

# REVISTA

# BIOCIENCIAS

Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud

**Vol. 15, Núm. 2 (2020)**

**¿QUÉ CONSECUENCIAS REALES TIENE LA  
APLICACIÓN DE LAS FUERZAS  
ORTODÓNCICAS SOBRE LOS DIENTES?**

**Sadoun, C; Paz Cortés, M.M**

**Universidad Alfonso X el Sabio**

Facultad de Ciencias de la Salud

Villanueva de la Cañada

# ¿QUÉ CONSECUENCIAS REALES TIENE LA APLICACIÓN DE LAS FUERZAS ORTODÓNCICAS SOBRE LOS DIENTES?

**Sadoun, C**

Estudiante 5º de Grado en Odontología. Universidad Alfonso X El Sabio.

**Paz Cortés, M.M**

Licenciada en Odontología UCM. Máster en Odontopediatría. Doctor en Odontología.  
Profesora Asociada Facultad Odontología. Universidad Alfonso X El Sabio.

Dirección de correspondencia : Marta Macarena Paz Cortés [mpazcor@uax.es](mailto:mpazcor@uax.es)

## RESUMEN

**Introducción:** Los aparatos fijos generan fuerzas ligeras y continuas y los removibles actúan por medio de fuerzas ligeras y discontinuas. Los movimientos que se puede realizar con ambos son: inclinación, torque, rotación, extrusión e intrusión. El movimiento dental es un proceso complicado que implica cambios en las encías, el ligamento periodontal, el cemento radicular y el hueso alveolar. Pueden producir reabsorciones radiculares, gingivitis y periodontitis, alteración de la vitalidad pulpar y dolor, en función de las fuerzas aplicadas.

**Objetivos:** El objetivo general de este trabajo fue demostrar las diferentes consecuencias que la aparatología de ortodoncia produce sobre los dientes y el entorno que los rodea.

**Material y método:** Para la elaboración del presente trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica de toda la información disponible acerca del tema a través de estudios publicados en revistas internacionales utilizando varias bases de datos científicas como Medline (PubMed), Sapiens y en libros de la biblioteca de la Universidad Alfonso X El Sabio. Las palabras claves utilizadas fueron “aparatos ortodónticos”, “fuerzas ortodónticas”, “movimientos dentales”, “reabsorción radicular”, “periodontitis”, “dolor”

**Resultados y discusión:** Las consecuencias que se producen tras la ortodoncia son la reabsorción radicular, las enfermedades periodontales y el dolor. Según los autores, la aparatología fija produce una reabsorción significativamente mayor y más severa que los alineadores. Sin embargo, los brackets autoligados parecen tener una ventaja en la protección. El tratamiento de ortodoncia con alineadores Invisalign® podría conducir a reabsorción radicular.

**Conclusiones:** Según los autores, la reabsorción radicular inducida por ortodoncia es un inconveniente inevitable con diferentes técnicas de ortodoncia. No se ha observado evidencia científica en la salud periodontal de los pacientes con fija y con alineador. El mantenimiento adecuado de la higiene bucal podría prevenir el daño periodontal permanente. En lo referente al dolor, no existieron diferencias significativas entre ambos grupos, aunque disminuyó con el tiempo.

**PALABRAS CLAVES:** “aparatos ortodónticos”, “fuerzas ortodónticas”, “movimientos dentales”, “reabsorción radicular”, “periodontitis”, “dolor”

## ABSTRACT

**Introduction:** The fixed orthodontic appliances generate light and continued strengths, and the removable one, act via light and discontinued strengths. With both, it is possible to realize the following motions: inclination, torsion, rotation, extrusion, and intrusion. The dental motion is a tortuous process which involves a change of the gums, periodontal ligaments, root cement, and alveolar bone. Moreover, they can produce root resorption, gingivitis, and periodontitis, alternation of the pulp vitality and pain according to the strengths applied.

**Objective:** The general objective is to demonstrate the different consequences of the orthodontic equipment over the teeth and their surroundings.

**Material and methods:** To elaborate this work, it has been realized a bibliographic revision of all the available information related to the topic through international published studies that used different values such as Medline (PubMed), Sapiens and books from the library of the University Alfonso X El Sabio. The keywords used were “orthodontic appliances”, “orthodontic strengths”, “dental motions”, “roots resorption”, “periodontitis” y “pain”.

**Results and Discussion:** The consequences provoked by the orthodontia are the root resorption, the periodontal disease, and pain. According to the authors, the fixed orthodontic causes a greater and more severe root resorption than the aligners. However, the self-ligating brackets seem to have a better protecting window. The orthodontic treatment with the Invisalign® aligner could lead to a root resorption.

**Conclusions:** According to the authors, the root resorption provoked by the orthodontia is an unavoidable inconvenience that comes along with any orthodontic methods. In the periodontal health, it has not been observed scientific proofs within the sampled patients with fixed equipment nor aligner. Keeping proper oral hygiene could prevent the permanent periodontal damage. Concerning the pain, there were no significant differences between both groups, although a decrease along time.

**KEY WORDS:** “*orthodontic appliances*”, “*orthodontic strengths*”, “*dental motions*”, “*roots resorption*”, “*periodontitis*” y “*pain*”.

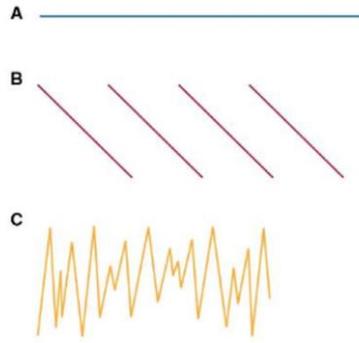
# 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la salud oral se define como "una dentición cómoda y funcional, que permite a las personas continuar en su rol social deseado"(1). Walther define la maloclusión como una oclusión en la que existe una mala relación entre los arcos en cualquiera de los planos o en la que hay anomalías en la posición, número, forma y posición de desarrollo de los dientes más allá de los límites normales (2). La etiología de la maloclusión es multifactorial, y varios estudios epidemiológicos han ofrecido herramientas de exploración que identifican los diversos factores que pueden interferir con la posición de los dientes y el patrón normal de crecimiento esquelético. Puede causar alteraciones en las funciones orales, como la masticación, la deglución y el habla. Además, tiene un impacto negativo sustancial en las medidas psicológicas / sociales de los pacientes (relacionadas con la estética dentofacial deteriorada) y la calidad de vida (incluida la autoestima y la autoimagen) (3). Al tener en cuenta los aspectos sociales y de calidad de vida, es esencial evaluar las perspectivas del paciente. Dichas percepciones pueden tener una gran importancia para hacer que la prestación de la atención de ortodoncia sea más satisfactoria tanto para los pacientes como para los ortodontistas.(1)

## 1.1 DESCRIPCIONES GENERALES DE LAS TÉCNICAS DE ORTODONCIA

La aplicación de una fuerza sobre la corona del diente provoca una repuesta en los tejidos que lo rodean, lo que resulta en un movimiento dental ortodóncico (MDO) que depende del tipo, magnitud y duración de la fuerza. Existen tres tipos de fuerzas aplicadas: continuas, continúa interrumpidas y intermitentes (figura 1).(3)

- a) Los sistemas de aparatos fijos modernos se basan en fuerzas continuas ligeras desde el arco.
- b) Una fuerza continua se puede interrumpir tras un periodo limitado. Por ejemplo, la fuerza continúa interrumpida se da cuando ya no actúa y por tanto, se tiene que reactivar. La interrupción del movimiento de un diente puede tener ciertas ventajas, ya que los tejidos tienen tiempo suficiente para reorganizarse, lo cual es favorable para los cambios tisulares futuros cuando la fuerza se vuelve a activar.
- c) Una fuerza intermitente actúa durante un corto periodo de tiempo y se utiliza mucho por los aparatos removibles. (3)



**Figura 1 : Fuerzas Ortodóncicas (3)**  
**A : Continuas**  
**B : Continuas Interrumpidas**  
**C : Intermitentes**

Actualmente, hay varios dispositivos de ortodoncia cuyo objetivo es la alineación dentaria. A continuación, trataremos de describir cada uno de ellos, comprender a través de qué fuerzas estos dispositivos permiten el movimiento dentario.

### 1.1.1 Aparatos fijos

Los aparatos más utilizados hoy en día son los fijos, ya que no se requieren de la colaboración del paciente y, al ser activados, generan fuerzas ligeras y continuas, proporcionando resultados satisfactorios en menor tiempo. (4)

- **Brackets:** son las herramientas dentales más utilizadas en ortodoncia para corregir problemas de maloclusión. Pueden clasificarse según su material o su modo de actuación.
  - Material: metálicas (más sólidos) o cerámica (más estética).(3,5,6)
  - Actuación: convencionales o **autoligables (self-ligating o SL)**.(7)



**Figura 2: Brackets de Acero Inoxidable y Titanio (3)**

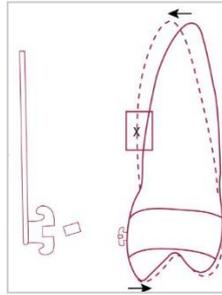


**Figura 3 : Brackets Céramicos (3)**



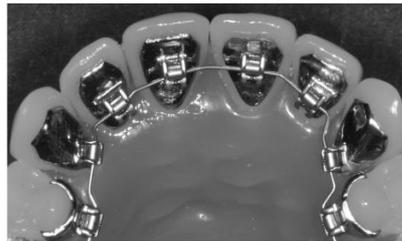
**Figura 4: Brackets autoligables (3)**

Actúa sobre el diente gracias a un movimiento de torsión (inclinación labiolingual de la corona/raíz de un diente) influenciados principalmente por el material del alambre y material de los brackets.(7,8)



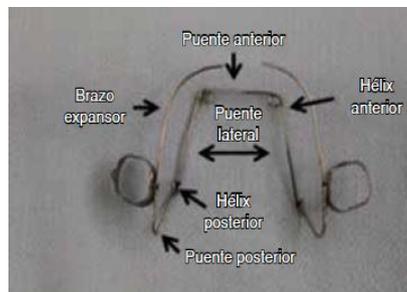
**Figura 5 : Movimiento de Torsión (3)**

- Tratamiento Lingual:** la llegada de los aparatos estéticos ha influido en el aumento en la aceptación de la atención de ortodoncia para adultos. Los brackets linguales inicialmente tenían como objetivo proporcionar fuerzas de ortodoncia biológicamente aceptables y/o proporcionar un movimiento dental más controlado en comparación con los que se proporcionan con los sistemas de brackets de ortodoncia convencionales. El tratamiento lingual utiliza el torque para actuar.(9,10)



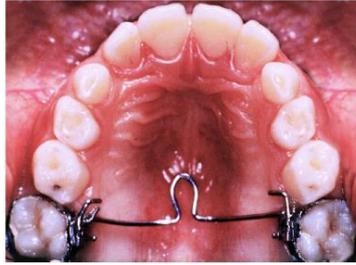
**Figura 6 : Bracket lingual autoligado (3)**

- Quad Hélix (QH):** Su principal acción es mover hacia vestibular los procesos dentoalveolares de la arcada maxilar. Puede también, influir en la expansión de la sutura palatina media en dentición mixta o permanente temprana. Debemos tener muy claro cuál es el objetivo del tratamiento para realizar la activación adecuada.(11)



**Figura 7 : Quad Helix y sus componentes (11)**

- **Barra transpalatina (BTP):** Puede aliviar el apiñamiento en el arco superior a través de la desrrotación de molar junto con una leve expansión dental transversal, lo que induce un aumento del ancho del arco y el perímetro. Durante el movimiento, las fibras transeptales podrían mover los molares deciduos o los premolares bucalmente.(12)



*Figura 8 : BTP aplicado sobre 1º molar (12)*

### 1.1.2 Aparatos removibles

Los aparatos removibles actúan por medio de fuerzas ligeras e intermitentes sobre los rebordes maxilares, siendo útiles en dentición temporal y mixta; permiten ser retirados de la boca por el paciente para efectuar la higiene de los dientes y del aparato o en caso de roturas. Además, tienen menor coste económico, permiten reparaciones y cambios fáciles y rápidos de hacer con diseños variados, lo que reduce el tiempo de trabajo, pero hay que señalar la importancia de una buena cooperación por parte del paciente y familiares, para lograr resultados satisfactorios. (13)

- **Placa palatina:** El tratamiento temprano de las mordidas cruzadas puede incluir una aparatología de ortodoncia removible (placas activas de expansión transversal, aparatos funcionales como las Placas activas de Hawley), que permita la activación del potencial de crecimiento a nivel tisular y la expansión transversal del maxilar (edad dependiente). (14,15). Pueden ser:

- Pasiva: actúa como aparato de retención después de un tratamiento de ortodoncia (mantenedor de espacio o placa de descarga).(16)
- Activa: realizar movimientos dentarios o de expansión. Son los aparatos removibles más versátiles, los cuales permiten resolver parcial o totalmente diversas maloclusiones en edades tempranas; generando fuerzas ligeras e intermitentes, que producen una expansión alveolo-dentaria o expansión lenta (efecto ortodóncico).(13,16)



*Figura 9: Placa Palatina Pasiva (17)*



*Figura 10: Placa Palatina Activa (17)*

- **Los alineadores transparentes (Invisalign®):** Los alineadores transparentes se introdujeron para ofrecer no solo la ventaja de una mejor estética, sino también para poder ser retirados durante el consumo de alimentos y bebidas, producir menos dolor y proporcionar un mejor cuidado bucal. La capacidad de retirar los alineadores transparentes hace que sea más fácil para los pacientes mantener una buena higiene bucal. Invisalign® podría tratar los casos leves de maloclusiones (sin extracción) más rápidos gracias a los movimientos de inclinación coronal de los dientes, pero requiere más tiempo que el tratamiento fijo para los casos más complejos.(18,19,20)



*Figura 11 : alineadores Invisalign® (3)*

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CELULARES Y SUS IMPLICACIONES EN EL MOVIMIENTO DENTARIO EN ORTODONCIA**

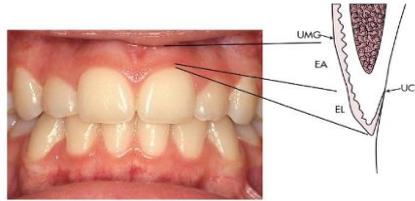
Una fuerza ortodóncica óptima pretende inducir una respuesta celular mínima y lograr la estabilidad tisular. Mientras que una fuerza no favorable puede provocar reacciones tisulares adversas. El movimiento dental es un proceso complicado que implica cambios en la encía, el ligamento periodontal, el cemento radicular y el hueso alveolar, con diferencias en la capacidad de remodelación y en la población celular. (3,21)

### **1.2.1 Encía**

La encía se diferencia en encía libre y adherida. La encía libre (EL) está en contacto con la superficie de esmalte. La encía adherida (EA) está sujeta firmemente al hueso alveolar subyacente y el cemento por las fibras de tejido conectivo y es inmóvil.(3) La encía tiene el patrón general de epitelio escamoso estratificado con una lámina propia de tejido conectivo subyacente que se une fuertemente al hueso.

El tejido conectivo es el componente predominante de la encía, formado por las fibras de colágeno, fibroblastos, vasos, nervios y la matriz. El fibroblasto está implicado en la producción de varias fibras, y también participa en la síntesis de la matriz del tejido conectivo.

Las fibras de colágeno son haces de fibrillas de colágeno con una orientación diferenciada. Aportan la resiliencia y el tono necesarios para mantener su arquitectura y la integridad de la sujeción dentogingival. (22,23)



**Figura 12 : Anatomía de la encía (3)**

*EL : Encía libre*

*UMG : Unión mucogingival*

*EA : Encía adherida*

*UCE : Unión cemento-esmalte*

### 1.2.2 Ligamento periodontal

El ligamento periodontal (LPD) es una estructura densa de tejido conectivo fibroso altamente especializado. Es el tejido conectivo celular y vascular blando que rodea las raíces de los dientes y une el cemento radicular con la lámina dura o con el propio hueso alveolar. El espacio LPD disminuye progresivamente con la edad. 3;40;41 ;42 La función principal del LPD es sostener los dientes en sus alvéolos mientras permite que los dientes resistan fuerzas de masticación considerables. El ligamento periodontal responde a la mecánica y muestra adaptación al aumento o disminución de las cargas mecánicas al regular su ancho total hasta en un 50% sin perder su arquitectura original. También, proporciona una función propioceptiva para el control neuromuscular de la masticación. Las células paradentales residen en el espacio del LPD incluyen los fibroblastos (50 y el 60%), osteoblastos y cementoblastos.(3,22,24,25)

### 1.2.3 Cemento radicular

Tejido conectivo avascular mineralizado similar a un hueso que recubre la raíz del diente y está firmemente entrelazado con la dentina de la raíz. Tiene muchos elementos en común con el tejido óseo. El cemento funciona como un dispositivo de soporte dental porque fija las fibras del LPD a la raíz y contribuye al proceso de reparación de los daños sufridos en la superficie radicular. El cemento puede clasificarse como celular y acelular:

- Acelular: cemento primario, la capa unida a la dentina radicular y cubriendo la porción cervical de la raíz. Ancla los haces de fibras del ligamento periodontal al diente
- Celular: cemento secundario, porción apical de la raíz. Contiene los cementoblastos, células formadoras de cemento. Tiene un papel adaptativo, permitiendo el movimiento del diente corporal dentro de la mandíbula durante el movimiento del diente de ortodoncia. 3;22;26;27

#### **1.2.4 Hueso alveolar**

Tejido conectivo mineralizado compuesto por tejido mineralizado (60% en peso), matriz orgánica (25%) y agua (15% en peso). El hueso alveolar se somete a remodelación durante la función normal y durante el aumento de la carga mecánica. El proceso alveolar forma y da soporte a las fosas de los dientes. El hueso es un tejido dinámico y se remodela constantemente por osteoblastos y osteoclastos, los cuales funcionan mediante interferencias y señales. Los osteoblastos y osteoclastos que forman el hueso son células implicadas en la reabsorción y son responsables de este proceso de remodelación. (3,22,24,25)

#### **1.2.5 MDO y reacciones tisulares:**

El movimiento del diente en ortodoncia (MDO) es un proceso que combina la adaptación fisiológica del hueso alveolar a las tensiones mecánicas con una lesión reversible menor en el periodonto. En condiciones saludables, se lleva a cabo mediante una remodelación ósea altamente coordinada y eficiente, que requiere el acoplamiento de la formación ósea después de la resorción. (24,25,28)

Un diente puede moverse a través del hueso alveolar cuando se aplica una fuerza de ortodoncia adecuada. Esto se basa en el principio de que un cambio en la carga mecánica de un sistema biológico produce tensión, lo que posteriormente conduce a respuestas celulares que apuntan a la adaptación del sistema a las condiciones nuevas. (29,30). Por lo tanto, es importante aclarar la distribución del estrés y las respuestas biológicas correspondientes del PDL bajo una fuerza de ortodoncia. La velocidad del movimiento del diente de ortodoncia se ve afectada por múltiples factores, como la magnitud, la frecuencia y la duración de las fuerzas mecánicas que se aplican a los dientes o al hueso. La teoría clásica de presión-tensión propone señales químicas, como estímulo para la diferenciación celular y, en última instancia, el movimiento dental. Por el lado de la presión, las fibras de la MEC desorganizadas y comprimidas inducen la reabsorción ósea osteoclástica, mientras que, por el lado de la tensión, las fibras de estiramiento estimulan la formación de hueso osteoblástico. (25,28,31)

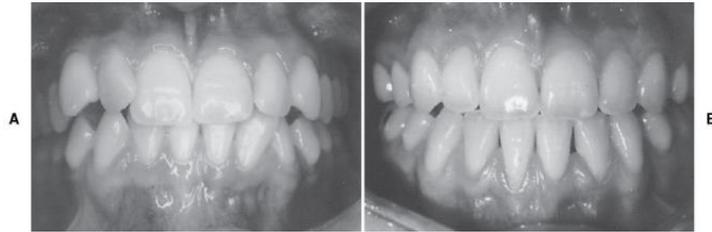
### **1.3 POSIBLES REACCIONES TISULARES ADVERSAS DEL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO**

#### **1.3.1 Reabsorción radicular**

Efecto secundario invariable del tratamiento de ortodoncia. Afecta con mayor frecuencia a los incisivos maxilares y se asocia con varios factores de riesgo biológicos y mecánicos. El proceso de reabsorción es iniciado por dentinoclastos. Es reparada en última instancia por cemento celular, pero, sin embargo, puede provocar la pérdida permanente de la longitud de la raíz. (32,33). Afecta los dientes vitales y tratados endodónticamente, en aproximadamente el 80% de los sujetos, los dientes que se someten a un tratamiento de ortodoncia pueden desarrollar cierto grado de reabsorción radicular.(32,34) Tiene una etiología multifactorial muy compleja. Dentro de los diferentes factores de riesgo se incluyen: la morfología de la raíz delgada, cónica y dilacerada da como resultado raíces que son más propensas a la reabsorción.(33,35) Además, los antecedentes de traumatismos asociados con los dientes anteriores aumentan el riesgo de reabsorción radicular. Se recomienda la evaluación de la afección mediante una radiografía de progreso a los 6–12 meses después del inicio del tratamiento de ortodoncia. El paciente debe ser informado de que si se observa la reabsorción de la raíz, entonces el tratamiento activo debe suspenderse durante al menos 3 meses. El proceso reparador de la reabsorción radicular comienza dos semanas después de que se suspende el tratamiento activo. En esta etapa, se debe considerar un plan de tratamiento alternativo y se debe suspender el tratamiento cuando se observe una reabsorción radical severa. (35)

#### **1.3.2 Gingivitis y Periodontitis**

La enfermedad periodontal incluye gingivitis, periodontitis y pérdida del soporte gingival adjunto. Aunque la gingivitis no siempre progresa a periodontitis, la periodontitis siempre está precedida por gingivitis. La periodontitis es pérdida de hueso alveolar periodontitis. La reacción periodontal a los aparatos de ortodoncia depende de múltiples factores, como la resistencia del huésped, la presencia de afecciones sistémicas y la cantidad y composición de la placa dental. Los factores del estilo de vida, incluido también pueden comprometer el apoyo periodontal. El factor que determina la condición del periodonto durante el tratamiento de ortodoncia es el nivel de higiene oral. El tratamiento de ortodoncia de pacientes con enfermedad periodontal activa está contraindicado ya que el riesgo de una mayor ruptura periodontal aumenta considerablemente. Por lo tanto, el tratamiento periodontal es un paso crucial, antes de comenzar cualquier tratamiento de ortodoncia, para restaurar y mantener la salud de los tejidos periodontales de soporte. (3,35,36)



**Figura 13: Caso clínico de una niña de 12 años antes (A) y después (B) del tratamiento ortodóntico. (3)**

*A: Al inicio del tratamiento*

*B: Tras la retirada del aparato, se observa una recesión gingival con exposición radicular de la zona vestibular y formación de un espacio interproximal excesivo por debajo de los puntos de contacto de los incisivos inferiores.*

### **1.3.3 Alteración de la vitalidad pulpar**

La reacción pulpar a las fuerzas de ortodoncia es mínima. Esta reacción es en forma de respuesta inflamatoria leve transitoria, que no tiene importancia a largo plazo. Aunque existe la posibilidad de pérdida de vitalidad pulpar durante el tratamiento de ortodoncia. Los factores de riesgo para la pérdida de la vitalidad de la pulpa incluyen un historial de traumatismos asociados con los dientes. El uso de fuerzas continuas e incontroladas puede provocar la pérdida de la vitalidad de la pulpa. Por lo tanto, el ortodoncista debe usar fuerzas ligeras óptimas durante su tratamiento. Las radiografías periapicales de pretratamiento de dientes previamente traumatizados son esenciales para fines comparativos. La condición de la pulpa debe controlarse con frecuencia mediante radiografías intraorales después de la reanudación del tratamiento de ortodoncia, y en casos de obliteración progresiva de la pulpa, el movimiento de ortodoncia de estos dientes debe terminarse, o al menos limitarse al mínimo.(35,37,38)

### **1.3.4 Dolor**

El dolor y las molestias son un efecto adverso común asociado con el tratamiento de ortodoncia. Hace que muchos pacientes abandonen el tratamiento de ortodoncia o lo eviten por completo. Se caracterizan por la presión, la tensión o el dolor de los dientes. Por lo tanto, el movimiento dental de ortodoncia es el resultado de la aplicación de fuerzas a los dientes, que promueven el desplazamiento de los dientes en el espacio del ligamento periodontal, lo que lleva a la formación de áreas de compresión y tracción. Estos estímulos desencadenan una serie de reacciones tisulares que resultan en la remodelación ósea del alvéolo a través de los procesos de reabsorción y aposición ósea, lo que permite cambios en la posición del diente. Estos procesos están acompañados por una estimulación de las terminaciones nerviosas en el ligamento periodontal y un proceso inflamatorio, que a menudo produce dolor.

El dolor es uno de los efectos secundarios más importantes del movimiento de los dientes de ortodoncia y uno de los factores que desalientan más a los pacientes a comenzar el tratamiento de ortodoncia. El dolor en los dientes anteriores es mayor que en los dientes posteriores.

El manejo del dolor debe incluir informar al paciente sobre la posibilidad de experimentar dolor para reducir la ansiedad. (35,39)

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este trabajo fue demostrar las diferentes consecuencias que la aparatología de ortodoncia produce sobre los dientes y el entorno que los rodea.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Entender la clasificación y el modo de actuación de cada tipo de aparatología.
2. Determinar los elementos celulares de los dientes y sus implicaciones en el movimiento dentario en ortodoncia.
3. Estudiar las diferentes reacciones adversas del MOD
4. Aprender qué aparatos son más susceptibles de provocar reacciones adversas sobre los tejidos dentarios.

## **3. MATERIAL Y MÉTODO**

Para la elaboración del presente trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica de toda la información disponible acerca del tema a través de estudios publicados en revistas internacionales utilizando varias bases de datos científicas como Medline (PubMed), Sapiens y en libros físicos de odontología de la biblioteca de la Facultad de Odontología de La Universidad Alfonso X El Sabio. Se empezó la búsqueda el 12 de enero de 2020 para la introducción de este trabajo.

Las palabras clave para realizar la búsqueda bibliográfica que se han empleado fueron:

- “aparatos ortodónticos” “aparatos fijos” “brackets” “brackets autoligables” “brackets cerámicos” “tratamiento lingual” “quad hélix” “BTP” “aparatos removibles” “Placa Palatina” “Alineadores transparentes” “invisalign”
- “fuerzas ortodónticas” “periodonto” “encia” “ligamento periodontal” “cemento radicular” “hueso alveolar” “Movimientos dentales” “reacciones celulares” “necrosis pulpar” “movilidad dental” “dolor” “reabsorción radicular” “gingivitis” “periodontitis”

En inglés las palabras claves empleadas fueron las siguientes:

- "orthodontic brackets" "fixed brackets" "brackets" "self-ligating brackets" "ceramic brackets" "lingual treatment" "quad helix" "transpalatine bar" "removable brackets" "palatal plate" "transparent aligners" "invisalign"
- "orthodontic forces" "periodontium" "gum" "periodontal ligament" "root cement" "alveolar bone" "dental movements" "cellular reactions" "pulp necrosis" "pain" "root resorption" "gingivitis" " periodontitis"

Los criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos fueron:

- Criterios de inclusión:
  - Artículos publicados desde 2015 en adelante.
  - Artículos en inglés británico, castellano y francés.
  - Artículos de casos clínicos, reportes de casos, controles y cohortes.
  - Revisiones bibliográficas y sistemáticas.
- Criterios de exclusión:
  - Artículos anteriores a 2014.
  - Artículos duplicados, repetidos o sin relación con el tema.
  - Artículos con acceso restringido o no gratuitos.
  - Artículos de texto no completo.

Se utilizaron 54 referencias de los últimos 5 años, (en alguna ocasión, ha sido necesario emplear bibliografía más antigua, para alguna de las partes del trabajo) con ayuda de dos ecuaciones y con operadores booleanos “AND/OR”:

Ejemplo: [(fuerzas) OR (movimientos dentales) AND (Reacciones Tejido)] y [(periodontal) AND (pulpa)].

Base de datos y Ecuación		Nº de artículos iniciales	Filtrados con los criterios	Selección final
MedLine	"Orthodontics" AND "treatment" AND "Perception"	468	93	2
	"Brackets" AND [(ceramic) OR (metal) OR (self-ligating)] AND "forces"	6656	637	3
	"Lingual Brackets" AND "forces"	11	4	2
	"Quad Helix"	137	12	1
	"Malocclusion" AND "Crossbite"	1512	136	1
	["Transpalatal arch" OR "butterfly arch"] AND "forces"	22	1	1
	Invisalign OR "clear aligners"	5533	197	3
	"Orthodontic tooth movement" AND "biomechanics"	49	10	2
	"Orthodontic Tooth Movement" AND "Periodontal Ligament"	507	56	4
	"Orthodontic Tooth Movement" AND "cementum"	71	6	2
	"Orthodontic Tooth Movement" AND "Root Resorption"	310	53	6
	"Orthodontic Tooth Movement" AND "periodontal disease"	21	2	2
	Orthodontic Tooth Movement AND "Pain"	125	26	3
Sapiens	Orthodontics AND "treatment" AND "Perception"	617	277	4
	"Orthodontics" AND "Biomechanics"	375	137	3
	"malocclusion" AND "crossbite"	898	342	3
	"Orthodontic tooth movement" AND "biomechanics"	83	37	2
	"Orthodontic Tooth Movement" AND "Root Resorption"	1189	472	2
	Orthodontic Tooth Movement AND "periodontal disease"	155	80	4
	"Orthodontic Tooth Movement" AND "Pulp Vitality"	18	7	2
	Orthodontic Tooth Movement AND "Pain"	699	142	2
<b>Total</b>		<b>19456</b>	<b>2727</b>	<b>54</b>

Tabla 1: Búsqueda realizada en la base de datos a través de los operadores booleanos AND/OR y resultados para el trabajo. Tabla realizada por el autor.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. REABSORCIÓN RADICULAR

En un estudio realizado en 2015 por Maués y cols, se seleccionó una muestra de 129 pacientes tratamiento de ortodoncia fijo con brackets convencionales al azar en una clínica. Se realizaron radiografías periapicales convencionales de los incisivos maxilares y mandibulares antes y después del tratamiento. Midieron y definieron la reabsorción radicular. Obtuvieron como resultados que los incisivos centrales maxilares presentaron el mayor porcentaje de reabsorción radicular severa, seguidos por los incisivos laterales superiores e incisivos laterales mandibulares. De 959 dientes, 28 (2,9%) presentaron reabsorción radicular severa. Se observaron los siguientes factores de riesgo: dientes maxilares anteriores, sobremorida mayor o igual a 5 mm al inicio del tratamiento, tratamiento con extracciones, terapia prolongada y grado de formación de ápice al inicio del tratamiento. (40)

En una revisión sistemática de 2016 realizado por Yi y cols, compararon la reabsorción radicular entre pacientes de ortodoncia con brackets autoligados (SL) y brackets convencionales. Observaron que la reabsorción radicular de los incisivos centrales superiores en el grupo de brackets de autoligado fue significativamente menor que en el grupo de brackets convencionales (SMD  $-0.31$ ; IC 95%:  $-0.60$ – $-0.01$ ). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en otros incisivos entre brackets autoligados y convencionales. Las evidencias actuales sugieren que los brackets autoligados no superan a los brackets convencionales en la reabsorción radicular en incisivos laterales maxilares, incisivos centrales de la mandíbula e incisivos laterales de la mandíbula. Por se puede concluir que los brackets autoligados parecen tener una ventaja en la protección del incisivo central maxilar en lo concerniente a reabsorción radicular. (41)

En 2017, Nassif y cols. llevaron a cabo un estudio sobre 40 pacientes con edades comprendidas entre los 11 y los 45 años; dividido en 2 grupos, aquellos portadores de brackets linguales (20 pacientes) y los convencionales (20 pacientes). Se midió la reabsorción radicular a partir de radiografías periapicales obtenidas al comienzo y al final del tratamiento. Hubo una reabsorción radicular apical significativa para todos los dientes evaluados. La magnitud de la RR varió de 0,35 mm a 0,63 mm en el grupo lingual, y de 0,66 mm a 0,85 mm en el grupo convencional. Sin embargo, aunque hubo una variación intergrupar en la magnitud de RR observada, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Quiere decir que la magnitud de la resorción de la raíz apical en los incisivos maxilares en pacientes con apiñamiento anterior fue similar independientemente de la técnica de ortodoncia, lingual o convencional. (42)

Centrándonos ahora en la técnica removible de ortodoncia, por ejemplo de alineadores transparentes. Gay y cols. realizaron una investigación con un grupo de estudio de 71 pacientes adultos sanos con clase I tratados con alineadores (Invisalign®). Se midieron longitudes radiculares de 1083 dientes en radiografías panorámicas al principio y al final de la terapia con alineadores transparentes. El 81% de los dientes medidos presentaron una reducción de la longitud de la raíz previa al tratamiento. Se encontró una reducción en porcentaje de > 0% hasta 10% en 25.94% (n = 281), una reducción distinta de > 10% hasta 20% en 12.18% (n = 132) de la muestra. 3.69% (n = 40) de los dientes se vieron afectados con una reducción considerable (> 20%) y estadísticamente significativa. Entonces, se puede concluir que el tratamiento de ortodoncia con alineadores Invisalign® podría conducir a reabsorción radicular. Su incidencia resultó ser muy similar a la descrita para las fuerzas ligeras de ortodoncia, con un porcentaje promedio de reabsorción radicular <10% de la longitud original de la raíz. (43)

Un estudio llevado a cabo por Eissa y cols. en 2018, comparó los efectos de los alineadores transparentes con los aparatos fijos de ortodoncia, como los brackets metálicos. Seleccionaron 33 pacientes con maloclusión clase I y apiñamiento de 4–6 mm y los dividieron en 3 grupos. El primer grupo de 11 pacientes tratados con alineadores Smart Track®, el segundo grupo con 11 pacientes tratados con brackets Damon (SL) y el tercer grupo de 11 pacientes con brackets convencionales. La longitud de los dientes de los incisivos maxilares se evaluó utilizando un software de imágenes antes y después del tratamiento. Observaron que todos los grupos mostraron una reabsorción radicular estadísticamente significativa, (0–1.4 mm para alineadores transparentes, 0.1–2.3 mm para Damon y 0–2.5 mm para el grupo de brackets regulares). Sin embargo, los casos tratados con aparatos fijos en general mostraron una reabsorción significativamente mayor que los tratados con alineadores (P <0.05). Es importante subrayar que la reabsorción radicular inducida por ortodoncia, evaluada por la longitud de la raíz, es un inconveniente inevitable con diferentes técnicas de ortodoncia. (44)

En otro estudio de 2020 por Li y cols., se midió la longitud de la raíz de cada diente anterior en una muestra de 70 pacientes repartidos en dos grupos: el grupo de alineadores transparentes (Invisalign®) y el grupo de ortodoncia fija (brackets metálicos). Concluyeron que la prevalencia de RR en el grupo de alineadores transparentes (56.30%) fue significativamente menor que en el grupo de dispositivos fijos (82.11%) (P <0.001). La severidad de RR en el grupo de alineadores transparentes ( $0.13 \pm 0.47$  mm) fue significativamente menor que en el grupo de aparatos fijos ( $1.12 \pm 1.34$  mm) (P <0.001). La RR más severa se encontró en el canino maxilar ( $1.53 \pm 1.92$  mm) y el incisivo lateral ( $1.31 \pm 1.33$  mm) en el grupo de aparatos fijos. La menor RR se encontró en el canino mandibular ( $-0.06 \pm 0.47$  mm) y el incisivo lateral ( $0.04 \pm 0.48$  mm) en el grupo de alineadores transparentes (P <0.001). (45)

## 4.2. ENFERMEDADES PERIODONTALES

La literatura recoge que las complicaciones periodontales son uno de los efectos secundarios más comunes relacionados con la ortodoncia.

Primero, se ha valorado la influencia de los aparatos fijos sobre la salud periodontal. Una revisión sistemática realizada en 2018 por Cerroni y cols. sugiere que existe evidencia científica moderada de afectación periodontal. Se necesitan estudios realizados en un tamaño de muestra más amplio que incluya un grupo de control y un seguimiento más largo para obtener resultados estadísticamente significativos con respecto a la influencia de los aparatos fijos en la salud periodontal a largo plazo. La terapia de ortodoncia realizada con el mantenimiento adecuado de la higiene bucal podría prevenir el daño periodontal permanente. (46)

El estudio realizado por Tapia-Rivera y cols. En 2015, comparó la salud periodontal de los pacientes con brackets convencionales y brackets linguales. Se registraron las frecuencias de placa visible (VP), sangrado al sondaje (BOP), así como la higiene oral simplificada y los índices gingivales modificados (MGI) en 83 sujetos de dos clínicas. Se observó que en el grupo de brackets convencionales, la frecuencia de la placa visible fue significativamente mayor en las superficies vestibulares de los dientes anteriores y maxilares posteriores. La BOP en dientes posteriores fue más frecuente también en este grupo. Sin embargo, el grupo lingual presentó mayor frecuencia de placa visible en las superficies linguales de los dientes anteriores. El grupo convencional tuvo frecuencias significativamente más altas de gingivitis leve en las regiones bucales de dientes anteriores y maxilares posteriores y papilas anteriores. Por otro lado, el grupo lingual evidenció gingivitis leve con mayor frecuencia en las regiones linguales de los dientes anteriores. Según los resultados de este estudio, las condiciones clínicas de salud periodontal pueden considerarse significativamente aceptables para pacientes que usan brackets tanto convencionales como linguales. (47)

Se debe estudiar también el comportamiento de los aparatos removibles. Por ejemplo, una revisión bibliográfica de 2014 evidenció que existía una mejora significativa de los índices de salud periodontal, en particular cuando se comparó los alineadores con dispositivos fijos. Sin embargo, los resultados de esta revisión deben interpretarse con cierta precaución debido al número, la calidad y la heterogeneidad de los estudios incluidos. (48)

Además, podemos comparar los aparatos fijos de expansión maxilar y los removibles como la placa palatina. En 2019, investigadores como Bastos y cols., evaluaron gracias a una revisión sistemática, los parámetros e índices periodontales mediante examen clínico con una sonda milimétrica, y un estudio examinó imágenes de tomografía computarizada en los dos tipos de tratamiento. Dos estudios utilizaron un expansor Haas con diferentes protocolos, y un estudio utilizó un expansor Haas en comparación con un dispositivo de cuatro hélices.

Después de la evaluación de calidad, se consideró que dos estudios tenían un riesgo de sesgo bajo. Un estudio se calificó como de riesgo moderado de sesgo. La evidencia se calificó como de calidad moderada para el nivel de hueso alveolar, el desplazamiento de los dientes y la inclinación y muy baja para todos los demás resultados. No hubo diferencias significativas para permitir una conclusión sólida sobre qué tipo de expansión maxilar tenía menor efectos secundarios a nivel periodontal. (49)

Un artículo de 2020 llevado a cabo por Pango Madariaga y cols. comparó la profundidad de sondaje (PD), el índice de placa (PI), el sangrado al sondaje (BOP) y la recesión gingival (REC) en 40 pacientes divididos en dos grupos: 20 pacientes en tratamiento con aparatos fijos multibracket y 20 pacientes en tratamiento con alineadores transparentes. Los pacientes fueron entrenados para realizar una técnica de cepillado de dientes individualizado, y cada 2 semanas fueron llamados nuevamente para reforzar las instrucciones de higiene oral. No se observó evidencia de diferencia en la salud periodontal de los pacientes que se someten a terapia de ortodoncia fija y terapia de alineador transparentes, cuando una higienista dental realizó una revisión regular. La higiene oral profesional asociada con la motivación y el refuerzo para el control adecuado de la biopelícula dental durante el tratamiento de ortodoncia permite a los pacientes prevenir la aparición de enfermedad periodontal y lograr una buena salud periodontal, a pesar del tipo de aparato de ortodoncia utilizado. (36)

### **4.3. DOLOR**

Los pacientes que se someten a la terapia con dispositivos de ortodoncia pueden experimentar dolor, molestias e incomodidad. Los estudios se exponen ahora comparan la percepción del dolor durante los diferentes tratamientos de ortodoncia.

En 2014, Marques y cols. interrogaron mediante cuestionarios y una entrevista a 272 individuos seleccionados al azar, de edades comprendidas entre los 9 y los 18 años, matriculados en escuelas públicas y privadas y sometidos a tratamiento de ortodoncia con aparato fijo. La intensidad del malestar y las variables biopsicosociales se evaluaron mediante el cuestionario Oral Impact on Daily Performance. Aunque la mayoría de las personas no presentaron molestias, se determinó una prevalencia significativa de 15.9% de impacto en la vida diaria de las personas exclusivamente debido al uso de aparatos de ortodoncia fijos, con consecuencias como deficiencia en el habla, mala higiene bucal y la movilidad dental permaneció independientemente asociada con una mayor prevalencia de molestias. El malestar asociado con el uso de aparatos de ortodoncia fijos ejerció una influencia negativa en la calidad de vida de los adolescentes que comprendieron el presente estudio. Los determinantes de esta asociación fueron la edad, la mala higiene bucal, el deterioro del habla y la movilidad dental. (50)

Otro de los estudios evaluó las molestias en función del material utilizado de los brackets. Sahoo y cols. realizaron un estudio con 40 pacientes que fueron separados en dos grupos: grupo A: brackets metálicos, acero inoxidable de 0.022, grupo B: brackets cerámicos, (Brackets transparentes). La unión de los brackets se realizó de acuerdo con la técnica convencional de grabado. Se usó un arco de 0.016" NiTi (níquel titanio). La intensidad del dolor se documentó en una figura que contenía dos escalas analógicas visuales (VAS) de 100 mm. Los resultados mostraron que el nivel de dolor se redujo en intensidad con el tiempo. Durante 1 mes, los puntajes VAS aumentaron al final del día 1 (24 h) para el grupo de brackets metálicos y de cerámica. El dolor luego disminuyó hasta el quinto día. La intensidad media del dolor alcanzó 4,44 en el grupo de cerámica, mientras que fue 2,7 en el grupo de metal para la región anterior superior. Disminuyó hasta 1 en la cerámica y 0.22 en el grupo de metales. Concluyeron que los pacientes tratados con brackets cerámicos experimentaron un dolor más severo y de mayor duración estadísticamente significativa que los individuos tratados con brackets convencionales. (51)

En 2009, Wu y cols. llevaron a cabo una investigación con 60 pacientes, 30 con dispositivos labiales (18 mujeres y 12 hombres, edad media 20.33 años) y 30 con dispositivos linguales (22 mujeres y 8 hombres, edad media 21.63 años). Calificaron su experiencia general del dolor con en una escala analógica visual (VAS) de 100 mm en tres puntos de tiempo: en la 1a semana (T1), en el 1° mes (T2) y a los 3 meses (T3) después de la colocación del aparato. Además, en otro VAS de 100 mm por separado, calificaron su experiencia de dolor en las ubicaciones de la lengua, labios, mejillas, encías, cara y mandíbula en T1, T2 y T3. No hubo diferencias estadísticamente significativas en las calificaciones globales de dolor entre los tratados con dispositivos labiales o linguales ( $P > 0.05$ ). Entre ambos grupos, las calificaciones globales de dolor disminuyeron durante el período de estudio ( $P < 0.001$ ). Los pacientes tratados con dispositivos linguales informaron calificaciones más altas de dolor en la lengua ( $P < 0.001$ ), mientras que aquellos tratados con dispositivos labiales informaron calificaciones más altas de dolor en los labios ( $P < 0.001$ ) y en las mejillas ( $P < 0.001$ ). Los resultados indicaron que los pacientes tratados con dispositivos labiales y linguales calificaban de manera similar el nivel de dolor general que experimentaban durante el tratamiento. Las calificaciones del dolor general experimentado disminuyeron para ambos grupos de tratamiento con el tiempo. Sin embargo, las calificaciones de dolor diferían en varios sitios con respecto al tipo de aparato de ortodoncia. Estos hallazgos tuvieron implicaciones para afrontar los procesos de toma de decisiones sobre el tratamiento de los pacientes con respecto a los dispositivos labiales y linguales y en el tratamiento de las molestias asociadas con las diferentes modalidades de tratamiento. (52)

En 2018, Almasoud y cols. realizaron un estudio prospectivo realizado en Arabia Saudí, utilizando una muestra de 64 pacientes de una clínica dental privada, que fueron divididos en dos grupos: grupo 1 (n = 32): con dispositivos fijos autoligados pasivos, grupo 2 (n = 32) con alineadores Invisalign®. Inmediatamente después de la colocación de los aparatos, se evaluó la percepción del dolor de los pacientes mediante un cuestionario autoadministrado cerrado y codificado mediante el uso de una escala analógica visual (VAS). Sus respuestas se registraron a las 4 horas, 24 horas, en el día 3 y en el día 7. Un porcentaje menor de pacientes tratados con alineadores Invisalign® expresaron menor dolor que los pacientes tratados con dispositivos fijos autoligados pasivos, y estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p = 0.001$ ). Del mismo modo, la puntuación media de VAS para el grupo Invisalign® fue significativamente menor que para el grupo de aparatos fijos autoligados pasivos a diferentes intervalos durante la primera semana de tratamiento. La intensidad del dolor con ambos dispositivos alcanzó su puntuación máxima a las 24 horas (puntaje promedio de VAS, 3.87) y fue más baja (puntaje promedio de VAS, 1.62) en el día 7. Concluyeron, por tanto, que durante la primera semana de tratamiento de ortodoncia, los pacientes tratados con alineadores Invisalign® informaron de un dolor con menor intensidad que los tratados con aparatos fijos autoligados pasivos. (53)

Por último, en 2016, Wiedel y cols. llevaron a cabo un estudio con 62 pacientes que presentaban mordida cruzada anterior y desplazamiento funcional. Fueron tratados con dispositivos fijos (brackets) o aparatos removibles. Hicieron un cuestionario para la evaluación del dolor en los siguientes puntos de tiempo: antes de la inserción del aparato, en la tarde del día de la inserción, todos los días / noches durante 7 días después de la inserción, y en el primer y segundo citas programadas (después de 4 y 8 semanas, respectivamente). La intensidad del dolor y la incomodidad fueron mayores durante los primeros 3 días para el aparato fijo. Las puntuaciones de dolor e incomodidad en general alcanzaron su punto máximo en el día 2. Los efectos adversos en las actividades escolares y de ocio se determinaron con mayor frecuencia en el grupo de dispositivos removibles que en los fijos. El grupo de aparatos fijos informó más dificultades para comer diferentes tipos de alimentos duros y blandos, mientras que el grupo de aparatos removibles experimentó más dificultades para hablar, siendo las diferencias significativas. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos para la perturbación del autoestima en relación a la apariencia de los aparatos. Para concluir, los niveles generales de dolor e incomodidad fueron calificados de bajos a moderados en ambos grupos. Hubo algunas diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en relación con la incomodidad, pero estas fueron solo menores y con menor relevancia clínica. Como ambos dispositivos fueron generalmente bien aceptados por los pacientes, se puede recomendar la terapia aparatología fija o removable. (54)

## 5. CONCLUSIONES

1° - Según los autores, las consecuencias que se pueden producir son reabsorciones radiculares en mayor o menor medida, gingivitis y periodontitis, alteración de la vitalidad pulpar y dolor, en función de las fuerzas aplicadas.

2° - Los aparatos fijos (los más utilizados) no requieren de la colaboración del paciente y generan fuerzas ligeras y continuas, proporcionando resultados satisfactorios en menor tiempo. Los removibles actúan por medio de fuerzas ligeras y discontinuas. Permiten ser retirados, lo que facilita la higiene, aunque la cooperación por parte del paciente es indispensable para lograr resultados satisfactorios. Los movimientos que se puede realizar con ambos son: inclinación, torque, rotación, extrusión e intrusión.

3° - Según la bibliografía, el movimiento dental es un proceso complicado que implica cambios en las encías, el ligamento periodontal, el cemento radicular y el hueso alveolar. Todos esos tejidos tienen diferentes capacidades de remodelación y distribución de la población celular.

4° - La reabsorción radicular es un efecto secundario inevitable del tratamiento de ortodoncia que afecta con mayor frecuencia a los incisivos maxilares y se asocia con varios factores de riesgo biológicos y mecánicos. La enfermedad periodontal (gingivitis y periodontitis) depende de múltiples factores, como la resistencia y estilo de vida (nivel higiene oral) del huésped, las afecciones sistémicas y la cantidad y composición de la placa dental. La reacción pulpar suele ser mínima. El dolor se caracteriza por la presión y la tensión de los dientes.

5° - Los casos tratados con aparatología fija mostraron una reabsorción significativamente mayor y más severa que los tratados con alineadores. La terapia de ortodoncia realizada con el mantenimiento adecuado de la higiene bucal podría prevenir el daño periodontal permanente. No se ha observado evidencia científica en la salud periodontal de los pacientes con terapia fija y con alineador. En lo referente al dolor, no existieron diferencias significativas entre ambos grupos, aunque disminuyó con el tiempo. Ambos dispositivos fueron bien aceptados por los pacientes.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Sohrabi A, Tahamtan S, Rafighi A, Moslemzadeh S, Seyedshariatdoost S. Patient-centered evaluation of alignment changes during the first stage of orthodontic treatment: A longitudinal observational study. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2019;13(1):75-83.
2. Houston W, Walther D. *Walther's Orthodontic Notes*. 4th ed. The Stonebridge Publishers; 2000

3. Graber, Thomas M, and Robert L. Vanarsdall. Ortodoncia : Principios Generales Y Técnicas Actuales. 5º ed. Buenos Aires: Elsevier, 2012. Web.
4. Ustrell J. Manual de Ortodoncia. 1ra ed. Barcelona: Ediciones de la Universidad de Barcelona; 2011. p.116-22.
5. Eliades T. Research Methods in Orthodontics : A Guide to Understanding Orthodontic Research. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg :, 2013. Springer EBooks. Web.
6. Guerrero A, Guariza Filho O, Tanaka O, Camargo E, Vieira S. Evaluation of frictional forces between ceramic brackets and archwires of different alloys compared with metal brackets. Brazilian Oral Research. 2010;24(1):40-45
7. Al-Thomali Y, Mohamed RN, Basha S. Torque expression in self-ligating orthodontic brackets and conventionally ligated brackets: A systematic review. J Clin Exp Dent. 2017;9(1):e123-8.
8. Papageorgiou S, Keilig L, Vandevska-Radunovic V, Eliades T, Bourauel C. Torque differences due to the material variation of the orthodontic appliance: a finite element study. Progress in Orthodontics. 2017;18(1).
9. Alobeid A, El-Bialy T, Reimann S, Keilig L, Cornelius D, Jäger A et al. Comparison of the efficacy of tooth alignment among lingual and labial brackets: an in vitro study. European Journal of Orthodontics. 2018;40(6):660-665.
10. Sifakakis I, Pandis N, Makou M, Eliades T, Katsaros C, Bourauel C. A comparative assessment of torque generated by lingual and conventional brackets. The European Journal of Orthodontics. 2012;35(3):375-380.
11. Ornelas Rubio J, Canto Cervera D. El quad-hélix, un aparato versátil. Revista ADM. 2019;76(4):219-228.
12. Raucci G, Elyasi M, Pachêco-Pereira C, Grassia V, d'Apuzzo F, Flores-Mir C et al. Predictors of long-term stability of maxillary dental arch dimensions in patients treated with a transpalatal arch followed by fixed appliances. Progress in Orthodontics. 2015;16(1).
13. Otaño LR. Ortodoncia. La Habana: Editorial Ciencias M.dicas; 2014. p.78, 123, 203-7.
14. Del Piñal Luna I, Molinero Mourelle P, Torres Moreta L, Bartolom. Villar B. Tratamiento precoz de la mordida cruzada posterior unilateral en el paciente infantil. Revision bibliografica. Rev. Cient. Form. Cont.. 2016; 13(1): 41-48.
15. Padilla MR, Tello L, Hernandez JA. Enfoque temprano de las maloclusiones transversales, diagnostico y tratamiento. Revision de la literatura. Rev. Estomat. [revista en internet]. 2009;17(1): 30-37.

16. Yezioro S, Forero A, Guevara S, Castiblanco L, Guerrero P, Sarmiento J, et al. Guia de atencion de mordidas cruzadas ; Bogot.: Facultad de Odontologia Universidad Nacional de Colombia; 2016
17. Canut JA. Ortodoncia Clinica. 1ra ed. Barcelona: Salvat Editores; 1992. p. 351-66.
18. Alajmi S, Shaban A, Al-Azemi R. Comparison of short-term oral impacts experienced by patients treated with Invisalign or conventional fixed orthodontic appliances. Medical Principles and Practice. 2019;.
19. Lombardo L, Arreghini A, Ramina F, Huanca Ghislanzoni L, Siciliani G. Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. Progress in Orthodontics. 2017;18(1).
20. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. Australian Dental Journal. 2017;62:58-62.
21. Huang H, Yang R, Zhou Y. Mechanobiology of Periodontal Ligament Stem Cells in Orthodontic Tooth Movement. Stem Cells International. 2018;2018:1-7.
22. Han J, Menicanin D, Gronthos S, Bartold P. Stem cells, tissue engineering and periodontal regeneration. Australian Dental Journal. 2013;59:117-130.
23. Bartold P, Narayanan A. Molecular and cell biology of healthy and diseased periodontal tissues. Periodontology 2000. 2006;40(1):29-49.
24. Li Y, Jacox L, Little S, Ko C. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. The Kaohsiung Journal of Medical Sciences. 2018;34(4):207-214.
25. Jiang N, Guo W, Chen M, Zheng Y, Zhou J, Kim S et al. Periodontal Ligament and Alveolar Bone in Health and Adaptation: Tooth Movement. Tooth Movement. :1-8.
26. Yamamoto T, Hasegawa T, Yamamoto T, Hongo H, Amizuka N. Histology of human cementum: Its structure, function, and development. Japanese Dental Science Review. 2016;52(3):63-74.
27. Liu J, Ruan J, Weir M, Ren K, Schneider A, Wang P et al. Periodontal Bone-Ligament-Cementum Regeneration via Scaffolds and Stem Cells. Cells. 2019;8(6):537.
28. Li Z, Yu M, Jin S, Wang Y, Luo R, Huo B et al. Stress Distribution and Collagen Remodeling of Periodontal Ligament During Orthodontic Tooth Movement. Frontiers in Pharmacology. 2019;10.
29. Henneman S, Von den Hoff J, Maltha J. Mechanobiology of tooth movement. The European Journal of Orthodontics. 2008;30(3):299-306.
30. Reitan K. Effects on the force magnitude and direction of thoot movement on differents alveolar bone types. Angle Orthod. 1964 ;34 :244

31. Wang Y, McNamara LM, Schaffler MB, Weinbaum S. A model for the role of integrins in flow induced mechanotransduction in osteocytes. *Proc Natl Acad Sci USA* 2007;104:15941-6.
32. Feller L, Khammissa R, Thomadakis G, Fourie J, Lemmer J. Apical External Root Resorption and Repair in Orthodontic Tooth Movement: Biological Events. *BioMed Research International*. 2016;2016:1-7.
33. Dindaroglu F, Dogan S. Root Resorption in Orthodontics. *Turkish Journal of Orthodontics*. 2017;29(4):103-108.
34. Roscoe M, Meira J, Cattaneo P. Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2015;147(5):610-626.
35. Talic N. Adverse effects of orthodontic treatment: A clinical perspective. *The Saudi Dental Journal*. 2011;23(2):55-59.
36. Pango Madariaga A, Bucci R, Rongo R, Simeon V, D'Antò V, Valletta R. Impact of Fixed Orthodontic Appliance and Clear Aligners on the Periodontal Health: A Prospective Clinical Study. *Dentistry Journal*. 2020;8(1):4
37. Bauss O, Röhling J, Meyer K, Kiliaridis S. Pulp Vitality in Teeth Suffering Trauma during Orthodontic Therapy. *The Angle Orthodontist*. 2009;79(1):166-171.
38. Consolaro A, Consolaro R. There is no pulp necrosis or calcific metamorphosis of pulp induced by orthodontic treatment: biological basis. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2018;23(4):36-42.
39. Topolski F, Moro A, Correr G, Schimim S. Optimal management of orthodontic pain. *Journal of Pain Research*. 2018;Volume 11:589-598.
40. Maués C, Nascimento R, Vilella O. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2015;20(1):52-58
41. Yi J, Li M, Li Y, Li X, Zhao Z. Root resorption during orthodontic treatment with self-ligating or conventional brackets: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2016;16(1).
42. Nassif C, Cotrim-Ferreira A, Conti A, Valarelli D, de Almeida Cardoso M, de Almeida-Pedrin R. Comparative study of root resorption of maxillary incisors in patients treated with lingual and buccal orthodontics. *The Angle Orthodontist*. 2017;87(6):795-800
43. Gay G, Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Rossini G, Parrini S et al. Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign®: a radiometric study. *Progress in Orthodontics*. 2017;18(1)

44. Eissa O, Carlyle T, El-Bialy T. Evaluation of root length following treatment with clear aligners and two different fixed orthodontic appliances. A pilot study. *J Orthodont Sci* 2018;7:11.
45. Li Y, Deng S, Mei L, Li Z, Zhang X, Yang C et al. Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Progress in Orthodontics*. 2020;21(1)
46. Cerroni S, Pasquantonio G, Condò R, Cerroni L. Orthodontic Fixed Appliance and Periodontal Status: An Updated Systematic Review. *The Open Dentistry Journal*. 2018;12(1):614-622.
47. Tapia-Rivera J, Cotrim-Ferreira A, Borelli-Neto L, Prieto M, Ferreira-Santos R. Periodontal health in patients under conventional and lingual orthodontic therapies. *Revista de Odontologia da UNESP*. 2015;44(5):251-256.
48. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi C. Periodontal health during clear aligners treatment: a systematic review. *The European Journal of Orthodontics*. 2014;37(5):539-543.
49. Bastos R, Blagitz M, Aragón M, Maia L, Normando D. Periodontal side effects of rapid and slow maxillary expansion: A systematic review. *The Angle Orthodontist*. 2019;89(4):651-660.
50. Marques L, Paiva S, Vieira-Andrade R, Pereira L, Ramos-Jorge M. Discomfort associated with fixed orthodontic appliances: determinant factors and influence on quality of life. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2014;19(3):102-107.
51. Sahoo N. Comparison of the perception of pain during fixed orthodontic treatment with metal and ceramic brackets. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences*. 2019;11(5):30.
52. Wu A, McGrath C, Wong R, Wiechmann D, M. Rabie A. A comparison of pain experienced by patients treated with labial and lingual orthodontic appliances. *The European Journal of Orthodontics*. 2009;32(4):403-407.
53. Almasoud N. Pain perception among patients treated with passive self-ligating fixed appliances and Invisalign® aligners during the first week of orthodontic treatment. *The Korean Journal of Orthodontics*. 2018;48(5):326.
54. Wiedel A, Bondemark L. A randomized controlled trial of self-perceived pain, discomfort, and impairment of jaw function in children undergoing orthodontic treatment with fixed or removable appliances. *The Angle Orthodontist*. 2016;86(2):324-330.