

Revista Tamé



Universidad
Autónoma
de Nayarit

MARZO

39



Directorio

Dra. Norma Liliana Galván Meza

Rectora

Mtra. Margarete Moeller Porraz

Secretaria de Rectoría

Mtro. Hugo Fabio Pérez Ocampo

Director de Publicaciones y Fomento Editorial

Mtro. Julio Cesar Rodríguez Arámbula

Coordinador del Área Académica de Ciencias de la Salud

Mtro. Rafael Rivas Gutiérrez

Director de la Unidad Académica de Odontología

El significado de la palabra Tamé es diente en la lengua huichol.

Revista Tamé, Año 12, No. 39, Marzo 2025. Publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la cultura "Amado Nervo" Col. Los Fresnos, C.P. 63190, Tepic, Nayarit, México. Tel.:311 2118800, Ext. 8826 Correo electrónico: revista.tame@gmail.com Editor responsable: M.S.P. Jaime Fabián Gutiérrez Rojo. No. de reserva de derechos al uso exclusivo 04-2022-062912534600-203, ISSN 2007-462X, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. INDEX IMBIOMED, DOAJ y Latindex. Impresa en el Taller de Artes Graficas de la UAN. Ciudad de la cultura "Amado Nervo" Col. Los Fresnos, C.P. 63190, Tepic, Nayarit, México. El tiraje consta de 1000 ejemplares. La opinión expresada en los artículos firmados es responsabilidad del autor. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes, siempre y cuando se cite la fuente y no sea con fines de lucro.

Comité Editorial

Mtro. Jaime Fabián Gutiérrez Rojo

Director y Editor

Mtro. Enrique E. Huitzil Muñoz

Editor Adjunto

Dr. Gabriel Mario Fonseca

Odontología Forense Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

C.D.E.O. Joaquín Canseco Jiménez

Ortodoncia, Hospital Infantil "Federico Gómez"

C.D.E.O. Rafael Escarcega Peña

Odontopediatría, Universidad de Guadalajara

C.D.E.P. Mario Lizárraga Zapata

Periodoncia, Universidad Lamar

Dr. Federico Humberto Barceló Santana

Biomateriales, Universidad Nacional Autónoma de México

Mtro. Carlos Guerrero Bobadilla

Endodoncia, Universidad de Guadalajara

Dr. Luis Alberto Gaitán Cepeda

Patología, Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Verónica Alejandra Mondragón Jaimes

Microbiología, Universidad Autónoma de Nayarit

Dr. Fermín Guerrero Del Ángel

Maxilofacial, Universidad Autónoma de Tamaulipas

Mtra. Ma. Esther Vaillard Jiménez

Educación Superior. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dra. Irma Alicia Verdugo Valenzuela

Odontología Preventiva, Universidad Autónoma de Baja California



Índice

Artículos Originales

- 1564. Impacto en la atención odontológica infantil en El Salvador, México y España durante la pandemia COVID-19.
- 1569. Comparación de las propiedades de las cadenas elastoméricas grises y transparentes.

Casos Clínicos

- 1574. Tratamiento no quirúrgico de lesión periapical extensa de origen endodóntico.
- 1578. Distalización unilateral de molares superiores con resorte de Nitinol.

Revisión bibliográfica

- 1582. Elementos finitos en ortodoncia.



Impacto en la atención odontológica infantil en El Salvador, México y España durante la pandemia COVID-19.

Castillo Guerra Haydée Montserrat,* López Villareal Sonia Martha,** Rodríguez Luis Osvelia Esmeralda,** Villareal García Laura Elena,** Martínez González Gustavo Israel,** Garza Silva Jorge Yitzhak Hazhemy,** Aguirre Escobar Guillermo Alfonso,*** Rivera Ventura José Osmín,*** Sánchez López Jorge Arturo .***

Resumen

Objetivo: Determinar el impacto de la pandemia por COVID-19 en la atención odontológica de la población infantil en El Salvador, México y España. **Materiales y métodos:** Estudio descriptivo, transversal a 122 odontopediatras y dentistas generales del sector público y privado que fueron invitados a realizar un cuestionario electrónico para medir el impacto de la pandemia por COVID-19 en la atención odontológica de la población infantil. **Resultados:** El principal motivo de consulta de los pacientes infantiles durante el confinamiento por COVID-19 fue el dolor (62% en El Salvador, 46% en España y 55% en México). El principal tratamiento realizado fue endodoncia/tratamientos pulpares (22% en El Salvador, 18% en España y 21% en México). Las piezas dentales que se extrajeron con más frecuencia fueron molares infantiles (44% en El Salvador, 85% en España, 49% en México). **Conclusiones:** La pandemia por COVID-19 modificó el tipo de atención odontológica en los niños observando que la prevención no fue lo más importante y que el dolor, tratamientos pulpares y extracciones fueron tratamientos constantes durante este tiempo. En este estudio no encontramos diferencias significativas en la atención odontológica en los tres países estudiados.

Palabras clave: impacto, atención, odontológica, COVID.

Abstract

Objective: Determine the impact of the COVID-19 pandemic on dental care for the child population in El Salvador, Mexico, and Spain. **Materials and methods:** Descriptive, cross-sectional study of 122 pediatric dentists and general dentists from the public and private sectors who were invited to complete an electronic questionnaire to measure the impact of the COVID-19 pandemic on dental care of the children's population. **Results:** The main reason for consultation among child patients during the COVID-19 confinement was pain (62% in El Salvador, 46% in Spain and 55% in Mexico). The main treatment performed was endodontics/pulp treatments (22% in El Salvador, 18% in Spain and 21% in Mexico). The teeth that were extracted most frequently were children's molars (44% in El Salvador, 85% in Spain, 49% in Mexico). **Conclusions:** The COVID-19 pandemic modified the type of dental care in children, observing that prevention was not the most important thing and that pain, pulp treatments and extractions were constant treatments during this time. In this study we did not find significant differences in dental care in the three countries studied.

Keywords: impact, care, dental, COVID.

*Estudiante de la Maestría en Ciencias Odontológicas en el Área de Odontopediatria.

**Profesor investigador Universidad Autónoma de Nuevo León.

***Profesor Investigador Universidad de El Salvador.

**** Investigador asociado Universidad de Monterrey.

Correspondencia: Sonia López Villareal e-mail: solopezvi@gmail.com

Introducción

COVID-19 es una enfermedad infecciosa nueva y en evolución que se propaga por todo el mundo rápidamente, a finales de diciembre de 2019.¹ La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoció oficialmente los brotes como una emergencia de salud pública.² Durante el primer bloqueo de la pandemia, hubo una cantidad significativa de incertidumbre en torno a COVID-19, desde su etiología, las vías de transmisión, la probabilidad de resultados fatales o efectos secundarios a largo plazo y métodos de tratamiento. Al comienzo de la pandemia, no estaba claro si el riesgo de infección era aún más pronunciado para los dentistas pediátricos.³ Los odontólogos de la mayoría de los países involucrados en la pandemia por COVID-19 se limitaron a atender tratamientos de emergencia, esto para evitar la propagación del COVID-19 del paciente a los profesionales de la salud y viceversa ya que la odontología es una de las disciplinas médicas de mayor riesgo porque la cavidad bucal es parte del tracto respiratorio superior.⁴ La emergencia dental se refiere a enfermedades bucales que ocurren y se desarrollan rápidamente en un período corto y requieren tratamiento inmediato. Las emergencias

dentales son potencialmente mortales y necesitan tratamiento inmediato para detener el sangrado tisular continuo, aliviar el dolor intenso o la infección.⁵

En la odontología pediátrica la caries es un importante problema de salud pública que afecta a los niños en todo el mundo, además, afecta la alimentación, el habla, el bienestar emocional y la salud general de los niños. Está ampliamente aceptado que los estilos de vida están estrechamente asociados con la enfermedad bucal y se han producido grandes cambios en la vida diaria de los niños desde el brote de COVID-19.⁶

La pandemia por COVID-19 trajo consigo cambios en los protocolos de atención en la consulta odontológica bajo una enorme presión en la que se enfrentaban desafíos únicos y variables durante las diferentes olas de la pandemia ya que hubo escasez de información al principio sobre el distanciamiento social, lo que significó que muchos pacientes no acudieron a sus citas controles dentales lo que a su vez provocó un aumento de lesiones

cariosas. Antes de la pandemia, los odontopediatras solían llevar un control con sus pacientes donde podían llevar el seguimiento de los tratamientos dentales que necesitaban sus pacientes y realizar consultas de prevención, por lo cual el objetivo de este estudio fue determinar el impacto de la pandemia por COVID-19 en la atención odontológica de la población infantil en El Salvador, México y España.

Material y Métodos

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal que determinó el impacto de la pandemia por COVID-19 en la atención odontológica de la población infantil en El Salvador, México y España realizando un análisis retrospectivo de 122 odontopediatras y dentistas generales de los tres países que atendieron a niños en el periodo comprendido durante el confinamiento por COVID-19. La población de estudio fueron los odontopediatras y dentistas generales que laboraron durante el tiempo de confinamiento por COVID-19 y que dieron atención a niños. Se eligieron odontopediatras y dentistas generales que laboran tanto el sector público como el privado. El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León. La encuesta fue validada y publicada por la Universidad Alfonso X El Sabio y diseñada en el programa de Formularios de Google. Los datos se fueron recopilando de septiembre a diciembre de 2022 y de enero a marzo del 2023. Se aplicó el cuestionario a los odontopediatras y dentistas generales de México, El Salvador y España que dan atención a niños, el cual fue enviado por medio de un enlace electrónico de Forms; a un pequeño grupo se le colocó el cuestionario de manera presencial utilizando el mismo enlace de Forms. Para el análisis estadístico se empleó el programa estadístico IBM SPSS (Statistical Program for Social Sciences) versión 26.0. La distribución de las respuestas se presenta como la media y la desviación estándar. La información fue codificada y digitada en Excel para el procesamiento y análisis de información. La presentación de los datos se realizó mediante tablas y gráficos según la estadística descriptiva.

Resultados

El tamaño de la muestra del presente estudio fue de un total de 122 entrevistados odontopediatras y dentistas generales que atendieron a niños durante el confinamiento, los cuales respondieron la encuesta y aceptaron participar en el estudio. La media de edad que se encontró en los odontopediatras y dentistas generales entrevistados fue de 44.40 en El Salvador, 37 en España y en México fue de 44.04. En cuanto al género de los entrevistados por país, podemos observar que el 100% de

los entrevistados en España fueron de sexo femenino, en El Salvador fueron el 72% sexo femenino y el 28% de sexo masculino, mientras que en México el 84% fueron de sexo femenino y 15% de sexo masculino observando que en los 3 países el sexo femenino fue el predominante.

El grado de estudios de los entrevistados por país en donde se observa que en México el 67.92% son odontopediatras, el 24.53% dentista general y el 7.55% otro. En España el 100% de los entrevistados fueron odontopediatras y en El Salvador el 56% fueron dentistas generales, el 32% odontopediatras. La mayoría de los encuestados tiene un título de experto o master en odontopediatría.

En cuanto a los años de experiencia o ejercicio profesional de los entrevistados por país, en el Salvador destaca que el 56% tenía 20 años o más de ejercicio profesional, en España el 66.67% de 5 a 10 años y en México destaca el 43.40% con 20 años o más de ejercicio profesional. Se preguntó el sector de desempeño profesional por país de los entrevistados que fue clasificado de acuerdo al sector público, privado o en ambos, en El Salvador el 80% pertenece al sector privado, el 16% al sector público y un 4% trabaja en ambos sectores; en España el 100% pertenece al sector privado y en México el 79.25% al sector privado, el 5.66% al sector público y el 15.09% trabaja en ambos sectores.

El gráfico 1 muestra que el principal motivo de consulta de los pacientes por país durante el confinamiento por COVID-19 fue el dolor, en segundo lugar, infección, traumatismos y otros motivos ya que se fueron restringiendo las citas y solo podían acudir por urgencia. En el Salvador el dolor tuvo un 62.16% de frecuencia, la infección un 24.32%, los traumatismos un 8.11% y otro motivo un 5.41, en España el dolor lo encabeza con un 46.15%, la infección con un 30.77% y los traumatismos 23.08% y en México el dolor obtuvo un 55% de frecuencia, la infección un 26.25%, traumatismos fue el más bajo con un 6.25% y otro motivo tuvo un 12.50%.

Durante el confinamiento la consulta fue teniendo cambios, en la gran mayoría de los casos se realizaban citas de urgencia y los principales motivos eran por dolor e infecciones. En cuanto a los principales tratamientos dentales que se realizaron en los tres países fueron tratamientos pulpares/ endodoncias, cirugías / extracciones, operatoria y otros. Los tratamientos pulpares/endodoncias fueron los principales tratamientos realizados en los 3 países con un 44.44% en El Salvador, 42.46% en México y 37.5% en España seguido de las extracciones/cirugías con un 37.5% en España, 35.56% en El Salvador y 27.4% en México. Sin embargo, en México la operatoria fue de 15.75% (Gráfico 2).

El gráfico 3 muestra las piezas extraídas con más frecuencia en la consulta de los pacientes por país, la extracción/cirugía fue el segundo tratamiento que más se realizó. Las piezas extraídas con mayor frecuencia fueron los molares infantiles en El Salvador con una frecuencia de 44.83%, en España con una frecuencia de 85.71% y en México un 49.09%. Las segundas piezas extraídas con más frecuencia fueron molares permanentes en El Salvador con un 37.93%, en España los anteriores infantiles con un 14.29% y en México los molares permanentes con un 25.45%.

Respecto a el uso de instrumentos rotatorios para realizar cavidades en la práctica en los pacientes por país los resultados muestran que en El Salvador el 68% utilizó instrumentos rotatorios, en España el 50% y en México el 58.49% durante el confinamiento a pesar de saber que era un medio de contaminación cruzada potencial (Gráfico 4). Se preguntó al profesional si estaban a favor y consideraban el uso de tratamientos mínimamente invasivos como técnicas alternativas de protección frente al COVID-19 en niños. Los resultados por país indican que en El Salvador el 92% estuvieron a favor del uso de estas técnicas, en España el 100% y en México el 90.57% (Gráfico 5).

Se investigó cuáles eran las medidas de protección que utilizaban los profesionales en la atención de pacientes infantiles previo a la pandemia en cada país, se observó que el cubrebocas y los guantes fueron las principales barreras de protección utilizadas en los tres países. En El Salvador el 20.49% utilizaba guantes y cubrebocas y además el 19.67% bata, gafas y gorro, en España el 21.43% usaba cubrebocas, gafas y guantes, además el 17.86% bata y gorro y en México el 22.75% cubrebocas y guantes, el 21.03% gafas y el 16.74% bata y gorro (Gráfico 6).

Se preguntó al profesional si tomó más precauciones en pacientes infantiles cuando conoció la existencia del COVID-19 con respecto a su práctica habitual, observamos que en El Salvador el 100% de los profesionales tomaron precauciones mientras que en España el 83.33% y en México el 90.57%, sin embargo, en España el 16.67% y en México el 9.43% mencionaron que siempre tomaban precauciones con los pacientes infantiles (Gráfico 7).

Considerando las medidas de actuación frente al COVID-19 en el consultorio dental se preguntó en cada país si las consideraron adecuadas para tratar a los pacientes infantiles ya que se podía afectar en el manejo de conducta o no eran adecuadas porque los niños se podían atemorizar por las nuevas barreras de seguridad o entorpecía el trabajo del odontopediatra o si habían tenido

Gráfico 1. Principales motivos de consulta de los entrevistados por país.

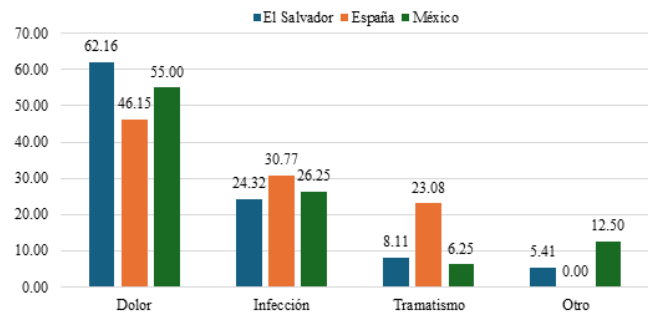


Gráfico 2. Principales tratamientos realizados por los entrevistados por país.

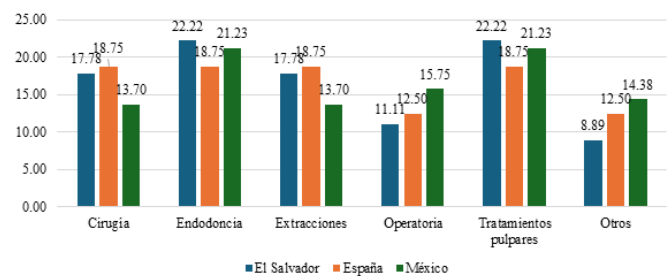


Gráfico 3. Piezas extraídas con más frecuencia de los entrevistados por país.

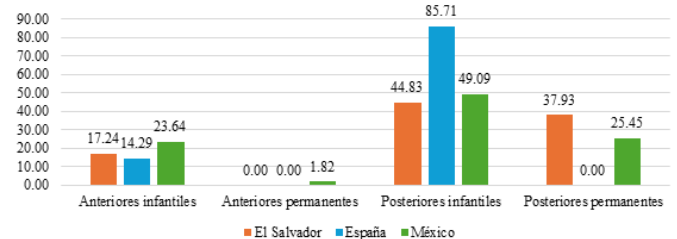


Gráfico 4. Uso de instrumentos rotatorios de los entrevistados por país.

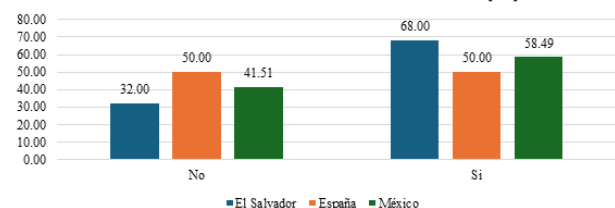


Gráfico 5. Uso de tratamientos mínimamente invasivos de los entrevistados por país.

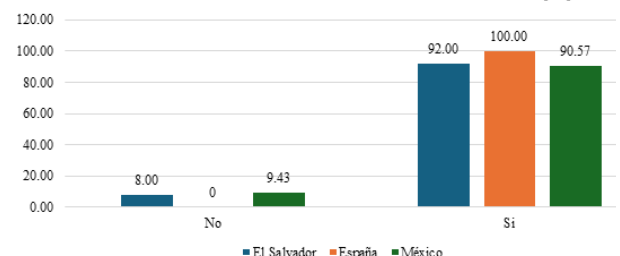


Gráfico 6. Uso de barreras de protección de los entrevistados por país.

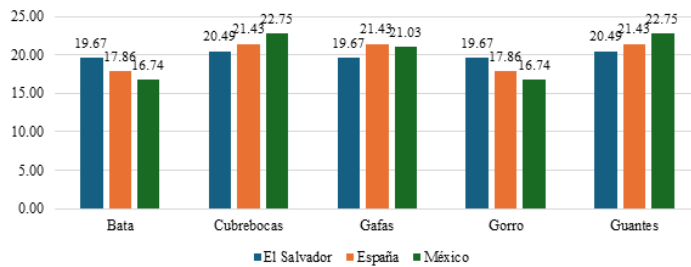


Gráfico 7. Precauciones preventivas con pacientes infantiles de los entrevistados por país.

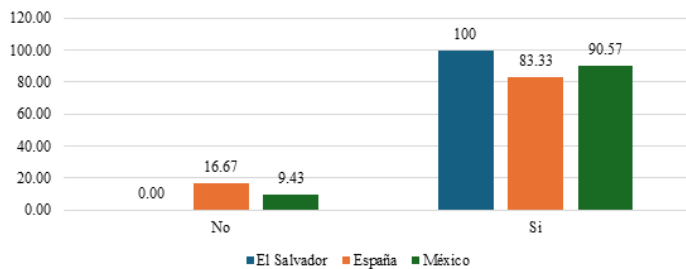


Gráfico 8. Considera que las medidas utilizadas durante la pandemia fueron adecuadas por país.

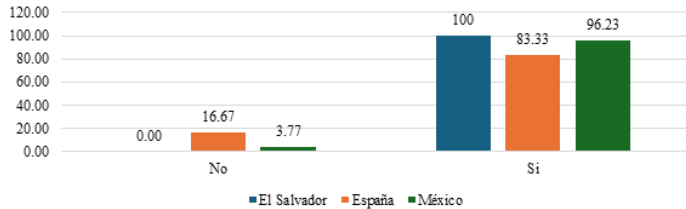


Gráfico 9. Consideraciones sobre el uso de radiografías por país.

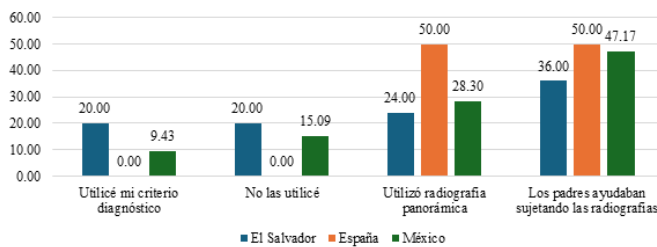


Gráfico 10. Acompañamiento en el consultorio durante la pandemia por país.

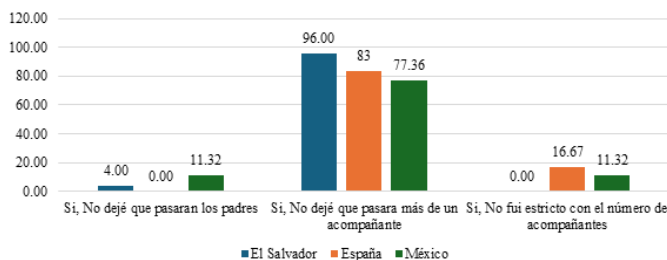
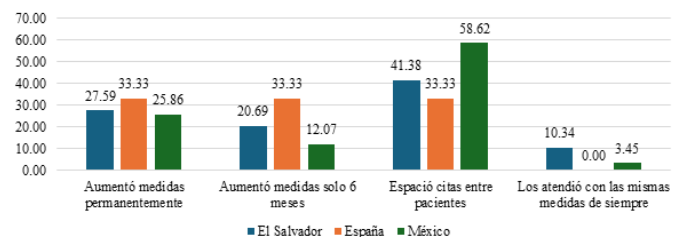


Gráfico 11. Actitud durante la pandemia cuando se le permitió la atención de pacientes por país.



que adaptar su manejo de conducta. En El Salvador el 100% estuvo de acuerdo que las medidas fueron adecuadas, en España el 83.33% y en México el 96.23% (Gráfico 8). En cuanto a las consideraciones respecto al uso de radiografías en El Salvador el 36%, en España el 50% y en México el 47.17% respondieron que se pedía ayuda a los padres para sujetar las radiografías a los niños tomando medidas antes y después. En El Salvador el 24%, en España el 50% y en México el 28.30% optó por realizar radiografías panorámicas antes que radiografías periapicales. Sin embargo, en El Salvador el 20% y en México el 15.09% decidió no realizar radiografías hasta que el riesgo de contagio disminuyera, mientras que el 20% en El Salvador y el 9.43% en México utilizó su criterio de diagnóstico para evitar radiografías (Gráfico 9).

Debido a que se implementaron muchas medidas de prevención durante el confinamiento, se realizó una pregunta a los odontopediatras y dentistas generales en cuanto si consideraban necesario informar a los pacientes que fueran menos acompañados a la consulta para evitar el riesgo de contagio. Los resultados muestran que el 96% en El Salvador, el 83% en España y el 77.36% en México respondieron que no dejaron pasar más de un acompañante. El 4% en El Salvador y 11.32% en México no dejaron pasar a los padres, sin embargo, a pesar de conocer todos los riesgos el 16.67% en España y el 11.32% en México no fueron estrictos con las medidas de precaución que se establecieron durante la pandemia (Gráfico 10).

Con respecto a la pregunta de cómo fue el proceder cuando la pandemia del COVID-19 permitió volver al trabajo y la consulta de pacientes infantiles, los resultados muestran que el 41.38% en El Salvador, 33.33% en España y el 58.62% en México espació las citas entre los pacientes para mantener las medidas de prevención e higiene en el consultorio. El 27.59% en El Salvador, 33.33% en España y el 25.86% en México aumentó las medidas de prevención permanentemente. El 20.69% en El Salvador, 33.33% en España y el 12.07% en México aumentó las medidas de prevención, pero solo 6 meses después de terminar el confinamiento,

y solo un 10.34% de El Salvador y un 3.45% de encuestados de México atendieron con las mismas medidas de seguridad de siempre (Gráfico 11).

Discusión

La pandemia por COVID-19 modificó e impactó en el tipo de atención odontológica en los niños con respecto de la atención tradicional en donde la prevención jugaba un papel muy importante, el uso de materiales remineralizantes y preventivos como el barniz de flúor, los selladores, los ionómeros, la detección temprana de maloclusiones, el control de la erupción etc. La atención cambió para dar paso a las urgencias como el dolor, por lo tanto, la finalidad de este estudio fue determinar el impacto que tuvo esta pandemia en el cambio del proceder en los tratamientos y manejo odontológico para las poblaciones de El Salvador, México y España, sin embargo, sabemos que fue de impacto para miles de millones de personas en todo el mundo. Kalyoncu y colaboradores en 2021 mencionaron que la pandemia de coronavirus requirió adaptaciones de adultos, jóvenes y niños en todas sus actividades afectando al bienestar de la familia, reduciendo ingresos y aumentando miedos y ansiedad, en este estudio podemos observar que la consulta odontológica pediátrica también tuvo que adaptarse en el seguimiento y supervisión de la atención bucal de los niños, considerando las guías y protocolos que se establecieron y que impidieron las visitas frecuentes o de rutina al odontopediatra.

Los resultados obtenidos por este estudio sugieren que la pandemia por COVID-19 tuvo efectos adversos en la salud bucal de los niños ya que se pudo establecer que los principales motivos de consulta fueron el dolor y los principales tratamientos la terapia pulpar y la extracción de molares infantiles relacionado a la falta de tratamiento oportuno, esto derivado de la falta de servicios de salud. Autores como Lyu y Wehby en 2022, sugieren que la pandemia de COVID-19 tuvo efectos adversos generalizados en la salud bucal de los niños y el retraso en la atención oral en su primer año. Evitar el tratamiento dental de rutina puede conducir a un deterioro de la salud bucal provocando un aumento de lesiones cariosas que pueden evolucionar a infecciones dentales. Fux, Noy y colaboradores en 2021 mencionan que el descuido del trauma dental o de la caries que progresa puede provocar anomalías en el desarrollo de los dientes permanentes. En 2021 Schulz, Weidner y colaboradores encontraron que los pacientes mostraron más caries autenticadas durante el confinamiento en Wuhan, lo que representa la importancia de la profilaxis y el tratamiento incluso en epidemias. En nuestro estudio coincidimos en que la prevención y las citas de revisión disminuyeron, provocando posteriormente, tratamientos de rehabilitación

y extracciones. Este estudio confirma lo postulado por nuestra hipótesis que planteaba que la pandemia por COVID-19 modificó el tipo de atención odontológica en los niños y nos permitió medir el impacto en como influyó la atención durante la pandemia en los países de El Salvador, México y España. Los resultados obtenidos nos muestran que los principales motivos de consulta odontológica en la población infantil durante el confinamiento fue el dolor y la infección porque no se podía dar un seguimiento a tratamientos que tenían previamente diagnosticados o simplemente por los nuevos hábitos y estilo de vida que adquirieron en ese momento, que provocó que tuvieran un cambio en su higiene oral. Medir el impacto de la atención durante la pandemia es muy valioso ya que genera resultados y representa una oportunidad de crear estrategias y protocolos adaptados ante una nueva adversidad.

Referencias

1. Alzahrani SB, Alrusayes AA, Alfrah YK, Aldossary MS. Characteristics of paediatric dental emergencies during the COVID-19 pandemic in Riyadh City, Saudi Arabia. *European journal of paediatric dentistry*. 2021. 22(2), 95–97.
2. Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, Feng Z. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *New England journal of medicine*. 2020. 382(13), 1199–1207.
3. Schulz-Weidner N, Schlenz, MA, Krämer N, Boukhobza S, Bekes K. Impact and Perspectives of Pediatric Dental Care during the COVID-19 Pandemic Regarding Unvaccinated Children: A Cross-Sectional Survey. *International journal of environmental research and public health*. 2021. 18(22), 12117.
4. Cianetti S, Federici G, Coniglio M, Valenti C, Lombardo G, Pagano S. Covid-19 pandemic and clinical activity stop: oral health study in a group of children. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 2024. 25-1.
5. Kumar Mallineni S, Chandra Bhumireddy J, Nuvvula, S. Dentistry for children during and post COVID-19 pandemic outbreak. *Children and youth services review*. 2021. 120, 105734.
6. Li Z, Li Y, Liu C, Jiang H, Zhang C, Du M. An Online Cross-Sectional Survey on Oral Healthcare Among School-Age Children During COVID-19 Epidemic in Wuhan, China. *Frontiers in medicine*. 2021. 8, 572217.
7. Kalyoncu IO, Özcan G, Kargül B. Oral health practice and health-related quality of life of a group of children during the early stage of the COVID-19 pandemic in Istanbul. *Journal of education and health promotion*. 2021. 10, 313.
8. Lyu W, Wehby GL. Effects of the COVID-19 pandemic on children's oral health and oral health care use. *The Journal of the American Dental Association*. 2022. 153(8), 787-796.
9. Fux-Noy A, Mattar L, Shmueli A, Halperson E, Ram D, Moskovitz M. Oral Health Care Delivery for Children During COVID-19 Pandemic-A Retrospective Study. *Frontiers in public health*. 2021. 9, 637351.



Comparación de las propiedades de las cadenas elastoméricas grises y transparentes.

Cortés-Campos Jazmín, * Rivas-Gutiérrez Rafael, ** Masuoka-Ito David, ***
Gutiérrez-Rojo Jaime Fabián, ** Barrera-Bernal José. ***

Resumen

Las cadenas elastoméricas se utilizan para aplicar fuerzas ligeras y continuas en ortodoncia. Una de sus desventajas es la pérdida de sus propiedades elásticas después de un tiempo corto de uso, provocando movimientos dentales ineficientes. La adición de pigmentos a las cadenas modifica la estructura molecular del material, afectando la capacidad de resistencia a la tracción a lo largo del tiempo. Objetivo: Comparar la fuerza, longitud y módulo elástico de las cadenas elastoméricas grises y transparentes. Materiales y métodos: Se realizó un estudio in vitro con una muestra de 72 segmentos de cadena color gris y 72 transparente, divididas en 6 grupos de tiempo. Se fabricaron 36 plantillas con 20 mm de separación, para sujetar las cadenas a una longitud constante; se sumergieron en saliva artificial, alojadas en una incubadora a 37°C. La fuerza se midió con un dinamómetro y la longitud con un calibrador vernier digital y el módulo elástico con una máquina instron 5507. Se realizaron pruebas de t de Student, ANOVA y post hoc de Tukey. Resultados: El promedio de la fuerza inicial de las cadenas grises fue menor que las transparentes y a los 28 días las grises tuvieron una pérdida de fuerza mayor (42%) y las transparentes del 36.1%. Las cadenas grises tuvieron mayores cambios dimensionales (39.2%) y las transparentes el 27.8% de su longitud inicial y la disminución del módulo elástico también fue mayor en las grises (35.8%) mientras que las transparentes disminuyeron el 26.7%. En la prueba estadística de t de Student en el módulo elástico se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio hasta los 7 días. En la fuerza solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas al inicio y en la longitud a las 24 horas.

Palabras clave: Cadenas elastoméricas, ortodoncia, grises, transparentes.

Abstract

Elastomeric chains are used to apply light, continuous forces in orthodontics. One of their disadvantages is the loss of their elastic properties after a short period of use, causing inefficient tooth movement. The addition of pigments to the chains modifies the molecular structure of the material, affecting the tensile strength over time. Objective: To compare the strength, length, and elastic modulus of gray and transparent elastomeric chains. Materials and methods: An in vitro study was conducted with a sample of 72 gray and 72 transparent chain segments, divided into 6 time groups. Thirty six templates were manufactured, spaced 20 mm apart, to hold the chains at a constant length; they were immersed in artificial saliva and housed in an incubator at 37°C. Strength was measured with a dynamometer, length with a digital vernier caliper, and elastic modulus with an Instron 5507 machine. Student's t test, ANOVA, and Tukey's post hoc tests were performed. Results: The average initial strength of the gray chains was lower than the transparent ones, and at 28 days, the gray chains had a greater loss of strength (42%) and the transparent ones, 36.1%. The gray chains showed greater dimensional changes (39.2%), and the transparent ones 27.8% of their initial length. The decrease in elastic modulus was also greater in the gray chains (35.8%), while the transparent ones decreased by 26.7%. The Student's t test found statistically significant differences in elastic modulus from the beginning to the 7th day. Significant differences in strength were only found at the beginning and in length at 24 hours.

Keywords: elastomeric chains, orthodontic, gray, transparent.

*Estudiante de la Especialidad en Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

**Profesor de la Especialidad en Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

***Profesor Investigador de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Correspondencia: Jazmín Cortés Campos e-mail: 22000228@uan.edu.mx

Introducción

Las cadenas elastoméricas son materiales comúnmente utilizados en ortodoncia para ejercer fuerzas ligeras y continuas, siendo especialmente útiles en procedimientos como el cierre de diastemas, la corrección de rotaciones dentales y principalmente, en la retracción de caninos tras la extracción de premolares.^{1,2,3}

Ofrecen diversas ventajas como ser económicas, fáciles de usar, cómodas para el paciente y su retiro no requiere mucho tiempo por parte del ortodoncista. No obstante, una de sus principales desventajas es que pierden gran parte de su fuerza inicial en un corto periodo de tiempo, lo que puede resultar en

movimientos dentales menos efectivos y un incremento en la frecuencia de citas durante el tratamiento.^{4,5,6}

El comportamiento elástico de un material se define en función de su respuesta de tensión-deformación ante una carga externa. En ortodoncia hay tres propiedades fundamentales que son esenciales en los materiales elásticos: resistencia, rigidez o elasticidad y recorrido.^{7,8} La resistencia se mide en unidades de tensión: la unidad SI (estándar internacional) es el pascal (Pa), y en ortodóncicas aparecen frecuentemente los datos en mega-Pa (MPa).⁷

Los elastómeros tienden a volver a su longitud original posterior a la aplicación de una fuerza constante. El problema es cuando esta fuerza modifica su composición molecular impidiendo que retornen a su longitud o forma original, causando dentro de la práctica clínica efectos indeseados. Se ha demostrado que, a pocas horas de su colocación, genera modificaciones moleculares que causa pérdida de fuerza o modificación de su longitud.^{8,9}

Se ha determinado que la pérdida de las propiedades en las cadenas elastoméricas depende de diversos factores, entre ellos el color de la cadena, la marca, el estiramiento previo, el proceso de fabricación y las condiciones presentes en la cavidad oral.¹⁰

Estas cadenas son fabricadas por muchas compañías e, inicialmente, se producían únicamente en color transparente. Sin embargo, la creciente demanda de opciones más estéticas llevó al desarrollo de cadenas en distintos colores. Actualmente, muchos fabricantes han añadido versiones de color a sus líneas de productos. La adición de pigmentos modifica la estructura molecular del material, generando interferencias estéticas que contribuyen a una mayor disminución de la fuerza ejercida por las cadenas.¹¹

Algunos estudios sugieren que el proceso de fabricación y los tipos de pigmentos utilizados pueden influir en la estructura del material y, en consecuencia, en su capacidad de resistencia a la tracción a lo largo del tiempo.⁹

Objetivo

Comparar la fuerza, longitud y módulo elástico de las cadenas elastoméricas grises y transparentes.

Material y Métodos

Se realizó un estudio in vitro en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Diagnóstico Molecular y Biomateriales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. La muestra de este estudio fue de 72 segmentos de cadena color gris y 72 transparente. Se dividieron en 6 grupos para registrar la pérdida de fuerza, los cambios

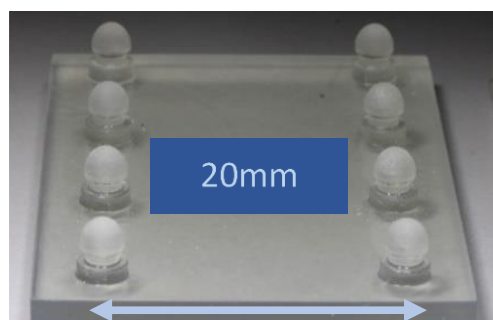
dimensionales y el módulo elástico en diferentes momentos: inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días.

Se cortaron 7 eslabones de cada cadena, dejando 2 eslabones para manipulación y 5 para estiramiento, utilizando cadena cerrada de distintas marcas (Imagen 1). Se usaron 36 plantillas de estiramiento, cada una con 20 mm de separación (Imagen 2), para sujetar las cadenas elastoméricas a una longitud constante, las cuales se sumergieron en saliva artificial, cambiando la saliva cada 7 días y alojadas en una incubadora (ON-01E Natural Convection Oven (52L), Lab Companion) a 37°C.

Imagen 1. Cadenas elastoméricas cerrada grises y transparentes



Imagen 2. Plantillas de estiramiento con 20 mm de separación.



La fuerza se midió con un dinamómetro marca Morelli, la longitud con un calibrador vernier digital y el módulo elástico con una máquina instron 5507 (Triaxial Tritest 50 Load Frame Digital, Ele International) a una distancia de estiramiento de 20 mm, con una velocidad de 1 mm por segundo (Imagen 3). Todas las muestras fueron medidas en 6 intervalos de tiempo (inicial, 1, 7, 14, 21 y 28 días). Se realizaron pruebas estadísticas de t de Student, ANOVA y post hoc de Tukey.

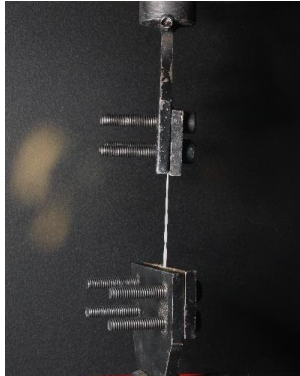


Imagen 3. Máquina Instron 5507 (Triaxial Tritest 50 Load Frame Digital, Ele International) con 20 mm de separación.

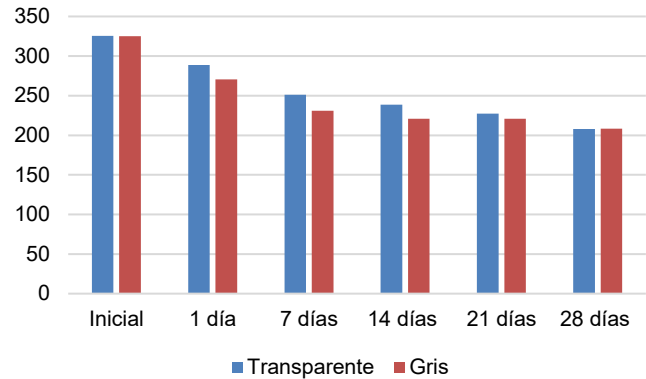
Resultados

Al medir la fuerza de las cadenas grises se encontraron los siguientes promedios: en el inicio fue de 325 ± 21.213 , a las 24 horas de 270.62 ± 54.91 , a los siete días fue de 230.9 ± 49.10 , después de 14 días fue de 220.93 ± 53.18 , a los 21 días fue de 208.12 ± 52.16 y a los 28 días de 188.75 ± 49.29 (Grafica y tabla 1). Se encontraron diferencias estadísticas significativas con la prueba de ANOVA ($F 15.92$, $p 0.000$) y en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio con todos los valores, pero a partir de los 14 días a los 28 días no existen diferencias estadísticas significativas.

La fuerza de las cadenas transparentes al inicio presento un promedio de 325.5 ± 17.2 , al primer día de 288.75 ± 10.93 , a los siete días el resultado fue de 251.25 ± 12.46 , a los 14 días fue de 238.75 ± 15.29 , de 227.5 ± 12.24 a los 21 días y de 208.12 ± 11.31 a los 28 días (Grafica y tabla 1). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F 8.611$, $p 0.000$). Al utilizar el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del primer día con los demás valores.

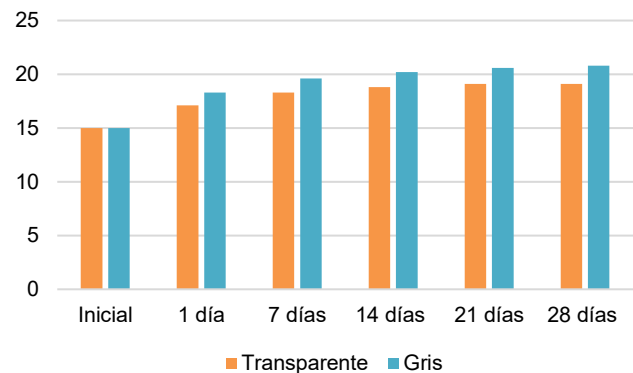
Con la variable de longitud en las cadenas grises la media al inicio fue de 15, a las 24 horas fue de 18.35 ± 1.72 , a los siete días de 19.6 ± 0.160 , a los 14 días de 20.29 ± 2.06 , a los 21 días fue de 20.68 ± 2.32 y a los 28 días fue de 20.89 ± 2.36 (Grafica y tabla 2). Al evaluar los valores encontrados con la prueba de ANOVA existieron diferencias estadísticas significativas ($F 21.408$, $p 0.000$) y con el post hoc de Tukey no se encontraron diferencias estadísticas significativas de los 14 días en adelante.

Grafica 1. Promedio de la fuerza de las cadenas transparentes y grises.



Tiempo	Transparente	Gris
1 día	11.3%	16.8%
7 días	22.9%	29%
14 días	26.7%	32.1%
21 días	30.2%	36%
28 días	36.1%	42%

Grafica 2. Promedio de la longitud de las cadenas transparentes y grises.



Tiempo	Transparente	Gris
1 día	14.3%	22.3%
7 días	22.3%	30.6%
14 días	25.3%	35.2%
21 días	27.8%	37.8%
28 días	27.8%	39.2%

Grafica 3. Promedio de modulo elástico de las cadenas transparentes y grises.

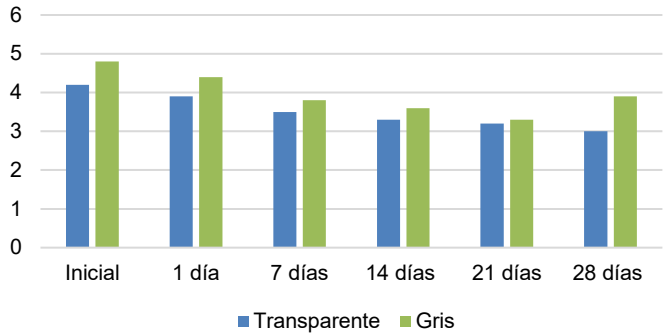


Tabla 3. Porcentaje de disminución de modulo elástico.		
Tiempo	Transparente	Gris
1 día	6.2%	7.1%
7 días	14.8%	19.8%
14 días	19.3%	24.2%
21 días	23.1%	29.9%
28 días	26.7%	35.8%

La longitud en las cadenas transparentes presentó los siguientes resultados: el promedio en un inicio fue de 15, al siguiente día fue de 17.15 ± 0.63 , a los siete días de 18.35 ± 0.88 , a los 14 días de 18.86 ± 0.77 , de 19.17 ± 0.59 a los 21 días y a los 28 días fue de 19.18 ± 0.86 (Grafica y tabla 2). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F 16.21$, $p 0.000$), con el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del valor de inicio con todos los resultados.

Las cadenas grises la media en el módulo elástico se encontró al inicio de 4.81 ± 0.62 , 24 horas después fue 4.49 ± 0.61 , a los siete días de 3.89 ± 0.57 , en la medición de los 14 días fue 3.63 ± 0.53 , a los 21 días de 3.40 ± 0.47 y a los 28 días de 3.15 ± 0.38 (Grafica y tabla 3). Al analizar los resultados del módulo elástico con la prueba de ANOVA se encontró que existían diferencias estadísticas significativas ($F 21.26$, $p 0.000$), con en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio con las demás pruebas, aunque de los 21 días a los 28 días no existía diferencia estadística significativa en el módulo elástico.

En las cadenas de color gris el módulo elástico presento los siguientes promedios: al inicio de 4.3 ± 0.38 , 24 horas del inicio fue de 3.97 ± 0.266 , de 3.51 ± 0.38 a los siete días, de 3.27 ± 0.31 a los 14 días, de 3.11 ± 0.33 a los 21 días y de 2.95 ± 0.35 a los 28 días (Grafica y tabla 3). Con la prueba de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas ($F 26.12$, $p 0.000$), y con en el post hoc de Tukey se encontraron diferencias estadísticas significativas desde el inicio.

Se utilizo la prueba de t de Student para comparar los valores obtenidos de las cadenas transparentes con los de las cadenas grises, en el módulo elástico se encontraron diferencias estadísticas significativas del inicio hasta los 7 días. En la fuerza solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas al inicio y en la longitud a las 24 horas. (Tabla 4).

Discusión

Los pigmentos que se incorporan a la matriz elastoméricas de las cadenas para dar diferentes colores al material parecen afectar sus propiedades mecánicas, sin embargo, pocos estudios han abordado este tema.⁹ Taylor *et al.* concluyeron que las cadenas pigmentadas exhibieron un valor de fuerza menor que las cadenas no pigmentadas en todos los grupos de tiempo.¹² Antony *et al.* observaron que la fuerza aplicada fue menor para las cadenas pigmentadas y que la fuerza media ejercida por las muestras de cadenas elastoméricas no pigmentadas siempre fue mayor en comparación con las pigmentadas, independientemente de la marca y en todos los intervalos de tiempo.¹¹

Ash *et al.* evaluaron la pérdida de fuerzas en las cadenas según su color, observando que no existen diferencias significativas entre las cadenas elastoméricas de color gris y las transparentes, a pesar de que estos dos tipos de cadenas provenían de diferentes fabricantes, al igual que nuestro estudio.¹³ Mora *et al.* observaron que el grupo transparente tuvo fuerzas iniciales mayores de manera significativa en comparación con los grupos gris, rojo y rosa. El grupo transparente su fuerza decayó de 451 a 174 g en el transcurso de los 21 días que duró la prueba mientras que la gris disminuyo de 424 ± 5 a 148 ± 5.6 .¹⁴

Lu *et al.* compararon la fuerza inicial y su disminución en las cadenas elastoméricas American Orthodontics, transparentes y grises, sumergiéndolas en agua por seis semanas, observando que el decaimiento de la fuerza fue menor en las cadenas transparentes que en las grises.¹⁵

Tabla 4. Resultados de la prueba de t de Student							
		Inicio	1 día	7 días	14 días	21 días	28 días
Modulo Elástico	t	3.919	3.73	2.2	1.57	1.66	1.52
	p	0.001*	0.002*	0.044**	0.137	0.117	0.148
Fuerza	t	4.79	1.22	0.813	0.887	1.377	1.63
	p	0.001*	0.241	0.429	0.389	0.189	0.122
Longitud	t	0	-2.559	-1.78	-1.89	-1.23	-1.61
	p	0	0.022**	0.094	0.084	0.237	0.127
*Significativa $p < 0.01$, **Significativa $p < 0.05$.							

En este estudio las cadenas transparentes, las cuales se encuentran libres de pigmentos obtuvieron mejores resultados en sus propiedades al igual que en los estudios de los diferentes autores. Los valores inferiores del grupo de cadena pigmentada (grises) por debajo del grupo transparente podrían atribuirse a los materiales de relleno usados para pigmentar las cadenas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas según la prueba estadística de t de Student en la mayoría de los grupos de tiempo entre las cadenas grises y transparentes.

Referencias

1. da Silva Chaves A, Costas A, Sousa L, Almada E, Vinicius M, Scudeler S, *et al.* Force degradation of elastomeric chains after storage time and mechanical brushing. *Braz Dent J.* 2021; 32(4):55-61.
2. Baratieri C, Mattos C, Alves M, Lau TCL, Nojima L, Gomes d Souza M, *et al.* In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. *Braz Dent J.* 2012; 23(4):394-8.
3. Mousavi S, Mahboobi S, Rakhshan V. Effects of different stretching extents, morphologies, and brands on initial force and force decay of orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Dent Res J.* 2020; 17(5):326-37.
4. Dadgar S, Sobouti F, Armin M, Ebrahimihasab P, Moosazadeh M, Rakhshan V. Effects of 6 different chemical treatments on force kinetics of memory elastics chains versus conventional chains: An in vitro study. *Int Orthod.* 2020; 18(2): 349-58.
5. Kochenborger C, Lopes D, Menezes E, Antunes D, Hahn L. Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo in vitro. *Dental Press J Orthod.* 2011; 16(6): 93-9.
6. Prastiti VP, i Triwardhani A, Vemala I, Sjamsudin J. Thermoset and thermoplastic elastomeric chain comparative strength: An in vitro study. *J Int Oral Health.* 2020; 12(5): 485-90.
7. Proffit W, Fields H, Sarver D. *Ortodoncia contemporánea.* 6th ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
8. Martínez Hernández S, Torres Capetillo E, Durán Torres J, Roesch Ramos L. Degradación de la fuerza de cadenas elastoméricas utilizadas en ortodoncia: evaluación in vitro. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ.* 2021; 1.
9. Macêdo E, Collares F, Branco V, Werner S, Borges C. Pigment effect on the long term elasticity of elastomeric ligatures. *Dental Press J Orthod.* 2012; 17(3): 27.e1-6.
10. Zheng B, Ali M, Li Z, Zhao Y, Liu Y. Effect of filament types and loops number on the force degradation of elastomeric chains used for orthodontic treatment: an in-vitro study. *BMC Oral Health.* 2023; 23(113): 2-7.
11. Antony P, Paulose J. An in-vitro study to compare the force degradation of pigmented and non-pigmented elastomeric chains. *Indian Journal of Dental Research.* 2014; 25(2): 208-13.
12. Taylor W. The Effect of Pigmentation on Thermoplastic and Thermoset Elastomeric Power Chain. *Electronic Thesis and Dissertation Repository.* 2019; 6786.
13. Ash J, Nikolai R. Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules in vitro and in vivo. *J Dent Res.* 1978; 57: 685-90.
14. Mora C, Zamarripa E, Oliver R, Luna J. Estudio comparativo in vivo de las propiedades elásticas de cadenas elastoméricas sintéticas en relación a su color. 2015; 4(11): 371-8.
15. Lu C, Wang N, Tamg H, Chen W. Force decay of elastomeric chain--a serial study. Part II. *Am j orthod dentofacial Orthop.* 1993; 104: 373-7.



Tratamiento no quirúrgico de lesión periapical extensa de origen endodóntico

Rodríguez-Zevada Jaime Alejandro,* Espinoza-Meza Ximena,* Ayala-Ham Alfredo del Rosario,** Sandoval-Castro Ramsés Eduardo.** Bojórquez-Armenta Hugo Alejandro,*** Ramos-Herrera Yarely Guadalupe,*** Castro-Salazar Gloria Yolanda.****

Resumen

La endodoncia y periodoncia son áreas de la odontología que se encuentran íntimamente relacionadas. Las lesiones endoperiodontales son difíciles de diagnosticar, clasificar y tratar ya que depende de varios factores contribuyentes, el tratamiento va depender del diagnóstico y pronóstico de cada lesión, en su mayoría requieren de tratamiento de conductos y tratamiento periodontal o regenerativo. Los especialistas en endodoncia y periodoncia así como el odontólogo general deben estar capacitados para abordar este tipo de enfermedades bucales. En el presente trabajo se describe un caso clínico de paciente femenino de 25 años de edad con molestia en el órgano dental 36 con tratamiento endodóntico previo y destrucción extensa del hueso alveolar circundante. Debido a la extensión de la lesión, se le solicitó a la paciente una tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) para evaluar extensión de la lesión y presencia de alguna fisura o fractura. Presentando como diagnóstico: previamente iniciado con absceso apical crónico / periodontitis apical sintomática, así como lesión Endoperiodontal tipo II. Se realizó tratamiento endodóntico utilizando técnica de onda continua de calor, observando una evolución favorable a 4 meses de seguimiento.

Palabras clave: lesión endoperiodontal, TCHC, técnica de onda continua de calor.

Abstract

Endodontics and periodontics are areas of dentistry that are closely related. Endoperiodontal lesions are difficult to diagnose, classify and treat as it depends on several contributing factors. Endodontics and periodontics are areas of dentistry that are closely related. Endoperiodontal lesions are difficult to diagnose, classify and treat as it depends on several contributing factors. Treatment will depend on the diagnosis and prognosis of each lesion; most of them require root canal treatment and periodontal or regenerative treatment. Specialists in endodontics and periodontics as well as general dentists must be trained to address this type of oral diseases. In the present work, a clinical case of a 25-year-old female patient with discomfort in dental organ 36 with previous endodontic treatment and extensive destruction of the surrounding alveolar bone is described. Due to the extent of the injury, the patient was asked for a cone beam computed tomography (CTCT) to evaluate the extent of the injury and the presence of a fissure or fracture. Presenting as a diagnosis: previously initiated with chronic apical abscess / symptomatic apical periodontitis, as well as type II Endoperiodontal lesion. Endodontic treatment was performed using continuous heat wave technique, observing a favorable evolution at 4 months of follow-up.

Keywords: endoperiodontal injury, TCHC, continuous heat wave technique.

*Estudiante de la Especialidad en Endodoncia Universidad Autónoma de Sinaloa.

**Docente de la Especialidad en Endodoncia Universidad Autónoma de Sinaloa.

***Docente de la División de Estudios de Posgrado, Universidad Juárez del Estado de Durango.

**** Coordinadora de la Especialidad en Endodoncia de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Correspondencia: Gloria Yolanda Castro Salazar e-mail: yolandacastro@uas.edu.mx

Introducción

La endodoncia y la periodoncia son dos áreas de la odontología que se encuentran en íntima relación, éstas se encargan del diagnóstico pronóstico y plan de tratamiento endodóntico y periodontal,¹ existen 3 vías anatómicas principales de comunicación entre el tejido pulpar y el tejido periodontal estas comunicaciones están dadas a través de túbulos dentinarios, conductos accesorios y laterales y foramen apical, estas vías anatómicas se manifiestan con patrones de desarrollo similares como lo es pérdida ósea de manera horizontal o vertical asociada principalmente a bacterias que se adhieren e invaden los tejidos blandos estimulando una respuesta inflamatoria, activando así la cascada de osteoclastogénesis.^{2,3} La etiología de estas lesiones podría estar asociada con infecciones endodónticas y/o periodontales, iatrogenias y/o traumatismos.⁴

Los elementos nocivos de origen pulpar, incluidos mediadores inflamatorios y subproductos bacterianos, pueden filtrarse a través del ápice, los conductos laterales y accesorios y los túbulos dentinarios para desencadenar

una respuesta inflamatoria en el periodonto, incluida una expresión temprana de la presentación de antígenos. Por otro lado, varios estudios sugirieron que el efecto de la enfermedad periodontal sobre la pulpa es de naturaleza degenerativa incluyendo un aumento de calcificaciones, fibrosis y resorción de colágeno, además de las secuelas inflamatorias directas. Parece que la pulpa no suele verse gravemente afectada por la enfermedad periodontal hasta que la degradación del tejido periodontal ha abierto un conducto accesorio al entorno periodontal. La infección puede iniciar en presencia del tejido pulpar necrótico e infectar el periodonto y el periodonto al presentar una bolsa periodontal profunda infectando el tejido pulpar a esto se le conoce como lesiones endoperiodontales.^{5,6,7,8}

Simon clasificaron las lesiones endoperiodontales en cinco tipos: lesión endodóntica primaria, lesión endodóntica primaria con afección periodontal secundaria, lesión periodontal primaria, lesión periodontal primaria con afección endodóntica secundaria, lesiones combinadas o verdaderas.⁹

Sin embargo, Gutmann en 1990 propone agregar una adicional que pueda verse comúnmente reflejada por la presencia de dos entidades separadas y distintas, a esto se le conoce como lesiones independientes.¹⁰

Recientemente se propuso una nueva clasificación de enfermedades periodontales y periimplantares donde también se abordó la propuesta de una nueva clasificación de enfermedades endoperiodontales, los autores hacen énfasis en la importancia evaluar los signos y síntomas al momento en que se detecta la lesión y así observar su impacto directo en el tratamiento, de esta manera proponen la siguiente clasificación:^{11,12}

Lesiones endoperiodontales con daño radicular

- Fisuras o fractura radiculares
- Reabsorción radicular externa
- Perforación en el conducto radicular o cámara pulpar

Lesiones endoperiodontales con daño radicular

- ❖ Lesiones endoperiodontales en pacientes con enfermedad periodontal
 - Grado 1: bolsa periodontal estrecha y profunda en una superficie dental
 - Grado 2: bolsa periodontal ancha y profunda en una superficie dental
 - Grado 3: Bolsas periodontales profundas en más de una superficie dental
- ❖ Lesiones endoperiodontales en pacientes sin enfermedad periodontal
 - Grado 1: bolsa periodontal estrecha y profunda en una superficie dental
 - Grado 2: bolsa periodontal ancha y profunda en una superficie dental
 - Grado 3: bolsas periodontales profundas en más de una superficie dental

Las lesiones endoperiodontales son difíciles de diagnosticar, clasificar y tratar pues depende de varios factores contribuyentes, el tratamiento va depender del diagnóstico y pronóstico de cada lesión, en su mayoría requieren de tratamiento de conductos y tratamiento periodontal o regenerativo.¹³

Descripción del caso

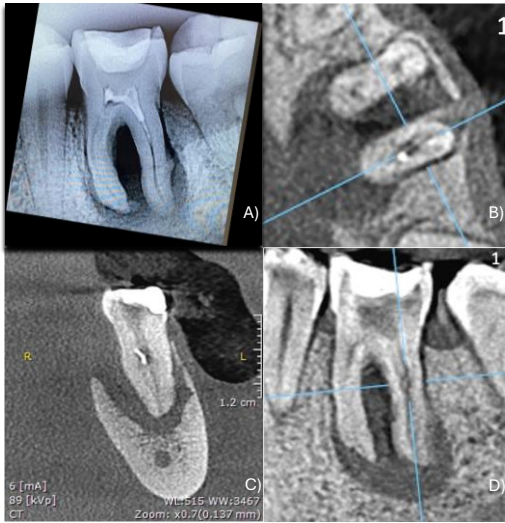
Paciente femenino de 25 años, nacido en la ciudad de Culiacán Sinaloa acude a consulta en la clínica del Posgrado de Endodoncia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, su principal motivo de consulta es por molestia en el órgano dental 36, la paciente manifiesta haber recibido ya un tratamiento de conductos en ese diente, el paciente niega algún antecedente patológicos y heredofamiliares.

Clínicamente se observa aumento de volumen y cambio de coloración, biofilm y presencia de un tracto sinusal, al sondeo obtuvimos 3 mm en cada una de las zonas y movilidad grado 3, a las pruebas de sensibilidad pulpar responde calor (-), frío (-) (Endolce Coltene Group, Altstaetten, Switzerland), y a las pruebas horizontal y vertical (+), radiográficamente observamos un trabeculado óseo normal, pérdida ósea de manera horizontal, lámina dura disminuida, aumento del espacio del ligamento periodontal, presencia de biofilm, una zona radiopaca en la porción de la corona del diente correspondiente a una restauración, de igual manera se observa una zona radiopaca en la cámara pulpar e intraconducto correspondiente a material de obturación y una zona radiolúcida que se extiende de la furca al ápice (Figura1 A-D).^{9,14}

Debido a la extensión de la lesión, se le solicitó a la paciente una tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) para evaluar los tejidos comprometidos y descartar presencia de alguna fisura o fractura y así dar un diagnóstico y plan de tratamiento correcto, una vez realizada la TCHC se analiza minuciosamente, observando en corte axial, pérdida ósea a nivel apical y ausencia de la cortical lingual, en el corte sagital se observó una zona hipodensa que se extendía desde la furca hasta 5 mm apicalmente de las raíces descartando el diagnóstico de diente fisurado Con base a los datos ya mencionados anteriormente podemos dar un diagnóstico pulpar y periapical : previamente iniciado con absceso apical crónico / periodontitis apical sintomática, así como una lesión Endoperiodontal tipo II, se procede a realizar el tratamiento indicado, para esto iniciamos anestesiando el nervio dentario inferior aplicando un cartucho de lidocaína 2% con epinefrina 1:100 000, aislamiento absoluto y acceso coronal, una vez que accedimos retiramos el material, se logra negociar los conductos con lima 8 posteriormente se continúa con la instrumentación utilizando el sistema Race EVO (FKG Dentaire SA, La Chaux de Fonds, Switzerland) hasta una lima 35/04 en los conductos mesiales y 40/04 en el conducto distal, irrigando con NaOCl al 5.25% durante toda la instrumentación y realizando activación sónica, se utilizó hidróxido de calcio como medicación intraconducto.

Posteriormente se realizó protocolo de irrigación final (NaOCl al 5.25%, agua tridestilada y EDTA 17%), se obtuvo utilizando conos de gutapercha accesoria M, los cuales fueron estandarizados, cemento MTA Fillapex (Angelus Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brasil) y técnica de onda continua de calor (Figura 2 A-B). Seguimiento. La movilidad disminuyó a grado 2, no refiere molestia, radiográficamente se puede observar una evolución favorable a 4 meses de seguimiento (Figura 3).

Figura 1: A) Radiografía inicial, B) Corte Axial de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), C) Corte Coronal de la TCHC, D) Corte Sagital de la TCHC.



La enfermedad periodontal y endodóntica comparten una microbiota común que se asocia con bacterias anaeróbicas gramnegativas, además se han observado un aumento en los niveles de citocinas inflamatorias sistémicas en ambas enfermedades, los cuales han sido detectados tanto en líquido crevicular en pacientes con enfermedad periodontal, así como en el tejido periapical en pacientes que han desarrollado periododontitis apical,¹⁵ asimismo la periodoncia y la endodoncia comparten un objetivo similar, la preservación del órgano dental en el alveolo.¹⁶

La reacción inflamatoria periapical, así como la pérdida de hueso, puede tener una extensión variable, desde una lesión confinada por el ligamento periodontal, hasta la destrucción extensa del hueso alveolar circundante.¹⁷ Para lograr el éxito del tratamiento de las lesiones endoperiodontales, es necesario realizar un adecuado diagnóstico, el cual debe de incluir pruebas de sensibilidad para entender el origen de la lesión establecida, fotografías clínicas, sondeo periodontal, radiografías y de ser necesario la utilización de la tomografía computarizada de haz cónico y debe de ser realizado de manera conjunta, tanto de la terapia endodóntica como del tratamiento periodontal.^{1,18}

Las lesiones endodónticas primarias con afección periodontal secundaria tienen su origen usualmente en la infección del sistema de conductos radiculares principalmente como resultado de caries dental, lesiones traumáticas y filtraciones coronales.¹⁹ Un tratamiento de conductos radiculares deficiente ha sido establecido también como un factor etiológico para el desarrollo de las lesiones endoperiodontales,²⁰ en nuestro caso, el órgano dental previamente iniciado, perdió su capacidad de

Figura 2: A) Obturación del órgano dental mediante técnica de onda continua de calor, B) Radiografía final.

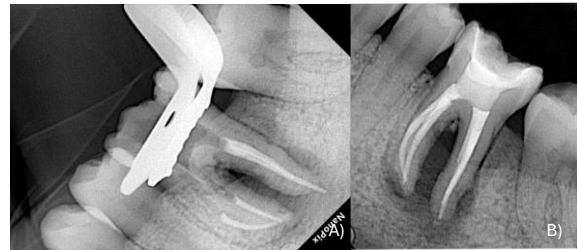


Figura 3: Radiografía de control a los 4 meses de seguimiento.



la infección bacteriana. Debido a la implicación de 2 enfermedades, el pronóstico en este tipo de lesiones suele ser menor cuando existe una necrosis pulpar y una afección extensa del periodonto; la mejor evidencia disponible ha demostrado que la infección endodóntica tiene un impacto negativo en la curación periodontal, por lo tanto, la terapia endodóntica debe realizarse primero y posteriormente el tratamiento periodontal para devolver la integridad del periodonto.^{9,12,21}

En este caso la lesión periapical extensa de origen endodóntico se abordó realizando una desinfección adecuada, preparación biomecánica y medicación intraconducto. Esto permitió que el órgano dental se mantenga actualmente asintomático y con evolución favorable, presentándose disminución de la lesión y regeneración ósea.

Referencias

1. Ardila CM, Vivares-Builes AM. Clinical Efficacy of Treatment of Endodontic-Periodontal Lesions: A Systematic Scoping Review of Experimental Studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(20).
2. Rotstein I. Interaction between endodontics and periodontics. *Periodontol* 2000. 2017;74(1):11-39.
3. Graves DT, Oates T, Garlet GP. Review of osteoimmunology and the host response in endodontic and periodontal lesions. *J Oral Microbiol*. 2011;3.
4. Parameter on acute periodontal diseases. *American Academy of Periodontology. J Periodontol*. 2000;71(5 Suppl):863-6.
5. Rotstein I, Simon JH. The endo-perio lesion: a critical appraisal of the disease condition. *Endodontic Topics*. 2006;13(1):34-56.
6. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's Pathways of the Pulp: Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2020.
7. Torabinejad M, Fouad AF, Shabahang S. Endodontics e-book: Principles and practice: Elsevier Health Sciences; 2020.
8. Oktawati S, Siswanto H, Mardiana A, Supiaty, Neormansyah I, Basir I. Endodontic-periodontic lesion management: A systematic review. *Medicina Clínica Práctica*. 2020;3:100098.
9. Simon JH, Glick DH, Frank AL. The relationship of endodontic-periodontic lesions. *J Periodontol*. 1972;43(4):202-8.
10. Belk CE, Gutmann JL. Perspectives, controversies and directives on pulpal-periodontal relationships. *J Can Dent Assoc*. 1990;56(11):1013-7.
11. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S173-s82.
12. Herrera D, Retamal-Valdes B, Alonso B, Feres M. Acute periodontal lesions (periodontal abscesses and necrotizing periodontal diseases) and endo-periodontal lesions. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S85-s102.
13. Siqueira JF, Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J*. 2001;34(1):1-10.
14. Glickman GN. AAE Consensus Conference on Diagnostic Terminology: background and perspectives. *J Endod*. 2009;35(12):1619-20.
15. Caplan DJ, Chasen JB, Krall EA, Cai J, Kang S, Garcia RI, et al. Lesions of endodontic origin and risk of coronary heart disease. *J Dent Res*. 2006;85(11):996-1000.
16. Oh SL, Fouad AF, Park SH. Treatment strategy for guided tissue regeneration in combined endodontic-periodontal lesions: case report and review. *J Endod*. 2009;35(10):1331-6.
17. Rotstein I, Simon JH. Diagnosis, prognosis and decision-making in the treatment of combined periodontal-endodontic lesions. *Periodontol* 2000. 2004;34:165-203.
18. Jivoinovici R, Suciu I, Dimitriu B, Perlea P, Bartok R, Malita M, et al. Endo-periodontal lesion--endodontic approach. *J Med Life*. 2014;7(4):542-4.
19. Shenoy N, Shenoy A. Endo-perio lesions: diagnosis and clinical considerations. *Indian J Dent Res*. 2010;21(4):579-85.
20. Rotstein I, Ingle JI. Ingle's endodontics: PMPH USA; 2019.
21. AlJasser R, Bukhary S, AlSarhan M, Alotaibi D, AlOraini S, Habib SR. Regenerative Therapy Modality for Treatment of True Combined Endodontic-Periodontal Lesions: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(12).



Distalización unilateral de molares superiores con resortes de Nitinol.

González-Duarte Huitzilhuil,^{*} López-González Adriana del Rocío,^{**} Díaz-Peña Rogelio.^{***}

Resumen

La distalización molar se ha convertido en una alternativa de tratamiento en distoclusiones causadas por mesogresión de los molares superiores, ocasionando una relación canina de clase II. Con el objetivo de demostrar como una alternativa viable la utilización de resortes de Nitinol como método de distalización unilateral en pacientes adultos, con presencia primer y segundo molar superior y el uso de elásticos intermaxilares con vector de clase II como método de anclaje, mostrando los cambios en la corrección de la relación molar y canina al finalizar la terapia de distalización con los resortes de Nitinol. Para cumplir dicho objetivo se presenta el caso de un paciente sexo femenino de 17 años 11 meses al iniciar la terapia de distalización, con un biotipo mesofacial y una relación dental clase II del lado izquierdo, con presencia de primeros y segundos molares en oclusión. Para la corrección de dicha relación dental se sugiere la colocación de resortes abiertos de NiTi entre cada órgano dentario, desde el segundo molar hasta el lateral y como método de anclaje los elásticos de clase II. Nuestros resultados confirman los de estudios similares previos, aunque difieren en la técnica de colocación de los resortes, se muestra como hubo una corrección en las relaciones dentales y poca pérdida de anclaje aún que se haya hecho la distalización desde segundos molares.

Palabras clave: Distalización, resortes Nitinol, Clase II.

Abstract

Molar distalization has become a treatment alternative in cases of malocclusion caused by mesial displacement of the upper molars, resulting in a Class II canine relationship. The aim is to demonstrate the use of Nitinol springs as a viable alternative for unilateral distalization in adult patients with upper first and second molars and the use of intermaxillary elastics with a Class II vector as an anchorage method, showing the changes in the correction of the molar and canine relationship at the end of distalization therapy with Nitinol springs. To achieve this objective, we present the case of a 17-year-old female patient at the start of distalization therapy, with a mesofacial biotype and a Class II dental relationship on the left side, with first and second molars in occlusion. To correct this dental relationship, the placement of open NiTi springs between each tooth, from the second molar to the lateral, is suggested, with Class II elastics as the anchorage method. Our results confirm those of previous similar studies, although they differ in the technique used to place the springs. They show that there was a correction in the dental relationships and little loss of anchorage, even though distalization was performed from the second molars.

Key Words: Distalization, Nitinol springs, Class II.

^{*}Estudiante de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

^{**}Egresada de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

^{***}Docente de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Introducción

De acuerdo a lo mencionado por Angle, la oclusión normal se caracteriza por la disposición de los dientes superiores e inferiores en una curva suave que presenta una alineación armoniosa. Angle identificó los primeros molares como los puntos de referencia más fiables para la clasificación, basando las relaciones sagitales en sus posiciones. La maloclusión de Clase II se define como la condición en la que el primer molar inferior está situado más distalmente que el superior.¹

En el enfoque de Graber, el tratamiento de las maloclusiones de Clase II se guía por principios fundamentales: la gravedad de la maloclusión, la etapa de crecimiento del paciente y la etiología de la afección. Las opciones de tratamiento incluyen modificación del crecimiento, cirugía ortognática y terapia de camuflaje.²

El tratamiento ortodóncico contemporáneo de las discrepancias sagitales de las arcadas dentales, en particular las maloclusiones de Clase II, dan prioridad a los métodos ortodóncicos no invasivos que puedan realizarse sin necesidad de extracciones de

dientes permanentes. En este sentido, la utilización de diversos aparatos de ortodoncia a través de diferentes métodos que disminuyen o incluso eliminan la necesidad de extracciones dentales. Este tratamiento puede realizarse con o sin extracción dental. En los tratamientos de camuflaje sin extracción se puede emplear la distalización de los molares para crear el espacio necesario. La distalización de molares maxilares ha sido reconocida como una alternativa de tratamiento sin extracción en casos de discrepancias sagitales leves y moderadas.^{3,4,5,6,7}

Dentro de los criterios en búsqueda del aparato ideal para lograr la distalización molar podemos mencionar uno que requiera una mínima colaboración del paciente, que cuente con estética aceptable y sea cómodo, que se tenga una mínima pérdida de anclaje, mínimos tiempos de consulta, fácil higiene y que brinde un movimiento en cuerpo del órgano dentario.⁸

En la actualidad existen diversas opciones de tratamiento para abordar esta situación, en donde nos encontramos aparatos como el distal jet, first class, sistemas con

resortes de titanio, el uso de TADS con cadenas a un brazo de poder o sliding hook, entre otros. Una técnica efectiva para lograr esta distalización en adultos es el uso de resortes de Nitinol en combinación con elásticos intermaxilares de Clase II como método de anclaje.^{9,10,11,12,13}

Descripción del caso

Paciente de 15 años 11 meses, sexo femenino, la cual llega a nuestra clínica con motivo de la consulta, mal posición de sus dientes, realizando estudios fotográficos intraorales y de su rostro, de frente, perfil y sonrisa, se pide tomar ortopantomografía y radiografía lateral de cráneo, así como modelos de estudio de sus arcadas dentarias. Como medios de diagnóstico se utilizaron las medidas transversales de Mayoral para medir los modelos de estudio, así como realizar la evaluación del espacio disponible y el espacio requerido, se evalúan relaciones dentales fotográficas. En la radiografía panorámica se observa que no hay alguna neoplasia o reabsorción radicular y finalmente con la ayuda de la radiografía lateral de cráneo se llevan a cabo los trazos cefalométricos de Downs, Jarabak, Steiner, Ricketts, McNamara y Witts.

Dando como resultado el diagnóstico de una paciente con biotipo dolicofacial, perfil convexo, clase II esquelética y vector de crecimiento vertical. Radiográficamente los hallazgos más importantes, los gérmenes de los dos terceros molares superiores y la retención del segundo premolar inferior izquierdo.

En su relación dental encontramos apiñamiento anterior superior, líneas medias desviadas, al inicio del tratamiento una aparente relación de clase I molar bilateral, presencia de los cuatro segundos molares erupcionados, clase I canina derecha y clase II canina izquierda, segundo premolar inferior izquierdo con problemas de espacio para su erupción, así como una sobremordida horizontal y vertical.

Como objetivos iniciales del tratamiento se planteó la corrección de las relaciones caninas y llevar a la correcta relación clase I molar, alinear desviación de líneas medias, así como llevar a oclusión el segundo premolar inferior izquierdo. Para esto se planteó el uso de aparatología fija, con posibles desgastes en la arcada superior para aliviar el apiñamiento, el uso de resortes para abrir el espacio y traccionar el segundo premolar inferior izquierdo y llevarlo a oclusión. Una vez realizada la alineación y nivelación la corrección de la clase II molar y canina del lado izquierdo por medio de resortes abiertos de Nitinol auxiliándonos con el uso de elásticos intermaxilares con una dirección de corrección para la clase II. Se colocaron los brackets inferiores en el tercer mes de tratamiento, colocando arco NiTi 0.16" en superior y en inferior.

Se colocó arco de A.I. 0.016" en superior para mecánica de distalización con resortes de NiTinol lado superior izquierdo, colocación de resortes de 2 a 7. Arco de A.I. 0.016"x0.022" inferior. Se indica el uso de elásticos intraorales con vector clase II 24 hrs. al día. Se retiraron resortes de NiTinol que tenían el objetivo de distalizar el molar y premolares, dicha biomecánica se realizó durante 5 meses, en la misma cita se ligan en bloque hasta el 4 superior izquierdo, se continúa con el uso de elásticos clase II y resorte abierto entre 2 y 3 superior izquierdo.

Imagen 1. A) Fotografía extraoral de frente. B) Fotografía extraoral lateral. C) Fotografía frontal de sonrisa.

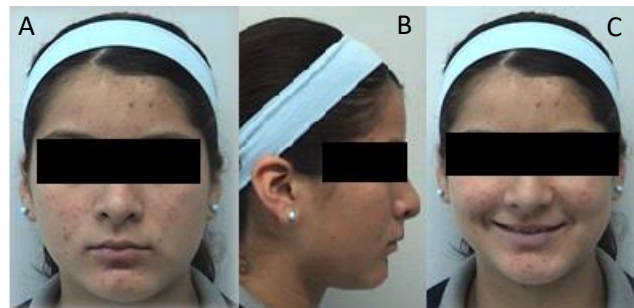


Imagen 2. Radiografía panorámica y lateral de inicio.



Imagen 3. Fotografías intraorales.



Imagen 4. Fotografías intraorales de inicio.



Discusión

En cuanto a la distalización del primer molar superior ha habido distintas técnicas y teorías que se han venido utilizando y comprobando su funcionamiento a lo largo de las épocas, cada autor ha utilizado un método distinto para realizarla. Proffit menciona que el desplazamiento posterior de los molares superiores corregiría una relación molar clase II y proporcionaría un espacio hacia el que se podrían retraer los dientes superiores. De igual forma menciona que para mover distalmente un primer molar la mejor manera de hacerlo es extraer el segundo molar, dado que esto crea un espacio para el movimiento a distal y esto corregirá la clase II moderada en adolescentes maduros con un potencial de crecimiento limitado. Menciona que el diagnóstico es imprescindible dado que aun extrayendo el segundo molar no se deben de esperar movimientos a distal mayores a 4 mm.^{14,15}

Moyers por su parte menciona que para el tratamiento de casos con distoclusión es conveniente la técnica de retracción dental maxilar, donde los casos en su mayoría son en dentición mixta.¹⁶ Angle recomienda el uso de arco extraoral para distalizar el maxilar y la arcada superior. Por su parte Graber menciona que cuando se usa fuerza extraoral sin la presencia del segundo molar erupcionado, el movimiento en los primeros molares es en su mayoría con inclinación a distal y no siempre en cuerpo.¹⁷

Kloehn recomienda el abordaje precoz de dichos casos, por la relevancia de guiar el crecimiento maxilar y tener la posibilidad de emplear fuerzas suaves para mover los dientes donde el objetivo será distalizar los superiores hasta llegar a una correcta relación oclusal en relación a los inferiores.¹⁸

Al realizar una mecánica de distalización con resortes de NiTiNol se torna en un mayor control del tratamiento dado que la cooperación del paciente será un factor de riesgo que no influirá en los resultados. Los resortes son utilizados con éxito en tratamientos donde se requiere distalizar, son capaces de lograr movimientos de 1 a 2 mm en pocas semanas.¹⁹

Los primeros reportes que se tienen de movimiento de molares superiores distalmente con resortes de nitinol fueron de Miura en su artículo de 1988, donde los utiliza aplicando una fuerza de 100g y reportan un movimiento de 1mm por mes, con brackets con slot vertical y arco .016 x .022 y combinado con botón de nance. Los estudios realizados por Gianelly en sus artículos de 1991 y 1998 nos indican que al utilizar este sistema se aprovechan las propiedades del níquel titanio para ejercer una fuerza constante y ligera que optimiza el desplazamiento y reduce el tiempo de tratamiento, ya que no es necesario

Imagen 5. Resortes de NiTiNol en el cuadrante superior izquierdo y elásticos intraorales con vector de clase II.

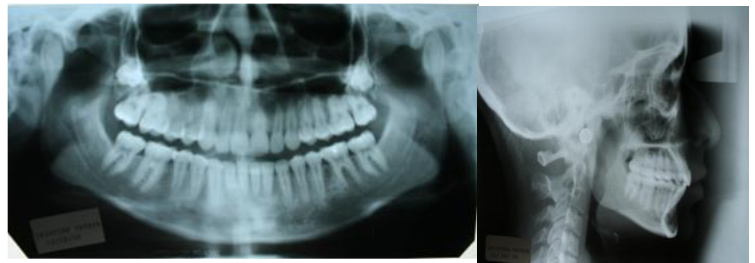


Imagen 6. Fotografías intraorales después de retirar los brackets.

Imagen 7. Fotografías extraorales al finalizar el tratamiento.



Imagen 8. Radiografía panorámica y lateral final del tratamiento.



citar al paciente constantemente para activación.¹¹ La combinación de resortes de Nitinol para la distalización molar y el uso de elásticos intermaxilares de clase II como anclaje representa una alternativa viable y eficaz en el tratamiento de maloclusiones Clase II en pacientes adultos. Este enfoque permite la corrección de relaciones dentales con un control adecuado del anclaje, mejorando la funcionalidad y estética dental. Esta alternativa, aunque requiere cooperación del paciente nos brinda una opción de tratamiento que brinda mayor comodidad y no es un método invasivo en comparación al uso de miniimplantes a brazos de poder o sliding hook o aparatos como el distal jet, first class, entre otros.

Referencias

1. Bishara S. Textbook of Orthodontics; Saunders Company: Philadelphia, PA, USA, 2001; pp. 83–85.
2. Huang GJ, Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW. Orthodontics-E-Book: Current Principles and Techniques; Elsevier Health Sciences: Amsterdam, The Netherlands, 2016.
3. Quinzi V, Marchetti E, Guerriero L, Bosco F, Marzo G, Mummolo S. Dentoskeletal class II malocclusion: Maxillary molar distalization with no-compliance fixed orthodontic equipment. *Dent. J.* 2020; 8: 26.
4. Mummolo S, Nota A, De Felice ME, Marcattili D, Tecco S, Marzo G. Periodontal status of buccally and palatally impacted maxillary canines after surgical-orthodontic treatment with open technique. *J. Oral Sci.* 2018; 60: 552–556.
5. Bowman SJ, Johnston L. The esthetic impact of extraction and nonextraction treatments on Caucasian patients. *Angle Orthod.* 2000; 70: 3–10.
6. Abdelhady NA, Tawfik MA, Hammad SM. Maxillary molar distalization in treatment of Angle class II malocclusion growing patients: Uncontrolled clinical trial. *Int. Orthod.* 2020; 18: 96–104.
7. Soheilifar S, Mohebi S, Ameli N. Maxillary molar distalization using conventional versus skeletal anchorage devices: A systematic review and meta-analysis. *Int. Orthod.* 2019; 17, 415–424.
8. Ortiz L, Álvarez E, Agudelo J, Uribe G. Efecto de tres diseños de péndulo sobre la distalización de molares maxilares y la generación de fuerzas producidas a diferentes grados de activación. Un estudio in Vitro. [Tesis Posgrado]. Universidad CES. Medellín; 2000.
9. Berkman M, Haerian A, McNamara J. Interarch Maxillary Molar Distalization Appliances for class II correction. *J Clin Orthod.* 2008J;42(1):35-45
10. Bolla E, Muratore F, Carano A, Bowman J. Evaluation of Maxillary Molar Distalization with the Distal Jet. a comparison with other contemporary methods. *Angle Orthod.* 2002;72(5):481-492.
11. Gianelli A. Distal movement of the maxillary molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 11:66-72
12. Bondemark L, Thorneus J. Anchorage provided during intra-arch distal molar movement: A comparison between the Nance Appliance and a Fixed frontal bite plane. *Angle Orthod.* 2005;75(3):437-443
13. Gianelly T. Bidimensional technique: theory and practice. Islandia N.Y. GAC International
14. Proffit W. Planificación del tratamiento ortodóncico: limitaciones, controversias y problemas especiales. En: Ortodoncia Contemporánea Teoría y Practica. 3ª. Edición. Madrid, España: Ediciones Harcourt S.A; 2001.p.240-293.
15. Proffit W. La segunda fase del tratamiento general: corrección de las relaciones entre los molares y el cierre de espacios. En: Ortodoncia Contemporánea Teoría y Práctica. 3ª. Edición. Madrid, España: Ediciones Harcourt S.A; 2001.p.552-577.
16. Moyers RE. Handbook of orthodontics for the student and general practitioner. Chicago. Year book Medical 1973.
17. Graber TM. Extraoral forcé "fact and fallacies" *Am J Orthod* 1955;41:490.
18. Kloehe SJ. Evaluation of cervical traction of the maxilla and upper first permanent molar. *Angle Orthod* 1961;31:91-104.
19. Villa I, González A, Katagiri M. Diferentes métodos de distalización. Trabajo terminal escrito del diplomada actualización profesional que para obtener el título de Cirujano Dentista. UNAM. 2006.



Elementos finitos en ortodoncia

Peraza-Martínez Martín,* Gutiérrez-Rojo Jaime Fabián.**

Resumen

El método de elementos finitos es una herramienta numérica útil en el área de ingeniería para resolver problemas estructurales complejos, se originaron en los años 60's, actualmente se ha extendido al área de biomecánica medica especialmente en ortodoncia. Estos elementos simulan fenómenos físicos dividiendo un cuerpo en pequeñas partes, permitiendo modelar estructuras complejas como los dientes y huesos. Se utilizan para analizar tensiones, deformaciones y esfuerzos en modelos tridimensionales, siendo un aporte en los dispositivos ortopédicos y ortodónticos. En el área de ortodoncia van a permitir simular el efecto de las fuerzas aplicadas sobre los dientes, ligamento periodontal y huesos. También se han utilizado para optimizar la colocación de miniimplantes, estudiar la deformación de miniplacas y mejorar el control de movimientos dentales.

Palabras clave: Elementos finitos, ortodoncia.

Abstract

The finite element method is a useful numerical tool in engineering for solving complex structural problems. It originated in the 1960s and has now spread to the field of medical biomechanics, particularly in orthodontics. These elements simulate physical phenomena by dividing a body into small parts, allowing the modeling of complex structures such as teeth and bones. They are used to analyze stresses, deformations, and strains in three-dimensional models, providing a contribution to orthopedic and orthodontic devices. In orthodontics, they allow the simulation of the effect of forces applied to teeth, periodontal ligament, and bones. They have also been used to optimize the placement of mini-implants, study the deformation of mini-plates, and improve the control of tooth movements.

Keywords: Finite elements, orthodontics.

*Estudiante de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

**Profesor de la Especialidad de Ortodoncia de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Introducción

El método de elementos finitos (MEF) es un método numérico para resolver problemas mecánicos de estructuras complejas, transformando un cuerpo de naturaleza continua a un modelo llamado discretización del modelo.^{1,2} El MEF es una herramienta de análisis en ingeniería desde los años 70's, teniendo sus orígenes desde hace más de 150 años, su publicación más antigua donde se utilizó el termino de "elementos finitos" fue en el año 1960 por el autor Ray Clough.^{3,4} Inicialmente el MEF se utilizó para resolver problemas del campo, de las estructuras elásticas continuas, desde construcciones civiles, industriales o de presas. Al igual la construcción de barcos y naves espaciales.⁵

Actualmente la computadora ha llevado a que se amplie la utilización en más ramas, teniendo una utilidad amplia para la investigación sobre biomecánica médica, especialmente la de dispositivos ortopédicos bajo diversas condiciones de cargas.^{1,3,5} El MEF es un método numérico el cual simula un fenómeno físico real por medio de un modelo geométrico, discretizando los dibujos en pequeñas partes que se llaman elementos finitos, permitiendo modelar estructuras de geometría compleja como los dientes, ligamento periodontal y hueso para determinar con una fuerza ejercida los cambios de esfuerzo y deformación. Sus formas geométricas son triángulos, cubos cuadrados

y tetraedros, sus vértices se unen para formar nodos. Los nodos se encuentran interconectados por una serie de puntos por un medio continuo.^{2,6,7} La cantidad de elementos finitos al realizarse un modelo determina resultados con mayor precisión, y pueden realizarse en dos o tres dimensiones dependiendo lo complejo de las geometrías y lo que se desea a estudiar.⁶

Las estructuras planas se someten a un estado de tensión plana y dividida de forma imaginaria por líneas en elementos finitos triangulares obteniendo una malla que responde a las intuiciones físicas, siendo las zonas donde se concentren las tensiones, la discretización se realiza con más finura y los elementos de un menor tamaño a comparación del área que no ocurre tal concentración, buscando una forma geométrica lo más regular posible siendo el triángulo equilátero.⁸

La malla (*mesh* o *grid*) es el conjunto de todos los elementos con sus respectivos nodos siendo considerada la estructura central de datos en los análisis de elementos finitos. Actualmente existen diversos softwares libres y comerciales de MEF generadores de una malla con herramientas asistidas por computadora.^{1,9} Los programas de cómputo o cálculo utilizados en los MEF disponen de 3 módulos de trabajo. Primer módulo es un

pre-procesador con la preparación del modelo para el cálculo. En segundo está el calculador donde el componente del software que ejecuta el cálculo del MEF genera las soluciones. El último módulo es post-procesador siendo la herramienta que hace posible obtener una representación gráfica del resultado.¹⁰

En la especialidad de ortodoncia son utilizados para entender los efectos de las fuerzas que se aplican en distintos sistemas biomecánicos y el movimiento que este efecto puede provocar en los tres ejes del espacio. Esta evaluación también permite determinar las consecuencias del estrés y tensión en zonas del cuerpo con difícil acceso sin causar algún daño como lo es el ligamento periodontal y hueso alveolar.¹¹

Es una herramienta útil para especificar los aspectos mecánicos de biomateriales y tejidos humanos que no se pueden medir en vivo, con la ventaja de poder comparar con estudios sobre modelos reales y pruebas repetibles con precisión y sin la preocupación del aspecto ético. Como la ortodoncia utiliza fuerzas, los elementos finitos es una herramienta de las más precisas para los investigadores.¹² Esta metodología reduce las necesidades de experimentos en laboratorios y prototipos para permitir más opciones de diseño para ser probado de una determinada cantidad de tiempo.¹³

Los MEF son una gran herramienta para estudiar y analizar biomateriales y estructuras humanas, incluyendo variables de diseño de forma relevante en un esfuerzo por simular situaciones clínicas y resolver problemas que estén relacionados con el estrés.¹⁴ Es un método numérico para la proximidad de soluciones de ecuaciones diferenciales, al evidenciar el efecto de la aplicación de diferentes fuerzas, siendo de manera útil para la simulación de los procesos durante el movimiento dental, modelando las estructuras de los dientes, ligamento periodontal y hueso.^{15,16}

También es una herramienta útil en análisis de los Brackets sin la necesidad de prototipos o experimentos de laboratorio permitiendo más opciones de diseños que pueden probarse en un determinado tiempo.¹⁷ Al simular el complejo del diente con ligamento periodontal bajo las cargas de ortodoncia. Se permite la construcción de modelos estandarizados para simular el desempeño biomecánico de dientes y tejido de soporte. Al tener simulaciones no lineales del ligamento periodontal proporcionan cálculos más precisos y confiables en la tensión y deformación durante el movimiento dental.¹⁸ Los modelos tridimensionales de forma completa de los elementos finitos de un sistema bracket-cemento y diente llegan a constar de 40,000 enlaces y de 49,000 elementos finitos.¹⁹

En el uso de un software se pueden simular varias características clínicas utilizando los modelos tridimensionales de los elementos finitos, siendo analizadas la distribución y magnitud de tensión inducida por el micro-tornillo y el hueso periimplantario. La distribución y magnitud de tensión en el hueso dictan la eficacia de los microtornillos y predicen el riesgo de fracaso.^{20,21,22} Araujo y cols, y Cadavid y cols. utilizaron una malla para la evaluación y optimización del diseño de miniimplantes con titanio o acero. Modelando los miniimplante se demostró que la mayor concentración de esfuerzo se encuentra en su parte coronal.^{22,23} Se evaluaron diferentes angulaciones donde se apreciaron los que fueron colocados entre 45° y 80° tuvieron problemas óseos, mientras que angulaciones menores de 45° o iguales a 90° tienen una respuesta ósea adecuada.²⁴

Al evaluar los miniimplantes se encontraron fallas relacionadas con una mayor tensión principal máxima por tres factores, siendo la calidad de hueso cortical, la angulación vertical y su proximidad al diente en la dirección de la fuerza. Teniendo así que la posición y angulación del miniimplante son factores que lo afectan.²⁵ Lin y cols. observaron mayor estrés en el hueso al colocar los miniimplantes con mayor exposición de su longitud fuera del hueso.²⁶ Tan y cols. En su estudio con elementos finitos sugieren que debe existir una integración ósea del 15% antes de realizar cualquier fuerza en el mini tornillo.²⁷

Los elementos finitos dinámicos reflejan una manera más precisa y completa el efecto del movimiento de los dientes, siendo un enfoque cada vez más recurrente al poder integrar gracias a los elementos finitos las dimensiones de la ranura y altura del bracket, el juego que tiene el slot con el alambre y la forma de utilizar ligadura. Así las investigaciones futuras podrán la deformación y expresión con las fuerzas ejercidas durante los tratamientos de ortodoncia.²⁸

Se han realizado estudios para comparar la resistencia al deslizamiento que se expresa con la tensión de alambres, y así poder optimizar la mecánica de deslizamiento en los distintos grosores y materiales de arcos.^{29,30} Con los elementos finitos en los arcos NiTi y NiTiCu en el bracket, se observó una reducción de esfuerzo siendo del 45.78% donde la mayor concentración fue el modelo de NiTi.³¹ Hay una gran diversidad de estudios relacionados con la ortodoncia donde se comparan el cierre de espacios en diferentes tamaños de ranura de bracket incluyendo un brazo de poder con diferentes tamaños, la respuesta biomecánica del complejo dentoalveolar al aplicarse fuerzas en un molar con sobre erupción, indicado las zonas de mayor esfuerzo y efectos colaterales, evaluación de los aparatos ortodóncicos.^{32,33,34}

Los elementos finitos en el área de ortodoncia han sido de mucha utilidad con el estudio de comportamiento de varios dientes bajo las diferentes condiciones de carga bucolingual, con modelos bidimensionales, teniendo como resultado que una angulación aumentada si influye en el esfuerzo y deflexión. También ayudan a determinar la distribución tridimensional de los esfuerzos del ligamento periodontal al igual que la longitud radicular y altura ósea en los desplazamientos dentales.³⁴

Los elementos finitos también realizan modelos de tensiones en el ligamento periodontal luego de la aplicación de fuerzas ortodóncicas. Se utiliza el modelo Mooney Rivlin del ligamento periodontal para simular y analizar las distribuciones de tensión que se asocian cuando las aplican fuerzas ortodóncicas.³⁵ Los elementos finitos son un modelo auxiliar para comparar el efecto del plano de arco y sus tamaños sobre los movimientos dentales durante el cierre de espacios en diferentes mecánicas de deslizamiento.^{36,37,38} En algunas investigaciones con elementos finitos y cierre de espacio han encontrado que cuando el grosor del alambre es delgado en el cierre de espacios puede haber extrusión de los incisivos,³⁹ el cierre de espacios con loop en el torque se preserva más que con un loop en hélice,⁴⁰ la fricción es mayor en los Brackets convencionales que en los de autoligado, pero no hay diferencias clínicas significativas al momento del cierre de espacios.⁴¹

También han aportado modelos de raíces dentales con diferentes curvaturas, en el caso un incisivo superior con raíz recta, curvatura dirigida a vestibular y curvatura a lingual. Donde se comprobó un estrés y tensión en el ápice con dirección lingual, existe diferencia de reabsorción radicular dependiendo la altura de colocación del bracket, al igual influye la carga de fuerza ortodóncica y en qué sentido se encuentra la curvatura de la raíz.⁴² En 2001 Rudolph, Willes y Sameshima encontraron que en los movimientos de intrusión, extrusión y rotación se producía más estrés en el ápice y en los movimientos en cuerpo y de tipping la fuerza se concentra en la cresta alveolar.⁴³

Los elementos finitos en las miniplacas evalúan la deformación total por tensión producida en el hueso y miniplaca al aplicarse fuerzas con diferentes direcciones y magnitudes.⁴⁴ Hay estudios con modificaciones de las miniplacas como el de Nalbantgeil y cols. en donde le agregaron picos a las miniplacas encontrando menos estrés en los tornillos y hueso alveolar.⁴⁵ Neves y cols. realizaron prototipos mediante tomografía computarizada y se construyen de manera tridimensional con las características del modelo físico. Al obtener los resultados concluyo que la mini placa mostro mejores rendimientos cuando se aplican múltiples vectores en 2 puntos simultáneos en comparación con la fuerza aplicada en uno solo.⁴⁴

Park y cols. encontraron que el uso de mini placas para retracción del segmento posterior aplicando la fuerza a nivel de la unión cemento esmalte puede ayudar a obtener mejores resultados.⁴⁶ Somaskandhan y cols. compararon el uso de mini placas contra el de mini implantes, encontrando que las mini placas producen una mayor distalización y los mini tornillos producen mas intrusión.⁴⁷

En los alineadores esta la discrepancia a considerar al comparar un estudio experimental contra una simulación idealizada de elementos finitos, debatiendo si mejoraría la calidad del material.⁴⁸ Alhasyimi y cols. por medio de elementos finitos encontraron que el mejor attachment para la retracción del segmento anterior era del tipo elipsoidal.⁴⁹ Gómez y cols. utilizando elementos finitos observaron que si no se utilizan attachments se pueden producir movimientos no controlados de inclinación.⁵⁰ Savignano y cols. realizaron un estudio sobre la extrusión de los incisivos observando que para poder realizar este movimiento es necesario utilizar un attachment, dependiendo de la forma y posición del attachments puede afectar el movimiento dental.⁵¹

En el caso de los pacientes con labio y paladar hendido, los elementos finitos han sido utilizados como herramienta para estudiar los puntos de aplicación de las fuerzas y tener un mejor control de expansión.^{52,53, 54}

También se ha utilizado en diferentes aparatos ortopédicos como el arco extraoral en donde se evaluó la distalización de los molares,^{55,56} en la mentonera se evaluó el efecto de las fuerzas en la mandíbula y en la articulación temporomandibular,^{57,58} en la máscara facial se ha evaluado las zonas de estrés en la piel en la frente y el mentón observando que es igual con la máscara facial de Petit que con la de Delaire, la dirección de la tracción, efecto del anclaje intraoral y el uso de la máscara con la expansión rápida.^{59,60}

Con la llegada de la inteligencia artificial se ha puesto en comparación con la simulación por elementos finitos, siendo ambos de ayuda para reducir el número de prueba y error. Teniendo ventaja los modelos de machine-learning sobre las simulaciones de los elementos finitos y reduciendo el tiempo para la generación de base de datos.⁶¹

Referencias

- Lai L, Huang C, Zhou F, Xia F, Xiong G. Finite elements analysis of the temporomandibular joint disc in patients with intra-articular disorders. *BMC Oral Health*. 2020; 20: 93. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01074-x>
- Frias E. Aportaciones al estudio de las máquinas eléctricas de flujo axial mediante la aplicación del método de los elementos finitos. [tesis doctoral]. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya; 2004. 352p. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93606>
- Napoles E, González R, Olivares E. Una introducción al análisis por elementos finitos: aplicaciones y ejemplos. 1th. ed. México: Publisher: Editorial Universitaria; 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Raide-Gonzalez-Carbonell/publication/283151622_Una_introduccion_al_Analisis_por_Elementos_Finitos_aplicaciones_y_ejemplos/links/595a83e145851511773d2b04/Una-introduccion-al-Analisis-por-Elementos-Finitos-aplicaciones-y-ejemplos.pdf
- Azevedo A. Método dos elementos finitos [internet]. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Portugal; 2003 [consultado 22 octubre 2023]. Disponible en: http://www.alvaroazevedo.com/publications/books/livro_mef_aa_1ed/doc/Livro_MEF_AA.pdf
- Katta M, Petrescu S, Dragomir L, Popescu M, Georgescu R, Tuculina M, Popa D, Duta A.; Diaconu O, Dascalu I. Using the Finite Element Method to Determine the Odonto-Periodontal Stress for a Patient with Angle Class II Division 1 Malocclusion. *Diagnostics*. 2023;13 (9): 1567. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/9/1567>
- Pacheco D, Malaver P, Forero C, Girón A, Sánchez D. Comparación de la distribución de esfuerzos y deformaciones en la unidad DentoAlveolar, el alambre y el bracket utilizando arco de GUMMetal y Nitinol. *Odontos*. 2014;28-34.
- Otero Pereiro L. Aprendiendo sobre el Método de los Elementos Finitos. *Ingeniería Mecánica* [Internet]. 2006;9(3):7-13. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225117945001>
- Fornons J. El método de los elementos finitos en la ingeniería de estructuras [internet]. Barcelona: Universidad Politècnica De Barcelona; 1982 [consultado 20 oct 2023]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OcR9vG8oe9QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=elementos+finitos++&ots=Z4YHU0-Mtd&sig=FBPPaNi4eeWpW88j\]-bHKFXccpU#v=onepage&q=elementos+finitos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OcR9vG8oe9QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=elementos+finitos++&ots=Z4YHU0-Mtd&sig=FBPPaNi4eeWpW88j]-bHKFXccpU#v=onepage&q=elementos+finitos&f=false)
- Villacis M. Modelo matemático para el análisis del comportamiento térmico en el proceso de soldadura de un acero estructural mediante un software con base en el método de elementos finitos. [dissertation]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2022. 70 p. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17283/1/20T01587.pdf>
- López L. Intrusión molar en ortodoncia: elementos finitos. [Dissertation]. Puebla, Puebla: Benemérita Universidad Autónoma De Puebla; 2021. 51 p. Recuperado de: <https://docs.google.com/viewer/g?view=web&url=https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/08a1bd63-5926-4e17-8261-5064d1938ceb/content>
- Marquez G, Oliveira C. Verticalización de molares con sistema de cantilever doble: análisis de elementos finitos. *Odont Inves* [internet]. 2017 [consultado 20 oct 2023]; 3 (2): 25-39. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/odontoinvestigacion/issue/view/69/41>
- Pagar V, Toshniwal N, Vikram S, Chako L, Mahajan B, Tanaji S. Application of the finite element method In orthodontics. *Jour of Pharma*. 2022; 13(10): 2562-2567.
- Gómez-Gómez SL, Montoya-Góez Y, González-Flórez DM, Restrepo-Narváez LM, Ardila CM. Resistencia friccional entre brackets cerámicos y brackets de autoligado usando un análisis de elementos finitos. *Rev CES Odont* 2020; 33(2): 72-85.
- Ghorab H, Ramadan A, Nadim M, Sharaf T. Finite Element Study to Evaluate the Stress Around Mini-implant during Canine Retraction using Continuous and Interrupted Orthodontic Forces. *Open Access Maced J Med Sci*. 2023; 11(D):36-43.
- Ácome F, Ramos F, Romero G, Zarta A, Pacheco D, Barrera J. Esfuerzos y deformaciones en el arco, bracket y unidad dentoalveolar, utilizando arcos de Elgiloy azul y Gummetal, con y sin elásticos: análisis de elementos finitos. *Journal Odont Col*. 2016;9(17):34-45
- Jiang T, Wu R, Wang J, Wang H, Tang G. Clear aligners for maxillary anterior en masse retraction: a 3D finite element study. *Sci Rep*. 2020; 10: 10.
- Gómez-Gómez S, Montoya-Góez Y, González-Flórez D, Restrepo-Narváez Leydi Marcela, Ardila Carlos Martín. Resistencia friccional entre brackets cerámicos y brackets de autoligado usando un análisis de elementos finitos. *CES odontol*. [Internet]. 2020 Dec [cited 2023 Nov 09]; 33(2): 72-85.
- Bucchi C, Del Fabbro M, Marcé-Nogué J. Orthodontic Loads in Teeth after Regenerative Endodontics: A Finite Element Analysis of the Biomechanical Performance of the Periodontal Ligament. *Appl Sci*. 2022; 12: 7063. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/>
- Shyagali TR, Bhayya DP, Urs CB, Subramanian S. Finite element study on modification of bracket base and its effects on bond strength. *Dental Press J Orthod*. 2015; 20(2):76-82. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/2176-9451.20.2.076-082.oar>
- Sakamaki T, Watanabe K, Iwasa A, Deguchi T, Horiuchi S, Tanaka E. Thread shape, cortical bone thickness, and magnitude and distribution of stress caused by the loading of orthodontic miniscrews: finite element analysis. *Sci Rep* 12, 12367 (2022) Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16662-w>
- Giraldo V, Valencia M, Vargas M, Velloza A, Jara L. Comparación entre dos tipos de mini-implantes, en maxilar inferior, por medio de análisis de elementos finitos. *Journ Odonto Col*. 2010; (5): 5-23.
- Magaña A, Martínez A, Zavala N, Armas O, Cárdenas GM, González García E, Salas Orozco M. Comparación de tensiones y desplazamientos entre mini-implantes de acero y titanio insertados con diferentes angulaciones: análisis de elementos finitos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023; 7(1): 7585-7596. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4992
- Araujo-Monsalvo V, González-Aréas M, Martínez-Coria E, Flores-Cuamatzi E, Araujo-Monsalvo B, Domínguez-Hernández V. Effect of insertion angle on the stability of orthodontic mini-implants in a rabbit tibia model: A finite element analysis. *Cir. cir.* [revista en la Internet]. 2019 Abr [citado 2023 Nov 10]; 87(2): 190-195. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2444-054X2019000200190&lng=es. Epub 29-Nov-2021. <https://doi.org/10.24875/ciru.18000437>
- Cadavid D, Duque L, Correa S, Buschang P, Roldán S. Estabilidad de los miniimplantes en Ortodoncia. "Biología ósea y Biomecánica". *Rea CES Odont*. [internet] 2014 [consultado noviembre 2023]; 27(2): 93-103. Disponible en: <http://net.estabilidaddelosminiimplantesenortodoncia/biologiao-4993188.pdf>
- Gil-Ramos L, Maestre-Polanco V, Herrera-Herrera A, Rebolledo-Cobos M. Factores que inciden sobre el éxito y/o fracaso de mini-implantes en ortodoncia: una revisión sistemática exploratoria. *Duazary*. 2022 julio; 19(3): 229 - 242. Recuperado de: <https://doi.org/10.21676/2389783X.4839>
- Lin T, Tsai F, Chen C, Lin L. Factorial analysis of variables affecting bone stress adjacent to the orthodontic anchorage mini-implant with finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 143(2): 182-9.
- Tan F, Wang C, Yang C, Huang Y, Fan Y. Biomechanical effects of various bone implant interfaces on the stability of Orthodontic miniscrews: a finite element study. *Journal of Healthcare Engineering*. 2017; 2017:1-10.
- Yang PZ, Bai LY, Zhang HX, Zhao W, Liu Y, Wen X. Efficacy of a four-curvature auxiliary arch at preventing maxillary central incisor linguoocclusion during orthodontic treatment: a finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2023; 23(144). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02833-2>
- Iriarte Armando J, Ortiz Susana, Cubides-Flechas Katherine, Olaya Catalina, Jaimes-Monroy Gustavo. Sliding resistance of rectangular vs. beveled archwires in two self-ligating brackets: a finite element study. *Acta odontol. latinoam*. [Internet]. 2018 Dic [citado 2023 Nov 09]; 31(3): 149-155. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-48342018000300005&lng=es.
- Di Mauro P, Cisilino P, Pelossi P. Modelado por elementos finitos de aleaciones con memoria de forma para su aplicación en odontología. *Asoc Arg Mec Comp*. [internet] 2008 [consultado noviembre 2023]; (XXVII): 3318-3337.
- Lopez R, Ortega R, Pacheco D, Soler J, Pantoja F, Naranjo F. Comportamiento biomecánico de la unidad dentoalveolar (UDA) de un incisivo central bajo un tratamiento de ortodóntico, utilizando arcos de NiTi Y NiTiCu: simulación 3D mediante elementos finitos. *Rev Bistua* [Internet] 2019 [consultado noviembre 2023]; 17(3): 22-33. Disponible en: <https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/32101/2019rafaelortega.pdf?sequence=1>
- González-Andrade M, Lima-Illescas M. Fricción de brackets autoligado y convencionales en el cierre de espacios: revisión de la literatura. *593 Digital Publisher CEIT*. 2022; 7(3-2): 94-103 <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.3.2.1197>
- https://repositorio.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/59161/Articulo%20cientifico_ORTO-PUJ_Maiky-Juan%20Esteban_Versión%20.pdf?sequence=1
- Calao E, Vázquez M, Becerra F, Ossa J, Enriquez C, Fresneda E. El método de elementos finitos y su aplicación en la investigación odontológica. *Rev Facul Odonto UA*. [internet] 1999 [consultado noviembre 2023]; 11(1): 44-49.
- Eugenio M, David G. Finite element analysis of orthodontic force application on the periodontal ligament of the human maxillary first molar. *AIP conf proce*. [internet] 2022 [consultado 27 octubre 2023]; 2471(1): p. 1-5. Disponible en: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2471/1/020017/2825703/Finite-element-analysis-of-orthodontic-force?redirectedFrom=fulltext>
- Wu J, Wang X, Jiang Y, Wu Z, Shen Q, Chen Y, Meng Q, Ye N. Effect of archwire plane and archwire size on anterior teeth movement in sliding mechanics in customized labial orthodontics: a 3D finite element study. *BMC Oral Health*. 2022; 22, 33. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02066-9>

37. Liu D, Yan B, Lei F, Li J, Wang X, Rong Q, Zhou Y. Different sliding mechanics in space closure of lingual orthodontic: a translational study by three-dimensional finite element method. *Am J Trans Res*. 2019; 11 (1): 120-130.
38. Hamanaka R, Yamaoka S, Nguyen T, Tominaga J, Yoshida N. Numeric simulation model for long-term orthodontic tooth movement with contact boundary conditions using the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017; 152 (5):601-612.
39. Kawamura J, Tamaya N. A finite element analysis of the effects of archwire size on orthodontic tooth movement in extraction space closure with miniscrew sliding mechanics. *Progress in Orthodontics*. 2019; 20 (3):1-6.
40. Chacko A, Tikku T, Pratap R, Srivastava K. Comparative assessment of the efficacy of helical loop and T-loop for space closure in lingual orthodontics, a finite element study. *Progress in Orthodontics*. 2018; 19 (4): 1-8.
41. Gómez-Gómez S, Sanchez-Obando N, Álvarez-Castrillon M, Montoya-Goez Y, Ardilla C. Comparison of frictional forces during the closure of extraction spaces in passive self ligating brackets and conventionally ligated brackets using the finite element method. *J Clin Exp Dens*. 2019; 11 (5):e439-46.
42. Xiao S, Kong X, Yao J, Liu J, Li L, Jiang T, Wang L, Fan Y. Differences in root stress and strain distribution in buccal and lingual orthodontics: A finite element analysis study. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. [internet] 2022 [consultado 28 octubre 2023]; 14: p. 1-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590093522000667?via=ihub>
43. Rudolph D, Willes M, Sameshima G. A finite element model of apical force distribution from orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 2001; 71 (2): 127-131.
44. Neves A, Carmo M, De Almeida M, Meloti F, Silva E, Tien-Li A. Finite element analysis of a newly designed miniplate for orthodontic anchorage in the maxillary anterior region. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022; 162(5): 656-667.
45. Nalbantgil D, Tozlu M, Ozdemir F, Ogus M, Arun T. FEM analysis of a new miniplate: stress distribution on the plate, screws and the bone. *European Journal of Dentistry*. 2012; 6:9-15.
46. Park M, Na Y, Park M, Ahn J. Biomechanical analysis of distalization of mandibular molars by placing a mini-plate: a finite element study. *Korean J Orthod*. 2017; 47 (5):289-97.
47. Somaskandhan A, Kumar N, Vijayalakshmi D. Stress distribution and displacement in the maxillofacial complex during intrusion and distalization of the maxillary arch using miniplates versus mini-implants: a 3-dimensional finite element study. *Progress in Orthodontics*. 2023; 24 (8): 1-16.
48. Elshazly T, Salvatori D, Elattar H, Bourauel C, Keilig L. Effect of trimming line design and edge extension of orthodontic aligners on force transmission: A 3D finite element study. *Jour Mech Beh of Bio Mat* [internet] 2023 [consultado 28 octubre 2023]; p. 140: 1-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751616123000942?via=ihub>
49. Alhasyimi A, Ayub A, Andusyana C. Effectiveness of the attachment design and thickness of clear aligners during orthodontic anterior retraction: finite element analysis. *Eur J Dent*. 2024; 18 (1): 174-181.
50. Gomez J, Peña F, Martínez V, Giraldo D, Cardona C. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod*. 2015; 85 (3): 454-60.
51. Savignano R, Valentino R, Rationale A, Michelotti A, Barone S, Anto V. Biomechanical effects of different auxiliary-aligner designs for the extrusion of an upper central incisor: a finite element analysis. *Journal of Healthcare Engineering*. 2019; 1-9.
52. Marcin M, Katarzyna C. Stress and displacement patterns during orthodontic intervention in the maxilla of patients with cleft palate analyzed by finite element analysis: a systematic review. *BMC Oral Health*. 2023; 23, 93. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02714-8>
53. Lee H, Nguyen A, Hong C, Hoang P, Pham J, Ting K. Biomechanical effects of maxillary expansion on a patient with cleft palate: a finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016; 150 (2): 313-323.
54. Olmez S, Dogan S, Pekedis M, Yildiz H. Biomechanical evaluation of sagittal maxillary internal distraction osteogenesis in unilateral cleft lip and palate patient and noncleft patients. A three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod*. 2014; 84 (5):815-24.
55. Geramy A, Hassanpour M, Emadian E. Asymmetric outer bow length and cervical headgear force system: 3D analysis using finite element method. *Journal of Dentistry*. 2013; 12 (5): 216-25.
56. Rougement L, Oliveira A, Penedo N, Elias C, Sant'anna E, Casaccia G, Gomes J, Gouvea J. Asymmetric headgear for differential molar movement: a study using finite element analysis. *Journal of Orthodontics*. 2009; 36: 145-151.
57. Mathew J, Mascarenhas R, Husain A. Evaluation of stress distribution in mandible during orthodontic and orthopaedic force application using finite element method. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*. 2017; 17: 269-82.
58. Siqueira F, Guimaraes A, Lucchesi M, Atsushi F. Distribution of stress on TMJ disc induced by use of chin cup therapy: assessment by the finite element method. *Dental Press J Orthod*. 2017; 22 (5):83-9.
59. Gazzin F, Pavoni C, Cozza P, Lione R. Stress on facial skin of class III subjects during maxillary protraction: a finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2019; 19:31.
60. Arslan B, Tuncer C. Evaluation of finite element analysis studies related to maxillary protraction with facemask. *NEUDENTJ*. 2022; 4: 73-78.
61. Zingarelli C. Aplicación de una metodología de machine learning para optimizar el proceso de fabricación aditiva. [dissertation]. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata; 2022. 45 p. Recuperado de: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmliui/handle/123456789/734>