rugosidad al pulir con la fresa de carburo de Tungsteno, que con cualquier otro de los materiales utilizados.

Morgan y Wilson,²⁹ investigaron los efectos de la rugosidad de la superficie y el tipo de acrílico para dentaduras en el desarrollo temprano de un biofilm de *Streptococcus*, donde encontraron que el número de bacterias que se adhieren a acrílico aumentó linealmente con la rugosidad superficial media; además se ha demostrado que para ambos tipos de acrílico autopolimizable o termopolimizable, la colonización aumenta con el aumento de rugosidad de la superficie.

Mei et al,²⁷ investigaron la influencia de la rugosidad de la superficie de dos resinas compuestas de ortodoncia en diferentes fuerzas de adhesión de dos cepas de estreptococos orales usando MFA; donde el resultado fue que las superficies compuestas más rugosas ejercen fuerzas de adhesión más fuertes, independientemente del tipo de resina compuesta o de bacteria.

La revisión de estos estudios es de gran importancia, es por eso, que un material debe poseer una superficie lisa y pulida, para evitar la acumulación de placa o minimizarla al grado que sea aceptable.^{1,8,9}

Rugosidad con diferentes procedimientos de pulido

Las restauraciones acabadas y pulidas proporcionan salud y función oral, así como la estética dental.^{1,7,8} Promueve la salud oral mediante la disminución de la rugosidad en la superficie de la restauración, por lo que se dificulta el depósito de restos alimenticios y bacterias.^{1,7} Las superficies más lisas tienen menos zonas de retención y son más fáciles de mantener en un estado higiénico.⁷

El proceso de acabado y pulido implica el uso de una serie de abrasivos reductores sobre una superficie; primero para contornear, luego alisar y por último para dar lustre a la superficie.⁸ Los sistemas de desbastado, acabado y pulido varían considerablemente, están formados por discos de papel o plástico recubiertos con un abrasivo, mandriles con punta de goma, fresas de diamante y pastas abrasivas, como ya se mencionó la concentración, el tamaño y tipo de partículas abrasivas influyen en la eficacia del corte y en la rugosidad relativa de superficies abrasionados.⁷

A mayor tamaño de las partículas habrá más desgaste y ranuras de gran tamaño, por eso primero se emplean abrasivos de grano mayor hasta llegar progresivamente, a los más finos. Las partículas abrasivas se clasifican con base en su tamaño en micrómetros;^{8,9} existen abrasivos finos (000 a 010 μm), medios (010 a 100 μm) y gruesos (100 a 500 μm).⁹

El pulido se realiza empezando por el abrasivo más fino, que hace desaparecer los arañazos del anterior proceso de afilado o desbastado y se completa cuando se consigue el nivel deseado de tersura superficial.⁷

No todos los autores coinciden con el procedimiento. En el 2004 Anusavice y Antonson⁷ recomiendan:

1. Hacer un contorneado con fresas de carburo de tungsteno y papel de lija.
2. Uso de una punta de goma para eliminar los arañazos.
3. Aplicación de piedra pómez con una rueda de manta, una rueda de fieltro, un cepillo de cerdas o una copa de profilaxis.
4. Aplicación del trípoli o una mezcla de tiza y alcohol con una rueda de manta.

Milanezi et al³⁰ en su estudio comparó un método de pulido químico contra uno convencional, para analizar la rugosidad de una resina acrílica, este consistió en un pulido manual con lijas de agua de grano 400 y de grano 600 con una duración de 5 minutos en cada proceso y al final utilizó polvo para pulir con ayuda de discos de fieltro, encontró que el pulido químico aumenta la rugosidad.

Kuhar y Funduk compararon un método convencional (utilizando fresa de carburo de tungsteno), contra cuatro kits de pulido (Exa Technique, Acrylic Polisher, AcryPoint y Becht Polishing Cream) los tres primeros consisten en pulidores de silicona de diferentes formas y diferentes grados de abrasión; al final pulieron todos los grupos con un cepillo de cerdas y piedra pómez, para terminar con un pulido fino, algunos con pasta pulidora y otros con líquido pulidor; encontraron que los kits de pulido dejaron una superficie significativamente más suave de resina acrílica que los especímenes pulidos con una fresa de carburo de tungsteno.⁴

Rivera et al,³¹ compararon la rugosidad superficial de tres resinas acrílicas, de un lado se realizó el acabado con fresa de carburo de tungsteno, y al reverso de la muestra, se realizó el acabado y pulido convencional con emulsión polyacril y pasta de polyacril; encontraron que al realizar el acabado y pulido convencional se reduce significativamente la rugosidad.

Al-Rifaiy,³² evaluó pulido mecánico y químico, en resinas autopolimerizables y termopolimerizables, concluyendo que el pulido mecánico es mejor y los valores de rugosidad media no dependen del tipo de resina evaluado.

Abuzar et al.,³³ investigó la rugosidad superficial de resinas de poliamida mediante inyección y resinas acrílicas termopolimerizables. La mitad de cada superficie de muestra se realizó un pulido convencional (usando piedra pómez seguida de pastas de alto brillo) y la otra mitad se dejó sin pulir. La resina de poliamida cuando se pulía con la técnica de laboratorio convencional se hacía más de 7 veces más suave, mientras que la resina termopolimerizable, cuando se pulía se hacía 20 veces más suave usando la misma técnica de pulido. Sin embargo, la rugosidad superficial de la poliamida está dentro de la norma aceptada de 0.2 μm . La poliamida produce una suavidad clínicamente aceptable después del pulido convencional.

Existen diferentes materiales y procedimientos de pulido, ya sean mecánicos o químicos; sin embargo, la rugosidad de los materiales para prótesis no sólo se ve afectada principalmente por la técnica de pulido; las características de los materiales y las habilidades manuales del operador son factores importantes.³⁴

Gungor et al.,³⁴ realizaron la comparación de procedimientos de pulido, los kits que se utilizan para la pieza de la unidad dental y las técnicas convencionales en el laboratorio dental, todas las muestras inicialmente fueron abrasionadas con una fresa de carburo de tungsteno a 10 000rpm; posteriormente se utilizaron los siguientes procedimientos de pulido:

1. Convencional de laboratorio, se aplicó a un cepillo de cerdas negras una suspensión de piedra pómez y agua durante 90 segundos.
2. Acrylic Polisher HP blue kit, el cual consiste en un pulidor azul oscuro y termina con un pulidor azul claro.
3. AcryPoint Kit consiste en un pulidor gris oscuro, un café claro y termina con uno gris claro.

Lo importante de este estudio, es que los kits utilizados para la unidad dental fueron a una velocidad de 10 000rpm durante 60 segundos y todo el procedimiento de acabado y pulido fue realizado por un operador para evitar la variabilidad del estudio; concluyeron que el pulido convencional de laboratorio fue la técnica de pulido más eficaz. Se produjo una superficie significativamente más lisa que la de los especímenes en el grupo de control con kits de pulido de silicona utilizados para la unidad dental.

El tipo de resina acrílica también es uno de los factores importantes en la evaluación de pulido, lo cual está reportado por estudios como el de Cortés et al.,¹⁹ donde evaluaron la rugosidad antes y después del pulido, donde las resinas autopolimerizables presentaron una rugosidad superficial de 587nm, mostrando una disminución considerable después del pulido; menciona que la rugosidad basal del acrílico autopolimerizable, fue aproximadamente seis veces la rugosidad del acrílico termopolimerizable.

Berger et al.,³⁵ evaluaron resinas moldeadas por inyección y procesadas térmicamente, encontrando que son menos rugosas en comparación con la resina acrílica autopolimerizable antes de realizar cualquier pulido.

Sin embargo, hay estudios donde se demuestra que alguno de estos materiales es más abrasivo y dejan la superficie más rugosa, por lo que no favorece a la salud bucal; como lo reportado por Kagermeier et al.,³⁶ realizaron un recuento de células totales, evaluaron resinas con procesado térmico y de microondas, obtuvieron los valores más altos en muestras pulidas que en muestras sin pulir.

En la actualidad existen otras alternativas de materiales en los cuales se han realizado análisis de rugosidad, un ejemplo es el elaborado por Köroglu et al.,³⁷ en el cual se evaluaron dos materiales para coronas provisionales a base de PMMA y 2 resinas compuestas bis-acrílicas, el cual no fue estadísticamente significativo, pero el uso de agentes de sellado de superficie dio como resultado valores de Ra más bajos para todos los grupos de resina, en comparación con el método de pulido convencional.

Onwubu et al,³⁸ propone un material para el pulido final a base de polvos de cáscara de huevo de diferentes tamaños de partículas fino (0.3µm) y medio (15µm), los comparó con piedra pómez, sobre muestras elaboradas a base de PMMA, la rugosidad superficial promedio (Ra) se midió con un perfilómetro y encontraron que las muestras pulidas con piedra pómez tenían los valores más altos de Ra, mientras que las muestras pulidas con el polvo fino de cáscara de huevo presentaban valores Ra más bajos.

Como se mencionó anteriormente el valor Ra (rugosidad promedio), en conjunto con Rq, (rugosidad media cuadrática) son los parámetros más citados, utilizados para la descripción de la rugosidad en documentos biológicos;³⁹ es el Microscopio de Fuerza Atómica (MFA), el cual se considera como un perfilómetro de resolución sub-nanométrica, permite longitudes de muestreo máximas de 100µm con resolución nanométrica,⁴⁰ la resolución de altura del MFA es mucho mayor que la de los perfilómetros; se utilizan fuerzas de carga bajas y las sondas son más nítidas, por lo que existe una resolución X-Y mucho más alta.⁴¹

Existen diferentes estudios que han dado a conocer el valor de rugosidad promedio (Ra) evaluando diferentes materiales de pulido, en el siguiente cuadro se concentran algunos de estos estudios (cuadro 1).

Cuadro 1. Estudios sobre pulido de resinas.

Autor	Tipo de Resina	Muestra	Material de pulido	Instrumentos	Rugosidad (Ra)
Stanley Chibuzor Onwubu ⁴²	Polimetil Metacrilato	N=30	Suspensión de diamante, Suspensión de sílice coloidal suspension, piedra pómez.	Perfilómetro	Sílice coloidal 0.0300 ±0.01000. Suspensión de diamante 10 0.0400 ±0.01000. Piedra pómez 0.0580 ±0.00447
Abdul Aziz Abdullah Al-Kherai ⁴³	Resinas autopolimerizables y fotopolimerizables	N=120	Líquido de pulido de alto brillo Resilit (RHPL), Pasta de pulido universal, piedra pómez, líquido de sello Acrypoint	Perfilómetro	Foto (0.05 ± 0.01 µm) Auto (0.07± 0.01 µm)
Stanley C. Onwubu, MH ⁴⁴	Polimetil Metacrilato	N=30	Piedra pomez y polvo de cascara de huevo	Perfilómetro	Fine 0.069 Medium 0.114 Piedra pómez 0.129
Manal Rahma Alammari ⁴⁵	Polimetil Metacrilato Resina Termoplastica Resina acrílica CAD/CAM	N=60	Piedra pomez, pulidores de goma, Pasta universal	Perfilómetro	PMMA 2.44±0.07. TERMO 1.77±0.06 CAD/CAM 1.08±0.23

La tecnología es por ahora la herramienta más importante para la ciencia e investigación, debemos aprovechar todo lo obtenido al aplicar los instrumentos de vanguardia que la ciencia y la tecnología nos ofrecen, ya que aportan datos relevantes, que generan conocimientos y desarrollan nuevas áreas de investigación, que en la actualidad son de gran importancia y de interés para la comunidad científica.

El MFA, es el instrumento más actual, que permite obtener imágenes con resolución de nanómetros,⁴⁶ la principal aplicación del MFA es la obtención de imágenes de alta resolución de diferentes superficies, incluyendo metales, polímeros, cerámicas, biomoléculas o células.⁴⁷

Se pueden obtener imágenes de altura (expresión de la topografía de la muestra) ⁴⁸ y sus diferentes propiedades de fricción.⁴⁹ También se pueden generar imágenes de amplitud e imágenes de fase.⁵⁰

La Microscopía de Fuerza Atómica es empleada en áreas de la ciencia como la Física, Química y Biología.⁵¹ En el campo de la Odontología investigadores han empezado a utilizar el MFA aproximadamente desde 1950,⁵² se ha empleado en el estudio de las superficies de materiales dentales, así como en la evaluación de células vivas y entornos dinámicos.⁵³ Un campo importante de aplicación es en la caracterización y fabricación de productos dentales como las resinas compuestas para restauración, tanto en morfología superficial como propiedades elásticas;⁵² como son los nanorellenos incluidos en resinas compuestas y materiales de impresión, nanosoluciones en adhesivos, nanopartículas de hidroxiapatita utilizadas para tratar defectos óseos;⁵⁴ otro ejemplo es la implantología, se utiliza el MFA para probar la biocompatibilidad de los materiales, investigando la adherencia de osteoblastos in vitro.⁵³

Se han realizado diferentes estudios utilizando el MFA, en diferentes especialidades, como lo son la endodoncia, ortodoncia, e implantología, algunos de estos abarcan: la morfología de la superficie de la dentina, materiales utilizados después de varios tratamientos clínicos, como la alteración de la superficie de módulos elastómeros y arcos ortodónticos. Mediciones en la superficie de la dentina, específicamente de los túbulos dentinarios (diámetro y profundidad) y la rugosidad superficial.⁵⁴

Agradecimientos

La autora principal realizó el trabajo cuando gozaba de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Referencias

1. Rao DC, Kalavathy N, Mohammad HS, Hariprasad A, Kumar CR. Evaluation of the surface roughness of three heat-cured acrylic denture base resins with different conventional lathe polishing techniques: A comparative study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2015;15:374-80.
2. Bourlidi S, Qureshi J, Soo S, Petridis H. Effect of different initial finishes and Parylene coating thickness on the surface properties of coated PMMA. *J Prosthet Dent.* 2016;115:363-70.
3. Hinojosa-Rivera M, Reyes-Melo M. La rugosidad de las superficies: Topometría. *Ingenierías.* 2001;4:27-33.
4. Kuhar M, Funduk N. Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. *J Prosthet Dent.* 2005;93:76-85.
5. Singh RD, Gautam R, Siddhartha R, Singh BP, Chand P, Sharma VP, et. al. High Performance Liquid Chromatographic Determination of Residual Monomer Released from Heat-Cured Acrylic Resin. An In Vivo Study. *J Prosthodont.* 2013;22:358-61.
6. Rawls R. Polímeros dentales. En: Anusavice K. *Phillips Ciencia de los materiales dentales.* España: Elsevier; 2004. p. 143-169.
7. Anusavice K, Antonson S. Materiales para acabado y pulido. En: Anusavice KJ. *Phillips Ciencia de los materiales dentales.* España: Elsevier; 2004. p. 143-169.
8. Hatrick CD, Eakle Ws, Bird WF. *Materiales dentales: aplicaciones clínicas.* 2a ed. México: Editorial El Manual Moderno; 2012.
9. Cova JL. *Biomateriales dentales.* 2a ed. México: Actualidades Médico Odontológicas Latinoamérica, C.A; 2010.
10. Morgan TD, Wilson M. The effects of surface roughness and type of denture acrylic on biofilm formation by *Streptococcus oralis* in a constant depth film fermentor. *J Appl Microbiol.* 2001;91:47-53.
11. Radford DR, Sweet SP, Challacombe SJ, Walter JD. Adherence of *Candida albicans* to denture-base materials with different surface finishes. *J Dent.* 1998;26:577-83.
12. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005;93:453-58.
13. Ábalos C. Adhesión bacteriana a biomateriales. *Av Odontoestomatol.* 2005;21:347-53.

14. Kawai K, Murano M. Adherence of plaque components to different restorative materials. *Oper Dent.* 2001;26:396-00.
15. Bilhan H, Sulun T, Erköse G, Kurt H, Erturan Z, Kutay O. The role of *Candida albicans* hyphae and *Lactobacillus* in denture related stomatitis. *Clin Oral Investig.* 2009;13:363-68.
16. Quirynen M, Marechal M, Busscher H. The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. *J Clin Periodontol.* 1990;17:138-44.
17. Al Groosh D, Pratten J, Hunt N. The effects of polishing the fitting surface of acrylic base retainers on Methicillin resistance staphylococcus aureus; a laboratory study. *Iraqi Dent J.* 2016; 38(3):137-141.
18. De Castro D, Valente M, Da Silva C, Watanabe E, Siqueira R, Schiavon M, Dos Reis A. Evaluation of antibiofilm and mechanical properties of new nanocomposites based on acrylic resins and silver vanadate nanoparticles. *Arch Oral Biol.* 2016;67:46-53.
19. Cortés-Sandoval G, Martínez-Castañón G, Patiño-Marín N, Martínez-Rodríguez P, Loyola-Rodríguez J. Surface roughness and hardness evaluation of some base metal alloys and denture base acrylics used for oral rehabilitation. *Mater Lett.* 2015;144:100-105.
20. Taylor RL, Verran J, Lees GC, Ward AJP. The influence of substratum topography on bacterial adhesion to polymethyl methacrylate. *J Mater Sci Mater Med.* 1998;9:17-22.
21. Crawford R, Webb H, Truong VK, Hasan J, Ivanova E. Surface topographical factors influencing bacterial attachment. *Adv Colloid Interface Sci.* 2012;179:142-49.
22. Maryam G, Horieh M, Maryam F. Effect of Surface Roughness and Materials Composition on Biofilm Formation. *J Biomater Nanobiotechnol.* [Revista en línea] 2012 [Citado 10 septiembre 2019]; 3:[541-546]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/jbnb.2012.324056>.
23. Ábalos C. Adhesión bacteriana a biomateriales. *Av Odontoestomatol.* 2005;21:347-53.
24. Andrade C, Machado AL, Vergani CE, Pavarina AC, Giampaolo ET, Da Cruz NC. Adherence in vitro of *Candida albicans* to plasma treated acrylic resin. Effect of plasma parameters, surface roughness and salivary pellicle. *Arch Oral Biol.* 2010;55(10):763-770.
25. Verran J, Maryan CJ. Retention of *Candida albicans* on acrylic resin and silicone of different surface topography. *J Prosthet Dent.* 1997;77:535-39.
26. Verran J, Jackson S, Coulthwaite L, Scallan A, Loewy Z, Whitehead K. The effect of dentifrice abrasion on denture topography and the subsequent retention of microorganisms on abraded surfaces. *J Prosthet Dent.* 2014;112:1513-22.
27. Mei L, Busscher HJ, Van der Mei HC, Ren Y. Influence of surface roughness on streptococcal adhesion forces to composite resins. *Dent Mater.* 2011;27(8):770-778.
28. Radford DR, Sweet SP, Challacombe SJ, Walter JD. Adherence of *Candida albicans* to denture-base materials with different surface finishes. *J Dent.* 1998;26:577- 583.
29. Morgan TD, Wilson M. The effects of surface roughness and type of denture acrylic on biofilm formation by *Streptococcus oralis* in a constant depth film fermentor. *J Appl Microbiol.* 2001;91:47-53.
30. Milanezi-Alves PV, Lima Filho RMA, Telles E, Bolognese A. Surface Roughness of Acrylic Resins after Different Curing and Polishing Techniques. *Angle Orthod.* 2007;77:528-31.
31. Rivera-Guajardo RV, Méndez-Maya R, Escalante-Balderas SA, Cornejo-Peña MA, Nishimura-Imai AT, Oliver-Parra R. Rugosidad superficial de tres resinas acrílicas para una base de dentadura. *Rev ADM.* 2014;1(3):142-146.
32. Al-Rifaiy MQ. The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of denture base acrylic resins. *Saudi Dent J.* 2010;22(1):13-17.
33. Abuzar MA, Bellur S, Duong N, Kim BB, Lu P, Palfreyman N, Surendran D, Tran VT. Evaluating surface roughness of a polyamide denture base material in comparison with poly (methyl methacrylate). *J Oral Sci.* 2010;52(4):577-581.
34. Gungor H, Gundogdu M, Duymus ZY. Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *J Prosthet Dent.* 2014;112:1271-77.
35. Berger JC, Driscoll CF, Romberg E, Luo Q, Thompson G. Surface roughness of denture base acrylic resins after processing and after polishing. *J Prosthodont* 2006;15:180-186.

36. Kagermeier-Callaway AS, Willershausen B, Frank T, Stender E. In vitro colonisation of acrylic resin denture base materials by *Streptococcus oralis* and *Actinomyces viscosus*. *Intl Dent J*. 2000;50:79-85.
37. Köroğlu A, Sahin O, Dede D, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. *J Prosthet Dent*. 2016;115(4):447-455.
38. Onwubu S, Vahed A, Singh S, Kanny K. Reducing the surface roughness of dental acrylic resins by using an eggshell abrasive material. *J Prosthet Dent*. 2017;117(2):310-314.
39. Ayuso-Montero R, Martinez-Gomis J, Lujan-Climent M, Salsench J, Peraire M. Influence of matrix type on surface roughness of three resins for provisional crowns and fixed partial dentures. *J Prosthodont*. 2009;18:141-44.
40. Hinojosa-Rivera M, Reyes-Melo M. La rugosidad de las superficies: Topometría. *Ingenierías*. 2001;4:27-33.
41. Eaton P, West P. *Atomic Force Microscopy*. United States: Oxford university Press; 2010.
42. Onwubu SC, Mdluli PS, Singh S. The effect of colloidal silica and diamond suspensions on the surface roughness of automatically finished heat-polymerized acrylic resin. *J Prosthet Dent*. 2018;120(3):485.e1-485.e5.
43. Al-Kheraif AA. The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of heat-polymerized and visible light-polymerized acrylic denture base resins. *Saudi Dent J*. 2014;26(2):56-62.
44. Onwubu SC1, Vahed A2, Singh S3, Kanny KM4. Reducing the surface roughness of dental acrylic resins by using an eggshell abrasive material. *J Prosthet Dent*. 2017 Feb;117(2):310-314.
45. Alammar MR1. The influence of polishing techniques on pre-polymerized CAD\CAM acrylic resin denture bases. *Electron Physician*. 2017 Oct 25;9(10):5452-5458.
46. Jandt KD. Atomic force microscopy of biomaterials surfaces and interfaces. *Surf Sci*. 2001;491:303-32.
47. Binnig G, Quate CF. Atomic Force Microscope. *Phys Rev Letters*. 1986;56:930-33.
48. Dorobantu LS, Goss GG, Burrel RE. Atomic force microscopy: a nanoscopic view of microbial cell surfaces. *Micron*. 2012;43:1312-22.
49. Grafstrom S, Ackermann J, Hagen T, Neumann R, Probst O. Analysis of lateral force effects on the topography in scanning force microscopy. *J Vac Sci Technol B*. 1994;12:1559-64.
50. Dorobantu LS, Gray MR. Application of atomic force microscopy in bacterial research. *Scanning*. 2010;32:74-96.
51. Ji XL, Ma YM, Yin T, Shen Ms, Xu X, Guan W. Application of atomic force microscopy in blood research. *World J Gastroenterol*. 2005;11:1709-11.
52. Salemo M, Diaspro A. Dentistry on the bridge to nanoscience and nanotechnology. *Front Mater*. [Revista en línea] 2015 [Citado 8 septiembre 2019]; 2(19):[1-10] Disponible en: doi: 10.3389/fmats.2015.00019.
53. Vahabi S, Salman BN, Javanmard A. Atomic force microscopy application in biological research: a review study. *Iran J Med Sci*. 2013;38(2):76-83.
54. Silikas N, Lennie AR, England K, Watts DC. AFM as a tool in dental research. *Microsc Anal (Am Ed)*. 2001;19-22.

Estomatitis aftosa recurrente: Revisión de la literatura

Norma Guadalupe Ibáñez-Mancera,^{1,2} Víctor Hugo Toral-Rizo,³ Edith Lara-Carrillo,⁴ Antonio Hernández-Morales,³ Violeta Evelyn Flores-Solano,⁴ Elías Nahúm Salmerón-Valdés,³ Ana Miriam Santillán-Reyes.⁴

¹Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ²Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud UST del Instituto Politécnico Nacional. CDMX. ³Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología “Dr. Keisaburo Miyata” de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ⁴Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca México.

Correspondencia

Víctor Hugo Toral Rizo: Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. e-mail: vhtoralr@uaemex.mx

Resumen

La Estomatitis Aftosa Recurrente, se caracteriza por cuadros recurrentes de úlceras, denominadas úlceras recurrentes o aftas orales, estas úlceras corresponden a uno de los motivos de consulta más comunes en medicina bucal. Su incidencia es del 5 al 25% de la población general, aumentado hasta un 50% o 66% en ciertas poblaciones. Su etiología no es clara, sin embargo, se han identificado factores genéticos predisponentes relacionados con disfunción del sistema inmunológico y una serie de factores desencadenantes. Se clasifica en tres tipos: menor, mayor y herpetiforme. El diagnóstico se realiza en base a la historia clínica del paciente y las características clínicas. Existen diferentes alternativas de tratamiento, que van dirigidas específicamente a aliviar el dolor, contrarrestar la inflamación y reducir el tiempo de evolución de las úlceras; esto último con la finalidad de disminuir el riesgo de infección, la mayoría de los tratamientos utilizados son paliativos más no curativos. Por sus características clínicas es importante considerar dentro de los diagnósticos diferenciales, a otras lesiones que se presentan en mucosa bucal en forma de úlceras, entre ellas: úlceras traumáticas, pénfigo vulgar, liquen plano, infección por virus herpes simple y carcinoma oral de células escamosas.

Palabras clave: Úlceras, aftas, medicina bucal, patología.

Recurrent Aphthous Stomatitis: A literature review

Abstract

Recurrent Aphthous Stomatitis is characterized by recurrent ulcers, called recurrent ulcers or oral apthas ~~ulcers~~, these ulcers correspond to one of the most common reasons for consultation in oral medicine. Their incidence is 5 to 25% of the general population, increased to 50 to 66% in certain populations. Its etiology is not clear, however, have been identified predisposing genetic factors related to immune system dysfunction and a number of triggers. It is classified into three types: minor, major and herpetiform. The diagnosis is made based on the patient’s clinical history and clinical characteristics. There are different treatment alternatives, which are specifically aimed at relieving pain, countering inflation and reducing ulcer evolution time; the latter with the aim of reducing the risk of

infection, most of the treatments used are palliative but not curative. Due to its clinical characteristics it is important to consider within the differential diagnoses, other lesions that occur in oral mucosa in the form of ulcers, among them: traumatic ulcers, pemphigus vulgaris, lichen planus, herpes simplex infection and squamous cell carcinoma.

Keywords: Ulcers, aphta, oral medicine, pathology

Introducción

Úlcera es la pérdida de continuidad del epitelio dejando expuesto el tejido conectivo, las úlceras pueden ser agudas o crónicas. Son uno de los principales motivos de consulta en medicina bucal, principalmente las de tipo agudo debido al dolor que experimenta el paciente, el cual limita sus funciones bucales, alterando su calidad de vida. La etiología de las úlceras bucales es variada, incluyendo traumatismos, enfermedades autoinmunes e incluso neoplasias malignas, entre otras. Se agrupan de la siguiente forma: úlceras recurrentes (aftas), úlceras como manifestación de enfermedades autoinmunes, úlceras por infecciones y úlceras por neoplasias malignas.¹

La Estomatitis Aftosa recurrente (EAR), es una condición común que afecta la mucosa bucal, es un desorden de origen multifactorial, crónico e inflamatorio, caracterizado por múltiples periodos recurrentes y agudos de úlceras en la mucosa bucal; es el padecimiento bucal no asociado a órganos dentarios, que causa con mayor frecuencia dolor, disfagia y disfonía.^{2,3} Se ha reportado que la EAR por sus periodos de recurrencia y limitaciones bucales del paciente afecta psicosocialmente al individuo que las padece.⁴

Epidemiología

La EAR es la enfermedad más común en mucosa bucal a nivel mundial con una prevalencia de 0.5% a 75%.⁵ Su incidencia es del 5 al 25% de la población general, aumentado hasta un 50% o 66% en ciertas poblaciones;⁶⁻⁹ en México se han identificado en 9.15 casos por 1000 individuos con EAR.¹⁰

La EAR es más común en mujeres entre 10 y 40 años de edad,^{11,12} siendo más común en la segunda década de la vida.¹³⁻¹⁵ En un estudio realizado en Italia con población en la segunda década de la vida, de 13 a 18 años, se identificó a la EAR como la lesión más frecuente, observándola en el 18% de la población estudiada;⁸ mientras que en Estados Unidos en un estudio realizado en niños escolares se reportan una frecuencia de EAR de un 36.5%.¹³

La etiología de la EAR no es clara, sin embargo, se han identificado factores genéticos predisponentes relacionados con disfunción del sistema inmunológico^{6,7,11} y una serie de factores desencadenantes, entre los que se encuentran: traumatismos locales, alteraciones endocrinas, estrés, ansiedad, tabaquismo, deficiencias vitamínicas, etc.^{2,12-14,16} Algunos autores reportan, alteraciones en los niveles de inmunoglobulinas en los pacientes con EAR, demostrando que existen anomalías de la inmunidad humoral o celular en los individuos que padecen EAR.¹⁷

Características Clínicas

La EAR se caracteriza por la presencia de úlceras agudas denominadas úlceras recurrentes (UR) o aftas, muy dolorosas, con periodos de recurrencia, localizadas principalmente en la mucosa no queratinizada de la boca.^{3,11,18}

Características Generales

Los pacientes con EAR presentan un cuadro prodrómico que dura de 2 a 48 horas previo a la presentación de las úlceras y posterior a la exposición del factor desencadenante.¹⁴

Las úlceras que componen la EAR, se observan redondas u ovals con borde bien definido, fondo ocupado por una pseudomembrana amarillenta y halo eritematoso que corresponde al proceso inflamatorio, son muy dolorosas, se localizan principalmente en la mucosa no queratinizada de la cavidad bucal.^{14,19,20}

La EAR se clasifica en tres tipos: EAR menor, EAR mayor y EAR herpetiforme. Cada uno de estos tres tipos de úlceras, clínicamente diferentes debido a su localización y tamaño por lo que requieren de un tratamiento diferente.^{2,13}

Úlceras recurrentes menores

La EAR menor, es el tipo más común, se presenta alrededor del 80% de los casos; se observa clínicamente como úlceras menores a un centímetro de diámetro, de forma redonda, borde definido, con contorno eritematoso, muy dolorosas, localizadas principalmente en mucosa labial, carrillos, lengua y piso de boca (Figura 1). Este tipo de úlceras son episódicas y el factor desencadenante varía en cada individuo; se presentan de 1 a 5 úlceras por cada episodio, con una duración de 10 a 14 días.^{1,14,18}



Figura 1. Fotografía intraoral. Imagen clínica de úlcera recurrente menor (EAR menor). Clínica Orocentro FO-UAEMex.

Úlceras recurrentes mayores

Las úlceras recurrentes mayores se reportan en el 10% de los casos. Estas son úlceras que miden más de un centímetro de diámetro, presentan forma redonda u oval, con un contorno eritematoso. La mucosa móvil es el sitio más afectado, apareciendo principalmente en labios, carrillos, paladar blando y orofaringe (Figura 2), cada cuadro episódico se expresa con 1 a 10 úlceras, que pueden presentar un tiempo de evolución mayor a 30 días.^{7,14,18}



Figura 2. Fotografía intraoral. Imagen clínica de úlcera recurrente mayor (EAR mayor). Clínica Orocentro FO-UAEMex.

Úlceras herpetiformes

La EAR herpetiforme, se presenta en el 10% de los casos. A diferencia de las úlceras recurrentes menores y mayores las herpetiformes corresponden a múltiples úlceras (de 10 a 100 por cada episodio), con un tamaño que varía entre 1 y 3 milímetros de diámetro. Estas lesiones llegan a coalescer y desarrollan lesiones mayores, son de forma redonda con contorno eritematoso. La localización más común de esta entidad es mucosa labial, carrillos, faringe, paladar duro y blando, encía y piso de boca (Figura 3). Estas lesiones tienden a involucionar en un plazo de 30 días. Son el único tipo de EAR que siempre son múltiples y pueden involucrar mucosa queratinizada por lo cual es importante realizar el diagnóstico diferencial con úlceras por virus herpes simple, virus de la varicela zoster y citomegalovirus.^{1,7,14,18}



Figura 3. Fotografía intraoral. Imagen clínica de úlceras recurrentes herpetiforme (EAR herpetiforme). Clínica Orocentro FO-UAEMex.

Enfermedades Sistemáticas Asociadas

La EAR comúnmente se presenta de forma aislada, pero también puede estar asociada a trastornos sistémicos como la Enfermedad de *Crown*, el Síndrome de Reiter y el Síndrome de Behcet entre otros.^{7,11,14,15}

De las enfermedades que presentan UR la más común es la enfermedad de Behcet, aunque en realidad es un trastorno muy raro que puede representarse tan solo en 0.64/100 000 habitantes según un estudio en población de Turquía, 0.12-0.33/100,00 en otro estudio realizado en habitantes del Reino Unido. La enfermedad de Behcet es una vasculitis de etiología desconocida, caracterizada por episodios agudos de inflamación. A diferencia de la EAR en donde las úlceras solo se presentan en la mucosa bucal, la enfermedad de Behcet afecta tanto a piel como a mucosas, en especial las mucosas bucal y genital.²¹

Diagnóstico

La EAR se diagnóstica en base a la historia clínica del paciente y las características clínicas (Figura 1-3), no es necesario la toma de biopsia, ya que histológicamente los resultados corresponderían a una úlcera inespecífica, mostrando necrosis e infiltrado inflamatorio.^{7,19,22}

Para confirmar el diagnóstico es importante realizar seguimiento de las lesiones, una vez diagnosticadas clínicamente se inicia el tratamiento seleccionado y se cita al paciente en una semana para revisar que la úlcera este involucionando de lo contrario, será necesaria la toma de biopsia con la finalidad de descartar otras patologías.

Tratamiento

Existen diferentes alternativas de tratamiento, que van dirigidas específicamente a aliviar el dolor, contrarrestar la inflamación y reducir el tiempo de evolución de las úlceras; esto último con la finalidad de disminuir el riesgo de infección, ya que el tejido conectivo se encuentra expuesto al medio bucal; es importante considerar que la mayoría de los tratamientos utilizados para la EAR son paliativos más no curativos.^{1,23} Como parte del tratamiento es importante eliminar factores irritantes de la cavidad bucal, prótesis, bordes cortantes en los dientes, etc.

Corticoesteroides

El tratamiento con corticoesteroides es de los más utilizados, a pesar de los efectos adversos que se pueden presentar, estos riesgos pueden incluir infecciones, adicción a esteroides, supresión del eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenales, síndrome de Cushing, entre otros.²⁴

Algunos autores recomiendan el uso de corticoesteroides para la EAR menor en forma tópica, para la EAR mayor con aplicación intralesional y para la EAR herpetiforme tópicos y sistémicos.^{13,18} Algunos de los más utilizados son: la "triamcinolona acetónide" de forma tópica²⁵ o fluocinonide 0.05%. Los corticoesteroides tópicos tardan de 5 a 6 días en sanar una úlcera bucal.^{7,25}

A continuación, se describe la posología para el tratamiento de EAR menor, mayor y herpetiforme. Para la EAR menor se puede prescribir: Corticoesteroide tópico de baja potencia (triamsinolona 0.1%) tres veces al día después de las comidas y del aseo bucal hasta que se resuelvan completamente las úlceras.²⁶ En el caso de EAR mayor y EAR herpetiforme se puede indicar: Corticoesteroide tópico de mayor potencia (propinato de clobetasol 0.025%), tres veces al día después de las comidas y del aseo bucal hasta que se resuelvan completamente las úlceras.²⁶ Independientemente del tipo de EAR, en caso de no mejorar se sugiere remitir con un especialista en Medicina y patología bucal.

Láser

La utilización del Laser CO₂, láser AMD o YAG laser, ha presentado buenos resultados en los casos de EAR para contrarrestar el dolor y no se reportan efectos adversos.^{18,27,28} Disminuyen el dolor y el eritema después de 3 días de iniciado el tratamiento, en el 75% de los casos se identificó re-epitelización total a

5 días después de iniciado el tratamiento con láser.^{29,30} Sin embargo, con este tratamiento, aún quedan de 3 a 5 días de exposición epitelial, dolor y disminución de la función.

Sintomático

El principal problema que experimenta el paciente con EAR es el dolor causado por las úlceras, por lo cual; es común que se prescriban, agentes antihistamínicos, analgésicos e incluso anestésicos tópicos con la finalidad de reducir el dolor y favorecer las funciones bucales del paciente.²³

Existen algunos tratamientos que se enfocan a la disminución del dolor por úlceras recurrentes, uno de ellos es la vitamina B12, con la cual también se ha observado reducción en el tiempo de evolución.^{23,31}

Otra forma de tratamiento consiste en la preparación de una solución tópica con anestésico (esta preparación es también conocida como solución Filadelfia). Esta puede prepararse en el consultorio dental, consiste en una solución para uso tópico que contenga: 5 ml de lidocaína al 1%, 30 ml de hidróxido de aluminio y magnesio, 30 ml de jarabe de clorfenamina o 30 ml de jarabe de difenhidramina; proporcionar la paciente en un frasco con la leyenda "NO INGERIBLE, SOLO USO LOCAL", antes de utilizar la solución agitar el frasco y colocarla con hisopo en las úlceras.³² Se debe considerar que al usar estas soluciones el paciente estará con la sensación de adormecimiento en la boca (en especial los niños) lo que puede provocar que las lesiones se exacerben.

Otra opción es que el paciente mezcle 30 ml de hidróxido de aluminio y magnesio con 30 ml de loratadina en suspensión, para realizar colutorios las veces que sea necesario durante el día.

Otros

Dentro de otros esquemas terapéuticos que se han estudiado para la EAR, se incluye la utilización de Alumbre,¹¹ Triester glicerol en gel (es un agente tópico sobre la mucosa),² pudilan con antiinflamatorio⁵ y el uso de Ácido tricloroacético.³³ También la aplicación de Ozono por 60 segundos en úlceras recurrentes reduce el dolor y la duración de las úlceras.³⁴

Se ha intentado tratar a los pacientes con EAR a base de multivitamínicos, sin mostrar diferencias en los restados con los controles.¹⁶

Recientemente, un grupo de investigadores publicaron un estudio en el que utilizaron plasma atmosférico no térmico tipo jet como tratamiento para úlceras en ratones, reportando que, en menos de un día se completó la curación de la herida.³⁵ También se ha usado el Plasma atmosférico no térmico tipo aguja para favorecer la regeneración tisular sin efectos tóxicos ni efectos adversos; estos resultados se reportan tanto al ser utilizado en modelo animal como en pacientes, en estudio con seguimiento mayor a 12 meses. Debido a los buenos resultados de este plasma se considera como buena alternativa en el tratamiento tanto sintomático como curativo de la EAR.^{36,37,38}

Diagnósticos Diferenciales

Por las características de la EAR es importante considerar dentro de los diagnósticos diferenciales, a otras lesiones que se presentan en mucosa bucal en forma de úlceras, entre ellas: úlceras traumáticas, pénfigo vulgar, liquen plano, infección por virus herpes simple, etc.¹

Úlceras traumáticas

Las úlceras traumáticas como su nombre lo indica son el resultado de un trauma severo sobre la mucosa bucal, ocupan el segundo lugar en frecuencia de las lesiones de tejidos blandos bucales. Clínicamente se observan como úlceras únicas o múltiples de forma irregular, con el borde indefinido y eritematoso, además son muy dolorosas (Figura 4). Entre las causas más comunes para su aparición se encuentran:

mordeduras autoinfligidas por el paciente, las vemos en pacientes con problemas de maloclusión, con crisis epilépticas, después de la anestesia local para procedimientos dentales e incluso durante la masticación, etc.; el uso de rollos de algodón como aislamiento en procedimientos dentales y que no son hidratados antes de retirarlos; los aparatos de ortodoncia y de ortopedia maxilar, las prótesis dentales desajustadas o en malas condiciones, así como dientes fracturados o con caries que también pueden ocasionar úlceras traumáticas.^{10,39}



Figura 4. Fotografía intraoral. Imagen clínica de úlcera traumática. Clínica Orocentro FO-UAEMex.

La localización de las úlceras traumáticas depende de la causa, siendo mayormente afectados los carrillos, bordes laterales de la lengua y mucosa labial.²⁶

El diagnóstico definitivo se realiza con la relación causa-efecto, es decir, la localización, la forma y el tiempo de evolución deben coincidir perfectamente con la causa. Además de lo anterior, considerando sus características clínicas, resulta sencillo diferenciarlas de UR.^{39,40}

Las úlceras traumáticas no requieren tratamiento, solo eliminar el estímulo que las generó; sin embargo, es necesario un seguimiento a los 5 días para verificar que existe resolución, de lo contrario será necesario la toma de biopsia para descartar en especial que se trata de un carcinoma oral de células escamosas.^{39,40}

Infección por Virus Herpes simple

Los Virus Herpes Simple (VHS) tipo 1 y tipo 2, forma parte de la familia de los Virus Herpes Humanos. Estos virus pueden causar infecciones en la mucosa bucal y genital respectivamente, las cuales se caracterizan por la formación de vesículas epiteliales que al romperse dejan úlceras dolorosas: La infección por VHS se adquiere con mucha facilidad en la infancia, sin embargo, no todos los pacientes desarrollan las lesiones, el cuadro clínico inicial de la infección es llamativo y limitante para el paciente, se lo conoce como gingivoestomatitis herpética primaria, el cual se resolverá a cabo de un par de semanas; posteriormente, el virus permanecerá en estado de latencia hasta que un factor desencadenante lo reactive dando lugar a la infección recidivante de VHS, que puede ser labial o intraoral.⁴¹

- **Gingivoestomatitis herpética primaria**

La gingivoestomatitis herpética primaria es el resultado de la infección inicial por VHS-1 (en algunas ocasiones el agente causal puede ser el VHS-2), se caracteriza por múltiples úlceras que

inicialmente solo involucran la encía para posteriormente extenderse a diversas localizaciones de la mucosa bucal. Esta infección se presenta con mayor frecuencia en niños menores de 5 años, pero también se observa en adultos especialmente si se encuentran inmunosuprimidos.⁴²

La gingivostomatitis herpética primaria se caracteriza por presentar un cuadro prodrómico con fiebre, dolor, malestar general y anorexia; este cuadro es frecuentemente confundido con un cuadro de faringoamigdalitis o gripa común. Posteriormente a estos síntomas prodrómicos se forman vesículas que durarán solo algunos segundos y al romperse dejan múltiples úlceras de forma redonda, con tamaño variable ya que suelen coalescer (Figura 5). Las úlceras sanarán en un periodo de 7 a 21 días.⁴³



Figura 5. Fotografía intraoral. Imagen clínica de gingivostomatitis herpética primaria. Práctica privada.

El diagnóstico diferencial entre gingivostomatitis herpética primaria y úlceras recurrentes herpetiformes, se realiza en base a la presencia del cuadro prodrómico en la gingivostomatitis, además en esta misma entidad las úlceras se localizan en varios sitios anatómicos de la mucosa bucal de forma simultánea, mientras que en la EAR herpetiforme, se afecta una o pocas localizaciones por periodo, pero nunca se extiende sobre toda la encía.

- **Herpes labial recidivante**

En los individuos que presentaron gingivostomatitis herpética primaria, el VHS permanece en estado de latencia, en algunos de estos pacientes se puede reactivar la infección por la exposición a factores desencadenantes, como la exposición a la luz solar, episodios de fiebre, traumas locales, estrés, alteraciones hormonales, entre otras. Una vez que se reactiva el VHS tomara el trayecto nervioso para causar el herpes labial recurrente, que se manifiesta como múltiples vesículas de 1-3 mm que coalescen y se rompen dejando en su lugar úlceras muy dolorosas de forma redonda o festoneada con contorno eritematoso (Figura 6).⁴⁴



Figura 6. Fotografía intraoral. Imagen clínica de herpes labial recidivante. Práctica privada.

En este tipo de úlceras por VHS no es necesario considerar la EAR como diagnóstico diferencial, ya que como su nombre lo indica el herpes labial recidivante se presentará solo en los labios en particular en el borde bermellón, mientras que los tres tipos clínicos de EAR se desarrollan en la mucosa bucal.

- **Herpes intraoral recidivante**

El Herpes intraoral recidivante es el resultado de la reactivación del VHS en pacientes que desarrollaron anteriormente gingivostomatitis herpética primaria, los factores desencadenantes asociados, son traumas locales, infiltración de anestesia y fiebre principalmente. La reactivación del VHS induce la migración del virus a través del trayecto nervioso, para general vesículas pequeñas que coalescen y se rompen rápidamente por las fricciones constantes en la cavidad bucal al momento de la fonación y la alimentación. Como resultado de la ruptura de las vesículas se desarrollarán úlceras con formas redondas pequeñas (1-3mm) y aspecto festoneado en las más grandes, esto como resultado de la coalescencia de las vesículas; son muy dolorosas y muestran un contorno eritematoso (figura 7). Las lesiones por Herpes intraoral recidivantes se localizan en mucosa queratinizada, casi exclusivamente en encía y paladar y en raras ocasiones involucra el dorso lingual.⁴⁵



Figura 7. Fotografía intraoral. Imagen clínica de herpes intraoral recidivante. Práctica privada.

Clínicamente las úlceras por herpes intraoral recidivante y las úlceras recurrentes herpetiformes son muy parecidas, sin embargo, las primeras siempre recidivan en la misma localización y por tratarse de un virus neurotrópico las lesiones no cruzan la línea media, mientras que, las úlceras recurrentes herpetiformes recurren en diferentes sitios de la mucosa bucal, lo cual permite realizar el diagnóstico clínico certero.

Enfermedades autoinmunes

Las enfermedades autoinmunes constituyen un grupo de trastornos del sistema inmunológico, en donde se pierde el reconocimiento de lo propio y lo extraño, es decir, se genera respuesta inmunitaria hacia componentes propios del individuo, por lo cual no tienen un tratamiento curativo, solo son controladas con inmunosupresores como los corticoesteroides.

- **Pénfigo vulgar**

El pénfigo vulgar pertenece a un grupo de enfermedades mucocutáneas poco comunes, es más común en mujeres a partir de los 40 años.

Se caracteriza clínicamente por la formación de vesículas intraepiteliales tanto en piel como en mucosas, que al romperse dejan úlceras dolorosas con contorno eritematoso, forma irregular, que involucran de forma simultánea diferentes zonas de la mucosa bucal en especial la encía (Figura 8); estas úlceras no sanan de forma espontánea, se requiere rigurosamente la toma de biopsia para determinar el diagnóstico definitivo e iniciar el tratamiento adecuado, lo cual es competencia del patólogo bucal y/o dermatólogo de acuerdo a las regiones anatómicas involucradas. De no realizar el diagnóstico e iniciar el tratamiento, la enfermedad continuará su evolución extendiéndose a más localizaciones hasta llevar al paciente a un estado crítico de salud.^{46,47}



Figura 8. Fotografía intraoral. Imagen clínica de pénfigo vulgar. Clínica Orocentro FO-UAEMex.

El diagnóstico diferencial de Pénfigo vulgar con UR se realiza a partir de la evolución y características clínicas de las úlceras, las úlceras de Pénfigo vulgar no sanan hasta que reciben tratamiento indicado, aumentan en extensión y número progresivamente, generalmente involucran la encía y son de forma irregular, mientras que las UR, muestran episodios periódicos con úlceras y sin ellas, su forma es redonda u oval.

- **Penfigoide de las mucosas**

El Penfigoide de las mucosas pertenece a un grupo de enfermedades autoinmunes que afectan diversos epitelios de recubrimiento, el Penfigoide de las mucosas solo se manifiesta en la mucosa de la boca. Clínicamente se observa como úlceras irregulares, con borde eritematoso (Figura 9), localizadas en el 94% de los casos solo en encía, lo cual permite con facilidad realizar el diagnóstico diferencial con EAR. Para el diagnóstico definitivo de esta entidad es necesaria una biopsia.^{40,47}



Figura 9. Fotografía intraoral. Imagen clínica de Penfigoide de las mucosas. Clínica Orocentro FO-UAEMex.

- **Liquen plano**

El liquen plano es una enfermedad autoinmune mucocutánea, crónica, inflamatoria, que afecta del 0.1 al 4% de la población. De acuerdo con su aspecto clínico se clasifica como: reticular, papilar, placa, atrófico, erosivo y buloso, todos presentan un componente eritematoso y uno blanquecino, en el caso del liquen plano erosivo de la mucosa bucal puede presentarse acompañado de úlceras dolorosas con contorno eritematoso y líneas blanquecinas en su periferia (Figura 10), lo que permite el diagnóstico diferencial con EAR. Para su diagnóstico y tratamiento es necesaria la interconsulta con un patólogo bucal.⁴⁸



Figura 10. Fotografía intraoral. Imagen clínica de liquen plano. Clínica Orocentro FO-UAEMex.

- **Lupus eritematoso**

El lupus eritematoso es una enfermedad autoinmune que incluye tres presentaciones clínicas: lupus eritematoso sistémico, lupus eritematoso cutáneo subagudo y lupus eritematoso discoide, los tipos sistémico y discoide pueden presentar manifestaciones bucales, las cuales suelen ser, placas blancas, erosiones eritematosas, úlceras o la combinación de estas (Figura 11). El diagnóstico del lupus eritematoso en especial el sistémico, incluye varias pruebas entre ellas, anticuerpos, análisis de laboratorio y la toma de biopsia, lo cual realiza un grupo de especialistas en diversas áreas.⁴⁷ Para el diagnóstico diferencial con EAR, se debe considerar el tiempo de evolución de las úlceras y las características clínicas incluyendo la localización, es decir, las úlceras por Lupus eritematoso, son irregulares, dolorosas, no seden sin tratamiento y se localizan en mucosa queratinizada, mientras que las UR como ya se mencionó anteriormente son redondas u ovals y prevalecen en mucosa no queratinizada.



Figura 11. Fotografía intraoral. Imagen clínica de lupus eritematoso. Práctica privada.

- **Carcinoma oral de células escamosas**

El carcinoma oral de células escamosas (COCE) es la neoplasia maligna más común de la cavidad bucal, se puede presentar de diversas formas, incluyendo leucoplasia, eritroplasia, sin embargo, su presentación clínica más común es como una úlcera crónica asintomática (Figura 12).^{49,50}



Figura 12. Fotografía intraoral. Imagen clínica de carcinoma oral de células escamosas. Clínica Orocentro FO-UAEMex.

La mayoría de los pacientes son diagnosticados en etapas avanzadas de la enfermedad cuando ya existen invasión a ganglios linfáticos y/o metástasis, resultado en un pronóstico pobre. La supervivencia a 5 años de los pacientes diagnosticados con cáncer bucal es tan solo del 25% para algunas poblaciones, en otros casos se llega al 50% o hasta el 67.7%; estas variaciones son el resultado de la situación económica y la cultura para el diagnóstico en las diversas poblaciones del mundo, ya que el estadio de la enfermedad al momento del diagnóstico es fundamental para determinar la sobrevida del individuo, por lo cual es muy importante que a toda úlcera con más de dos semanas de evolución se le tome biopsia para determinar el diagnóstico definitivo.⁵¹⁻⁵³ Por presentarse el COCE como una úlcera en cavidad bucal es diagnóstico diferencial de UR, una de las características importantes para que las distinguen, es que, a diferencia de las UR, el COCE generalmente es asintomático.

Referencias

1. Monteiro SI, Costa AM, de Vasconcelos BC, Amarante MV, Teixeira PT, et. al. Recurrent aphthous ulceration: an epidemiological study of etiological factors, treatment and differential diagnosis. *An Bras Dermatol* 2018;93(3):341-6.
2. Ofluoglu D, Ergun S, Warnakulasuriya S, Namdar-Pekiner F, Tanyeri H. An evaluation of the efficacy of a topical gel with Triester Glycerol Oxide (TGO) in the treatment of minor recurrent aphthous stomatitis in a Turkish cohort: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2017;22(2):e159-66.
3. Scully C, Lozada-Nur F. The diagnosis and management of recurrent aphthous stomatitis. *JADA* 2003;134:200-207.
4. Martins de Souza PR, Duquia RP, Breunig JA, Akmeida HL. Recurrent aphthous stomatitis in 18-year-old adolescents – Prevalence and associated factor: a population-based study. *An Bras Dermatol* 2017;92(5):626-9.
5. Jin Y, Lin X, Song L, Liu M, Zhang Y, et. al. The effect of Pudilan Anti-inflammatory oral liquid on the Treatment of Mild Recurrent Aphthous Ulcers. *Evid Based Complement Alternat Med* 2017:6250892.
6. Dhopte A, Naidu G, Singh-Makkad R, Nagi R, Bagde H, Jain S. Psychometric analysis of stress, anxiety and depression in patients with recurrent aphthous Stomatitis – A cross-sectional survey based atudy. *J Clin Exp Dent* 2018;10(11):e1109-14.
7. Scully C, Porter S. Oral mucosal disease: Recurrent aphthous stomatitis. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;46:198-206.
8. Amadori F, Bardellini E, Conti G, Majorada A. Oral mucosal lesions in teenagers: a cross-sectional study. *Italian J Pediatrics* 2017;43:50.
9. Kamiamoorthy S, Sathishmuthukumar R, Murugaboopathy V. Assessment of oral mucosal integrity status in patients with recurrent aphthous stomatitis. *J Pharm Bioallied Sci* 2019 11(suppl 2):s274-s277.
10. Castellanos JL, Díaz L. Lesions of oral mucosa: a epidemiological study of 23785 Mexican patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:79-85.
11. Rafieian N, Abdolsamadi H, Jazayeri M, Seif-Rabiee MShahrbanoo MS. Efficacy of alum for treatment of recurrent aphthous stomatitis. *Caspian J Intern Med* 2016;7(3):201-5.
12. Belenguer I, Jiménez Y, Claramunt A. Treatment of recurrent aphtous stomatitis. A literature review. *J Clin Exp Dent* 2014;6(2):e168-74.
13. Chavan M, Jain H, Diwan N, Khedkar S, Shete A, et. al. Recurrent aphthous stomatitis: a review. *J Oral Pathol Med* 2012;41(8):577-83.
14. Akintoye S, Greenberg M. Recurrent Aphthous Stomatitis. *Dent Clin N Am* 2014; 58:281-297.
15. Rivera C. Essentials of recurrent aphthous stomatitis. *Biomedical Reports* 2019;11:47-50.
16. Lalla R, Choquette L, Feinn R, Zawistowski H, Latortue M, et. al. Multivitamin therapy for recurrent aphthous stomatitis. *J Am Dent Assoc* 2012;143(4):370-76.

17. Ruan H-H, Li G-Y, Duan N, Jiang H-L, Fu Y-F, et. al. Frequencies of abnormal humoral and celular immune componnet levels in peripheral blood of patients with recurrent aphthous ulceration. *J Dental Sci* 2018;13:124-130.
18. Han M, Fang H, Li QL, Cao Y, Xia R, et. al. Effectiveness of Lasser therapy in the management of Recurrent Aphthous Stomatitis: A systematic review. *Scientifica* 2016;
19. Jurge S, Kuffer R, Scully C, Porter SR. Recurrent aphthous stomatitis. *Oral Diseases* 2006;12:1-21
20. Ziaudeen S, Ravindran R. Assessment of Oxidant-Antioxidant status and Stress factor in Recurrent aphthous stomatitis patients: Case control Study. *J Clinic Diagn Res* 2017;11(3):ZC01-ZC04.
21. Rios MA, Campos L. Bechcet disease: review with emphasis on dermatological aspects. *An Bras Dermatol* 2017;92(4):452-64.
22. Zhang Z, Zhang Q, Xue Y, Chen G, Wu Z, Fang H. Serum levels of total antioxidant status, nitric oxide and nitric oxide synthase in minor recurrent aphthous stomatitis patients. *Medicine* 2019;98:3.
23. Nasry S, El Shenawy H, Mostafa D, Ammar N. Different modalities for treatment of recurrent aphthous stomatitis. A Randomized clinical trial. *J Clin Exp Dent* 2016; 8(5):e517-22.
24. Cheirif O, Sáez MM, Lammoglia L. Esteroides tópicos: revisión actualizada de sus indicaciones y efectos adversos en dermatología. *Dermatología* 2015;13(4):305-13.
25. Hamishehkar H, Nokhodchi A, Ghambarzadeh S, Kouhsoltani M. Triamcinolone acetonide Oromucoadhesive paste for treatment of Aphthous Stomatitis. *Adv Pharm Bull* 2015;5(2):277-282.
26. Bagan Sebastián JV. *Medicina Bucal*. 2° ed. Valencia España: Medicina Oral;2010.
27. Zand N, Fateh M, Ataire-Fashtami L, Djavid GE, Fatemi SM, Shirkavand a. Promoting wound Healing in minor Recurrent Aphthous Stomatitis by Non-thermal, Non-ablative CO2 Laser tehetapy: A pilot Study. *Photomed Laser Surg* 2012;30:719-23.
28. Tezel A, Kara C, Balkaya V, Orbak R. An Evaluation of Different Treatments for Recurrent Aphthous Stomatitis and patient perceptions: Nd:YAG Laser versus Medication. *Photomed Laser Sur* 2009;27(1):101-106.
29. Lalabonova H, Daskalov H. Clinical assessment of the therapeutic effect of low-level laser therapy on chronic recurrent aphthous stomatitis. *Biotechnology & Biotehcnological Equipment* 2014;28(5):929-33.
30. de Souza A, da Rocha Í, de Carvalho A, de Freitas M, Feitosa M, et. al. Comparative Study between low level Laser and Therapeutic ultrasound in second intertion Ulcers repair in Mice. *J Laser Med Sci* 2018;9(2):14-38).
31. Volkov I, Rudoy I, Abu-Rabia U, Masalha T, Masalha R. Case Repost: recurrent aphthous stomatitis responds to vitamin B12 tretament. *Can Fam Physician* 2005;51:844-45.
32. Guía de referencia Rápida. Diagnóstico y tratamiento de la Estomatitis Aftosa recurrente. Gobierno federal. CENETEC salud.
33. Al-Abbasi. Efficacy of topical Trichloroacetic acid and hydrogen peroxide for Aphthous ulcers. *Gomal J Med Sci* 2010;8(2):105-107.
34. Al-Omiri M, Alhijawi M, AlZarea B, Abul Raéd, Lynch E. Ozone treatment of recurrent aphthous stomatitis: a doublé blinded study. *Scientific Reposts*, DOI:10.1038/srep27772.
35. Chaitraie M, Khani M, Salehi H, Shokri B. in vivo study of non-invasive effects of non-thermal plasma in pressure ulcer treatment. *Scientific Reports* 2018;8:5621.
36. García E, López R, Morales PR, Peña R, Fajardo R, et. al. Accelerated Mice skin acute wound healing in vivo by combined treatment of argon and helio plasma needle. *Archives Medical Research* 2013;44:169-77.
37. Betancourt M, Peña R, López R, Domínguez NA, Mercado A, et. al. Case Report: Treatment in the healing of burns with a cold plasma source. *Int J Burn Trauma*. 2017;7(7):142-6.
38. López R, Peña R, Valencia R, Mercado A, Rodríguez BG, et. al. Alternative method for healing the diabetic foot by means of a plasma needle. *Clin Plasma Med*. 2018;9:19-23.
39. Ibáñez Mancera NG. *Propedéutica y semiología en Odontología*. Madrid España: Elsevier;2015.
40. Neville B, Damm D, Allen C, Chi A. *Oral and Maxillofacial Patology*. 4° ed. China: Elsevier;2016.
41. Jiang YC, Ferng H, Lin YC, Guo XR. New Strategies agains drug resistance to herpes simplex virus. *Int J Oral Sci* 2016;8(1):1-6.
42. Goldman RD. Acyclovir for herpetic gingivostomatitis in children. *Can Fam Physician* 2016;62(5):403-4.
43. Aslanova M, Zito PM. Herpetic Gingivostomatitis. *StatPearls (Internet)* 2019.
44. Rosen T. Recurrent Herpes Labialis in Adults. *J Drugs Dermatol* 2017;16(3):s49-s53.

45. Kuznetzova OY, Gorshenina AP, Maximovskaya LN. Prevention of the recurrent herpetic stomatitis in employees of Kazan city industrial enterprises frequently suffering from acute respiratory viral infections. *Stomatologiya (Mosk)* 2016;95(5):24-26.
46. Porro AM, Seque CA, Ferreira MCC, Enokihara MM. Pemphigus vulgaris. *An Bras Dermatol* 2019;94(3):264-78.
47. Saccuci M, Di Carlo G, Bossu M, Giovarruscio F, Salucci A, Polimeni A. Autoimmune diseases and their manifestations on Oral cavity: Diagnosis and clinical management. *J Immunol Res* 2018. Doi.org/10.1155/2018/6061825.
48. Kaomongkolgit R, Darronpan P, Tantanapornkul W, Palasuk J. Clinical profile of 102 patients with oral lichen planus in Thailand. *J Clin Exp Dent* 2019;11(7):e625-9.
49. Chauadhuri S, Dey S, Chandra R. Prevalence of oral ulcers and its association with addictions in rural population of western Uttar Pradesh and eastern Rajasthan. *J Oral Craniofac Res* 2016;6:179-186.
50. Pratap M, Kumar V, Agarwal R, Bhatt M, Misra S. Clinico-epidemiological study of oral squamous cell carcinoma: A tertiary care centre study in North India. *J Oral Biol Craniofac Res* 2016;6:31-34.
51. Li WQ, Park Y, Wu Y, Goldstein A, Taylor P, et al. Index-based dietary patterns and risk of head and neck cancer in a large prospective study. *Am J Clin Nutr* 2014;99:559-66.
52. Obayashi M, Yoshida M, Tsunematsu T, Ogawa I, Sasahira T, et al. microRNA-203 suppresses invasion and epithelial-mesenchymal transition induction via targeting NUA1 in head and neck cancer. *Oncotarget* 2016;7(7):8223-39.
53. Piemonte ED, Lazos JP, Brunotto M. Relationship between chronic trauma of the oral mucosa, oral potentially malignant disorders and oral cancer. *J Oral Pathol Med* 2010;39:513-17.

Caries interproximal y pérdida de dientes en la dentición primaria como factores de riesgo para la pérdida de espacio en el segmento posterior: Revisión de la literatura

Salvador Eduardo Lucas-Rincón,^{1,2} Norma Leticia Robles-Bermeo,³ Edith Lara-Carrillo,³ Rogelio José Scougall-Vilchis,³ Elena Saraí Baena-Santillán,² Ma. Elena Ponce-Díaz,^{2,4} Juan José Villalobos-Rodelo,^{5,6} Martha Mendoza-Rodríguez,² Carlo Eduardo Medina-Solís,^{2,3} Gerardo Maupomé.⁷

¹Hospital General de Pachuca, campus Arista, de la Secretaría de Salud de Hidalgo. Pachuca, México. ²Área Académica de Odontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. ³Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ⁴Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ⁵Delegación del ISSSTE Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. ⁶Facultad de Odontología de la Universidad de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. ⁷Escuela de Salud Pública Richard M. Fairbanks de la Universidad de Indiana. Indianápolis, EEUU.

Correspondencia

Norma Leticia Robles Bermeo: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. email: norle.rob@gmail.com

Resumen

La caries dental no tratada en ambas denticiones tiene una importante carga de la enfermedad a nivel global. En América Latina y México, los niños y adolescentes en edad escolar tienen necesidades de tratamiento considerables y poco contacto con los servicios dentales para recibir tratamientos restauradores y preventivos. La caries en la dentición primaria representa un importante problema de salud pública entre los niños de todo el mundo. Uno de los procedimientos finales para eliminar la caries dental cuando no es controlada con algún tratamiento, es la extracción del diente. Las extracciones dentales, aunque a menudo se consideran la última elección en la gama de tratamientos en la práctica odontológica, siguen siendo un procedimiento común en la atención dental. La pérdida de dientes representa la historia de las personas sobre las enfermedades y los tratamientos dentales que han tenido a lo largo de su vida. La anatomía de los molares primarios, con sus superficies oclusales fisuradas y áreas de contacto interproximal planas y amplias, los hacen que sean los dientes deciduos más propensos a caries. El área interproximal es el espacio existente entre dos dientes adyacentes y está ocupado por la encía. Las condiciones que ofrecen los espacios interproximales facilitan la acumulación del biofilm oral, lo que conduce a la aparición de caries dental. Las que aparecen con mayor frecuencia en esta dentición son las de las superficies mesial del segundo molar y distal del primero, que en muchísimas ocasiones aparecen concomitantes. Las caries interproximales son de más rápida progresión que las oclusales, lo que puede provocar la pérdida de la estructura del diente e incluso la pérdida total del órgano dental. La extracción prematura de los dientes primarios es una de las principales causas de deformación de la dentición, que conlleva diversas secuelas. La falta de contacto interproximal por la presencia de caries dental o la pérdida prematura de un molar primario puede

ocasionar la pérdida de espacio en el segmento posterior de las arcadas, ya que los molares migran mesialmente al perder el punto del contacto. La pérdida de espacio en el sector posterior o la pérdida en la longitud del arco en niños con dentición primaria o mixta temprana es uno de los problemas que se enfrenta el odontopediatra y el ortodoncista; se considera una de las principales causas de maloclusión en la dentición permanente. Clínicamente, este problema puede tener consecuencias graves a futuro en la oclusión dental del niño si no se identifican los factores que lo producen y se interviene. Conservar el espacio para los dientes permanentes debería de ser uno de los objetivos de la odontología preventiva.

Palabras clave: salud bucal, dentición primaria, maloclusión, longitud del arco.

Abstract

Untreated tooth decay in both dentitions has a significant burden of disease globally. In Latin America and Mexico school-age children and adolescents have considerable treatment needs and little contact with dental services for restorative and preventive treatments. Caries in the primary dentition represents a major public health problem among children around the world. One of the major procedures to eliminate tooth decay if not controlled earlier in its progression is the extraction of the tooth. Tooth extractions, although often considered the last choice in the range of treatments in dental practice, remain a common procedure in dental care. Tooth loss represents the stories of dental diseases and treatments throughout the life of a person. The anatomy of primary molars, with their fissured occlusal surfaces and broad flat interproximal contact areas, make them the most caries-prone deciduous teeth. The interproximal area is the space between two adjacent teeth that is occupied by the gum. The conditions offered by the interproximal spaces facilitate the accumulation of oral biofilm, which leads to the appearance of dental caries. Those that appear more frequently in this dentition are in the mesial surfaces of the second molar and distal of the first, which in many occasions appear concomitant. Interproximal cavities are more rapidly progressive than occlusal ones, which can cause loss of tooth structure and even complete tooth loss. Premature extraction of primary teeth is one of the main causes of dentition anomalies, leads to various sequels. The lack of interproximal contact due to the presence of dental caries or the premature loss of a primary molar can cause space loss in the posterior segment of the arches, since the molars migrate mesially when losing the point of contact. Loss of space in the posterior segment or loss of arch length in children with primary or early mixed dentition is one of the problems faced by pediatric dentists and orthodontists. It is considered one of the main causes of malocclusion in the permanent dentition. Clinically, this problem can have serious consequences on the child's dental occlusion if the factors involved are not identified and addressed. Preserving space for permanent teeth should be one of the objectives of preventive dentistry.

Keywords: oral health, primary dentition, malocclusion, arch length

Introducción

En general, las enfermedades bucales son un serio problema de salud pública que afecta a un porcentaje importante de la población mundial. Específicamente, la caries dental no tratada en ambas denticiones, la periodontitis severa y la pérdida severa de dientes, representan una carga importante de la enfermedad a nivel global.¹ La Organización Mundial de la Salud ha definido carga de la enfermedad como el impacto de un problema de salud en un área específica medida por la mortalidad y la

morbilidad. Este se cuantifica en términos de “años de vida ajustados por discapacidad” (DALYs, siglas en inglés), que permite cuantificar el número de años perdidos debido a la enfermedad.² De acuerdo con Kassebaum et al.,³ en las últimas tres décadas no se ha observado una mejora de la salud bucal, por lo que las condiciones bucales siguen siendo un desafío importante para la salud pública en todo el mundo. Debido a los cambios demográficos, como el crecimiento y el envejecimiento de la población, la carga de las condiciones bucales aumentó dramáticamente entre 1990 y 2015; la evidencia sugiere que el número de personas con afecciones bucales no tratadas aumentó de 2.5 mil millones en 1990 a 3.5 mil millones en 2015.³ En América Latina y México, los niños y adolescentes en edad escolar tienen necesidades de tratamiento considerables y poco contacto con los servicios dentales para recibir tratamientos restauradores y preventivos.⁴⁻¹¹ En México las cifras de caries dental en la dentición primaria son elevadas.^{8,10-14}

La caries en la dentición primaria representa un importante problema de salud pública entre los niños de todo el mundo y se mantiene prevalente, especialmente en los infantes que viven en países de ingresos bajos y medios. Esta enfermedad a menudo no se trata, lo que causa sufrimiento, dolor y perjudica la calidad de vida, la salud general, el crecimiento y el desarrollo de los niños. Además, si se requiere de hospitalización o se necesitan procedimientos quirúrgicos, puede afectar la vida de toda la familia y, al mismo tiempo, representa un impacto económico para los sistemas de salud.¹⁵ La caries dental tiene diversas consecuencias en las personas que la padecen. La extracción del diente es el destino final para eliminar la caries dental en ambas denticiones, cuando no es controlada por algún tratamiento. Las extracciones dentales, aunque a menudo se consideran la última elección en la gama de tratamientos en la práctica odontológica, siguen siendo un procedimiento común en la atención estomatológica, sobre todo en los países menos desarrollados, y en general, en entornos desfavorecidos.^{16,17} La pérdida de dientes representa la historia de las enfermedades y los tratamientos dentales que las personas han tenido a lo largo de su vida; esta historia es modificada por las actitudes de los pacientes y por las decisiones clínicas del profesional de salud, la relación dentista-paciente, la disponibilidad y accesibilidad de los servicios de salud dentales, así como las filosofías que prevalecen al momento de la atención dental.¹⁸

Es importante que un dentista conozca la relación oclusal de la dentición primaria y los factores que la pueden alterar, para que la maloclusión en ambas denticiones pueda predecirse en las primeras etapas y corregirse consecuencia tiempo. La dentición primaria es la plataforma para la dentición permanente. La oclusión de la dentición permanente se puede predecir observando las características clave de la oclusión en el sistema dentoalveolar del niño: estas características clave son las relaciones entre los molares y caninos y el espaciamiento en la dentición temporal. El conjunto característico de rasgos de esta dentición sienta en gran medida la base para la erupción y alineación adecuadas de la dentición permanente. Una dentición primaria espaciada es un indicador del desarrollo favorable de la dentición permanente. Estos espacios deciduos son un requisito previo para compensar la discrepancia entre el tamaño de los dientes de las denticiones temporales y permanentes, y juegan un papel crítico en la posterior erupción de los dientes y en el establecimiento de la oclusión de la dentición permanente. Además, la falta de estos espacios en la dentición decidua puede resultar en tamaños desproporcionados entre la mandíbula y los dientes. El espaciamiento en la dentición primaria se puede subdividir en dos tipos: espacio de primates y espacio de desarrollo. Los espacios de primates están ubicados entre los incisivos laterales y los caninos en el arco superior, y entre los primeros molares y los caninos en el arco inferior, mientras que el espaciamiento de desarrollo (también llamado espaciado interdental) se encuentra entre los incisivos tanto en el arco superior como en el inferior.¹⁹ La anatomía de los molares primarios, con sus superficies oclusales fisuradas y áreas de contacto interproximal

planas y amplias, hacen que estos dientes sean más propensos a caries. Entre las funciones de los dientes primarios es el de servir de guía de erupción y mantener el espacio en las arcadas dentarias para los dientes permanentes; por lo que la pérdida de contactos proximales por caries, puede traer consigo diversas consecuencias en la oclusión, como la pérdida de longitud del arco.^{20,21}

Contactos interproximales de los molares en la dentición primaria

Los molares son los dientes primarios más grandes y cumplen una función significativa en la masticación. Los molares en esta dentición tienen el mismo número de raíces que los molares permanentes. Las coronas de los molares primarios tienen una morfología más bulbosa y las raíces son más divergentes que las de los molares permanentes. Las superficies vestibular, lingual, mesial y distal de los molares superiores son todas convexas. La superficie oclusal es rectangular.²²

El área interproximal, interdental o interdentaria es el espacio existente entre dos dientes adyacentes y que está ocupado por la encía. Las condiciones que ofrecen los espacios interproximales facilitan la aparición y la acumulación del biofilm oral, ya que son zonas difíciles de acceder incluso aunque los dientes se encuentren en una posición normal.²³ Las superficies proximales de los dientes también están sometidas a diversas fuerzas. El contacto proximal entre dientes adyacentes ayuda a mantener los dientes en posición normal.²⁴ Cuando dos dientes están en contacto esta área se conoce como "punto de contacto" en dientes permanentes y "área de contacto" en dientes primarios. La función de los puntos o áreas de contacto es mantener un arco dental estable y prevenir la acumulación de alimentos en la encía interdental; estas áreas juegan un papel clave en el desarrollo de caries en molares en dentición primaria.²⁵ Las áreas de contacto interproximales de molares primarios se establecen alrededor del tercer año de vida, cuando el segundo molar completa su proceso de erupción, permaneciendo hasta la dentición permanente. Una vez que han hecho erupción los dientes primarios, las relaciones interproximales y oclusales no son estáticas, sino que cambian debido al crecimiento y desarrollo maxilofacial que altera la relación de las bases maxilares, y también debido al propio desgaste funcional de la dentición primaria.²⁰

Caries interproximal

Un conjunto de factores etiológicos controla el desarrollo de la caries dental en los niños. La influencia relativa de cada factor difiere notablemente entre los individuos.²⁶ Las configuraciones anatómicas y morfológicas aberrantes, como fosetas y fisuras profundas y áreas de contacto proximales planas y anchas, y la disposición que éstos tienen dentro de la arcada, pueden condicionar el punto de inicio de las caries; estos factores pueden determinar la aparición de zonas de difícil acceso a la limpieza mecánica del biofilm dental, ya sea mediante hábitos higiénicos o por la autoclisis. El apiñamiento dental reduce el acceso a las medidas de higiene; por lo tanto, aumenta la acumulación de placa y promueve la aparición de caries. Esta situación se observa con mayor frecuencia en las caras proximales de los dientes por debajo del punto de contacto. Se ha observado que la ausencia de espacios interdetales en los dientes se asocia con una mayor experiencia de caries en la dentición temporal.²⁷⁻²⁹ Las bacterias presentes en las superficies lisas y de las fosas y fisuras son diferentes. Mientras que en las superficies lisas se produce una alternancia repetida de gérmenes, en los surcos y fisuras la colonización es muy impredecible; cada fisura oclusal puede ser considerada una unidad ecológica.^{26,30}

Respecto a las caries que se observan en las zonas lisas de los dientes, su localización más frecuente es en las superficies interproximales, que se ven afectadas mucho antes de lo que lo harían las superficies vestibular o lingual. El patrón de aparición de caries en la dentición temporal parece ser inicialmente más común en la superficie oclusal que en la superficie proximal. La caries interproximal en los

segmentos anterior y bucal de la dentición primaria no suele ocurrir sino hasta que se desarrolla el contacto proximal. Para el comienzo de las caries interproximales en la dentición primaria debe existir un punto de contacto instaurado. Este punto de contacto entre dientes posteriores ocurre con mayor frecuencia en los niños mayores de seis años. Se ha sugerido que, si las superficies proximales de los dientes temporales no se carían a la edad de 6 a 8 años, el riesgo de desarrollar enfermedades dentales es muy bajo durante el período restante de dentición mixta. Es importante diferenciar el papel de los diferentes sitios dentales en la historia natural de la caries.^{26,30}

Las caries interproximales son siempre difíciles de diagnosticar mediante la simple inspección visual, aunque en algunas ocasiones se puedan intuir al aparecer como sombras en los rebordes marginales de los molares. Las que aparecen con mayor frecuencia en esta dentición son las de las superficies mesial del segundo molar y distal del primero, que frecuentemente parecen concomitantes. Las caries interproximales son de más rápida progresión que las oclusales y también producen un mayor porcentaje de patología pulpar.³⁰

Pérdida de dientes

La pérdida prematura se define como la pérdida de un diente de la dentición primaria antes del momento de su exfoliación natural.³¹ La extracción prematura de los dientes primarios es una de las principales causas de deformación de la dentición. Las secuelas resultantes de la pérdida temprana de la dentición primaria pueden afectar a la estética y psicología del niño, y al desarrollo del habla y a la integridad de la arcada dentaria. Asimismo, pueden conducir hacia una incorrecta erupción de los dientes permanentes, adelantando o retrasando la erupción de los dientes sucesores, e incluso a un desarrollo de hábitos orales nocivos para el niño.³² Los pacientes pediátricos pueden experimentar diferentes efectos locales que afectan la correcta oclusión, tales como rotación dental, extrusión del diente antagonista, apiñamiento dental, alteraciones del crecimiento craneofacial y, en particular, la impactación del diente sucesor y la reducción de la longitud del arco dental. La pérdida de los molares primarios puede conducir a la falta de espacio, maloclusión y una discrepancia de la línea media en la dentición permanente, el desplazamiento de los dientes que bordean el defecto, el estrechamiento y acortamiento de la arcada dentaria. Incluso se aumenta el riesgo a la retención de los premolares, llevando los caninos permanentes fuera de la arcada dentaria, e incluso a los molares permanentes.³¹

Pérdida de espacio posterior por caries y pérdida de dientes

El período entre la dentición primaria y la dentición mixta está marcado por cambios continuos en la dentición, los que pueden progresar normalmente o ser afectados por factores genéticos, ambientales y funcionales. Estos desempeñan una función principal en el desarrollo dental y la formación de la oclusión. Desde el punto de vista geométrico, la longitud o el perímetro del arco dental es la distancia a lo largo de la arcada dentaria, tomada a partir del extremo más distal del último molar presente en uno de los lados, hasta el extremo más distal del último molar del otro lado, y medida a nivel de los contactos interproximales (Figura 1).^{33,34}

La falta de espacio es la primera preocupación del ortodoncista y continúa siendo uno de los puntos clave del diagnóstico y el plan terapéutico. La mayoría de las acciones en la ortodoncia preventiva están encaminadas a evitar la aparición de las desproporciones óseo-dentarias, principalmente las negativas.³⁴ La conservación del perímetro de arco se debe a la continuidad natural de la arcada, lograda por el contacto interproximal, por lo que es indispensable mantener sanas las denticiones temporal y mixta. Una complicación por la presencia de las caries interproximales debido a la pérdida de estructura dentaria interproximal y de la pérdida prematura de los dientes primarios es la disminución de la

longitud de arco.^{33,35,36} Otros factores que influyen en la disminución de la longitud de arco son los hábitos bucales, la ausencia congénita de dientes, erupción ectópica, malformaciones dentales, dientes anquilosados y restauraciones interproximales defectuosas.^{34,37} Se ha reportado que, aun sin la pérdida prematura de dientes primarios, la longitud del arco se reduce, debido a la alteración de las estructuras dentales por caries, ya que los molares migran mesialmente al perder el punto del contacto. También se ha señalado que la caries y la pérdida temprana de los dientes temporales pueden causar pérdida de espacio para la dentición permanente.³⁸

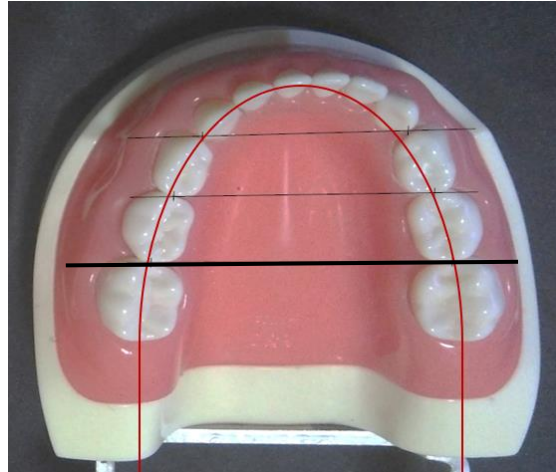


Figura 1. Esquema de la longitud del arco dentario primario

La pérdida de espacio en el sector posterior o la pérdida en la longitud del arco en niños con dentición primaria o mixta temprana es uno de los problemas que enfrentan el odontopediatra y el ortodoncista. Clínicamente, este problema puede tener consecuencias graves a futuro sobre la oclusión dental del niño si no se identifican los factores que lo producen y se intervienen sobre estos, por lo que conservar el espacio para los dientes permanentes debería de ser uno de los objetivos de la odontología preventiva.³⁸

La pérdida de espacio en la dentición primaria se considera una de las principales causas de maloclusión en la dentición permanente. El mantenimiento de la longitud del arco en la dentición primaria, mixta y permanente temprana es importante para el desarrollo normal de la oclusión. El mantenimiento del espacio a menudo puede prevenir el desarrollo de una maloclusión posterior o reducir su gravedad. El patrón de pérdida de espacio depende de muchos factores, incluyendo la edad, la etapa de desarrollo, los dientes que se han perdido, la presencia de apiñamiento dental, y las relaciones oclusales.^{39,40}

La pérdida prematura de los molares temporales determina principalmente una reducción de la longitud del arco en la región molar. La contracción del espacio se manifiesta primordialmente por migración mesial, la modificación de la inclinación del eje del diente en su implantación ósea y, en menor grado, por migración distal del canino. El cambio de secuencia de erupción tras la pérdida prematura de molares temporales es un fenómeno que debe ser considerado, especialmente cuando se adopta un tratamiento interceptivo, con la preservación dentro de los límites normales del complejo oclusal morfofuncional.⁴¹

Agradecimientos

El autor principal realizó el trabajo cuando gozaba de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Referencias

1. Marcenes W, Kassebaum NJ, Bernabé E, Flaxman A, Naghavi M, Lopez A, et al. Global burden of oral conditions in 1990-2010: a systematic analysis. *J Dent Res* 2013;92:592-597.
2. Romero-Placeres M. Importancia de la carga de enfermedad debida a factores ambientales. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2014;52(2):149-151.
3. Kassebaum NJ, Smith AGC, Bernabé E, Fleming TD, Reynolds AE, Vos T, Murray CJL, 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;96:380-387.
4. Sampaio FC, Malheiros Z, Benítez C, Stewart B, Bönecker M. Dental Caries in Latin American and Caribbean countries: urgent need for a regional consensus. *Braz Oral Res*. 2021;35(suppl 01):e057.
5. Sampaio FC, Bönecker M, Paiva SM, Martignon S, Ricomini Filho AP, Pozos-Guillen A, et al. Dental caries prevalence, prospects, and challenges for Latin America and Caribbean countries: a summary and final recommendations from a Regional Consensus. *Braz Oral Res*. 2021;35(suppl 01):e056.
6. Ricomini Filho AP, Chávez BA, Giacaman RA, Frazão P, Cury JA. Community interventions and strategies for caries control in Latin American and Caribbean countries. *Braz Oral Res*. 2021;35(suppl 01):e054.
7. Paiva SM, Abreu-Placeres N, Camacho MEI, Frias AC, Tello G, Perazzo MF, et al. Dental caries experience and its impact on quality of life in Latin American and Caribbean countries. *Braz Oral Res*. 2021;35(suppl 01):e052.
8. Villalobos-Rodelo JJ, Mendoza-Rodríguez M, Islas-Zarazúa R, Márquez-Rodríguez S, Mora-Acosta M, Pontigo-Loyola AP, et al. Experience and Prevalence of Dental Caries in 6 to 12-Year-Old School Children in an Agricultural Community: A Cross-Sectional Study. *Children (Basel)*. 2021a;8(2):99.
9. Villalobos-Rodelo JJ, Lucas-Rincón SE, Jimenez-Gayosso SI, Hernández-Martínez CT, Márquez-Corona ML, Pontigo-Loyola AP, et al. Characterizing Socioeconomic Inequalities in Professionally Applied Topical Fluoride Treatment Courses in Schoolchildren from a Developing Country. *J Immigr Minor Health*. 2021; en prensa.
10. Medina-Solís CE, Ávila-Burgos L, Borges-Yañez SA, Irigoyen-Camacho ME, Sánchez-Pérez L, Zepeda-Zepeda MA, et al. Ecological study on needs and cost of treatment for dental caries in schoolchildren aged 6, 12, and 15 years: Data from a national survey in Mexico. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(7):e19092.
11. Casanova-Rosado JF, Casanova-Rosado AJ, Minaya-Sánchez M, Casanova-Sarmiento JA, Robles-Minaya JL, Márquez-Rodríguez S, Mora-Acosta M, Islas-Zarazúa R, Márquez-Corona ML, Ávila-Burgos L, Medina-Solís CE, Maupomé G. Self-Reported Dental Caries by Mexican Elementary and Middle-School Schoolchildren in the Context of Socioeconomic Indicators: A National Ecological Study. *Children (Basel)*. 2021;8(4):289.
12. Lara JS, Romano A, Pedroza Uribe M, Tedesco TK, Mendes FM, Soto-Rojas AE, et al. Impact of Early Childhood Caries Severity on Oral Health-Related Quality of Life among preschool children in Mexico - A cross-sectional study. *Int J Paediatr Dent*. 2021 Aug 6. doi: 10.1111/ipd.12889.
13. Molina-Frechero N, Durán-Merino D, Castañeda-Castaneira E, Juárez-López ML. La caries y su relación con la higiene oral en preescolares mexicanos. *Gac Med Mex*. 2015;151(4):485-90.
14. Medina-Aguilar S, Silva-González G, Manzo-Palomera O, Hernández- Rivas, Martin-Zermeño , Sánchez-Michel Á. Prevalencia de caries dental del preescolar de la región costa norte de Jalisco, México año 2010. 2015; *Rev Tamé* 2015;4(10):344-349.
15. Bencze Z, Mahrouseh N, Andrade CAS, Kovács N, Varga O. The Burden of Early Childhood Caries in Children under 5 Years Old in the European Union and Associated Risk Factors: An Ecological Study. *Nutrients*. 2021;13(2):455.
16. Lee CY, Chang YY, Shieh TY, Chang CS. Reasons for permanent tooth extractions in Taiwan. *Asia Pac J Public Health* 2015;27:NP2350-7.
17. Herrera MS, Medina-Solís CE, Robles-Bermeo NL, Minaya-Sánchez M, Alonso-Sánchez CC, Lara-Carrillo E, et al. Consulta por extracción dental en niños nicaragüenses: una aproximación a las necesidades de atención bucal. *Pediatr (Asuncion)* 2017;44(3):239-244.
18. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJ, Marcenes W. Global burden of severe tooth loss: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2014;93 7 Suppl:20S-8S.
19. Kumar D, Gurunathan D. Primary Canine and Molar Relationships in Centric Occlusion in 3- to 6-year-old Children: A Cross-sectional Survey. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2019;12(3):201-204.

20. Torres-Carvajal M. Desarrollo de la dentición. La dentición primaria. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. 2009. Obtenible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2009/art-23/> Consultado: Junio 2020.
21. Gurrola-Martínez B, Álvarez-Bañuelos VJ. Cavidades para dentición infantil. UNAM, FES Zaragoza. 2018.
22. Tafti A, Clark P. Anatomy, Head and Neck, Primary Dentition. 2021 Aug 2. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
23. Bussaneli DG, Restrepo M, Boldieri T, Albertoni TH, Santos-Pinto L, Cordeiro RCL. Proximal caries lesion detection in primary teeth: does this justify the association of diagnostic methods?. *Lasers Med Sci*. 2012; 30:2239–2244.
24. Tello-Martínez JM. Estudio de las arcadas dentarias. El papel del higienista dental en el tratamiento odontológico de la articulación temporomandibular (ATM) 2012. Disponible en <http://www.lacerodontologia.com>
25. Jamensky G. Investigation of the association between posterior interproximal contact points and approximal caries in the primary dentition. McGill University, Montreal. 2013.
26. Subramaniam P, Babu KI G, Nagarathna J. Interdental spacing and dental caries in the primary dentition of 4-6 year old children. *J Dent (Tehran)*. 2012;9(3):207-14.
27. Allison PJ, Schwartz S. Interproximal contact points and proximal caries in posterior primary teeth. *Pediatr Dent*. 2003;25(4):334-40.
28. Novaes TF, Matos R, Celiberti P, Braga MM, Mendes FM. The influence of interdental spacing on the detection of proximal caries lesions in primary teeth. *Braz Oral Res*. 2012;26(4):293-9.
29. Cho VY, King NM, Anthonappa RP. Correlating spacing in the primary dentition and caries experience in preschool children. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2021;22(3):393-397.
30. Facal-García M, Blanco-Rivas A, Sieira-Fernández C, Alonso-Alonso I. Topografía de las caries en los molares temporales y su relación con la edad cronológica. *Odontol Pediatr (Madrid)* 2002;10(3):111-115.
31. Ahamed SSS, Reddy VN, Krishnakumar R, Mohan MG, Sugumaran DK, Rao AP. Prevalence of early loss of primary teeth in 5–10-year-old school children in Chidambaram town. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2012;3(1):27-30.
32. Holan G, Needleman H L. Premature loss of primary anterior teeth due to trauma– potential short-and long-term sequelae. *Dent Traumatol* 2014;30:100–106.
33. Ricardo Reyes M. Riesgos asociados a la pérdida de la longitud del arco dentario en la dentición mixta temprana. *MEDISAN* 2010 ;14(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192010000100006&lng=es.
34. González Espangler L, Ramírez Quevedo Y, Durán Vázquez WE, Moreno Brooks JM. Pérdida de la longitud del arco dental en niños de 8 a 11 años. *MEDISAN*. 2016; 20(4):472-480.
35. Medina-Solís CE, Herrera-Miriam del S, Rosado-Vila G, Minaya-Sánchez M, Vallejos-Sánchez AA, Casanova-Rosado JF. Pérdida dental y patrones de caries en preescolares de una comunidad suburbana de Campeche. *Acta Odontol. Venez* 2004;42(3):165-170.
36. Lucas-Rincón SE, Robles-Bermeo NL, Lara-Carrillo E, Scougall-Vilchis RJ, Pontigo-Loyola AP, Rueda-Ibarra V, et al. Interproximal caries and premature tooth loss in primary dentition as risk factors for loss of space in the posterior sector: A cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(11):e14875.
37. Moreno-Alanis S, Pedraza-Contreras G, Lara-Carrillo E. Mantenedor de espacio en pérdida prematura de órganos dentarios en dentición mixta. *Rev ADM* 2011;68(1):30-34.
38. Salazar Arboleda GE, Uribe Rosales K, Moncaleano Arévalo AM. Efecto de la caries dental en la oclusión de pacientes en dentición primaria. *Un estudio descriptivo Universitas Odontológica* 2013;32(68):147-155.
39. Durward CS. Space maintenance in the primary and mixed dentition. *Ann R Australas Coll Dent Surg*. 2000;15:203-5.
40. Simon T, Nwabueze I, Oueis H, Stenger J. Space maintenance in the primary and mixed dentitions. *J Mich Dent Assoc*. 2012;94(1):38-40.
41. Cernei ER, Maxim DC, Zetu IN. The influence of premature loss of temporary upper molars on permanent molars. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*. 2015;119(1):236-42.

Deglución atípica: Revisión de la literatura

Paulina Villalobos-Chávez,¹ Fabián de León-Chacón,² Juan Carlos Cuevas-González,² León Francisco Espinosa-Cristóbal,² Salvador Nava-Martínez,² Jessica Anahí Domínguez-Monrreal,² Diana Juana García-Zamarrón.²

¹Especialidad en Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Juárez, México. ²Departamento de Estomatología, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Juárez, México.

Correspondencia

Paulina Villalobos Chávez: Especialidad en Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Juárez, México. email: al175515@alumnos.uacj.mx

Resumen

Durante el crecimiento y desarrollo del ser humano nos hemos percatado que el sistema estomatognático desarrolla una serie de cambios fisiológicos únicos, los cuales dependen de diferentes factores etiológicos que el individuo puede presentar durante el crecimiento, tales como problemas de tipo neurológico, factores asociados con síndromes (macroglosia), respiración bucal, pérdida prematura de las piezas dentales temporales y la persistencia de hábitos fisiológicos no funcionales como los hábitos orales, éstos últimos influyen de manera importante en el complejo máxilo-facial y en el padecimiento de las maloclusiones. La presente revisión tiene como objetivo destacar la importancia en identificar tempranamente la presencia del hábito de deglución atípica, conocer sus principales características (retrognatismo mandibular, perfil convexo, mordida abierta, protrusión del ápice lingual, pro inclinación de los dientes anterosuperiores, alteración de algunos fonemas, entre otros), la aplicación de diferentes técnicas específicas para diagnosticarlo con el fin de prevenir futuros problemas óseo-dentales, así como la aplicación de diferentes terapias para su tratamiento. Hoy en día no existen reportes concisos que muestren la prevalencia de este hábito en la población, por lo cual día a día van en aumento las maloclusiones y deficiencias en el desarrollo de estructuras óseas faciales, como consecuencia es de vital importancia concientizar al odontólogo y a los especialistas relacionados en el correcto diagnóstico y manejo de este hábito oral.

Palabras clave: Diagnostico; terapia; tratamiento

Atypical swallowing: a literature review**Abstract**

During the growth and development of the human being, we have noticed that the stomatognathic system develops a series of unique physiological changes, which depend on different etiological factors that the individual may present during growth, such as neurological disorders, factors associated with syndromes (macroglossia), oral breathing, premature loss of temporary dental pieces and the persistence of non-functional physiological habits such as oral habits, these final habits significantly influence the maxillofacial complex and the suffering of malocclusions. This review aims to highlight

the importance of identifying the presence of atypical swallowing habits at an early stage, knowing its main characteristics (mandibular retrognathism, convex profile, open bite, protrusion of the lingual apex, proclination of the anterior superior teeth, alteration of some phonemes, among others), the application of different specific techniques for a proper diagnostic in order to prevent future bone-dental problems, as well as the application of different therapies for its treatment. Today, there are no concise reports that show the prevalence of this habit in the population, in result day to day the malocclusions and deficiencies in the development of facial bone structures are increasing; therefore, it is vital to raise awareness among the dentist and specialists related to the correct diagnostic and management of this oral habit.

Keywords: Diagnosis; therapy; treatment

Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala a las maloclusiones como un problema de salud pública, incluso lo ubica en el tercer lugar de prevalencia de afecciones bucales, las cuales están relacionadas con diversos factores de tipo genético y ambiental.¹

Hoy en día existen diversos estudios que describen la prevalencia de las maloclusiones en niños y adultos, así como también los factores ambientales dentro de los cuales se incluyen a los hábitos orales como responsables de la afección de la dentición a edades muy tempranas.

Un hábito se define como una acción que se repite regularmente hasta llegar a efectuarse de forma automática, puede ser adquirido o innato.²

Ya desde 1973, Subtenly destacaba lo ya descrito en 1929 por Oslon acerca de varios hábitos parafuncionales entre los que se encuentran la onicofagia, succión digital, entre otros.^{3,4}

En cuanto a los hábitos orales se les define como comportamientos parafuncionales que pueden ser normales en determinado momento de la vida,⁵ mismos que pueden influir en el desarrollo de una maloclusión dependiendo de la frecuencia, duración e intensidad durante el crecimiento, por consecuencia se presentan cambios específicos en la oclusión y en los tejidos óseos y faciales.^{6,46} La manifestación de cualquier tipo de hábito miofuncional oral a partir 6 años de vida, puede inducir a un desequilibrio en el desarrollo del complejo óseo dental del ser humano.^{7,8}

Josell en 1995 re-clasificó a los hábitos orales en 3 tipos: a) nervioso (mordisqueo de labio o carrillo, objetos, empuje lingual, deglución infantil, onicofagia, presión en los dientes a través del dedo o un objeto); b) profesionales: tocar instrumentos musicales con la boca, sostener clavos; c) ocasionales: cigarro o pipa, cepillado inadecuado, succión digital o de labio.⁴

El hábito de lengua puede ser definido como la posición protruida de la lengua entre los segmentos bucales durante la fase de deglución, como consecuencia de este hábito se desarrollan deformaciones tales como pro-inclinación de los incisivos, mordida abierta anterior, mordida cruzada, y discrepancias entre ambos maxilares, dando como resultado una afección en el funcionamiento del sistema estomatognático y sistema respiratorio.⁹

Para entender la importancia del diagnóstico y tratamiento de este hábito y de tal manera prevenir futuras enfermedades de la cavidad bucal es importante conocer el proceso de la deglución normal el cual se divide en: deglución infantil y/o visceral y adulta.

Deglución infantil o visceral

La deglución surge durante la lactancia, ocurre cuando existe un acoplamiento de los labios del bebé, pezón y la areola, permitiendo así que la función respiratoria, la succión y la deglución se realicen de forma coordinada y adecuada, sin complicaciones ni riesgo de aspiración.¹⁰

Debido a que los órganos dentarios no han erupcionado aún, es importante la posición de la lengua, la cual es proyectada hacia el reborde gingival tomando una posición palatinizada.¹¹⁻¹³

Aproximadamente a los seis meses de edad inicia la erupción de los primeros dientes temporales, la lengua se va colocando de manera progresiva en una posición más posterior, y la punta por lo general hace contacto con las rugas palatinas al momento de la deglución, el contacto oclusal interviene también en la modificación de la actividad neuromuscular dando como resultado que el patrón del reflejo de amamantamiento se vaya perdiendo.^{12, 14}

Cuando la deglución infantil es ejercida después de la fase de alimentación por medio del biberón se considera anormal. Existe un periodo de transición al patrón de deglución adulta que oscila entre los 2 y 12 años, éste puede verse afectado en aquellos niños que padezcan alteraciones en las vías respiratorias, hábitos digitales, alergias crónicas, deficiencias neuromotoras, esqueléticas y orofaciales.¹⁵

Deglución Adulta o somática

Este patrón se lleva a cabo entre los 6 meses y el primer año, el cual depende de la maduración neuromuscular, variación postural de la cabeza, y la transición de un reflejo incondicionado a uno aprendido, presentándose en condiciones de desarrollo y crecimiento normales, asimismo este cambio está regularizado por el cambio de una alimentación líquida a sólida y la erupción dentaria, la lengua se posicionará más hacia atrás y la punta se ubicará cercana a la papila palatina.¹⁶

La deglución somática o adulta está caracterizada por una estabilidad en la mandíbula dada por la contracción de los músculos elevadores de la mandíbula y los labios ligeramente contraídos, así como también los músculos del mentón y orbicular se encuentran relajados, la lengua adquiere una posición más retraída apoyando la punta contra la papila palatina, los molares se encuentran en oclusión céntrica.^{11, 16, 17}

Alteraciones de la deglución

Deglución atípica

Alrededor de los dos y tres años el bebé deberá abandonar el patrón de la deglución visceral para luego adaptarse a la masticación y deglución de todo tipo de alimentos, pero si este patrón persistiera a una edad mayor de los cuatro años se considera que presenta deglución atípica o infantil. En el 2003, Marchensan refirió que el concepto de deglución atípica nació en el campo de la Odontología, definiéndolo como el movimiento incorrecto de la lengua durante la fase oral de la deglución.^{18, 19}

Existe una teoría llamada “del equilibrio”, donde se menciona que la presión ejercida por la lengua sobre los dientes de manera constante provocará cambios significativos, es decir, un individuo que repose la lengua en el sector anterior alterará la posición dental en sentido vertical u horizontal.²⁰

Según los estudios realizados por E. Mack, se menciona que se producirá un desplazamiento significativo sobre un diente por efecto de una presión continua de 50 mg., durante un lapso de 12 horas, considerando que se deglute alrededor de 500-600 veces diarias una vez cada dos minutos aproximadamente.^{21, 48}

Chacón en el 2004, refiere que la deglución atípica en los niños es un mal hábito, consecuencia de muchos factores los cuales desencadenan un gran número de alteraciones a en la cavidad bucal.²² Este hábito se logra detectar cuando la lengua es proyectada hacia la cara palatina de los dientes incisivos dando como resultado una mordida abierta y creando un espacio que luego será ocupado por la lengua,

creando un efecto negativo sobre el maxilar y la mandíbula. En algunos estudios se ha determinado que la deglución atípica se acentúa entre los 7 y 8 años.^{23, 49}
 Los signos clínicos que podemos identificar en la deglución atípica se observan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Características anatómicas-funcionales de la deglución atípica.

Características	Deglución atípica
Anatómicas y Funcionales	Perfil facial convexo
	Retrognatismo mandibular
	Maloclusión más común clase II
	Mordida abierta
	Mordida cruzada posterior uni o bilateral
	Interposición lingual entre los dientes incisivos con presión del ápice.
	Falta de sellado labial
	Interposición labio inferior
	Hipotonicidad de labio superior
	Hipertonidad mentoniana
	Paladar ojival
	Incisivos superiores vestibularizados, e inferiores lingualizados y apiñados
	Movimiento compensatorio de la cabeza al deglutir
	Fonemas alterados: l,n,t,d,s,z.
	Aumento y acumulación de saliva en las comisuras de la boca.
Respiración oral	
Gingivitis crónica	

Cuadro 2. Características de la deglución atípica durante la fase deglutoria.

Características	Deglución atípica
Durante la deglución	Masticación con los dientes y no con los molares posteriores
	Restos de comida en el vestíbulo o lengua
	Apertura de los labios durante la masticación
	Requieren más de una deglución por bocado
	Falta de contracción maseterina al deglutir
	Protrusión de la lengua para el alcance de los alimentos
	Contracción excesiva de los labios al deglutir

Etiología

Los factores etiológicos de la deglución atípica pueden estar relacionados a problemas neurológicos, amígdalas hipertróficas, respiración bucal, macroglosia (poco frecuente), frenillos linguales cortos, alimentación prolongada a través de tetera, pérdida prematura de los dientes temporales anteriores.^{21,44}

Clasificación

Según la clasificación de Moyers (1976), el hábito de lengua se divide en simple y complejo. El tipo simple es caracterizado por una contracción de la musculatura perioral, como los labios y el mentón, además de presentar estabilidad oclusal, en cambio en el empuje lingual complejo se presenta una deglución con labios y dientes separados, una contracción de la musculatura perioral y una deficiente estabilidad oclusal.^{4,23}

Tipos de deglución atípica

- Deglución con presión atípica de labio: (Interposición labial). Para poder realizar el contacto del labio superior e inferior la mandíbula se desliza hacia adelante, y al momento de deglutir se desliza hacia atrás, de tal forma que el labio inferior la acompaña y se sitúa sobre las caras palatinas de los incisivos superiores.
- Deglución con presión atípica de la lengua: La lengua se sitúa entre los incisivos interponiéndose también sobre los premolares y molares, existe contracción de las comisuras, provocando que el arco se estreche a partir de los caninos. Los músculos elevadores de la mandíbula no se contraen.
- Deglución con contracción comisural: Contracción de los músculos risorios al momento de la deglución, manifestándose los hoyuelos en las comisuras.^{24,45}

Brauer (1965) propuso una clasificación de acuerdo con las deformidades causadas por la deglución atípica con empuje lingual ²⁵. La clasificación se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de la deglución atípica Brauer (1965) con empuje lingual, grupos y subgrupos.²⁵

Deglución atípica con empuje lingual	
Grupo I	Empuje lingual no deformante
Grupo II	Empuje lingual con deformación anterior: <ul style="list-style-type: none">• Mordida abierta anterior• Relacionado con protrusión de dientes anteriores
Grupo III	Empuje lingual con deformación lateral: <ul style="list-style-type: none">• Mordida abierta posterior• Mordida cruzada posterior• Mordida profunda
Grupo IV	Empuje lingual con deformación anterior y lateral: <ul style="list-style-type: none">• Mordida abierta anterior y posterior.• Relacionado con la protrusión de dientes anteriores.• Relacionado con mordida cruzada anterior

Factores de riesgo

Las características relacionadas con la aparición de este hábito son el uso prolongado del biberón, alimentos de consistencia blanda en edad mayor a la adecuada provocando una musculatura débil, el uso de chupón, succión digital, queilofagia, onicofagia y la respiración bucal.⁹

Técnicas para su evaluación

El odontólogo puede evaluar la posible existencia de deglución atípica empleando diferentes técnicas, la técnica más utilizada por su facilidad y costo nulo ya que se realiza por medio de la palpación y observación de los músculos masticatorios y periorales, además de diagnosticar la protrusión lingual al separar los labios cuando el paciente deglute agua es la Técnica de Moyers creada en 1976. Existen otros métodos para evaluar la posición de la lengua por medio de radiografías, las presiones ejercidas por los tejidos periorales durante la deglución, y la relación con los músculos de la masticación a través de la cinerradiografía, ultrasonido, videofluorografía y la Técnica de Payne que consiste en impregnar el ápice de la lengua con fluoresceína al realizar degluciones para luego observar el punto de apoyo por medio de un día de luz negra.^{3,20,26-33}

Prevalencia

Desde el 2011 Murrieta a realizado estudios en niños en edades preescolares y escolares, en los cuales ya era posible diagnosticar algún habito no nutritivo,³⁴ Chamorro et al, reporta una frecuencia en un grupo de niños en el cual el 45% presentaron hábito de lengua en aquellos que se detectaron hábitos perniciosos.³⁵

Olson ya desde 1929 menciona que el hábito con mayor frecuencia es la succión digital, continuado del hábito de onicofagia, queilofagia y empuje lingual. Otro estudio realizado en 1995 señaló que el hábito más frecuente fue la onicofagia y la masticación de objetos, sin embargo, un estudio realizado posteriormente indicó que los hábitos de mayor frecuencia fueron la masticación de goma de mascar, hielo y objetos. En el 2002, Bosnjak identificó la masticación de objetos y la onicofagia con un (28,07%), succión digital (18,42%), empuje lingual (17,25%) y morderse los labios o carrillos (16,96%).^{3,14,36-38,43}

Rix estudió una muestra de 93 niños de entre 7 y 12 años, 61 de ellos presentaron deglución atípica, de éstos el 36 % maloclusión. Werlich por su parte revisó una muestra de 640 niños de secundaria y encontró que el 30.4 % padecía deglución atípica y el 50.7% presentaba maloclusión clase II.^{38,43}

Un estudio efectuado en México en el 2009 señala una incidencia del 35% en el hábito de onicofagia, señalándolo como el más frecuente, seguido por la succión digital 8.5% y succión labial 8%.³⁴ Años más tarde se estudió a una población de 147 niños de 2 a 15 años, dicho estudio arrojó un 66.2% con el hábito de interposición lingual, 49.3 % succión labial y 41.9% onicofagia seguido de un 31.8 % por respiración bucal, por lo que según se señala que la distribución porcentual por sexo tanto en el sexo femenino como en el masculino, la interposición lingual es la de mayor prevalencia.¹

Tratamiento de la deglución atípica

“El diagnóstico de los trastornos que presenta el paciente deberá ser enfocado por un equipo de profesionales integrado por un odonto-estomatólogo, otorrinolaringólogo, psicólogo y logópeda. Cada uno de ellos, en una acción conjunta, contribuirá a que el resultado de la intervención sea de mayor beneficio para el paciente”.³⁹

El tratamiento de la deglución atípica está formado por 2 bases principales: en ejercicios asesorados por el fonoaudiólogo de terapia miofuncional, la cual tiene como objetivo que el paciente logre establecer un patrón muscular funcional nuevo, así como también la reeducación de la función respiratoria durante la fase de deglución con la finalidad de evitar futuras recidivas, ejercicios psicológicos realizados mediante hipnosis, y en la utilización de aparatología fija o removible y en algunos casos de mayor severidad se realiza la modificación quirúrgica.^{40-42,47}

El tratamiento con aparatología sirve para impedir y reeducar el posicionamiento de la lengua, algunos de los aparatos que nos auxilian son el lip bumper utilizado en la deglución atípica con interposición labial, placa Hawley con rejilla lingual y perla de Tucat para interposición lingual con presión atípica de la lengua.^{21,50}

Conclusión

Es responsabilidad del odontólogo identificar y tratar los hábitos parafuncionales durante la consulta para obtener la funcionalidad y armonía del sistema estomatognático.

En la actualidad no se han encontrado muchos datos ni antecedentes epidemiológicos específicos sobre este hábito, por lo cual es de gran importancia conocer la estadística con la que contamos en la población mexicana, con la finalidad de comprobar que la deglución atípica es cada vez más frecuente, así como tampoco se ha definido un protocolo el cual nos proponga el correcto diagnóstico oportuno de este hábito y de esta manera lograr la prevención de posibles complicaciones óseo-dentales.

Referencias

1. Mendoza L, Meléndez AF, Ortiz R, Fernández A. Prevalencia de las maloclusiones asociada con hábitos bucales nocivos en una muestra de mexicanos Prevalence of malocclusions associated with pernicious oral habits in a Mexican sample. *Rev Salud Oral*. 2016;2(4):220-7.
2. Reni Muller DK, Soledad Piñeiro D. Malos hábitos orales: rehabilitación neuromuscular y crecimiento facial oral bad habits: neuromuscular rehabilitation and their influence in craniofacial growth. *Rev Med Clin Condes*. 2014;25(2):380-8
3. Subtelny JD. Oral habits. Studies in form, function, and therapy. *Angle Orthod*. 1973; 43: 349-83.
4. Ocampo Parra A, Johnson García N, Lema Álvarez MC. Hábitos orales comunes: revisión de literatura. Parte I. *Rev. Nac. Odontol*. 2014. (9): 83-90.
5. Aguilar M. Relación entre hábitos nocivos y maloclusiones en una muestra de 525 pacientes de ortodoncia. *Rev Latin Ortod Odontop*. 2011. Disponible en: <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2011/art25.asp>
6. Agurto P, Díaz R, Cádiz O, Bobenrieth F. Frecuencia de malos hábitos orales y su asociación con el desarrollo de anomalías dentomaxilares en niños de 3 a 6 años del área Oriente de Santiago. *Rev Chil Pediatr*. 1999; 70 (6): 470-482.
7. Alarcón AAM. Deglución atípica: Revisión de la literatura. *Acta odontol Venez*. [internet] 2013 [citado 2016 abril 27] 51 (1). Disponible en: <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2013/1/art21.asp>
8. Jiménez Jiménez J. Importancia de la deglución atípica en las maloclusiones. *Odontol Sanmarquina*. 2017;19(2):41.
9. Blanco V, Quiros O. Deglución atípica y su influencia en las maloclusiones. *Rev Latin Ortod Odontop*. 2013. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2013/art-16/>
10. Schellhorn Hirigoyen, Cecilia. Trastornos de la deglución infantil. *Rev. Soc. Chil. Odontopediatría*. 2007. 22 (1):10-13.
11. Aguilar F. Alimentación y deglución. Aspectos relacionados con el desarrollo normal. *Plasticidad y Restauración Neurológica*. 2005. 4: 1-2. https://www.medigraphic.com/pdfs/plasticidad/prn-2005/prn051_2h.pdf.
12. Segovia, María Luisa. Maduración de las praxias estomatognáticas. En: *Interrelaciones entre la odontoestomatología y la fonoaudiología: La deglución atípica*, 2° ed. Editorial Médica Panamericana, 1988. pp. 67-77.
13. Cámpera H, Falduti A. Evaluación y tratamiento de las alteraciones de la deglución. *RAMR*. 2012, 12, (3): 98-107.
14. Josell SD. Habits affecting dental and maxillofacial growth and development. *Dent Clin North Am*. 1995; 39: 851-60.
15. Planes del Pozo, Paloma; Hábitos de succión digital y chupete en el paciente odontopediátrico. *Profesión dental*. 1997; (20): 28-33.
16. Manns, Arturo. Deglución. En: *Sistema Estomatognático*. Facultad de Odontología de la Universidad de Chile, 1983. pp. 193-204
17. Toledo Gonzales N, Dalva López. L. Funciones orofaciales. En: *Logopedia y Ortopedia Maxilar en la Rehabilitación Orofacial: Tratamiento precoz y preventivo-terapia miofuncional*. 1° ed. Masson Actualidades médico odontológicas Latinoamérica, C.A., 2000. 19-21.

18. Marchesan QIO. ¿Que se considera normal na deglutição?. En: Jacobi JS, Levy DS, Silva LMC. Disfagia avaliação e tratamento. Rio de Janeiro – RJ, Ed. Revinter, 2003. pp. 3-17.
19. Ardakani FE. Evaluation of swallowing patterns of the tongue using real-time B-mode sonography. *J. Contemp. Dent. Pract*; 7(3):67- 74, 2006.
20. Proffit WR, Bailey LJ, Philips C, Turvey TA. Long-term stability of surgical open bite correction by Le Fort I osteotomy. *Angle Orthod.* 2000;70(2):112-7.
21. Lugo C, Toyo I. Hábitos orales no fisiológicos más comunes y cómo influyen en las maloclusiones. *Rev Latin Ortod Odontop.* Disponible en: 2011. <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2011/art-5/>
22. Chacón E, Vera A, Ulloa R, Vera S. Estudio de la relación entre la Deglución atípica, Mordida abierta, Dicción y rendimiento escolar por sexo y edad, en niños de preescolar a sexto grado en dos colegios de Catia, Propatria, en el segundo trimestre del año 2001. *Rev Latin Ortod Odontop.* 2004. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2004/art-6/>
23. Moyers RE. Etiología de la maloclusión. *Manual de Ortodoncia*, 3ª Edición. Edit Mundi, B/Aires, 1976. 242-271.
24. García J, D'Jurisic A, Quirós O, Molero L, Alcedo C, Tedaldi J. Hábitos susceptibles de ser corregidos mediante Terapias Miofuncionales. 2010, obtenible en *Ortodoncia.ws – Rev Latin Ortod Odontop.* Disponible en: <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2010/art21.asp>
25. Gois EG, Ribeiro-Junior HC, Vale MP, Paiva SM, Serra- Negra JM, Ramos-Jorge ML et al. Influence of nonnutritive sucking habits, breathing pattern and adenoid size on the development of malocclusion. *Angle Orthod.* 2008; 78: 647-54.
26. Moyers, R. *Manual de Ortodoncia para el estudiante y el odontólogo general.* Ed. Mundi. Buenos Aires, 1976.
27. Ortiz R. María L, Restrepo VDP, Sierra S. Análisis comparativo de la deglución normal y atípica utilizando la técnica Payne y la Técnica convencional; *Revista CES Odontología*; 1994; 7 (1): 59-63.
28. Ardran GM, Kemp FH, Lind J. A cineradiographic study of bottle feeding. *Brit. J. Radiol.*, 3: 11, 1958.
29. Shawker T, Sonies B, Stone, Baum B. Real-time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. *J. Clin Ultrasound* 1983;11: 485-494.
30. Dodds WJ. The physiology of Swallowing. *Dysphagia.* 1989;3: 171-178.
31. Garliner D. Tratamiento de la mordida abierta utilizando la terapia miofuncional. *Rev Fortschritte der Kieferorthopadie.* 1982;295-307.
32. Giraldo L, Martinez L, Montes T. (2005). Estudio piloto sobre la aplicación de la Técnica de Payne en distintas alteraciones oclusales. Tesis para Diplomado de Entrenamiento de Terapia Orofacial, Universidad CES, Medellín Colombia. http://bdigital.ces.edu.co:8080/dspace/bitstream/123456789/414/1/Estudio_piloto.pdf
33. Pachón Salem LE. Formulación de criterios para registrar posición lingual en pacientes con deglución atípica mediante GLUMAP. *Revista ARETÉ* 2016;16(2):7-18.
34. Murrieta-Pruneda JF, Allendelagua-Bello R, Pérez-Silva LE, Juárez-López LA, Linares-Vieyra C, et al; Prevalence of non- nutritive buccal habits in a grupo of preschool children in Nezahualcoyotl City, Mexico. *Bol Med Hosp Infant Mex*, 2011;68(1):24-30.
35. Chamorro AF, García C, Mejía E, Viveros E, Soto L, Triana FE, et al. Hábitos Orales frecuentes en pacientes del área de Odontopediatría de la Universidad del Valle. *Revista CES Odontología* 2016; 29 (2).
36. Gavish A, Halachmi M, Winocur E, Gazit E. Oral habits and their association with signs and symptoms of temporomandibular disorders in adolescent girls. *J Oral Rehabil.* 2000; 27: 22-32.
37. Bosnjak A, Vucicevic-Boras V, Miletic I, Bozic D, Vukelja M. Incidence of oral habits in children with mixed dentition. *J Oral Rehabil.* 2002; 29: 902-5.
38. Maspero C, Irccs F, Giannini L, Irccs F. Atypical swallowing: a review. *MINERVA Stomatol.* 2014; 63:217–27.
39. Fernández Barrutia M, Muguerza Mourenza MD. La función interdisciplinar en el tratamiento de la deglución atípica y succión digital. Conclusiones de nuestra experiencia. *Rev Logop Fon Audiol.* 1997;XVII(4):244-250.
40. Mohedano Iranzo, M. (2011) La deglución atípica. Factores de riesgo y trastornos asociados. Importancia de la prevención. <https://docplayer.es/11113373-La-deglucion-atipica-factores-de-riesgo-y-trastornos-asociados-importancia-de-la-prevencion.html>
41. Gisel EG, Lange LJ, Niman CW. Tongue Movement in 4- and 5- Year Old Down's Syndrome Children During Eating: A Comparison with Normal Children. *Am J Occup Ther.* 1984;38(10):660-5.

42. Peñaflor F, Vierna Q. Cierre de mordida en paciente adulto con tratamiento de ortodoncia fija y terapia miofuncional, 2008, 9 2(9): 453-456.
43. Rix E. Deglutition and the teeth. Dent Rec (London). 1946 ;66:103-8.
44. Vellini F. Ortodoncia. Diagnóstico y planificación clínica. Edit. Artes Médicas. 1era Edición, 2002; 257, 258 y 277.
45. Vierna-Quijano J. Prevalencia de la deglución atípica en pacientes que solicitan tratamiento de ortodoncia. Oral. 2005; 6(20):298-300.
46. Van Der Linden FPGM. Problems and Procedures in Dentofacial Orthopedics. Quintessence book, 1990.
47. Córdoba L. Tratamiento miofuncional de hábitos linguales en pacientes pediátricos, Trabajo especial de grado, Caracas-Venezuela, Facultad Odont. UCV, año 2006.
48. Canut – Brusola JA. Ortodoncia Clínica. Edit. Salvat, 1992.
49. Cozza P, Bacceti T, Franchi L, Mucedero M, Polimeni A. Sucking habits and facial hyperdivergency as risk factors for anterior open bite in the mixed dentition. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005; 128 (4): 517-9.
50. Aristigueta R. Ortodoncia preventiva clínica. 1989. 2da. Edición. Ediciones Monserrate LTDA. Bogotá Colombia.

Cambios en el periodonto durante el tratamiento oncológico: Revisión de la literatura

María Verónica Cuevas-González,¹ Alma Graciela García-Calderón,² Dalia Abril Guzmán-Gastelum,² Alejandro Donohue-Cornejo,² León Francisco Espinosa-Cristóbal,² Luis Felipe Fornelli Martín-del Campo,² Juan Carlos Cuevas-González.²

¹División de Estudios de Posgrados e Investigación, Universidad Nacional Autónoma de México. CDMX, México. ²Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Juárez, México.

Correspondencia

Juan Carlos Cuevas González: Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Juárez, México. email: juan.cuevas@uacj.mx

Resumen

Las neoplasias malignas originadas en la región de cabeza y cuello ocupan los primeros lugares de prevalencia a nivel mundial. El tratamiento antineoplásico se engloba en dos grandes categorías quimioterapia, radioterapia o ambas en concomitancia; los efectos adversos que generan estos tratamientos en la cavidad bucal son múltiples, se han descrito desde infecciones de la mucosa, disgeusia, hiposalivación, xerostomía, osteorradionecrosis entre otras, a nivel periodontal el daño que se genera depende del tipo de tratamiento recibido, en el caso de la quimioterapia la afectación es un reflejo de la enfermedad ya existente, por el contrario en la radioterapia cuando se involucran campos que abarcan los maxilares, el daño es directo sobre el tejido periodontal. Como en todas las enfermedades de cavidad bucal la prevención y el tratamiento oportuno marcan una gran diferencia en el paciente oncológico, la atención odontológica previa al inicio de la terapia anti-neoplásica tiene como principal objetivo identificar y erradicar lesiones incipientes que tienden a ser destructivas y que son de evolución rápida, sin embargo, esto no siempre es posible por lo cual el daño que se llega a generar en el periodonto llega a ser considerable. La regeneración periodontal es sin duda alguna la principal meta de la medicina moderna, sin embargo en los pacientes oncológicos hasta nuestro conocimiento aún no hay una opción terapéutica establecida, en la última década se ha desarrollado una nueva estrategia de regeneración llamada ingeniería de tejidos la cual está basada en el uso de andamios que fungan como matriz extracelular temporal, a estos se les colocan células ya sean autógenas o de cultivo, así como factores de crecimiento que favorecen la diferenciación y regeneración tisular, por lo que es una línea de investigación que abre las puertas en la regeneración periodontal del paciente oncológico.

Palabras clave: periodonto, tratamiento oncológico

Periodontal changes under cancer treatment: A literature review.

Abstract

Malignant neoplasms originated from head and neck region are in the first places of prevalence worldwide. The antineoplastic treatment falls into two broad categories chemotherapy, radiotherapy or both in concomitance; the adverse effects generated by these treatments in oral cavity are multiple, has

been described mucosal infections, dysgeusia, hyposalivation, xerostomia, osteoradionecrosis among others, at periodontal level the damage generated depends of kind of treatment received, in case of chemotherapy, the affectation is a manifestation of the pre-existing disease, however in radiotherapy when fields of radiation involved the maxillarys the damage is directly on the periodontal tissue. As in all oral cavity diseases, prevention and timely treatment makes the difference in oncological patient, dental care prior at beginning of antineoplastic therapy has as objective to identify and eradicate incipient lesions that tend to be destructive and rapid evolution however this is not always possible, so the damage generated in periodontium is severe. Periodontal regeneration is undoubtedly the main goal of modern medicine, but in cancer patients until our knowledge there is not yet an established therapeutic option, since the last decade a new regeneration strategy named tissue engineering has been developed which is based on the use of scaffolds they function is like a temporary extracellular matrix, in the scaffolds are placed autogenous cells or culture cells and growth factors that promote tissue differentiation and regeneration, so it is a line of research that opens doors in periodontal regeneration of cancer patient.

Keywords: Periodontium, cancer treatment

Introducción

El cáncer de cabeza y cuello (CyC) abarca tumores que se originan en el tracto aero-digestivo superior como las superficies mucosas de la cavidad bucal, laringe, faringe, senos paranasales, así como glándulas salivales mayores y menores,¹⁻⁴ ocupa el sexto lugar de todos los canceres a nivel mundial,^{5,6} los más frecuentes son aquellos localizados en labio y cavidad bucal registrando 500,550 nuevos casos en el 2018, de acuerdo a los registros los países más afectados son Melanesia y Asia del Sur.⁷⁻⁸ En América del sur se ha reportado una tasa de 1.2 casos por cada 100,000 habitantes,⁹ se espera que para el 2030 los casos de cáncer de cabeza y cuello incrementen un 34% a nivel mundial, y en las regiones de América central y América del sur se espera un incremento del 7%.¹⁰⁻¹¹

El tratamiento del cáncer en CyC es complejo y multidisciplinario, dependiendo del grado de afectación se puede realizar manejo quirúrgico con o sin tratamiento adyuvante como quimioterapia (Qt) o radioterapia (Rt); o aplicar Qt o Rt neoadyuvante con la finalidad de disminuir el tamaño tumoral para realizar posteriormente la resección quirúrgica o como tratamiento único. Los fármacos antitumorales han sido agrupados como quimioterapia, terapia hormonal o inmunoterapia,¹² sin embargo dependiendo del efecto biológico que producen se ha propuesto reclasificarlos en medicamentos citotóxicos y modificadores, estos últimos subdividiéndose en modificadores biológicos de la célula, los cuales tienen la capacidad de revertir el comportamiento anormal de la misma y modificadores de la respuesta biológica, que tienen como blanco la respuesta del huésped. Los modeladores bioquímicos afectan la vía metabólica del fármaco citotóxico, esto con la finalidad de mejorar la quimiosensibilidad o reducir la reacción adversa.¹³ Por otra parte la radioterapia se basa en la aplicación de radiación en múltiples fracciones durante varias semanas según sea el caso, su efecto se basa en generar un daño directo o indirecto, en el daño directo se producen rupturas simples o dobles en la cadena del ADN resultando en una disminución en la población celular, el daño indirecto se da por la producción de radicales libres generados por el agua que se encuentra en la célula. La baja energía lineal de transferencia como los rayos X y gamma ejercen su efecto por medio de la acción indirecta.¹⁴⁻¹⁸

Los efectos adversos del tratamiento oncológico llegan a ser muy variados y en ocasiones agresivos para el paciente, en la cavidad bucal se han descrito desde infecciones de la mucosa, disgeusia,

hiposalivación, xerostomía, osteorradionecrosis entre otras.¹⁹⁻²² Las complicaciones que se presentan a nivel odontológico son atribuidas principalmente a cambios en el flujo y composición salival que favorecen la desmineralización del órgano dental, la colonización de bacterias patógenas, la formación de caries de evolución rápida y la progresión de la enfermedad periodontal.^{23,24}

Describiendo de forma específica el daño al tejido periodontal tanto con la quimioterapia como con la radioterapia, cuando esta última incluye campos que involucran la región maxilofacial, los principales efectos adversos que se observan es la afectación a las glándulas salivales, así como cambios vasculares de la mucosa; en el periodonto se puede apreciar ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal y la destrucción del hueso trabecular adyacente, por otra parte cuando se presenta una disminución del fluido crevicular y del flujo salival se favorece la disminución de las inmunoglobulinas.²⁵ Marques MA y col. mencionan que la radioterapia contribuye a la progresión en la pérdida de adhesión, aquellos pacientes donde la radiación se restringe a la región cervical no hay una pérdida de unión mayor de 0.2mm, por el contrario, cuando la radiación es directa en la región maxilar el daño al tejido se exagera.²⁶ Ammajan RR y col. reportaron que las recesiones gingivales presentes posteriores al tratamiento de Rt se deben a los cambios en la vascularización y celularidad del ligamento periodontal, así como a la hipovascularidad, hipocelularidad y cambios hipóxicos del hueso alveolar, todo esto aunado a la disminución de la respuesta inmune y a las deficiencias en la higiene bucal.^{27,28}

En cuanto a la afectación que tiene el periodonto durante el tratamiento con fármacos anti-neoplásicos se ha mencionado que no necesariamente afectan de forma directa dicho tejido, Vozza I y col. mencionaron que la presencia de la enfermedad periodontal en pacientes con Qt es un reflejo de los antecedentes de la periodontitis sin necesidad de relacionarse con una etapa activa de la misma, sin embargo la presencia de sangrado gingival espontáneo es resultado de las trombocitopenias secundarias al tratamiento quimioterapéutico.²⁹ Se ha demostrado que estos agentes producen una desregulación en los linfocitos T y B los cuales se encuentran relacionados con los niveles óseos, esto al tener una relación directa con la vía RANKL durante el proceso de reabsorción ósea en la enfermedad periodontal.^{30,31}

Es bien sabido que el tratamiento preventivo es la mejor opción para evitar al máximo el daño tisular, este incluye la eliminación mecánica de la placa bacteriana con raspado y alisado radicular, reforzamiento en la higiene bucal y el mantenimiento del control de la enfermedad.³²⁻³⁴ Cuando el paciente está bajo tratamiento es de gran importancia identificar y dar tratamiento a aquellas lesiones agudas que comprometan la alimentación e higiene como puede ser la mucositis, xerostomía, o los desórdenes de la masticación; en cuanto a la atención que se da a nivel periodontal se limita en acentuar la higiene, y en dar tratamiento conservador^{32,36,37} en caso de que la presencia de mucositis limite la higiene se deberá hacer uso de enjuagues bucales sin alcohol y/o un barrido mecánico con gasas o esponjas con la finalidad de no lesionar más la mucosa bucal. Una vez terminado el tratamiento oncológico la acentuación de la higiene sigue siendo primordial, las técnicas de eliminación mecánica de la placa bacteriana se limitan dependiendo del tipo de tratamiento recibido, en el caso de la radioterapia este se ve condicionado a la dosis de radiación recibida así como al campo de radiación, en cuanto a la quimioterapia, si al paciente se le administró algún fármaco perteneciente a la familia de los bifosfonatos la decisión de llevar a cabo la limpieza mecánica del órgano dentario va a depender del tiempo que tomó el fármaco así como de la vía de administración y dosis total recibida, esto debido a la fijación que tienen en el tejido óseo, todo lo anterior es para evitar al máximo el desarrollo de la osteorradionecrosis o la osteonecrosis; de ahí radica la importancia del tratamiento preventivo.^{38,39}

Sin duda alguna una de las grandes metas en la enfermedad periodontal es lograr la regeneración tisular, sin embargo dentro de las múltiples estrategias propuestas, en nuestro conocimiento no hay

ninguna definida para los pacientes oncológicos, y esto probablemente se deba al daño que ejercen los tratamientos al tejido; en la última década ha surgido una nueva estrategia de regeneración tisular llamada ingeniería de tejidos, en trabajos realizados por múltiples grupos de investigación tanto *in vitro* como *in vivo* han mostrado resultados prometedores. Esta estrategia de regeneración está basada en el uso de andamios 3D los cuales fungen como matriz extracelular temporal, a estos se les colocan células ya sean autógenas o de cultivo, así como factores de crecimiento que favorezcan la diferenciación y regeneración tisular,⁴⁰⁻⁴⁴ cualquier tipo de célula con alta capacidad proliferativa y con multipotencialidad, en específico las células madre, pueden ser empleadas para reemplazar tejido dañado.⁴⁵ Esta estrategia se ha visto optimizada con el uso de cultivos en 3D también llamado esferoides, en este tipo de cultivo las células crecen en un ambiente similar al del organismo, en el cual la célula interactúa en sus tres dimensiones con la matriz extracelular y con otras células, lo cual impacta de forma significativa en la proliferación, diferenciación, en la respuesta al ambiente y finalmente en la supervivencia.⁴⁶⁻⁵⁰ La ingeniería de tejidos abre la puerta en la investigación de la regeneración del periodonto del paciente oncológico, al estar formado por tejidos complejos como son las fibras del ligamento, cemento radicular, hueso alveolar, entre otros, representa un reto el lograr la regeneración total, sin embargo, este tema aún debe de ser estudiado.

Conclusión

La clave en el tratamiento odontológico del paciente oncológico es sin duda alguna la prevención, al identificar las lesiones tanto en mucosa como en órganos dentarios, sin embargo, no siempre es posible llevar a cabo terapia profiláctica por lo que es de vital importancia que el especialista en el área odontológica identifique como es que los diversos tratamientos oncológicos afectan la cavidad bucal para poder establecer un plan de tratamiento puntual y efectivo en cada paciente de manera individual según sea el caso.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento por parte del programa DGAPA-UNAM al proyecto PAPIIT IT203618, y al CONACYT por el proyecto financiado A1-S-9178 por parte del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación, y al apoyo CONACYT por la beca (No. 326127 con CVU: 537149) a María Verónica Cuevas González durante sus estudios de Doctorado en el Programa de Doctorado en Ciencias Odontológicas en el PMDCMOS, UNAM que hizo posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

Referencias

1. Cohen N, Fedewa S, Chen AY. Epidemiology and Demographics of the Head and Neck Cancer Population. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2018;30:381–95.
2. Lo Nigro C, Denaro N, Merlotti A, Merlano M. Head and neck cancer: Improving outcomes with a multidisciplinary approach. *Cancer Manag Res.* 2017; 9: 363–71.
3. Galbiatti ALS, Padovani-Junior JA, Maniglia JV, Rodrigues CDS, Pavarino ÉC, Goloni-Bertollo EM. Head and neck cancer: Causes, prevention and treatment. Vol. 79, *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology.* Sociedade Brasileira de Otorrinolaringologia. 2013; 79: 239–47.
4. Alvarenga L de M, Ruiz MT, Pavarino-Bertelli ÉC, Ruback MJC, Maniglia JV, Goloni-Bertollo M. Avaliação epidemiológica de pacientes com câncer de cabeça e pescoço em um hospital universitário do noroeste do estado de São Paulo. *Rev Bras Otorrinolaringol.* 2008 Feb [cited 2019 Aug 13];74(1):68–73. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72992008000100011&lng=pt&tlng=pt.

5. Galvão De Podestá OP, Peres SV, Salaroli LB, Cattafesta M, De Podestá JRV, von Zeidler SLV, et al. Consumption of minimally processed foods as protective factors in the genesis of squamous cell carcinoma of the head and neck in Brazil. *PLoS One* [Internet]. 2019 [cited 2019 Aug 11];14(7):e0220067. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31344089>.
6. Vigneswaran N, Williams MD. Epidemiologic trends in head and neck cancer and aids in diagnosis. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. W.B. Saunders. 2014; 26:123–41.
7. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*. 2019; 394: 249-60.
8. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A. *Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mo. CA Cancer J Clin* [Internet]. 2018 [cited 2019 Aug 12];68(6):394–424. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30207593>.
9. Núñez-González S, Delgado-Ron JA, Gault C, Simancas-Racines D. Trends and Spatial Patterns of Oral Cancer Mortality in Ecuador, 2001-2016. *Int J Dent*. 2018; doi: 10.1155/2018/6086595.
10. Perdomo S, Martin Roa G, Brennan P, Forman D, Sierra MS. Head and neck cancer burden and preventive measures in Central and South America. *Cancer Epidemiol* [Internet]. 2016 Sep [cited 2019 Aug 11];44 Suppl 1:S43–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27678322>.
11. Ferlay J, Soerjomataram I, Ervik M, Dikshit R, Eser S, Mathers C, Rebelo M, Parkin DM, Forman D BF. Globocan 2012: Estimated Cancer Incidence, Mortality and Prevalence Worldwide in 2012. (2012). Retrieved from http://globocan.iarc.fr/Pages/fact_sheets_cancer.aspx [Internet]. 2012 [cited 2019 Aug 12]. Available from: <http://globocan.iarc.fr/>.
12. Espinosa E, Zamora P, Feliu J, González Barón M. Classification of anticancer drugs - A new system based on therapeutic targets. *Cancer Treat Rev*. 2003;29(6):515–23.
13. Wu X-Z. A new classification system of anticancer drugs - based on cell biological mechanisms. *Med Hypotheses* [Internet]. 2006 [cited 2019 Aug 11];66(5):883–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16414204>.
14. Baskar R, Dai J, Wenlong N, Yeo R, Yeoh K-W. Biological response of cancer cells to radiation treatment. *Front Mol Biosci* [Internet]. 2014 [cited 2019 Aug 11];1:24. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25988165>.
15. Wang J song, Wang H juan, Qian H li. Biological effects of radiation on cancer cells. *Military Medical Research*. 2018; 5: doi: 10.1186/s40779-018-0167-4.
16. Barcellos-Hoff MH, Park C, Wright EG. Radiation and the microenvironment - Tumorigenesis and therapy. Vol. 5, *Nature Reviews Cancer*. 2005. 867–75.
17. Lewanski CR, Gullick WJ. Radiotherapy and cellular signalling. Vol. 2, *Lancet Oncology*. 2001. 366–70.
18. Lomax ME, Folkes LK, O'Neill P. Biological consequences of radiation-induced DNA damage: relevance to radiotherapy. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* [Internet]. 2013 Oct [cited 2019 Aug 13];25(10):578–85. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23849504>.
19. PDQ Supportive and Palliative Care Editorial Board. Oral Complications of Chemotherapy and Head/Neck Radiation (PDQ®): Health Professional Version. PDQ Cancer Information Summaries. 2002. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26389169>.
20. Sciubba JJ, Goldenberg D. Oral complications of radiotherapy. Vol. 7, *Lancet Oncology*. 2006. 175–83.
21. Koga DH, Salvajoli J V., Alves FA. Dental extractions and radiotherapy in head and neck oncology: Review of the literature. *Oral Diseases*. 2008; 14: 40–4.
22. Sonis ST, Fey EG. Oral complications of cancer therapy. *Oncology (Williston Park)* [Internet]. 2002 May [cited 2019 Aug 13];16(5):680–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12108892>.
23. Epstein JB, Thariat J, Bensadoun R-J, Barasch A, Murphy BA, Kolnick L, et al. Oral complications of cancer and cancer therapy: from cancer treatment to survivorship. *CA Cancer J Clin* [Internet]. 2012 [cited 2019 Aug 11];62(6):400–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22972543>.

24. Epstein JB, Chin EA, Jacobson JJ, Rishiraj B, Le N. The relationships among fluoride, cariogenic oral flora, and salivary flow rate during radiation therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;86:286–92.
25. Irie M-S, Mendes E-M, Borges J-S, Osuna L-G-G, Rabelo G-D, Soares P-B-F. Periodontal therapy for patients before and after radiotherapy: A review of the literature and topics of interest for clinicians. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* [Internet]. 2018 Sep 1 [cited 2019 Aug 11];23(5):e524–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30148466>.
26. Marques MAC, Dib LL. Periodontal changes in patients undergoing radiotherapy. *J Periodontol* [Internet]. 2004 Sep [cited 2019 Aug 11];75(9):1178–87. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15515331>.
27. Ammajan RR, Joseph R, Rajeev R, Choudhary K, Vidhyadharan K. Assessment of periodontal changes in patients undergoing radiotherapy for head and neck malignancy: a hospital-based study. *J Cancer Res Ther* [Internet]. 2013 [cited 2019 Aug 11];9(4):630–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24518708>.
28. Epstein JB, Robertson M, Emerton S, Phillips N, Stevenson-Moore P. Quality of life and oral function in patients treated with radiation therapy for head and neck cancer. *Head Neck.* 2001;23:389-98.
29. Vozza I, Caldarazzo V, Polimeni A, Ottolenghi L. Periodontal disease and cancer patients undergoing chemotherapy. *Int Dent J* [Internet]. 2015 Feb [cited 2019 Aug 11];65(1):45–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25181024>.
30. Tesei A, Sd A, Mattioli R, Fiorentini G, Zizzi A, Rubini C, et al. Effects of Chemotherapy on the Leucocyte Infiltration in Periodontal Tissues of Cancer Patients: A Preliminary Study. *Intern Med Open Access.* 2018;8:1–9.
31. Fu J, Di Tao Y, Chen J, Zhang Y, He J. Role of RANKL in the regulation of NFATc1 and c-Src mRNA expression in osteoclast-like cells. *Mol Med Rep.* 2016 Jun 1;13(6):5163–8.
32. Decker AM, Taichman LS, D’Silva NJ, Taichman RS. Periodontal Treatment in Cancer Patients: An Interdisciplinary Approach. *Curr oral Heal reports* [Internet]. 2018 Mar [cited 2019 Aug 11];5(1):7–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29910997>.
33. Pouloupoulos A, Papadopoulos P, Andreadis D. Chemotherapy: oral side effects and dental interventions. A review of the literature. *Stomatol Dis Sci.* 2017;1:35–49.
34. Hong CHL, Napeñas, Joel J.Hong, C. H. L., Napeñas, J. J., Hodgson, B. D., Stokman, M. A., Mathers-Stauffer, V., Elting, L. S., ... Brennan, M. T. (2010, August). A systematic review of dental disease in patients undergoing cancer therapy. *Supportive Care in Cancer*, V pp. 1007–1021. <https://doi.org/10.1007/s0052.-010-0873-2>, Hodgson BD, Stokman MA, Mathers-Stauffer V, Elting LS, et al. A systematic review of dental disease in patients undergoing cancer therapy. *Supportive Care in Cancer.* 2010 (18): 1007–21.
35. Perrella De Rezende C, Ramos MB, Daguila CH, Dedivitis RA, Rapoport A. Oral Health Changes in Patients with Oral and Oropharyngeal Cancer Summary [Internet]. Vol. 74, *Brazilian Journal of otorhinolaryngology.* 2008. Available from: <http://www.rborl.org.br/>
36. F C-G, , Chimenos-Küstner E, López-López J, Finestres-Zubeldia F G-MB. Dental management of the complications of radio and chemotherapy in oral cancer. *Med Oral.* 2003;8:178–87.
37. Rapone B, Nardi GM, Di Venere D, Pettini F, Grassi FR, Corsalini M. Oral hygiene in patients with oral cancer undergoing chemotherapy and/or radiotherapy after prosthesis rehabilitation: Protocol proposal. *ORAL Implantol.* 2016; 9:90–7.
38. Barrientos Lezcano FJ, Cagigal BP, De La Peña Varela G, Sánchez Cuéllar LA, García Cantera JM, Soto AS, et al. Osteonecrosis de los maxilares inducida por bifosfonatos: prevención y actitud terapéutica Bisphosphonate induced osteonecrosis of the jaws: prevention and therapeutic approach. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac.* 2007;9:309–17.
39. Cuevas-González MV, Díaz-Aguirre CM, Echevarría-y-Pérez E, Cuevas-González JC. Prevalence of osteonecrosis of the jaw and oral characteristics of oncologic patients treated with bisphosphonates at the General Hospital of Mexico. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2017 Jan 3;42:365.
40. O’Brien FJ. Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Mater Today.* 2011;14:88–95.
41. Howard D, BATTERY LD, Shakesheff KM, Roberts SJ. Tissue engineering: Strategies, stem cells and scaffolds. *Journal of Anatomy.* 2008 (213): 66–72.
42. Olson JL, Atala A, Yoo JJ. Tissue Engineering: Current Strategies and Future Directions. *Chonnam Med J.* 2011;47:1.

43. Dzobo K, Thomford NE, Senthebane DA, Shipanga H, Rowe A, Dandara C, et al. Advances in regenerative medicine and tissue engineering: Innovation and transformation of medicine. *Stem Cells Int*. 2018;1–24.
44. Bakhshandeh B, Zarrintaj P, Oftadeh MO, Keramati F, Fouladiha H, Sohrabi-Jahromi S, et al. Tissue engineering; strategies, tissues, and biomaterials. *Biotechnol Genet Eng Rev [Internet]*. 2017 Oct [cited 2019 Aug 13];33(2):144–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29385962>.
45. Xu X-Y, Li X, Wang J, He X-T, Sun H-H, Chen F-M. Concise Review: Periodontal Tissue Regeneration Using Stem Cells: Strategies and Translational Considerations. *Stem Cells Transl Med [Internet]*. 2019 Apr [cited 2019 Aug 11];8(4):392–403. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30585445>.
46. Mou Y, Duval K, Chen Z, Pegoraro AF, Han L-H, Fredberg J, et al. Modeling Physiological Events in 2D vs. 3D Cell Culture. *Physiology*. 2017;32:266–77.
47. Kapałczyńska M, Kolenda T, Przybyła W, Zajączkowska M, Teresiak A, Filas V, et al. 2D and 3D cell cultures – a comparison of different types of cancer cell cultures. *Arch Med Sci*. 2018;14(4):910–9.
48. Haycock JW. 3D Cell Culture: A Review of Current Approaches and Techniques. In 2011 [cited 2019 Aug 12]. p. 1–15. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-1-60761-984-0_1.
49. Edmondson R, Broglie JJ, Adcock AF, Yang L. Three-Dimensional Cell Culture Systems and Their Applications in Drug Discovery and Cell-Based Biosensors. *Assay Drug Dev Technol*. 2014 May 15;12:207–18.
50. Koledova Z. 3D Cell Culture: An Introduction. *Methods Mol Biol [Internet]*. 2017 [cited 2019 Aug 13];1612:1–11. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28634931>.

Nanopartículas de plata y microdureza de resinas acrílicas: Revisión de la literatura

Pamela López-Galicia,¹ Rogelio José Scougall-Vilchis,¹ Norma Leticia Robles-Bermeo,¹ Rosalía Contreras-Bulnes,¹ Laura Rodríguez-Vilchis,¹ Blanca Silvia González-López,¹ Rosalina Islas-Zarazúa,¹ Carlo Eduardo-Medina-Solís.^{1,2}

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. ²Área Académica de Odontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México.

Correspondencia

Rogelio José Scougall-Vilchis: Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata" de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. email: rogelio_scougall@hotmail.com

Resumen

La resina acrílica es una resina sintética, cuerpo químico artificial derivado del ácido acrílico análogo a la resina o polimetilmetacrilato (PMMA) de metilo. Son usadas como bases para dentaduras, dientes para dentaduras, rebases y reparación de prótesis, dentaduras parciales de acrílico, acondicionadores de tejido, y cucharillas de impresión individualizadas. También pueden ser utilizadas en retenedores para ortodoncia y aparatos removibles para el movimiento de órganos dentarios, guardas para bruxismo, cucharillas para blanqueamiento, revestimientos en coronas estéticas y restauraciones provisionales. De acuerdo con su método de polimerización se clasifican en tres tipos: 1) Auto o quimiopolimerizables (polvo – líquido), 2) Termopolimerizables (polvo – líquido- tableta plástica), y 3) Fotopolimerizables. En general, las resinas de curado químico son débiles, más suaves, más porosas y menos estables en color que las curadas con calor. Los acrílicos de curado con calor son más rígidos, fuertes y menos porosos. La dureza es una propiedad que se emplea para predecir la resistencia a la indentación o a la penetración de un material. Las diversas pruebas para medir la dureza de un material se pueden dividir en tres categorías: a) Resistencia al corte o abrasión, b) Dureza elástica, c) Resistencia a la indentación. Durante las últimas décadas, la investigación en los campos de la ciencia y tecnología se ha centrado en la fabricación de estructuras atómicas y materiales a escalas nanométricas, lo que comúnmente se conoce como "Nanotecnología". En los últimos años, la plata ha ganado mucho interés debido a su buena conductividad, estabilidad química y su actividad catalítica y antibacteriana. Las nanopartículas de plata (AgNPs) se están convirtiendo en una de las categorías de productos de mayor crecimiento en la industria de la nanotecnología. En cuanto a los polímeros, cuando se adicionan nanopulvos a matrices poliméricas hay un efecto de fortalecimiento tal que la resistencia del nanocomposito es altamente incrementada. Pueden crearse materiales más fuertes, ligeros, resistentes al desgaste, recubrimientos más duros, etc. Actualmente, la ciencia química y el conocimiento cada vez más especializado de los materiales dentales, se han puesto al alcance de la odontología. Ahora existe la posibilidad de incorporar la nanotecnología como parte de la fabricación de aparatos de aplicación protésica, ortodóncica y ortopédica mediante la agregación de nanopartículas de plata. Es importante

que el odontólogo esté informado acerca del éxito o fracaso que puede derivarse de la microdureza que proveen las resinas acrílicas tradicionalmente utilizadas para la confección de aparatos de ortodoncia y ortopedia, así como de la propuesta del uso de una nueva tecnología nanométrica al servicio de la odontología, para lograr el beneficio propio y el de sus pacientes.

Palabras clave: resinas acrílicas, prótesis, ortodoncia, microdureza, nanopartículas de plata.

Silver nanoparticles and microhardness of acrylic resins: Literature review

Abstract

Acrylic resin is a synthetic resin, artificial chemical derived from acrylic acid analogous to methyl resin or polymethylmethacrylate (PMMA). They are used as denture bases, denture teeth, denture fillings and repair, acrylic partial dentures, tissue conditioners, and individualized impression trays. They can also be used in orthodontic retainers and removable appliances for the movement of dental organs, guards for bruxism, whitening spoons, veneers on cosmetic crowns and temporary restorations. According to their polymerization method, they are classified into three types: 1) Auto or chemopolymerizable (powder - liquid), 2) Thermopolymerizable (powder - liquid - plastic tablet), and 3) Photopolymerizable. In general, chemically cured resins are weaker, softer, more porous, and less color stable than heat cured ones. Heat cure acrylics are stiffer, stronger, and less porous. Hardness is a property used to predict the resistance to indentation or penetration of a material. The various tests to measure the hardness of a material can be divided into three categories: a) Resistance to cutting or abrasion, b) Elastic hardness, c) Resistance to indentation. During the last decades, research in the fields of science and technology has focused on the manufacture of atomic structures and materials at the nano-scale, which is commonly known as "Nanotechnology". In recent years, silver has gained a lot of interest due to its good conductivity, chemical stability, and its catalytic and antibacterial activity. Silver nanoparticles (AgNPs) are becoming one of the fastest growing product categories in the nanotechnology industry. Regarding polymers, when nanopowders are added to polymeric matrices there is a strengthening effect such that the resistance of the nanocomposite is highly increased. Stronger, lighter, wear-resistant materials, harder coatings, etc. can be created. Nowadays, chemical science and the increasingly specialized knowledge of dental materials have been made available to dentistry. Now there is the possibility of incorporating nanotechnology as part of the manufacture of appliances for prosthetic, orthodontic and orthopedic application by adding silver nanoparticles. It is important that the dentist is informed about the success or failure that may derive from the microhardness provided by acrylic resins traditionally used for the manufacture of orthodontic and orthopedic appliances, as well as the proposal of the use of a new nanometric technology at the service of dentistry, to achieve their own benefit and that of their patients.

Keywords: acrylic resins, prosthetics, orthodontics, microhardness, silver nanoparticles.

Introducción

Las resinas acrílicas comenzaron a utilizarse en Alemania entre 1936-1940. Los polímeros de acrílico se introdujeron por primera vez como material de base de dentaduras en 1937. La resina acrílica es una resina sintética, cuerpo químico artificial derivado del ácido acrílico análogo a la resina o polimetilmetacrilato (PMMA) de metilo. Se presenta en forma de polvo y líquido. El líquido es la forma monómera del metacrilato y el polvo o polímero es la forma polimerizada.¹ Las resinas acrílicas son

polímeros ampliamente utilizados en odontología restaurativa y ortodoncia gracias a su fácil manipulación, bajo costo y excelente biocompatibilidad.²

En la actualidad existe una amplia diversidad en materiales de fabricación protésica y de aparatología ortodóncica y ortopédica y a pesar de que son muy empleados en odontología, todavía existe una gran inquietud en torno a qué tipo de material o resina acrílica usar en su fabricación.³ Cuando se comparan distintos tipos de resinas acrílicas puede observarse que existe una diferencia significativa entre ellos y que aún se requiere mejorar sus propiedades, con el fin de cumplir perfectamente las expectativas de función durante su uso en boca.^{4,6} Los acrílicos presentan un número de dureza Knoop de 16-18 y tienen una muy buena resistencia a la fatiga (pueden flexionarse de manera repetida antes de romperse). Y es una de las propiedades que difiere considerablemente en las resinas acrílicas.^{7,8}

Los polímeros sintéticos usados en odontología protésica son llamados resinas acrílicas, debido a que son derivados del ácido acrílico. Son usadas como bases para dentaduras, dientes para dentaduras, rebases y reparación de prótesis, dentaduras parciales de acrílico, acondicionadores de tejido, y cucharillas de impresión individualizadas. También pueden ser utilizadas en retenedores para ortodoncia y aparatos removibles para el movimiento de órganos dentarios, guardas para bruxismo, cucharillas para blanqueamiento, revestimientos en coronas estéticas y restauraciones provisionales.² Son plásticos derivados del etileno que contiene un grupo vinilo. Las resinas acrílicas más utilizadas en odontología son las derivadas del ácido acrílico y el ácido metacrílico. De los ésteres obtenidos de estos ácidos unidos a diferentes radicales (metilo, etilo, fenilo) se obtienen los monómeros de dichas resinas: acrilato de metilo y metacrilato de metilo (Figura 1).⁹

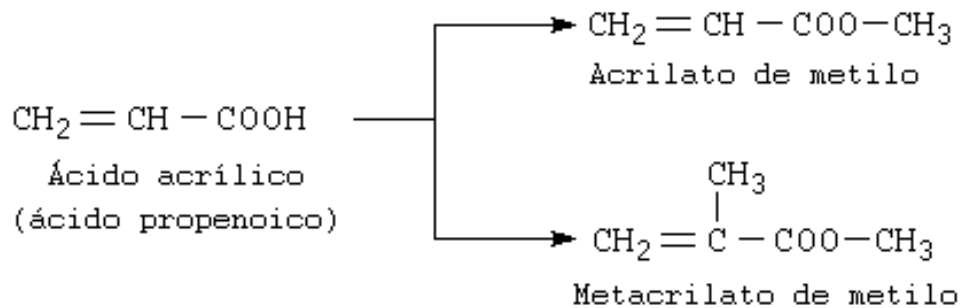


Figura 1. Fórmula química del ácido acrílico y sus monómeros resultantes.

La resina acrílica se forma cuando un monómero líquido es mezclado con un polvo que contiene pequeñas partículas de polímero y la mezcla es sometida a polimerización. La resina polimerizada es un polimetilmetacrilato (PMMA). Está compuesto por numerosas unidades monoméricas de metilmetacrilato (MMA) que se unen para formar largas cadenas de polímeros.¹⁰

De acuerdo con su método de polimerización se clasifican en tres tipos:

- Auto o quimiopolimerizables (polvo – líquido)
- Termopolimerizables (polvo – líquido- tableta plástica)
- Fotopolimerizables

Tanto las resinas quimiopolimerizables como las termopolimerizables contienen compuestos en común, siendo diferente el activador de la polimerización.²

Polímero: El más utilizados para resinas acrílicas es el poli (metacrilato de metilo), el cual puede ser modificado con cantidades pequeñas de metacrilato de etilo, butilo o alquilo para conseguir mayor

resistencia a la fractura y al impacto. Este material es soluble en solventes orgánicos como el propio monómero, cloroformo, acetona; es transparente de dureza Knoop de 18 - 20.⁹

En las resinas acrílicas autopolimerizables o de autocurado se emplean activadores químicos, se incorporan al monómero acrílico, aminas terciarias que, al entrar en contacto con el iniciador (peróxido de benzoílo) que está en el polvo de mezcla, lo desdoblan para originar los radicales libres que dan comienzo a la polimerización, se presenta comercialmente en polvo y líquido.^{2,9}

En el proceso de polimerización bajo presión, se realizan los mismos pasos que en el procedimiento de autopolimerizable; sin embargo, al polimerizar el acrílico se somete a un recipiente presurizador (como si fuera una olla exprés) bajo presión, en el cual se puede aumentar la temperatura significativamente por encima de los 40°C, ya que en estas condiciones la temperatura es óptima para evitar porosidades (Figura 2).^{2,9}

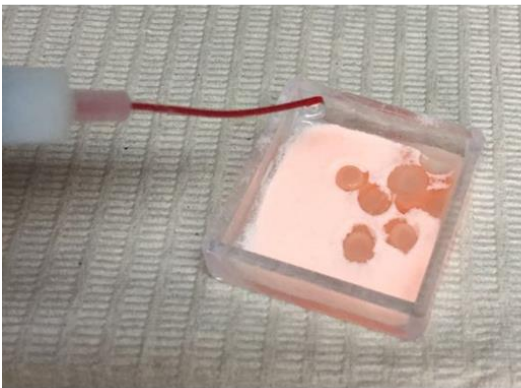


Figura 2. Procesos de polimerización autopolimerizable y bajo presión.

Reacción química

Es un fenómeno de polimerización que se da sobre la base de unión de varios monómeros, cuyas moléculas deben tener dobles ligaduras en posición activa ($C=C$), además de que debe existir un iniciador, que es el que rompe las dobles ligaduras, y un activador, que es el que hace que el iniciador actúe. En el caso de las resinas acrílicas, las moléculas de metilmetacrilato tienen dobles ligaduras en posición activa, contienen en su formulación peróxido de benzoílo como iniciador el cual es excitado por una amina terciaria, en las quimiopolimerizables, y por temperaturas del orden de los 70°C, en las termopolimerizables.^{1,2}

Propiedades

- **Contracción de polimerización:** Las resinas acrílicas de curado por calor se contraen cerca de 6% en volumen y alrededor de 0.02 a 0.5% de forma lineal.
- **Cambios dimensionales:** Existen estos cambios durante la contracción de la polimerización debido a la absorción de agua y la expansión térmica.
- **Resistencia:** La resistencia de las resinas acrílicas es bastante baja, con una resistencia de aproximadamente 11,000 psi (73.3 MPa) y una resistencia a la tensión de 8,000 psi (53.3 MPa). Los acrílicos no son materiales muy duros (con un número de dureza Knoop de 16 a 18) y por consiguiente no son muy resistentes al desgaste. Aunque tienen una muy buena resistencia a la fatiga (pueden flexionarse de manera repetida antes de romperse).
- **Conductividad térmica:** No conducen de manera adecuada la temperatura.

En general, las resinas de curado químico son débiles, más suaves, más porosas y menos estables en color que las curadas con calor. Los acrílicos de curado con calor son más rígidos, fuertes y menos porosos, presentan menos de 1% de monómero residual.¹⁰

Microdureza

La dureza es una propiedad que se emplea para predecir la resistencia a la indentación o a la penetración de un material.⁷

Las diversas pruebas para medir la dureza de un material se pueden dividir en tres categorías: a) Resistencia al corte o abrasión, b) Dureza elástica, c) Resistencia a la indentación.

a) *Resistencia al corte o abrasión:* Esta prueba la ideó Friederich Mohs, la escala consta de 10 minerales estándar arreglados siguiendo un orden de dureza. El talco es el número 1 y el 10 corresponde al diamante. La escala completa de dureza está formada como se muestra en la (Cuadro 1).¹¹

Cuadro 1. Escala de dureza de Mohs.¹²

Número	Nombre	Fórmula	Número	Nombre	Fórmula
1	Talco	Mg ₃ (SiO ₃) ₄	6	Ortoclase	KAl(Si ₃ O ₈)
2	Yeso	CaSO ₄	7	Cuarzo	SiO ₂
3	Calcita	CaCO ₃	8	Topacio	AlF(SiO ₄)
4	Fluorita	CaF	9	Corindón	Al ₂ O ₃
5	Apatita	Ca(CaF)PO ₄	10	Diamante	C 100%

La pieza a prueba se somete a la acción de corte de una lima de dureza conocida, para determinar si se produce un corte visible. Las pruebas comparativas con una lima dependen del tamaño, forma y dureza de la lima, la velocidad, presión y ángulo de limado durante la prueba. La prueba de lima se usa en la industria para la aceptación o rechazo de una pieza.¹²

b) *Dureza elástica:* Este tipo de dureza se mide mediante un escleroscopo, que es un aparato con dispositivo para medir la altura de rebote de un pequeño martillo con emboquillado de diamante, después de que cae por su propio peso desde una altura definida sobre la superficie de la pieza a prueba.^{7,12} El instrumento tiene por lo general un disco autoindicador tal que la altura de rebote se indica automáticamente. Cuando el martillo es elevado a su posición inicial, tiene cierta cantidad de energía potencial, cuando es liberada esta energía se convierte en energía cinética hasta que golpea a la superficie de la pieza a prueba. Alguna energía se absorbe al formar la impresión por lo que la altura de rebote será menor que la inicial. La altura de rebote se indica por un número sobre una escala arbitraria; cuando el rebote sea más grande mayor será la altura y mayor la dureza de la pieza a prueba. Esta prueba es realmente una medida de la resistencia del material, o sea es la energía que puede absorber en el intervalo elástico. Los números de dureza son arbitrarios y comparables solamente cuando se obtienen de materiales similares. La dureza es medida en una escala determinada, dividiendo el promedio de altura de rebote del martillo de un block de prueba de alta dureza en 100 unidades. El peso del martillo es de 40 gramos, la altura de rebote de acero endurecido es cercanamente a 100 en la escala o cerca de 6-1/4 pulgadas, mientras la caída total es cerca de 10 pulgadas o 254 milímetros, esta prueba es una indentación dinámica.

c) *Resistencia a la indentación:* La dureza se define como la resistencia a la penetración. Sobre el material de prueba se apoya un penetrador y se aplica una carga determinada, la dureza se deduce de las dimensiones de la huella producida. La prueba se realiza generalmente imprimiendo en la muestra, que está fija y en reposo sobre una platina rígida o yunque, un marcador o indentador de geometría

determinada que puede ser de bola, de cono plano, truncado o piramidal, de material acero duro o de diamante y aplicando una carga medida, los que producen una profundidad dada en el material.

Para la medición de la dureza se emplean escalas de macro, micro y nano dureza, de acuerdo a las fuerzas aplicadas y desplazamientos obtenidos. La medición de la macrodureza de materiales es un método simple y rápido para obtener datos de propiedades mecánicas para el total del material a partir de una pequeña muestra, éste es también ampliamente usado para el control de la calidad de superficies en procesos de tratamiento. En el caso de los materiales que tienen una microestructura fina, con multifases no homogéneas o susceptibles de agrietarse, las mediciones de macrodureza tienden a ser altamente variables y a no identificar las características de la superficie individual, es aquí que las mediciones de microdureza son las más apropiadas.

La microdureza es la dureza de un material determinado, cuando se fuerza a un indentador en la superficie del material bajo cargas entre 15 a 1000 gramos-fuerza usualmente, las indentaciones en la superficie son pequeñas de tal forma que son medidas con microscopio.⁷ Los microindentadores trabajan presionando una punta en una muestra y midiendo continuamente la carga aplicada, la profundidad de penetración y el tiempo del ciclo. El tiempo del ciclo es un factor fundamental en las pruebas de indentación, pues éste determina la exactitud de una prueba de dureza; en las muestras suaves la profundidad de la indentación varía con el tiempo de aplicación de la carga.¹²

Dependiendo del tipo de punta empleada y del rango de cargas aplicadas, existen diferentes escalas, adecuadas para distintos rangos de dureza, las más comunes son Brinell, Knoop, Vickers y Mohn.⁷

Métodos de medición de dureza.

El ensayo de dureza es simple y de alto rendimiento ya que este ensayo no destruye la muestra y particularmente útil para evaluar propiedades de los diferentes componentes microestructurales del material. Los métodos existentes para la medición de la dureza se distinguen básicamente por la forma de la herramienta empleada penetrador, por las condiciones de aplicación de la carga y por la propia forma de calcular (o de definir) la dureza. La elección del método para determinar la dureza depende de factores tales como tipo, dimensiones y espesor de la muestra, entre otros. La preparación del material y el ensayo mismo tienen pequeños efectos en las lecturas de dureza. Las características de varios materiales o el espesor del espécimen tienden a determinar el tipo de prueba de dureza. El operador debe de verificar y conocer qué tipo de prueba específica usar para una muestra dada, la metodología indica que: La superficie de prueba debe de ser representativa del material. La superficie de prueba debe ser pulida para que la indentación sea clara y definida, particularmente a bajas cargas. La superficie a prueba debe ser paralela y perpendicular al indentador. Usar la carga mayor posible sin romper las leyes siguientes: a) Cargas mayores crean grandes Indentaciones, que mejor representan al material de prueba. b) El espesor mínimo del material a probar es 10 veces la profundidad de penetración.¹²

Método de dureza vickers.

En la prueba Vickers, el valor de la dureza es la razón de la carga aplicada al área de indentación. Dichas cargas son de 5 a 120 kgs con incrementos en 5 kgs. El método emplea un indentador de diamante en forma de pirámide de base cuadrada con 136° en la punta. Tal penetrador se aplica lenta y perpendicularmente a la superficie cuya dureza se desea medir, bajo la acción de una carga P (Figura 3).¹³⁻¹⁵

Esta carga se mantiene durante un tiempo determinado, después del cual se retira y se mide la diagonal (d) de la impresión que quedó sobre la superficie de la muestra. La dureza Vickers, expresada como HV

se define como la relación entre la carga aplicada expresada en kgs-fuerza y el área de la superficie lateral de la impresión.

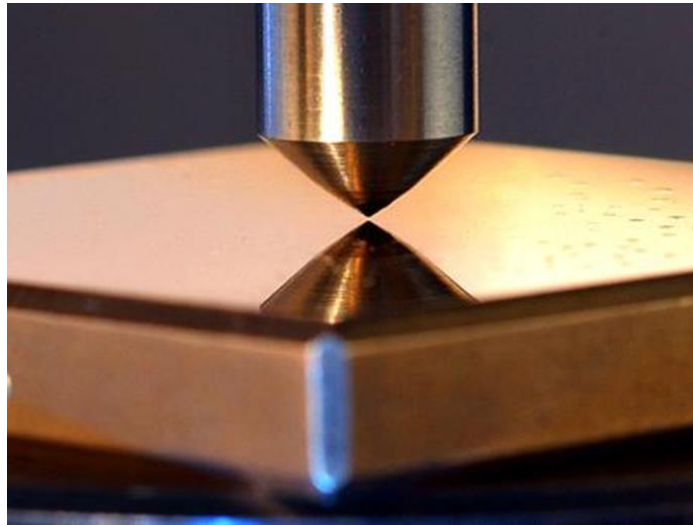


Figura 3. Método de dureza Vickers, indentador de diamante en forma de pirámide.

Fuente: <http://www.ingintegral.com/aplicaciones.php?aplicacion=14>

Operación del probador Vickers: La operación consiste en colocar el espécimen en el yunque, para después aplicar la carga lentamente, las medidas de las diagonales de la indentación se efectúan con ayuda de un objetivo del microscopio incorporado al microdurómetro (Figura 4). Se calcula el área de la superficie de la muesca que forma una pendiente y posteriormente el microdurómetro da automáticamente el valor Vickers.¹⁵ (Figura 5). Cuanto menor sea la indentación, mayor será el número y más duro será el material.⁹

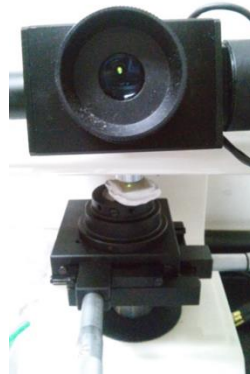


Figura 4. Imagen que muestra el microscopio incorporado al microdurómetro.

Las ventajas del método Vickers son: aproximación en la repetibilidad de la indentación, también, es un método rápido y útil para muestras delgadas; y un solo tipo de indentador se utiliza para todos los tipos de metales y superficies tratadas. Su desventaja recae en lo lento que resulta preparar la superficie de la muestra a ser analizada.

El cálculo del número Vickers es como sigue: Donde: P = Carga aplicada (medida en kgs-fuerza) d^2 = Área de la indentación (medida en milímetros cuadrados) La carga aplicada se especifica cuando se proporciona HV. El microscopio para la lectura de la indentación tiene una tolerancia de más o menos 1/1000 de milímetro. Las medidas de las diagonales para determinar el área son promediadas. La

designación correcta Vickers es el múltiplo seguido por HV. Las cargas pueden ser de 1 gramo hasta 1 kilogramo para pruebas de microdureza Vickers.¹⁶

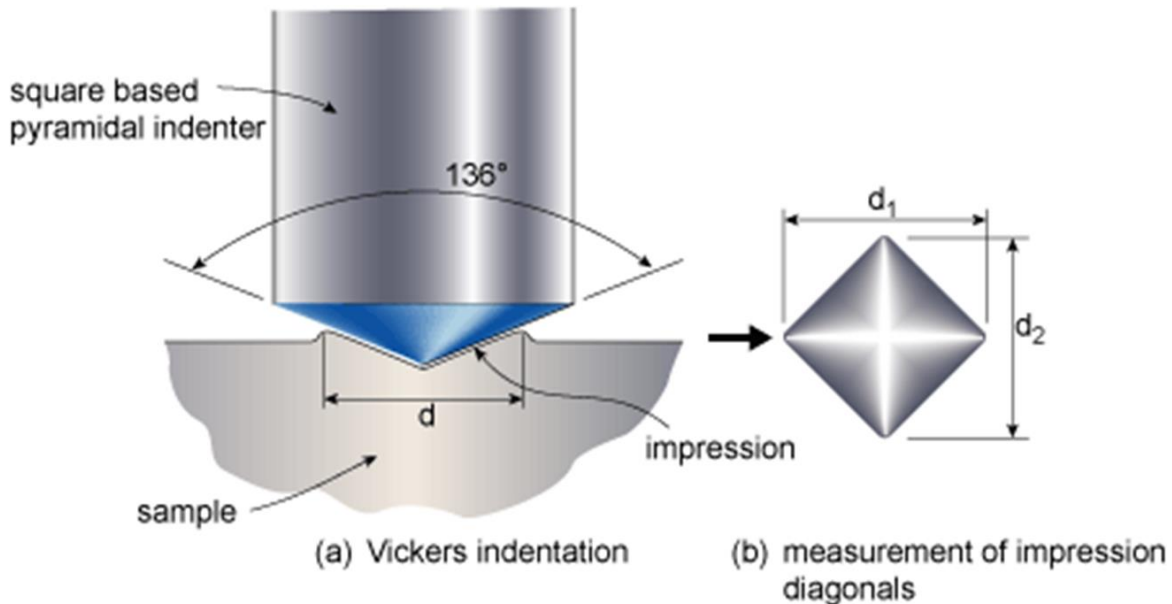


Figura 5. Muestra la muesca realizada por el indenteador.

Fuente: <http://dureza.weebly.com/escalas-de-dureza.html>

Nanotecnología

Durante las últimas décadas, la investigación en los campos de la ciencia y tecnología se ha centrado en la fabricación de estructuras atómicas y materiales a escalas nanométricas, lo que comúnmente se conoce como “Nanotecnología”.¹⁷ Esta nueva ciencia multidisciplinar proporciona productos con nuevas propiedades fisicoquímicas diferentes a las de las moléculas individuales o sólidos de la misma composición.¹⁸

El prefijo “nano”, en la palabra nanotecnología, deriva del término griego que significa “pequeño”. Un nanómetro equivale a la milmillonésima parte de un metro, o millonésima parte de un milímetro, y se representa como 1nm igual a 0.000 000 001 o 1×10^{-9} m.^{19,20} La nanotecnología se puede definir como la ciencia y la ingeniería involucradas en el diseño, síntesis, caracterización y aplicación de materiales y aparatos, cuya organización funcional más pequeña, al menos en una dimensión, se encuentra a escala nanométrica. Esta nanociencia consiste en la capacidad de controlar átomos y moléculas para poder formar nuevas estructuras, nuevas moléculas y nuevos materiales de acuerdo con nuestras necesidades específicas, a escalas de tamaño mil millones más pequeñas que las que observamos a simple vista.²⁰

Con la nanotecnología es posible desarrollar hoy en día una gran diversidad de materiales nuevos, así como aparatos con precisión atómica. Los materiales a nanoescala (en el rango de 1 a 100nm) permiten obtener propiedades mecánicas, eléctricas, magnéticas, ópticas y químicas que son únicas y mejoradas, por estas razones, es posible aplicar la nanotecnología para revolucionar el campo de la medicina, genética, química, bioquímica y ciencia de los materiales.²¹ Las fuentes de nanopartículas (NPs) se pueden clasificar como naturales o como derivadas de actividades antropogénicas, las cuales a su vez pueden ser intencionales o accidentales (Cuadro2).²²

En teoría, las NPs pueden ser producidas a partir de casi cualquier producto químico, sin embargo, la mayoría de las NPs que están en uso actualmente, han sido fabricadas a partir de metales de transición, silicio, carbono y óxidos de metal,²³ los nanotubos de carbón, los fullerenos, los nanomateriales que contienen metales (incluyendo cerámicas y puntos cuánticos) y los dendrímeros son los nanomateriales

más importantes. Los primeros tienen particulares propiedades eléctricas y un gran potencial de utilización en la medicina como fijadores de antibióticos en la estructura celular de algunas bacterias que ya presentaban resistencia. En cuanto a las nanopartículas metálicas, éstas son sintetizadas a partir de metales semiconductores u óxidos.^{22,24}

Cuadro2. Fuentes comunes de nanopartículas en el medio ambiente.²²

Natural	Accidental	Intencional
<ul style="list-style-type: none"> •Fuego forestal •Erupción volcánica •Polvo mineral del Sahara •Erosión del suelo por fuego/agua 	<ul style="list-style-type: none"> •Emisiones de vehículos •Carbón/petróleo/gas de calderas •Pilas de combustibles •Diferentes procesos industriales 	<ul style="list-style-type: none"> •Ingeniería de nanopartículas en varias aplicaciones industriales •Remediación de aguas subterráneas •Suministro de medicamentos •Diagnóstico •Imágenes biomédicas

La mayoría de las propiedades físicas y químicas de las nanopartículas dependen del tamaño y la forma de las partículas sólidas.²⁵ Su uso en los materiales modelo en estudios fundamentales requiere partículas no aglomeradas, homogéneas y con una adecuada distribución. Por esta razón, la meta de todos los métodos de síntesis, es la producción de nanopartículas con un sistema monodisperso y de elevada pureza.²⁶

Actualmente existen diferentes métodos para la síntesis de nanopartículas inorgánicas, los cuales pueden ser físicos, químicos o biológicos. Los métodos físicos, se caracterizan por ser procesos en los que no hay transformaciones químicas, en donde normalmente se comienza con el material del cual se requiere obtener las nanopartículas, incluyen:

- El aleado mecánico: involucra la deformación, fractura y soldadura de partículas finas que están sujetas a una molienda constante. Es posible obtener por este método nanopartículas de un elemento, el cual normalmente es un metal, su uso más interesante es la creación de aleaciones metálicas de tamaños nanométricos que por métodos convencionales de fundición serían imposibles de obtener.
- El desbaste iónico: se comienza con un material sólido, el cual es bombardeado por un haz de iones dentro de una cámara de vacío. Los iones cuentan con la suficiente energía cinética para desprender los átomos de la superficie del material bombardeado, los cuales viajan a través de la cámara de vacío donde interactúan unos con otros para formar agregados de átomos con otros átomos cercanos hasta convertirse en nanopartículas estables, que se depositan en toda la cámara de vacío y después se remueven con un disolvente, o se arrastran por medio de un gas.
- El método de Joule, calentamiento-condensación en gas inerte: el método de dispersión de átomos metálicos solvatados o la ablación láser.

Los métodos químicos conllevan reacciones químicas, generalmente de reducción de iones metálicos para la formación de nanopartículas metálicas o de polimerización de óxidos metálicos, se encuentran la microemulsión, reducción química de sales metálicas, el método electroquímico y el método sol-gel.²¹

- Método de reducción química en sales metálicas: El principio básico para la preparación química de nanopartículas coloidales, es la reducción de un precursor metálico con agentes químicos, bajo la protección de estabilizadores. Sin embargo, en la actualidad se utilizan ya agentes de tipo no químico para la síntesis. Si un agente reductor es adicionado a una solución de sal metálica, entonces, pequeñas partículas metálicas serán formadas. Un proceso de diálisis (filtrado) puede

ser usado para eliminar los iones remanentes. Debido a la basta energía superficial que poseen las nanopartículas, es necesario estabilizarlas por agentes protectores.^{21,22} Y finalmente, los métodos biológicos son aquellos que emplean algunos organismos vivos, como los hongos o lombrices de tierra, incluyen la síntesis de nanopartículas por biorreducción.²²

Nanopartículas de Plata (AgNPs)

En los últimos años, la plata ha ganado mucho interés debido a su buena conductividad, estabilidad química y su actividad catalítica y antibacteriana. Las nanopartículas de plata (AgNPs) se están convirtiendo en una de las categorías de productos de mayor crecimiento en la industria de la nanotecnología.²⁶ Las nanopartículas de plata son materiales con estructura nanométrica cuya base son las sales de plata.²¹ De las cuales, su efecto antibacteriano es conocido desde la antigüedad y actualmente la plata está siendo utilizada para inhibir el crecimiento bacteriano en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo la odontología, en donde se han utilizado sobre pastas, cementos e implantes dentales.^{27,28}

Otra de las propiedades muy importantes es que las Np-Ag poseen características físicas, eléctricas, ópticas y alta conductividad eléctrica y térmica; propiedades que están aumentadas en comparación con partículas de mayor tamaño.²⁹ A la fecha, no ha sido muy bien comprendido el mecanismo de acción de las Np-Ag sobre las bacterias. Existen reportes que sugieren que el efecto bactericida es debido a una atracción electrostática entre la carga negativa de las células bacterianas y la carga positiva de las Np-Ag.³⁰

La odontología contemporánea presenta constantemente importantes desafíos, entre los que destaca la necesidad de investigación ardua para ofrecer soluciones a numerosos problemas o dificultades que suelen presentar algunos materiales utilizados actualmente en esta rama. Las respuestas a estos retos, están fuertemente unidas a la unión, organización, aplicación y desarrollo de nuevos cimientos entre la tecnología a escala nanométrica y la odontología. Estos preceptos serán la base del futuro desarrollo de nuevos tratamientos y la evolución de los materiales, así como el fundamento de una nueva modalidad científica, la “nano-odontología”. La cual a nivel mundial ha tenido significativos progresos, los cuales han permitido mejorar la calidad de los tratamientos realizados, por medio de nuevos medicamentos, la aplicación de tecnología avanzada que apoya el diagnóstico y tratamiento, los cuales revolucionan la forma de atención en las necesidades de los pacientes.³¹

En cuanto a los polímeros, cuando se adicionan nanopulvos a matrices poliméricas hay un efecto de fortalecimiento tal que la resistencia del nanocomposito es altamente incrementada. Pueden crearse materiales más fuertes, ligeros, resistentes al desgaste, recubrimientos más duros, etc.²¹

Conclusiones

En la actualidad existe una amplia diversidad en materiales de fabricación protésica y de aparatología ortodóncica y ortopédica, por lo que es difícil identificar el material que nos proporcione completamente las propiedades ideales necesarias para el uso de las resinas acrílicas. Por eso es de suma importancia conocer principalmente la microdureza de estos materiales para saber aprovechar las máximas ventajas a la hora de la fabricación de nuestros aparatos.

Actualmente, la ciencia química y el conocimiento cada vez más especializado de los materiales dentales, se han puesto al alcance de la odontología. Ahora existe la posibilidad de incorporar la nanotecnología como parte de la fabricación de aparatos de aplicación protésica, ortodóncica y ortopédica mediante la agregación de nanopartículas de plata. Ya que la nanotecnología se basa en el uso de materiales a nivel atómico para alcanzar propiedades únicas, que a su vez puedan ser

manipuladas para la aplicación deseada, se debe tener en cuenta que muchos de los procesos biológicos toman lugar a nivel de la escala nanométrica y es posible aplicar la nanotecnología para revolucionar el campo de la odontología.

En años recientes la nanotecnología se ha convertido en uno de los más importantes campos en la ciencia física, química, ingeniería y biología, pues representa una gran promesa en el futuro cercano, que cambie la dirección de los avances tecnológicos en un sin número de aplicaciones. La nanotecnología se encuentra en constante avance y expansión en el área de la investigación, y resulta también de suma importancia que, mediante la bioingeniería, es posible crear aparatos y estructuras biológicas con componentes nanométricos que sean biocompatibles. Es importante que el odontólogo esté informado acerca del éxito o fracaso que puede derivarse de la microdureza que proveen las resinas acrílicas tradicionalmente utilizadas para la confección de aparatos de ortodoncia y ortopedia, así como de la propuesta del uso de una nueva tecnología nanométrica al servicio de la odontología, para lograr el beneficio propio y el de sus pacientes.

Agradecimientos

La autora principal realizó el trabajo cuando gozaba de una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

Referencias

1. Serrano Hernández L, Barceló Santana FH, Santos Espinoza A. Deflexión transversa de materiales alternativos a base de polímeros para fabricación de base de dentadura. *Rev Odont Mex* 2013;17(3):146-151.
2. Barceló Santana FH, Palma JM. *Materiales dentales, conocimientos básicos aplicados*. México, Trillas, 2003.
3. Murphy A, Hill R. Fracture toughness of tooth acrylics. *J Mater Sci Mater Med*. 2003;14:1011-1015.
4. Ratner B, Schoen F, Lemons J. *Biomaterials: an introduction to materials in Medicine*. California: Academic Press, 1996.
5. Suzuki S, Tamura F. In vitro wear of nano-composite denture teeth. *J Prosthodont*. 2004; 13(4):238-243.
6. Wang L, Pelatti D, Paulo H, Lupes L, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials. Relative contribution of laboratory test. *J Appl Oral Sci*. 2003;11:300-303.
7. Anusavice KJ. *Phillips Ciencia de los materiales dentales*. Undécima edición. España. Elsevier. 1977.
8. Gay W, Kings GE. An evaluation of the cure of acrylic resins by three methods. *J Prosthet Dent* 1979; 42(4):437-440.
9. Cova NJL. *Biomateriales dentales*. Segunda edición. España. Amolca 2010.
10. Dixon HC, Eakle S, Bird FW. *Materiales dentales: aplicaciones clínicas*. España. Manual Moderno 2000.
11. Zbigniew.D. Jastrzbski. *Naturaleza y propiedades de los materiales para ingeniería*. Segunda Edición 1976. Editorial Interamericana. S.A. P.P 345.
12. Sidney H.A. *Introducción a la Metalurgia Física*. Segunda edición. Mc Graw Hill 1996. Book.Co. P.P. 39.
13. Gnato S. Addition to the methodology of research into permanent teeth hardness. *Rev Arch Boil Sci* 2010; 62(3):739-746.
14. Seow KW, Amaratunge A. The effects of acid-etching on enamel from different clinical variants of amelogenesis imperfecta: as SEM study. *Pediatr. Dent* 1998; 20(1):37-42.
15. Chuenarrom C, Benjakul P, Daosodsa P. Effect of indentation load and time on Knoop and Vickers microhardness for enamel and dentin materials. *Materials Research*. 2009;12(4):473-476.
16. James F. Shackelford. *Ciencia de Materiales para ingenieros*. Tercera Edición. Traducción al Español 1992 PP 8.1-380.
17. Savage, N, Thomas, TA y Duncan JS. 2007. Nanotechnology applications and implications research supported by the US Environmental Protection Agency STAR grants program. *J Environ Monit*. 9: 1046-1054.

18. Medina C, Santos-Martínez MJ, Radomski A, Corrigan OI, Radomski MW. Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance. *Br J Pharmacol*. 2007; 150: 552-558.
19. Sahoo S, Parven S, Panda J. The present and future of nanotechnology. *Nanomedicine: Nanotechnology, biology and medicine*. 2007; 3:20-31.
20. Braun T, Schubert A. Nanoscience and Nanotechnology on the balance. *Scientometrics* 1997; 38(2):321-325.
21. López G, Morales R, Olea O, Sánchez V, Trujillo J, Varela V, Vilchis A. Nanoestructuras metálicas, síntesis, caracterización y aplicaciones. Barcelona. Reverté 2013.
22. Smitha, S, Gupta, S, Bartonova, A, Dusinka, M, Gutleb, A y Rahman Q. 2012. Nanoparticles in the environment: assessment using the causal diagram approach. *Environ Health*. 11:1-11.
23. Lux report. 2008. Nanomaterials state of the market: stealth success, broad impact. Disponible en: <http://portal.luxresearchin.com/research/document/3735>.
24. Bawarski W, Chidlowsky E, Bharali J, Mousa S. Emerging nanopharmaceuticals. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine* 2008; 4: 273-282.
25. Wani I, Khatoun S, Ganguly A, Ahmed J, Ganguli A, Ahmad T. Silver nanoparticles: large scale solvothermal and optical properties. *Materials Research Bulletin* 2010;45: 1033-1038.
26. Shubert, U, Husing, N. Synthesis of inorganic materials. Wiley VCH. Australia 2000 pp. 351-352, 355, 363-367, 369, 371-372.
27. García R, Argueta L, Mejía C, Jimenez R, Cuevas S, Sánchez P, Mendieta H. Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice. *International Dental Journal* 2011; 61:297-301.
28. Wu Q, Cao H, Luan Q, Zhang J, Wang Z, Warner J. Biomolecule-assisted synthesis of water-soluble silver nanoparticles and their biomedical applications. *Inorganic Chemistry* 2008; 47: 5882-5888.
29. Sung J, Kuk E, Yu K, Kim J, Park A, Lee H, Kim S, Hwang C, Kim Y, Jeang D, Cho M. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine* 2007; 3:95-101.
30. Siddhartha S, Tanmay B, Arnab R, Gajendra S, Ramachandrarao P, Debabrata D. Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silver nanoparticles. *IOP Nanotechnology* 2007; 18 (22): 1-9.
31. Martínez HR, Abdala HM, Treviño E, Garza G, Pozas A, Rivera G. Aplicación de la nanotecnología en odontología: Nano-odontología. *CES Odontología* 2011;24(2)87-91.

EDITORES / COORDINADORES

Dr. Carlo Eduardo Medina Solís

Actualmente es Profesor-Investigador Titular “B” en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y Profesor de Posgrado en la Universidad Autónoma del Estado de México. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores desde el 2007, actualmente es Investigador Nacional Nivel III (SNI-CONACyT). Doctor en Salud Pública por la Universidad Contemporánea de las Américas (2020-2022). Doctor en Educación por la Universidad IEXPRO (2018-2020). Maestro en Ciencias de la Salud con área de concentración en Sistemas de Salud por el Instituto Nacional de Salud Pública/Escuela de Salud Pública de México (2001-2003). Estudió la Licenciatura de Cirujano Dentista en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Campeche (1993-1998) donde realizó también un Diplomado en Investigación Epidemiológica (2000). Como investigador, ha sido autor o coautor de más de 500 presentaciones en congresos nacionales e internacionales donde ha obtenido diversos premios y reconocimientos. Es autor o coautor en más de 200 artículos científicos que han sido publicados en revistas nacionales e internacionales. Ha sido Editor o Coordinador de 10 libros y autor de 56 capítulos de libro. Ha participado como investigador o co-investigador en diversos proyectos de investigación. Es revisor (peer-reviewer) de diversas revistas Nacionales e Internacionales. Actualmente es Editor Académico de The Scientific Word Journal y Editor Asociado de BMC Oral Health. Es Evaluador Externo para obtener financiamiento en proyectos de investigación, así como consultor en diversas Universidades de México. Ha participado en comités científicos de congresos nacionales e internacionales. Es tutor de la Academia Mexicana de Ciencias para el Verano de la Ciencia y del Programa DELFIN. Es evaluador acreditado del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) y de fondos mixtos para financiamiento del CONACyT. Ha sido profesor invitado a nivel posgrado en el Instituto Nacional de Salud Pública, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente es profesor a nivel Licenciatura, Especialidad, Maestría y Doctorado en diversas universidades de México. Ha sido director o asesor de tesis de Doctorado, Maestría y Especialidad en el INSP/ESPM, la UAEH, la UABJO, la UAEM y de Licenciatura en la BUAP, UAC y UAEH.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1410-9491>

Dr en O. Rogelio José Scougall Vilchis

Actualmente es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Odontología y Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP desde el año 2010. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores desde el 2011 a la fecha, actualmente es Investigador Nacional Nivel I (SNI-CONACyT). Es Coordinador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (CIEAO) “Dr. Keisaburo Miyata” de la Facultad de Odontología desde octubre de 2013 a la fecha. Estudió la licenciatura de Cirujano Dentista y la Maestría en Ciencias Odontológicas con Especialidad en Ortodoncia en la Facultad de Odontología de la UAEM, a nivel licenciatura recibió la presea “Ignacio Manuel Altamirano Basilio” por haber obtenido el promedio más alto de su generación. Realizó estudios de Doctorado en la Facultad de Odontología de la Universidad de Asahi, en Japón. Como docente imparte asignaturas en la licenciatura de Cirujano Dentista, en la Especialidad de Ortodoncia, en la Maestría en Ciencias Odontológicas y en el Doctorado en Ciencias de la Salud, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Autor o coautor de diversas publicaciones a nivel nacional e internacional. Revisor de publicaciones científicas en diversas revistas de circulación internacional. Es conferencista nacional e internacional. Es miembro

activo de la Asociación Internacional de Investigación en Odontología (IADR), Federación Mundial de Ortodoncistas (WFO), Asociación Americana de Ortodoncistas (AAO), Asociación Mexicana de Ortodoncistas (AMO). Cuenta con la certificación nacional como Ortodoncista ante la AMO y una certificación internacional además de ser miembro de la Sociedad Edward H. Angle de Ortodoncistas. Es coautor o autor de más de 80 artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales. Ha participado en diversos proyectos de investigación como responsable o co-responsable de los mismos. Ha participado en la publicación de 3 libros y participado con varios capítulos en libros electrónicos e impresos.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4671-0748>

Dra. en C.S. Edith Lara Carrillo

Actualmente es Profesora de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP. Ha sido reconocida dentro del Sistema Nacional de Investigadores, como Investigador Nacional Nivel I (SNI-CONACyT). Fue Directora de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México (2017–2021) y Tesorera de la Federación Mexicana de Facultades y Escuelas de Odontología (2020-2021). Fue Coordinadora de la Maestría en Ciencias Odontológicas de la Facultad de Odontología de la UAEMéx. (2010-2011 y 2014-2017). Estudió la licenciatura de Cirujano Dentista en la Facultad de Odontología, la Maestría en Administración en Sistemas de Salud en la Facultad de Contaduría y Administración, la Maestría en Ciencias Odontológicas con Especialidad en Ortodoncia, en la Facultad de Odontología y el Doctorado en Ciencias de la Salud, en la Facultad de Odontología, todos en la UAEMéx, recibiendo en los dos últimos la preseña “Ignacio Manuel Altamirano Basilio” por haber obtenido el promedio más alto de su generación. Obtuvo el Primer lugar Nacional en el Examen General de Calidad Profesional de Odontología, organizado por el CENEVAL (1997) y la Nota Laudatoria por el desarrollo sobresaliente de actividades académicas en la Facultad de Odontología (2010). Es miembro de la Sociedad Nacional de Investigadores en Odontología desde 2019 a la fecha. Miembro activo y Ortodoncista certificada por la Asociación Mexicana de Ortodoncia desde 2017 a la fecha. Fue Presidenta del Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Odontología de la UAEMéx. Autor o coautor en diversas presentaciones de trabajos de investigación en donde ha obtenido varios premios a nivel nacional e internacional. Es Miembro de la International Association for Dental Research (IADR), revisora externa de revistas internacionales como The Angle Orthodontist, Scientific Report y el Journal of the American Dental Association. Es coautora o autora de más de 65 artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales. Ha participado en diversos proyectos de investigación como responsable o co-responsable de los mismos. Editora y colaboradora en la publicación de 11 libros. Miembro del Comité Editorial del Tanta Dental Journal y el Epidemiology International Journal. Ha sido directora o codirectora de tesis de licenciatura, especialidad, maestría y doctorado. Como docente imparte asignaturas en la licenciatura de Cirujano Dentista, en la Maestría en Ciencias Odontológicas, en la Especialidad de Odontopediatría y en la Especialidad de Ortodoncia desde 1996 a la fecha, en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6714-7790>

Dra. en C.S. Norma Leticia Robles Bermeo

Actualmente es Profesora de Tiempo Completo y encargada de Despacho de la Dirección de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) y Docente de Licenciatura y Posgrado de la misma Universidad. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP. Forma

parte del Sistema Nacional de Investigadores como Candidata Investigadora. Líder del Cuerpo Académico “Odontopediatría y Ortodoncia” con registro SEP-PRODEP con el nivel “Consolidado” y pertenece a la Red de Investigación en Estomatología. Estudió la Licenciatura de Cirujano Dentista y la Especialidad en Odontopediatría en la Facultad de Odontología de la UAEMex. Estudió la Maestría en Ciencias de la Educación en la Universidad del Valle de México y el Doctorado en Ciencias de la Salud en la Universidad Anáhuac-México, ambas con Mención Honorífica. Cuenta con el Diplomado en Diagnóstico y Tratamiento en Ortopedia Maxilar, Universidad Nacional Autónoma de México (2013), el Diplomado en Metodología de la Investigación Clínica. Red Institute (Research, Education and Development in Health Sciences) y Universidad Anáhuac, México (2016), Diplomado en Bioética en los servicios de salud. Universidad Autónoma del Estado de México e Instituto de Salud del Estado de México (2021), Diplomado en Microbiota Oral y Respiratoria. Universidad Tecnológica TECH (2021) entre otros. Fue Coordinadora de la Especialidad en Odontopediatría de la Facultad de Odontología de la UAEMex (2010 a 2015) y Coordinadora de Planeación (2017-2021) en la misma Universidad. Pertenece a la *International Association of Paediatric Dentistry*, es autora y coautora de diversos artículos científicos, y capítulos de libro. Es coautora del libro Manual de Procedimientos Clínicos en Odontopediatría. Ha sido evaluadora en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) de CONACyT y Pertenece a la Sociedad Nacional de Investigadores en Odontología, ha sido Directora y asesora de tesis de licenciatura, especialidad y maestría en la UAEMex y actualmente participa impartiendo clase en la Licenciatura en la asignatura de Odontopediatría I, en la Especialidad en Odontopediatría con la asignatura de Clínica Básica de Odontopediatría I, en la Maestría con las asignaturas: Investigación I y III y en el Doctorado en Ciencias de la Salud en la asignatura Actividades Avanzadas de Investigación en la UAEMex.

ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8516-9689>

Dra en O. Blanca Silvia Gonzalez López

Actualmente es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Odontología y Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP desde el año 2010. Es Jefe del Laboratorio de Patología Bucal del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (CIEAO) “Dr. Keisaburo Miyata” de la Facultad de Odontología desde octubre de 1989 a la fecha. Estudió la licenciatura de Cirujano Dentista en la Facultad de Odontología de la UNAM; Realizó una Residencia en Salud Pública en el Sistema de Salud Cd. Nezahualcoyotl y la Maestría en Odontología con Especialidad en Patología Bucal en la Unidad de Estudios de Posgrado de la Facultad de Odontología de la UANAM. Realizó estudios de Doctorado en la Facultad de Odontología de la Universidad de Meikai en Japón. Como docente imparte asignaturas en la licenciatura de Cirujano Dentista y en el Doctorado en Ciencias de la Salud, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Autor o coautor de 60 publicaciones de difusión para la salud dirigidas al público en general, 48 publicaciones científicas a nivel nacional e internacional. Revisor de publicaciones científicas en revistas de circulación internacional. Es conferencista nacional. Es coautor o autor de más de 80 artículos científicos publicados en revistas nacionales e internacionales. Ha participado en diversos proyectos de investigación como responsable o co-responsable de los mismos. Ha participado con varios capítulos en libros impresos.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4537-217X>

Dra. María Verónica Cuevas-González

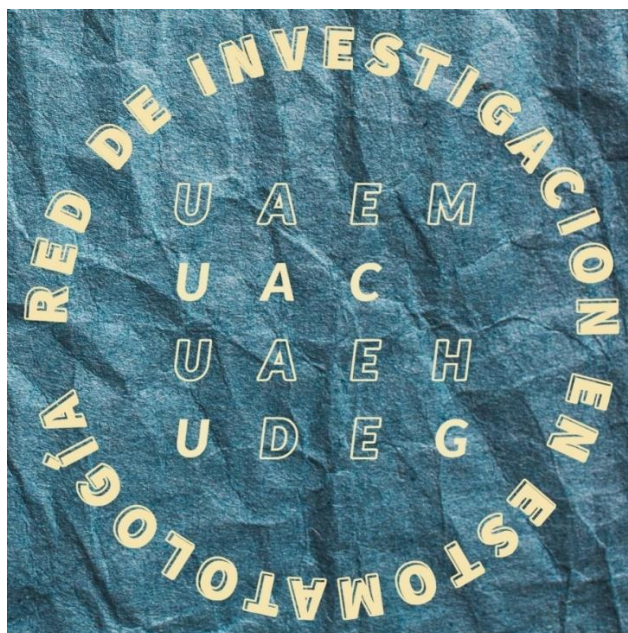
Actualmente es Profesora de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Baja de California campus Valle de las Palmas. Doctora en Ciencias Médicas y Odontológicas por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestra en Ciencias Odontológicas egresada de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Cuenta con la especialidad de Prótesis Maxilofacial cursada en el Hospital General “Dr. Eduardo Liceaga” y graduada como Cirujano Dentista de la Facultad de Odontología de la UJED. Cuenta con múltiples publicaciones a nivel internacional, desarrolla actualmente líneas de investigación en el área de la ingeniería de tejidos, así como, el estudio de biomoléculas que intervienen en el diagnóstico y pronóstico de patologías de la cavidad bucal.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3112-4893>

Dr. Juan Carlos Cuevas-González

Actualmente es Profesor de Tiempo Completo en el departamento de Estomatología en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cuenta con reconocimiento al perfil PRODEP. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel I (SNI-CONACyT). Es coordinador del programa de Especialidad en Patología y Medicina Bucal en la UACJ. Estudió la licenciatura de Cirujano Dentista en la Facultad de Odontología en la Universidad Juárez del Estado de Durango, la especialidad en Patología y Medicina Bucal en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco, la Maestría en Ciencias Odontológicas en la Universidad Nacional Autónoma de México al igual que el doctorado en Ciencias Odontológicas en la misma Universidad. Como docente imparte asignaturas en el programa de Cirujano Dentista, así como a nivel posgrado. Es autor o coautor de diversas publicaciones a nivel nacional e internacional y revisor de revistas científicas de circulación internacional, es miembro activo de la Asociación Mexicana de Patología y Medicina Bucal.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6981-8025>



Este libro forma parte de la línea de investigación de la

RED DE INVESTIGACION EN ESTOMATOLOGÍA

UAEM - UAC - UAEH - U de G

ISBN: 978-607-99751-8-0





ISBN: 978-607-99751-8-0

