



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**FOTOBIMODULACIÓN UNA ALTERNATIVA PARA  
ACCELERAR EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA.**

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANA DENTISTA**

P R E S E N T A:

MARÍA FERNANDA ÁVILA MOJICA

TUTOR: Mtro. FILIBERTO HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

MÉXICO, Cd. Mx.

2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar hasta este día.

A mi amada escuela, la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas y ser mi segundo hogar, es un verdadero privilegio formar parte de la mejor Universidad de México.

A mi papá Margarito Ávila Serrano in memoriam, por enseñarme el valor de la responsabilidad, conciencia y disciplina, por mostrarme que, ante cualquier adversidad, siempre debemos seguir adelante. Sin ti no hubiese podido ser la persona que soy. Gracias por todas tus enseñanzas, por todas las sonrisas que me regalaste y por extenderme la mano siempre que lo necesite. Sé que estarías orgulloso de mi. Siempre estarás conmigo.

A mi mamá Maricruz Mojica Cortés, por motivarme a nunca darme por vencida, por forjarme a ser una persona fuerte, independiente y perseverante, por darme la oportunidad de estudiar, quiero que sepas que eres digna de admirar, por la fortaleza, resiliencia, y tenacidad que te caracteriza, mismas que me inspiraran a diario. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. Este logro es nuestro.

A mi hermanito Andrés, por todas las alegrías que me has dado, por enseñarme el significado de la hermandad y paciencia, eres la razón por la cual sigo adelante. Estoy segura de que siempre estaremos juntos, sin lugar a duda, somos inquebrantables.

A Luis M., por todo tu amor, por permitirme compartir contigo mis penas y mis alegrías, mis pequeñas victorias y dolorosos fracasos, porque sin condición alguna siempre he recibido tu apoyo, gracias por ser mi amigo y regalarme sonrisas cada que puedes, sobre todo gracias por acompañarme en este proceso, sin ti, no habría sido posible. Sé que aún continuarán los triunfos para ambos.

A mis amigos del alma, Carlos Aceves, Emmanuel Anguiano, Itzel Soto, y mis demás compañeros. Por su amistad incondicional, por siempre hacerme sentir en casa, por cada alegría, tristeza, y momentos inolvidables que compartí con ustedes, sin duda son lo mejor que me paso en la Universidad, gracias por ser quien son. En las buenas y en las malas siempre estaré ahí.

A Andrea Vargas, gracias por tu linda amistad, por ser la mejor compañera en casi todos los años de Universidad, por siempre hacerme segunda en todo, por todas las risas y tristezas que hemos compartido, por escucharme y estar



para mí, en verdad pienso que hemos crecido juntas, estoy segura de que nuestra amistad persevera para siempre.

A mis amigas de la clínica periférica, Brenda Lira y Andrea F. Mendoza, por su valiosa amistad en tan poco tiempo, por acompañarme en una de las etapas más difíciles de estos años académicos, por todas las sonrisas que me han regalado, por siempre estar al pendiente de mí y demostrarme que puedo confiar en ustedes con vendas en los ojos, sé que aún nos faltan muchas más cosas por vivir juntas y sin duda cuenten conmigo para lo siguiente.

A la Dra. Yalta E. Servín por mostrarme el amor a la Ortodoncia, por compartir sus conocimientos conmigo y emocionarme con todo lo aprendido a su lado, por sus palabras de aliento cada que lo necesito, es una inspiración, definitivamente un ejemplo de lo que quiero llegar a ser.

A mi tutor el Dr. Filiberto Hernández, por su ayuda, tiempo y apoyo para la realización de este trabajo, que sin él no sería posible.

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>1. HISTORIA DE LA ORTODONCIA Y EL LÁSER</b> .....	<b>8</b>
<b>2. CLASIFICACIÓN DE ANGLE</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Clasificación anteroposterior de la maloclusión</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.1 Clase I</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.2 Clase II</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.2.1 División I</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.2.2 División II</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.3 Clase III</b> .....	<b>14</b>
<b>3. DEFINICIÓN DE ORTODONCIA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 Etapas de la Ortodoncia</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1.1 Ortodoncia preventiva</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1.2 Ortodoncia interceptiva</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1.3 Ortodoncia correctiva</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2 Técnicas de Ortodoncia fija actuales</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2.1 Principales tipos de Brackets en Ortodoncia</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.2 Clasificación de los Alambres en Ortodoncia</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2.2.1 Según su aleación</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2.2.2 Según su forma</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.3 Características de los Alambres en Ortodoncia</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.4 Cementado o adhesión en Ortodoncia</b> .....	<b>23</b>
<b>4. ALTERACIONES TISULARES DURANTE EL MOVIMIENTO ORTODÓNTICO</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 Células que actúan en los tejidos de soporte durante el movimiento dental</b> .....	<b>25</b>
<b>4.2 La interacción del componente RANKL/RANK/OPG con el movimiento dental ortodóntico</b> .....	<b>26</b>
<b>5. TÉCNICAS DE ACELERACIÓN ORTODÓNTICA</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1 Métodos conservadores</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1.1 Aplicación de agentes farmacológicos</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1.2 Vibraciones</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1.3 Fotobiomodulación</b> .....	<b>30</b>
<b>5.1.4 Alineadores</b> .....	<b>31</b>



<b>5.2 Métodos quirúrgicos .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.1 Corticotomía.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.2 Micro-perforación .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.3 Piezocisión .....</b>	<b>33</b>
<b>6. EL LÁSER DE BAJA POTENCIA .....</b>	<b>34</b>
<b>6.1 Características del láser .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2 Clasificación del láser de baja potencia.....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.1 Según su potencia de salida.....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.2 Según su longitud de onda.....</b>	<b>36</b>
<b>6.2.3 Según su composición.....</b>	<b>36</b>
<b>6.3 Mecanismo de acción del láser .....</b>	<b>36</b>
<b>6.4 Efectos de la Láser terapia en el organismo.....</b>	<b>37</b>
<b>6.4 Indicaciones de la láser terapia .....</b>	<b>39</b>
<b>6.5 Contraindicaciones y efectos secundarios.....</b>	<b>40</b>
<b>6.6 Aplicaciones del láser de baja potencia.....</b>	<b>42</b>
<b>6.8 Usos comunes del láser de baja potencia en Medicina y sus principales patologías .....</b>	<b>43</b>
<b>6.9 Usos del láser de baja potencia en Odontología.....</b>	<b>44</b>
<b>7. FOTOBIMODULACIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>7.1 Propiedades fotofisicoquímicas de la fotobiomodulación .....</b>	<b>48</b>
<b>7.2 Mecanismos y bases celulares de la fotobiomodulación en la aceleración de los movimientos dentales.....</b>	<b>49</b>
<b>8. SISTEMA DE ALINEADORES INVISIBLES .....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>



## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, es conocido que en un tratamiento de Ortodoncia se encuentran complicaciones como gingivitis, reabsorción radicular, acumulación de placa dentobacteriana, caries, enfermedad periodontal, etc., los cuales son sólo algunos factores que afectan a los pacientes de forma secundaria al llevar a cabo el tratamiento. A pesar de esto, generalmente la principal razón por la que un paciente se niega a someterse a un tratamiento es por el tiempo prolongado que conlleva el mismo, el cual puede ser de entre 24 a 36 meses. Por lo tanto, el acelerar los movimientos dentales, permite realizar un tratamiento breve, lo cual beneficia al paciente para prevenir estas afectaciones y también motivarse a comenzar el tratamiento.

Hay una gran cantidad de investigaciones realizadas sobre el método bioquímico del movimiento dental, sin embargo, todavía existen incertidumbres y preguntas sin respuesta hacia la mayoría de estas técnicas.

Podemos clasificar estas técnicas en enfoques biológicos, físicos, biomecánicos y quirúrgicos. Al final los dividiremos en mecanismos para la aceleración: Sin cirugía (medicamentos, micro-vibración, foto-biomodulación), y con cirugía (micro-perforaciones, corticotomías y piezocisión).

Si bien hay muchos métodos para la aceleración dental, nos centraremos en revisar e investigar la eficiencia del láser de baja potencia, a través de la proyección de fotobiomodulación, el cual ha incrementado su uso, debido a sus aplicaciones en el área médica y ahora odontológica.

El láser de baja potencia se utiliza principalmente en la medicina. Se podría definir a el láser como un artefacto que genera un haz estrecho de una radiación especial de luz monocromática y coherente en el rango visible, infrarrojo o ultravioleta del espectro de las radiaciones electromagnéticas. Presenta varios beneficios, no sólo por sus efectos de biomodulación sino también por sus características no invasivas y su facilidad de uso.

Las aplicaciones clínicas del LBP (Láser de baja potencia) o por sus siglas en inglés LLLT (Low level laser therapy) son muy extensas, pese a esto es importante definir su uso mediante sus parámetros de irradiación. Así que la luz monocromática y cuasi-monocromática que emite el LBP, en la región óptica de 600-1000 nm es para tratar de forma no destructiva y no térmica diversos tejidos objetivos.

La fotobiomodulación se expresa por medio del láser de baja potencia. Podemos "definir" a la fotobiomodulación como el efecto molecular de la



irradiación del láser, así como su manifestación en las células que se describen como "fotobioestimulación" y "fotobiomodulación". La principal manifestación de esos fenómenos es el aumento de la síntesis de ADN y ARN.

En el campo de la Ortodoncia, el láser de baja potencia se ha utilizado en el tratamiento de la reducción del dolor mediante sus efectos analgésico y antiinflamatorio, tratamiento de trastornos temporomandibulares, la regeneración ósea después de la expansión palatina rápida, y en la aceleración del movimiento dental ortodóntico (MDO).

Es de vital importancia que el especialista en Ortodoncia, siempre este actualizado ante estas herramientas de trabajo que pueden facilitar la práctica odontológica y, no obstante, también para dar a conocer al paciente que contamos con diferentes opciones para su tratamiento, desde luego menos invasivas unas de otras, el objetivo de este trabajo es precisamente mostrar esta innovación en el campo de la Odontología.



## 1. HISTORIA DE LA ORTODONCIA Y EL LÁSER

A través del tiempo han existido infinidad de problemáticas dentales, algunos de los más frecuentes son la irregularidad, apiñamiento y protrusión dental, y sin duda los intentos para corregirla remontan como mínimo 1.000 años a.C. En excavaciones etruscas y griegas se han hallado aparatos primitivos ortodónticos sorprendentemente bien diseñados. <sup>1</sup>

Si somos estrictos y buscamos el inicio de la palabra Ortodoncia, nos encontraremos con su origen etimológico inducido en 1841 por Defoulon, derivado de los vocablos griegos *orto* que significa recto y *odontos* que es diente, el cual, traduce su propósito, corregir las irregularidades dentarias. <sup>2</sup>

El desarrollo de la Odontología en los siglos XVIII y XIX, dio paso a que varios autores describieran diferentes aparatos para “disminuir” el problema dental.

En la segunda mitad del siglo XIX los estudios sobre el crecimiento maxilar y mandibular proliferaron y las correcciones ortodónticas se hicieron cada vez más ortopédicas en su enfoque terapéutico.

En 1850 comenzaron a inducir los primeros tratados que hablan sobre la Ortodoncia, *Oral Deformities* de Norman Kingsley fue uno de los más destacados. <sup>3</sup>



Figura 1. Edward Hartley Angle, Padre de la Ortodoncia. <sup>60</sup>

Edward H. Angle desarrollo el concepto de oclusión dentaria, el cual marcó un hito en la historia de la especialidad, al definir un objetivo concreto para la corrección ortodóntica en 1890. <sup>2</sup>

Definido el concepto de oclusión dental, en 1906, Angle finalmente introdujo a la Ortodoncia como una especialidad, sentando las bases del diagnóstico y tratamiento de las maloclusiones que siguen siendo válidas en la actualidad. <sup>4</sup>

Es importante comentar que la historia de la Odontología láser es relativamente joven. Las primeras aplicaciones de estos dispositivos a los tejidos dentales comienzan a principios de los 60, sin embargo, fue a comienzos de los 90 cuando el uso del láser se amplió en las distintas disciplinas dentales. <sup>5</sup>

En cuanto a la aparición del láser, este se remonta en el año 1915, Albert Einstein estableció el concepto de emisión estimulada, a pesar de que, en ese entonces, ningún dispositivo emitía radiación. <sup>6</sup>

Fue así como el 26 de abril de 1951 un joven profesor de Física de la Universidad de Columbia, Charles H. Townes, sentado en una banca, tuvo la idea de desarrollar un dispositivo que uniera los distintos ingredientes para tener luz láser. Sin embargo, esto no fue del todo cierto; puesto que, en 1954, Townes y su equipo, sí desarrollaron el primer dispositivo apto para generar radiación por amplificación de emisión estimulada, pero del microondas, el aparato inventado fue llamado máser.

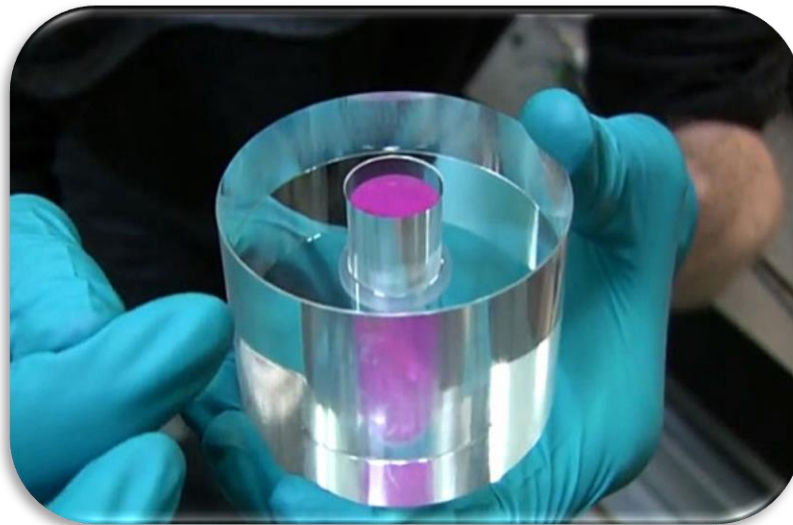


Figura 2. Máser: potentísimo 'primo' del rayo láser. <sup>61</sup>

Así que el máser es el precursor del láser. Ambos se basan en la emisión estimulada, pero amplifican la radiación a diferentes longitudes de onda. El paso del máser al láser puede parecer que se trató de algo sencillo, pero no lo fue; muchas cuestiones técnicas debieron ser solucionadas.

Pasado un buen tiempo y después de mucha competencia en 1960 Theodore H. Maiman pudo desarrollar el láser de manera extraordinariamente sencilla.

A través de una barrita de rubí recubierta de una capa reflectante de plata, insertada en la lámpara de un flash. La luz del flash excita los átomos de rubí, causando la emisión estimulada de luz, la cual, tras rebotar en los espejos (la cubierta de plata) y ser amplificada en la cavidad, eventualmente puede escapar como un haz de luz concentrado.<sup>7,8</sup>

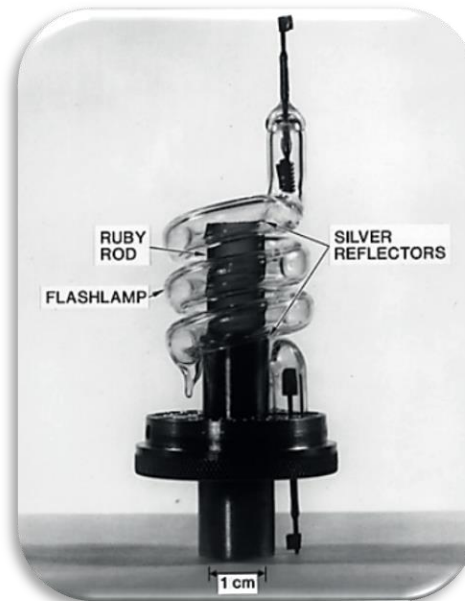


Figura 3. Estructura del primer láser de rubí por Theodore H. Maiman. Imagen cortesía de HRL Laboratories LLC.<sup>8</sup>

Desde ese momento, se realizan los primeros trabajos para la adaptación del láser en la práctica médica, por parte de los autores Sinclair y Knoll.<sup>9</sup>

Los principales exponentes que dan lugar al concepto de la laserterapia son los científicos de la URSS.<sup>9</sup>

Endre Mester, finalmente fue el primero en introducir a el láser de baja potencia como un método terapéutico por primera vez en 1968.<sup>6</sup>

Los autores Juanita Anders, Raymond Lanzafame y Praveen Arany en su artículo publicado en Photomed Surg laser en el año 2015 concluyen que la fotobiomodulación es una forma de terapia de luz que utiliza formas no ionizantes de fuentes de luz, incluyendo láser, LED y luz de banda ancha, en el espectro visible e infrarrojo.<sup>10</sup>



De modo que la Fotobiomodulación (FBM) es un término acuñado por MeSH y aceptado por Pubmed desde el año 2016.<sup>11</sup>

Hoy por hoy los láseres se pueden utilizar en distintas áreas de comunicaciones, seguridad, entretenimiento, medicina, odontología, investigaciones, entre otras.

En 2015 la Unesco lo decretó como el Año Internacional de la Luz, en este concepto podemos celebrar el descubrimiento del láser, el cual nos sirve de ejemplo para ver cómo resultados que nacen de la investigación fundamental, pueden llegar a convertirse en innovaciones tecnológicas que generan crecimiento económico, y soluciones médico-odontológicas.<sup>8</sup>



## 2. CLASIFICACIÓN DE ANGLE

La clasificación de la maloclusión es una herramienta de suma importancia para conseguir un correcto diagnóstico, de esta manera podemos realizar un plan de tratamiento adecuado para el paciente.

Edward H. Angle en 1899 presentó por primera vez la clasificación de las maloclusiones. La cual por su practicidad seguimos utilizando hoy en día.

### 2.1 Clasificación anteroposterior de la maloclusión

La hipótesis que empleó Angle toma a el primer molar y canino como referencia de la oclusión puesto a que son considerados los dientes más estables de la dentición.

Por ello basado en la relación mesio-distal de los primeros molares y caninos en cuanto a la relación de los arcos dentales y maxilares se dividieron de la siguiente manera:

#### 2.1.1 Clase I

Está caracterizada por las relaciones mesiodistales normales de los maxilares y arcos dentales, indicada por la oclusión normal de los primeros molares. Es decir, la cúspide mesiovestibular del primer molar superior ocluye en el surco vestibular del primer molar inferior. También puede presentar apiñamiento, rotaciones u otras irregularidades posicionales.<sup>12</sup>

Mencionándolo de diferente manera es aquellas maloclusiones en las cuales existe una relación molar y canina normal, pero en las que la línea de oclusión aparece incorrecta a causa de dientes en mala posición dentro de las respectivas arcadas por anomalías en las relaciones verticales y transversales o por desviación sagital de los incisivos.<sup>13</sup>

En promedio los arcos dentales están ligeramente colapsados, con el correspondiente apiñamiento de la zona anterior la maloclusión está confinada principalmente a variaciones de la línea de oclusión en la zona de incisivos y caninos.<sup>14</sup>

Los sistemas óseos y neuromusculares están balanceados. El perfil facial puede ser recto.<sup>14</sup>



## 2.1.2 Clase II

En este caso los primeros molares inferiores están distalmente a su relación normal con los primeros molares superiores en extensión de más de una mitad del ancho de una cúspide de cada lado. Y así sucesivamente los demás dientes ocluirán anormalmente y estarán forzados a una posición de oclusión distal, causando más o menos retrusión o falta de desarrollo de la mandíbula. <sup>14</sup>

En esta clase encontraremos que hay dos tipos de subdivisiones, la gran diferencia entre estas dos se manifiesta en las posiciones de los incisivos, en la primera siendo protruidos y en la segunda retruidos.

### 2.1.2.1 División I

Esta división caracterizada por la oclusión distal de los dientes en ambas hemiarquadas de los arcos dentales inferiores. Encontramos el arco superior angosto y contraído en forma de V, incisivos protruidos, labio superior corto e hipotónico, incisivos inferiores extruidos, labio inferior hipertónico, el cual descansa entre los incisivos superiores e inferiores, incrementando la protrusión de los incisivos superiores y la retrusión de los inferiores. No sólo los dientes se encuentran en oclusión distal sino la mandíbula también con relación a la maxila; la mandíbula puede ser más pequeña de lo normal. <sup>14</sup>

El sistema neuromuscular es anormal; dependiendo de la severidad de la maloclusión, puede existir incompetencia labial. La curva de Spee está más acentuada debido a la extrusión de los incisivos por falta de función y molares intruidos.

Se asocia en gran número de casos a respiradores bucales. El perfil facial puede ser divergente anterior y labial convexo. <sup>14</sup>

### 2.1.2.2 División II

Se caracteriza por la inclinación hacia palatino de los incisivos superiores, esto da lugar a apiñamiento en los laterales y caninos superiores. <sup>12</sup>

Generalmente no existe obstrucción nasofaríngea, la función de los labios es normal, pero causan la retrusión de los incisivos superiores desde su brote hasta que entran en contacto con los ya retruidos incisivos inferiores, resultando en apiñamiento de los incisivos superiores.

La forma de los arcos es más o menos normal, los incisivos inferiores están menos extruidos y la sobremordida vertical es anormal resultado de los incisivos superiores que se encuentran inclinados hacia adentro y hacia abajo.<sup>14</sup>

Cuando la Clase II se produce sólo en un lado de la arcada dentaria, la unilateralidad se refiere como subdivisión derecha o subdivisión izquierda de su división.<sup>12</sup>



Figura 4. Ejemplo de paciente que presenta una clase II, división II.<sup>62</sup>

### 2.1.3 Clase III

Encontraremos una oclusión mesial de ambas hemiarquadas del arco dental inferior hasta la extensión de ligeramente más de una mitad del ancho de una cúspide.<sup>14</sup>

Otra forma de mencionarlo es aquellas maloclusiones en las cuales el molar inferior se encuentra situado mesialmente respecto de la relación molar normal.<sup>13</sup>

Puede existir apiñamiento de moderado a severo en ambas arcadas, especialmente en el arco superior. Existe inclinación lingual de los incisivos inferiores y caninos, debido a la presión del labio inferior en su intento por cerrar la boca y disimular la maloclusión, la cual es más pronunciada dependiendo de la severidad del caso.

El sistema neuromuscular es anormal encontrando una protrusión ósea mandibular, retrusión maxilar o ambas. El perfil facial puede ser divergente posterior, labial cóncavo.<sup>14</sup>



Figura 5. Ejemplo de la relación canina y molar de la clasificación de Angle. <sup>63</sup>





### **3. DEFINICIÓN DE ORTODONCIA**

La Ortodoncia comprende de muchas definiciones, sin embargo en aspectos fundamentales es el área de la odontología que gestiona la supervisión, guía y la corrección de las estructuras dentofaciales que están en crecimiento o maduras, incluidas aquellas situaciones que requieren el movimiento de dientes o la corrección de relaciones deficientes y malformaciones de estructuras, por medio del ajuste de los dientes y de los dientes con los huesos faciales, a través de la aplicación de fuerzas exógenas, estimulación y reorientación de las fuerzas funcionales dentro del complejo craneofacial.<sup>15</sup>

En términos más coloquiales la Ortodoncia es el área de la odontología encargada de cambiar y corregir mordidas deficientes, así como las irregularidades de posición de los dientes en estética y función.

En una visión moderna también se reconoce la realidad del objetivo principal en un tratamiento de Ortodoncia para los pacientes, el cual es la estética dental y facial, dejando a un lado la funcionalidad y armonía dental posterior, sin embargo, siempre es importante establecer un buen diagnóstico para hacer entender al paciente el motivo de un tratamiento largo de Ortodoncia.

En general, el objetivo de la Ortodoncia es aumentar la calidad de vida del paciente mediante la mejora de la función de los dientes y maxilares, así como de la estética dentofacial. Actualmente el Ortodoncista se dedica a establecer el bienestar emocional y físico de los pacientes.<sup>16</sup>

#### **3.1 Etapas de la Ortodoncia**

Es importante distinguir las diferencias entre los tipos de Ortodoncia que existen, esto depende siempre de las aplicaciones que tengan cada una, por ello a continuación se describen:

##### **3.1.1 Ortodoncia preventiva**

La Ortodoncia preventiva es una subdivisión en el área de Ortodoncia que pretende actuar antes de la aparición de desviaciones dentales, cuando el diagnóstico nos indica que éstas se van a producir y alterarían el desarrollo normal del complejo bucofacial.

Este tipo de Ortodoncia se dedica a la prevención de posibles maloclusiones en la dentición primaria, para evitar el uso de aparatos de

Ortodoncia y así mismo favorecer la dirección correcta de los dientes permanentes. Un ejemplo sería los mantenedores de espacio.



Figura 6. Mantenedor de espacio. <sup>64</sup>

Thomas M. Graber la define como la acción ejercida para conservar la integridad de lo que parece ser oclusión normal en determinado momento. <sup>17</sup>

### 3.1.2 Ortodoncia interceptiva

Comprende las disarmonías que se pueden diagnosticar en la dentición mixta.

Está Ortodoncia se encarga de corregir desviaciones que se producen en ese momento, que todavía puedan tratarse para cambiar su evolución. Su función se basa en evitar que el crecimiento del complejo craneofacial se desarrolle de forma anormal, por lo que suele aplicarse en pacientes jóvenes y en muy pocos casos en personas adultas.



Figura 7. Rejilla palatina, para evitar la deformidad por mal hábito lingual. <sup>65</sup>



### **3.1.3 Ortodoncia correctiva**

Se debe hacer uso de la Ortodoncia correctiva cuando el problema ortodóntico o la maloclusión ya se han instaurado y han alterado el curso normal del complejo bucofacial.

Es aquella que ya requiere un tratamiento de Ortodoncia fija, puesto que existe una deformación de la forma del arco dentario o alteraciones en la función en pacientes que difícilmente podemos corregir su problema con aparatología interceptiva.

Puede ser desde una deformación de la arcada dental o incluso alteraciones en la función. Suele estar indicada en jóvenes y puntualmente en adultos.

Se utilizan tanto aparatos removibles como aparatos fijos que tienen como objetivo devolver la normalidad de la función masticatoria y de la estética dental.

Es supremamente importante establecer el diagnóstico preciso de la patología existente, para lo cual se cuenta una serie de estudios complementarios como son: radiografías panorámicas y perfil del cráneo, trazados cefalométricos, estudios sobre modelos y sobre todo un buen estudio clínico del caso en particular.

### **3.2 Técnicas de Ortodoncia fija actuales**

Las técnicas para colocar Ortodoncia han cambiado en gran medida a lo largo de los años, la innovación tecnológica, demanda de estética y comodidad de los pacientes son algunas de las razones, muchos profesionales consideran que lo más importante en un tratamiento de Ortodoncia es la técnica que realicen, sin embargo, es necesario mencionar que sí efectivamente la técnica es importante, pero siempre debe estar supeditada al diagnóstico y al plan de tratamiento.<sup>18</sup>

A pesar de elegir cualquier técnica para realizar una Ortodoncia, coincidimos en el fundamento de Rickkets el cual es “Los cambios de las técnicas son inevitables, tanto por los avances técnicos como los cambios de mentalidad profesional y del paciente”, y también es verdad que la biología no cambia.<sup>18</sup>

Hoy en día sabemos que hay diferentes clases de aparatologías con lo que podemos realizar una Ortodoncia, dependiendo de la indicación, y en cuanto a la función de las necesidades del caso en particular, no olvidemos

que actualmente existen diferentes estudios para el diagnóstico, cada vez más sofisticados, que nos pueden permitir un mejor plan de tratamiento.

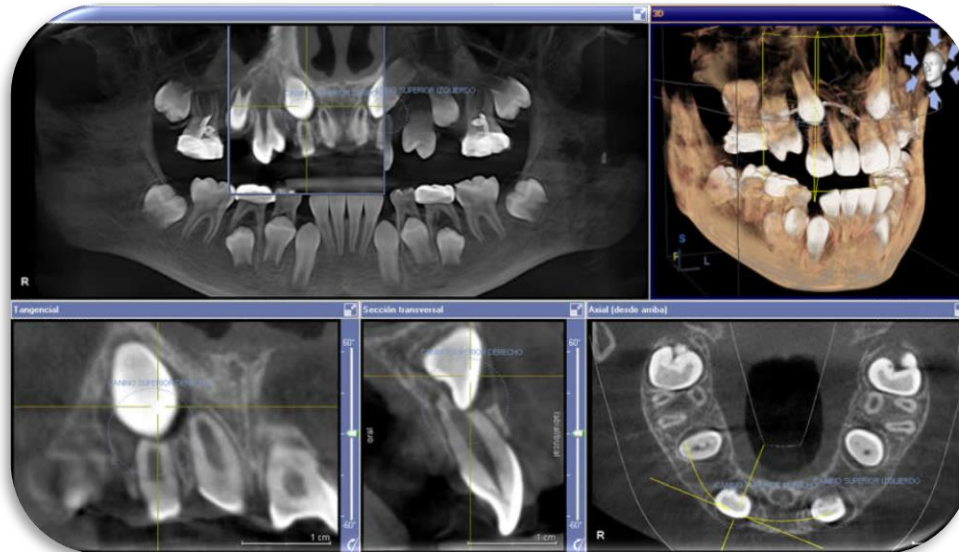


Figura 8. Uso de la tomografía, caninos retenidos, pantalla múltiple. <sup>66</sup>

### 3.2.1 Principales tipos de Brackets en Ortodoncia

- Brackets metálicos o convencionales.
- Brackets autoligables.
- Brackets estéticos.
- Brackets linguales.
- Alineadores invisibles (Invisalign®).
- Brackets combinados. <sup>19</sup>

Los Brackets convencionales o metálicos son los aparatos ortodónticos más tradicionales su composición es de acero, estos requieren del uso de módulos o ligadura metálica para fijar los arcos dentales al slot del Bracket. <sup>20</sup>

Así que los Brackets de autoligado consisten en unos brackets que contienen un componente móvil el cual sujeta el arco, este componente lo diferencia totalmente de los brackets convencionales, los hay activos o pasivos.

Los Brackets autoligantes pasivos emplean un componente móvil rígido que sujeta el arco en cambio, los brackets autoligantes activos presentan un componente flexible que sujeta el arco. <sup>20</sup>

La ventaja más importante en definitiva es que con ellos se elimina la necesidad de colocar módulos o ligaduras metálicas por lo que esto permite que se alojen menos bacterias en los slots de los brackets y a su vez que se aligeren las citas.



Figura 9. Brackets estéticos para pacientes con alta demanda en estética. <sup>67</sup>

Los brackets estéticos son como lo menciona su nombre, una opción más estética para el paciente, ya que por su composición pasa casi desapercibido, y de igual manera cumple su función. Su composición puede variar, existen los brackets estéticos de zafiro, cerámicos, zirconio, y polisulfona. La superficie de los brackets cerámicos no tienen bordes ni puntas afiladas, lo cual es muy cómodo para el paciente. <sup>20</sup>

Los brackets linguales ofrecen la solución más estética ya que son unos brackets totalmente invisibles al pegarse en la cara interna del diente. Es muy buena opción por si la demanda de la estética es muy alta.



Figura 10. Brackets linguales, una técnica distinta para pacientes con alta demanda de estética. <sup>68</sup>

Los alineadores invisibles son una técnica relativamente actual, innovadora, que consta de alineadores secuenciales transparentes, realizados a la medida, utilizando la tecnología CAD / CAM y un software, es una técnica eficaz para pacientes con requerimientos altos en estética y para aquellos que han presentado recidivas, después de un tratamiento previo de Ortodoncia, sin embargo, también funcionan a la perfección para tratar casos complejos.<sup>21</sup>



Figura 11. Alineadores invisibles, una alternativa cómoda e higiénica como tratamiento de Ortodoncia.<sup>69</sup>

Una de las mayores ventajas es que este tratamiento permite la higiene oral sin ningún problema, solo basta con retirarlos de la boca para realizar la limpieza dental, disminuyendo los problemas dentales y periodontales además de que son muy cómodos para el paciente y prácticamente indetectables.<sup>21</sup>

### 3.2.2 Clasificación de los Alambres en Ortodoncia

Los alambres, son una parte importante de la aparatología fija en Ortodoncia, los tipos de alambre se dividen según su aleación y forma.

#### 3.2.2.1 Según su aleación

- ✓ Acero
- ✓ Níquel
- ✓ Titanio (NiTi)
- ✓ Cromo-Cobalto (CrCo)
- ✓ Beta-Titanio (TMA)
- ✓ Super NiTi



La característica de los alambres de Níquel Titanio es que adopta la forma martensítica a bajas temperaturas y la forma austenítica a temperaturas superiores.<sup>18</sup>

### 3.2.2.2 Según su forma

Los arcos según su forma, tenemos alambres:

#### Redondos:

- ✓ .012" =0.30 mm.
- ✓ .014" =0.36 mm.
- ✓ .016" =0.41 mm.
- ✓ .018" =0.48 mm.
- ✓ .020" =0.51 mm.

#### Cuadrados:

- ✓ .016" x.016"
- ✓ .018" x.018"

#### Trenzados:

- ✓ .015" x.015"

#### Rectangulares:

- ✓ .016" x.022"
- ✓ .017" x.025"
- ✓ .019" x.025"

### 3.2.3 Características de los Alambres en Ortodoncia

Las propiedades que necesitan reunir los alambres en Ortodoncia son:

- Que presente gran resistencia.
- Poco rígido
- Moldeables
- Que tenga gran rango
- Que sea muy maleable
- Biocompatibles, inocuos, estéticos, suaves y no corrosivos.
- Que desarrollen fuerzas muy ligeras, continuas y constantes.
- Precio razonable.<sup>18</sup>



Figura 12. Alambres de Ortodoncia de diferentes calibres. <sup>70</sup>

### 3.2.4 Cementado o adhesión en Ortodoncia

Esta fase es la iniciación de un tratamiento de Ortodoncia como tal, comienza por el cementado o adhesión y la colocación de los brackets, bandas o Attachments.

El procedimiento es acondicionar el diente limpiando la superficie del esmalte, colocamos ácido fosfórico al 37% lavamos con agua directa por 30 segundos y secamos, luego de esto colocamos el adhesivo correspondiente, fotopolimerizamos, el bracket ya debe estar listo con resina, y colocamos en la superficie del diente, se acomoda hasta que esté en la mejor posición y medida y se fotopolimeriza. Con respecto a la colocación de los alineadores invisibles, el procedimiento es el mismo, a excepción de la colocación de los brackets, en este caso tendremos la plantilla de Attachments lista con resina, colocamos y fotopolimerizamos.

Respecto a la cementación de bandas, siempre dependerá del cemento a utilizar, ya que existe mucha variedad. Solo se coloca el cemento dentro de la banda, previamente el diente debe estar seco, y cuando este bien posicionado, el cemento actuará por si solo adhiriéndose sin problema al diente. Hay que asegurarnos de colocarlo con rapidez.<sup>18</sup>

Por otro lado, en casos de apiñamiento muy acentuado, el cementado correcto de todos los brackets puede ser muy difícil o imposible.



## 4. ALTERACIONES TISULARES DURANTE EL MOVIMIENTO ORTODÓNTICO

Es un fenómeno complejo y varios estudios han tratado de explicar su mecanismo. De acuerdo con la teoría presión-tensión, el movimiento dental se produce en tres etapas: alteraciones en el flujo sanguíneo asociados con la presión en el ligamento periodontal, la formación o liberación de mensajeros químicos y la activación de células. <sup>22</sup>

El movimiento dentario ortodóncico es resultado de las fuerzas que se aplican a través de la aparatología fija, generando respuestas celulares en los dientes, hueso alveolar, el ligamento periodontal y encía.

Ciertamente en el momento en que realizamos un tratamiento de Ortodoncia, debemos aplicar fuerzas/cargas al tejido dental las cuales se expresan directamente a los tejidos de soporte (el ligamento periodontal y el hueso alveolar), lo cual desencadena una reabsorción ósea en el sitio que contiene una compresión y una aposición ósea en los sitios de estiramiento, causando movimiento a través del hueso. <sup>23</sup>

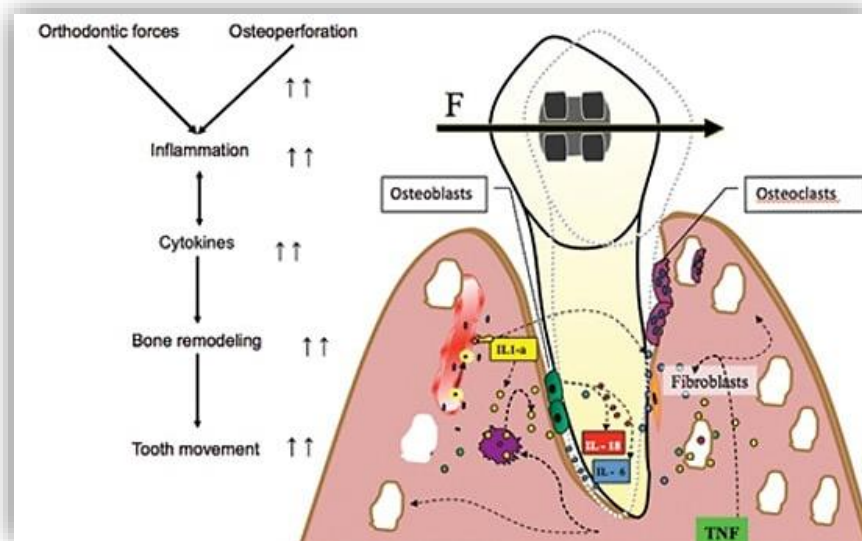


Figura 13. Cascada de citocinas. <sup>71</sup>

En otras palabras, el movimiento dentario, produce una reacción de inflamación el cual se asocia de inmediato a la remodelación ósea desencadenado por las fuerzas mecánicas aplicadas. Por la variedad de tejidos y células involucradas, existe una gran cantidad de factores que pueden influir en el remodelado óseo, alterando el rango y velocidad de



movimiento dentario. El efecto de las fuerzas mecánicas combinadas con uno o más factores externos puede resultar inhibitorio, aditivo o sinérgico.

Los cambios de presión que se dan con la aplicación de fuerzas sobre los dientes inician la fase aguda del movimiento, el cual implica respuestas inflamatorias agudas caracterizadas por la migración de leucocitos de los capilares sanguíneos y la producción de citocinas, que estimulan la secreción de prostaglandinas y factores de crecimiento. Luego de esto, la fase crónica involucra la proliferación de fibroblastos, células endoteliales, osteoblastos para el proceso de remodelación de las células alveolares de la médula ósea.<sup>24</sup>

Entonces hasta este punto comprendemos que la compresión y tensión, obliteran los vasos sanguíneos, disminuyendo el flujo sanguíneo a través del ligamento periodontal, afectando las células en los tejidos periodontales, continuando con la diferenciación de los osteoclastos que reabsorben el hueso de la pared del alvéolo del lado en que se efectúa la presión, marcada por el incremento de quimiocinas y citoquinas de células localizadas, como osteoblastos, fibroblastos y células endoteliales que agudizan la repuesta inflamatoria. Al mismo tiempo, se presenta remodelado de las fibras colágenas del ligamento periodontal permitiendo el desplazamiento dentario del mismo a una nueva posición.<sup>25</sup>

El hueso alveolar consta de una capa cortical formada por hueso compacto, de difícil remodelación y otra capa de hueso esponjoso o trabecular, que es la zona donde se produce la mayor expresión del movimiento dentario ortodóncico, permitiendo un mejor desplazamiento dentario y una mejor remodelación ósea.<sup>26</sup>

#### **4.1 Células que actúan en los tejidos de soporte durante el movimiento dental**

Los osteoblastos son aquellas células provenientes de la mesénquima, encargadas de formar hueso. Sintetizan y secretan la matriz orgánica extracelular ósea la cual incluye colágeno tipo I, osteocalcina, osteopontina, osteonectina, fosfatasa alcalina, proteoglicanos y factores de crecimiento.<sup>26</sup>

Los osteoclastos son células resorptivas, gigantes multinucleadas formadas por la diferenciación de las células hematopoyéticas, se encuentran en depresiones óseas llamadas lagunas de Howship. La diferenciación de los osteoclastos se encuentra mediada por la interacción de dos moléculas producidas por los osteoblastos, la osteoprotegerina (OPG) y el ligando RANK/RANKL o activador del receptor del ligando del factor nuclear kappa B.<sup>26</sup>

Respecto a los mediadores químicos que participan en los tejidos de soporte durante el movimiento dental, y que influyen, sobre todo, en la diferenciación de los osteoclastos, son las citoquinas tales como; factor de necrosis tumoral (TNF), interleuquinas (IL), factor estimulador de colonias de macrófagos (M-CSF), granulocitos, factor estimulante de colonias de granulocitos macrófagos (GM-CSF) y prostaglandinas (PG).<sup>25</sup>

Las células osteoprogenitoras y células de revestimiento óseo son células mesenquimales, que se suelen asociar con la generación de osteoblastos. Se encuentran cercanos a los vasos sanguíneos del ligamento periodontal.

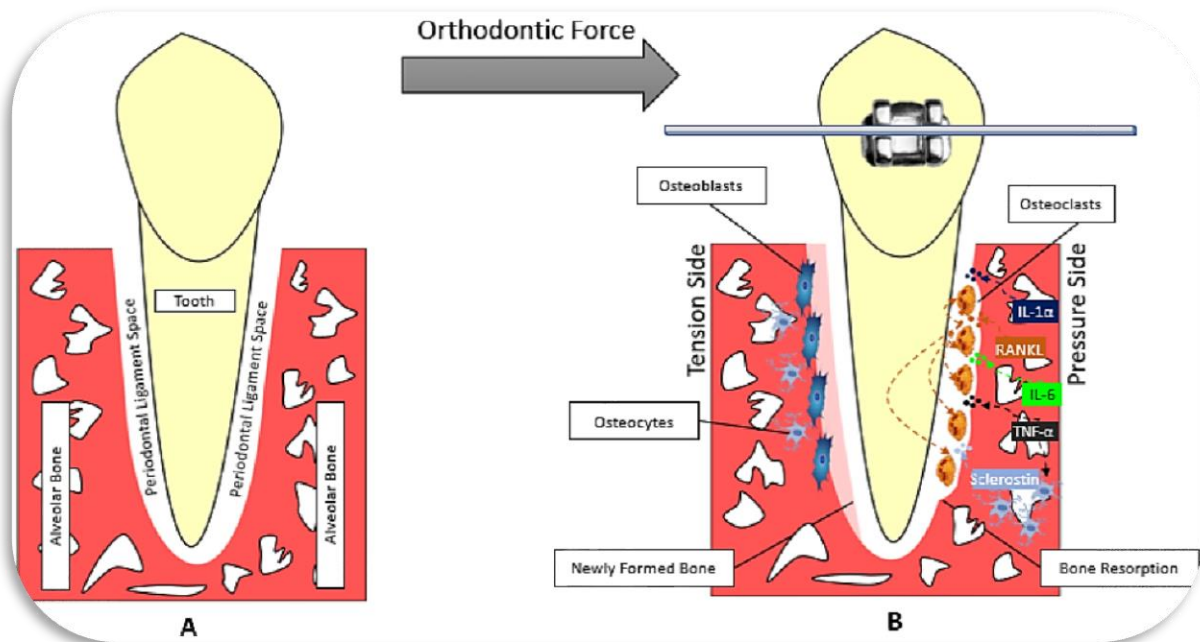


Figura 14. Modelo del movimiento dental Ortodoncia. (A) Antes de aplicar la fuerza Ortodoncia. (B) Aplicar fuerza Ortodoncia al diente comprime el PDL. El lado comprimido del ligamento periodontal se llama lado de presión y el lado donde se tira PDL se llama el lado de tensión. En el lado de la presión, la resorción ósea se lleva a cabo principalmente por osteoclastos.<sup>72</sup>

#### 4.2 La interacción del componente RANKL/RANK/OPG con el movimiento dental ortodóncico

La interacción entre el componente RANKL/RANK/OPG es esencial para el movimiento dental ortodóncico. Esto es debido a que en diversos estudios se ha demostrado que la expresión del componente OPG se ve aumentada en el ligamento periodontal y en el hueso, mientras que la expresión RANKL también se ve aumentada en el ligamento periodontal y hueso que están bajo compresión después del movimiento dental.

Se demostró que las citocinas que están aplicadas en la aceleración de movimientos de dientes son las RANKL la cual es una proteína unida a la membrana en los osteoblastos que se une al RANK en los osteoclastos y causa osteoclasto génesis. Por otro lado, la osteoprotegerinas (OPG) compite con RANKL en la unión al osteoclasto para inhibir la osteoclastogénesis. El proceso de remodelado óseo es un equilibrio entre el sistema (RANKL-RANK) y el compuesto OPG.<sup>27</sup>

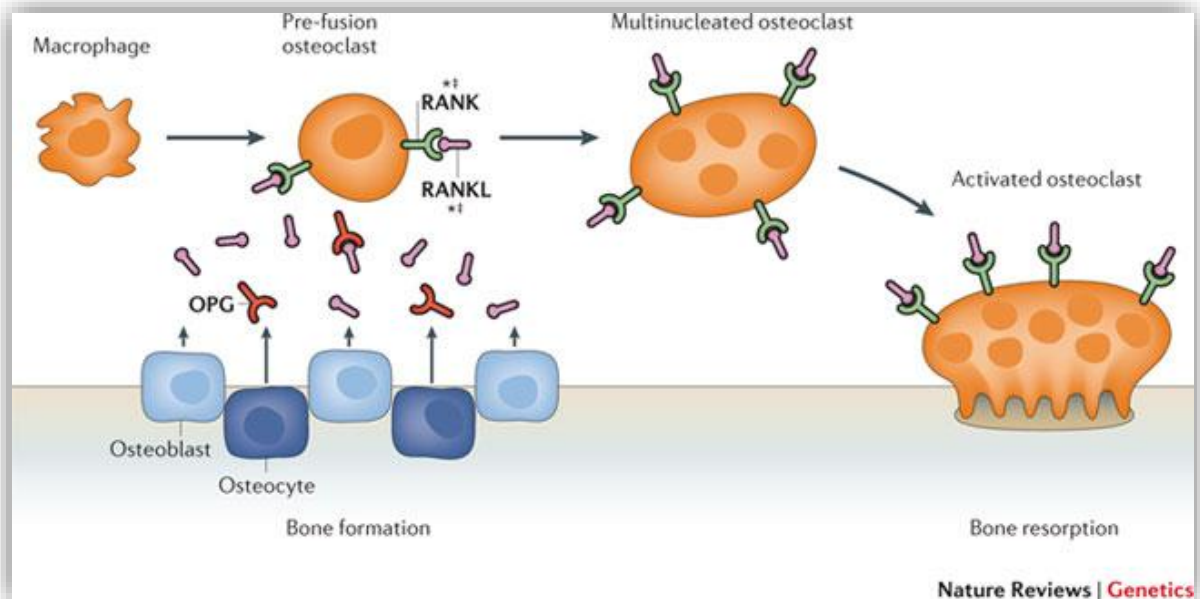


Figura 15. La diferenciación del osteoclasto requiere la expresión RANKL y RANK en células estromales osteoblásticas y células precursoras osteoclastas respectivamente. Muchos de los factores que se encontraron para inducir la transcripción RANKL se encontraron para también inducir la transcripción de OPG. Este hallazgo sugiere que la inducción de la regulación de OPG disminuirá la producción de RANKL, de tal manera que la relación RANKL/OPG se mueve a favor de la diferenciación osteoblástica.<sup>72</sup>

## 5. TÉCNICAS DE ACELERACIÓN ORTODÓNTICA

La introducción a los métodos de aceleración dental ha cambiado a la odontología contemporánea en gran medida, cada vez más conocemos diferentes formas para facilitar nuestra práctica y en este caso para favorecer al paciente, ya que es posible obtener buenos resultados en el menor tiempo posible.

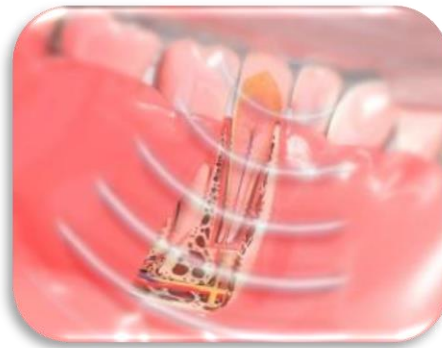


Figura 16. Micro vibraciones o pulsaciones que incrementan el flujo sanguíneo y por consiguiente el metabolismo óseo. <sup>73</sup>

Los métodos para acelerar el movimiento dental se basan en la estimulación de la respuesta de los tejidos biológicos, es decir, metabolismo y remodelación ósea acelerada. Según la literatura científica estos se pueden dividir en métodos conservadores y los basados en la intervención quirúrgica.<sup>28</sup>

### 5.1 Métodos conservadores

Son aquellos métodos de aceleración dental que se encargan de conservar las estructuras dentales, sin dañarlas, ni modificarlas, por medio de mecanismos físicos, químicos.

#### 5.1.1 Aplicación de agentes farmacológicos

Diversos estudios se han realizado en función de determinar las verdaderas implicaciones que poseen algunos medicamentos sobre el movimiento dental, sin embargo, hoy día este tema continúa siendo ampliamente discutido. <sup>22</sup>

A nivel celular, el que la actividad de los osteoclastos predomine ante los osteoblastos, nos indica que existe resorción ósea. Si aplicamos ciertos medicamentos podemos contribuir a que incremente la permeabilidad vascular y estimulando infiltración celular, linfocitos, monocitos y macrófagos se infiltran en el tejido inflamado, donde las prostaglandinas son liberadas.



### ➤ **Hormona de crecimiento (GH)**

Tiene un efecto estimulante sobre el crecimiento óseo y la remodelación. La acción de la GH se basa directamente en aumentos en la proliferación y diferenciación de osteoblastos, así como la inducción de la síntesis y mineralización de proteínas. Aunque en diversos artículos mencionan que este no es un método de alta relevancia clínica de alto potencial.

### ➤ **Parathormona**

Dependiendo de la frecuencia de administración, la Parathormona (PTH) puede estimular la formación ósea (terapia intermitente) o su resorción. Sin embargo, otro estudio de los mismos autores no confirma la eficacia de la terapia intermitente.<sup>29</sup>

### ➤ **Vitamina D**

Principalmente tiene un efecto anabólico en el tejido óseo (en una pequeña medida también catabólico). De manera similar a la PTH, la administración subperiosteal de vitamina D mejora la actividad y la proliferación de osteoblastos. Estas propiedades motivaron a investigadores para diseñar experimentos con animales intentando para modificar el curso del tratamiento de Ortodoncia. En algunos ensayos clínicos, la aceleración del movimiento de los dientes de Ortodoncia también fue demostrada. Sin embargo, el uso de una dosis muy baja del suplemento en el estudio parece ser cuestionable (10 UI frente a las recomendaciones diarias de 1000–2000 UI).<sup>30</sup>

### ➤ **Tiroxina**

Estudios en animales confirman el movimiento acelerado de los dientes después de la administración de esta sustancia. A pesar de la falta de ensayos clínicos, en los casos de hipotiroidismo se recomienda activar el dispositivo con menos frecuencia, mientras que, para los pacientes con hipertiroidismo, se recomienda un período de retención más largo.<sup>31</sup>

### ➤ **Beta 2- agonista adrenérgico**

A pesar de la presencia de muchos experimentos relacionados con la adrenomimética de Beta 2, no se puede pasar por alto el hecho de que no hay ensayos clínicos que proporcionen evidencia científica significativa.

### 5.1.2 Vibraciones

Son dispositivos que se encargan de emitir vibraciones mecánicas en intervalos iguales, por la misma velocidad. Se define por su desplazamiento, velocidad, aceleración y frecuencia.

En un estudio nos indica que fue posible acelerar la distalización de los caninos con anclaje esquelético en un 48,1% en comparación con el grupo de control. Otros informes también han confirmado el efecto acelerado de vibraciones.<sup>32</sup>

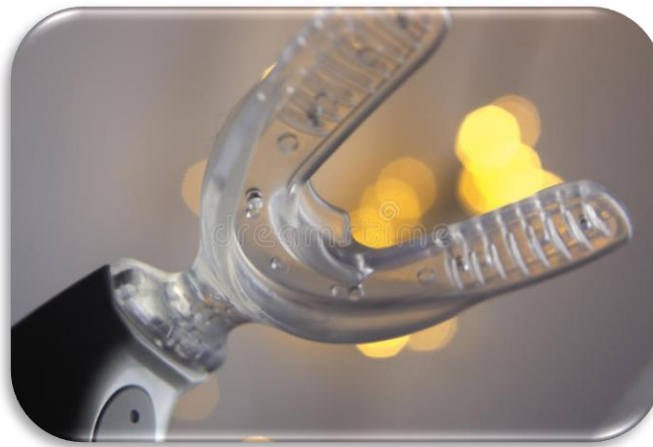


Figura 17. Dispositivo portátil que el paciente utiliza en casa para aplicar las pulsaciones sobre los dientes, lo cual incrementa la velocidad del movimiento dental debe de ser utilizado en conjunto con los brackets o alineadores.<sup>74</sup>

El uso de fuerzas vibratorias se ha promocionado a gran medida, para acelerar la alineación de los dientes y los tiempos generales de tratamiento, en particular con la terapia de Invisalign®. Sin embargo, todavía hay poca evidencia científica para tales afirmaciones.<sup>33</sup>

### 5.1.3 Fotobiomodulación

Numerosos estudios sobre este tema se pueden encontrar en la literatura, en modelos animales y clínicos. La mayoría de ellos indican un aumento significativo en la velocidad del movimiento dental. Además, a los movimientos dentales estándar, Saito y Shimizu fueron capaces de acelerar la regeneración ósea después de la apertura de la sutura durante la expansión del paladar en ratas.<sup>34</sup>

En este caso ampliaremos la información sobre la fotobiomodulación en los capítulos siguientes.

### 5.1.4 Alineadores

Los alineadores transparentes se basan en la Ortodoncia elástica u elastodoncia. En la literatura, sólo unos pocos estudios se pueden encontrar analizando la aceleración del movimiento de los dientes utilizando alineadores.

Gu y otros encontraron el sistema Invisalign® cuenta con muchas ventajas en la corrección de defectos menores de Ortodoncia; la duración del tratamiento con los mismos efectos fue 30% (5,7 meses) más corta en comparación con los aparatos de Ortodoncia fija.<sup>35</sup>

## 5.2 Métodos quirúrgicos

Son aquellos mecanismos basados en introducir materiales que ayuden a provocar un “daño” interno óseo y así con la presión ejercida por los materiales de la Ortodoncia fija, ayuden a acelerar el tratamiento.

### 5.2.1 Corticotomía

La Corticotomía es una técnica quirúrgica en la que sólo el hueso cortical es cortado, perforado, o mecánicamente alterado hasta alcanzar el hueso medular, el cual permanece intacto.



Figura 18. (A) Vista preoperatoria: Se aplicó solución de Schiller para determinar el ancho de la encía queratinizada y parámetros periodontales. (B) Vista quirúrgica: Se observa colgajo a espesor total en la zona anteroinferior y las corticotomías realizadas siguiendo los ejes longitudinales de los dientes a 3 mm de la cresta ósea. (C) Suturas en posición: Se observan suturas y la activación de la Ortodoncia con la colocación del arco. (D) Vista postquirúrgica: Dos meses después de la cirugía. (E) Vista postquirúrgica: Siete meses después. (F) Vista radiográfica: Se observa la tabla ósea bucal antes de la cirugía y siete meses después.<sup>75</sup>



En 1983, Frost demostró que los estímulos regionales nocivos de suficiente magnitud pueden dar lugar a una actividad y reorganización marcadamente acelerada en tejidos óseos y blandos, él llamó a esta cascada de procesos fisiológicos de curación RAP (Fenómeno de aceleración regional). Este fenómeno se caracteriza por una activación del proceso de remodelación localizada, que acelera la cicatrización, especialmente tras la cirugía con la injuria del hueso cortical.<sup>36</sup>

Las revisiones sistemáticas que analizan técnicas terapéuticas aceleradas determinaron que la intervención en la corticotomía puede tener éxito en la aceleración de los movimientos dentales, pero tiene un efecto limitado en el tiempo.<sup>33</sup>

### 5.2.2 Micro-perforación

El objetivo es minimizar aún más el daño de los tejidos blandos. Las perforaciones se realizan en el hueso a través de la membrana mucosa, con el objetivo de acelerar el movimiento de Ortodoncia.

Este mecanismo crea pequeñas perforaciones sobre los tejidos circundantes a las raíces de los dientes, permitiendo el incremento de flujo sanguíneo y metabolismo del hueso, lo cual acelera el movimiento de los dientes cuando se encuentran sometidos a fuerzas ortodónticas.<sup>37</sup>



Figura 19. Micro óseo perforador, para realización de las micro perforaciones en la Ortodoncia acelerada.<sup>76</sup>

Diversos estudios corroboran buenos resultados en la alternativa de las microperforaciones para acelerar el tratamiento de Ortodoncia. De acuerdo con una publicación del portal especializado *Science Direct* menciona que la técnica de micro perforación consigue “hasta un 41% de cierre de espacios más veloz”.

Asimismo, investigaciones llevadas a cabo por especialistas de las Universidades de Boston y Nueva York respaldan “la favorable respuesta que se observa en situaciones clínicas complejas cuando se estimula el movimiento con micro-osteoperforaciones”.<sup>38</sup>

### 5.2.3 Piezocisión

La técnica de piezocisión, descrita en 2009 por Dibart. Se combina con cortes en el hueso a través de la gingiva con un cuchillo piezoeléctrico para crear túneles para el material óseo sustituto. Las incisiones de orientación se realizan con un bisturí, luego se utiliza un cuchillo piezoeléctrico con un marcador que indica la profundidad de trabajo (según el autor, es necesario pasar por toda la capa cortical y llegar al hueso para estimular el RAP). Los elementos activos del dispositivo se activan cada 2 semanas, comenzando 2 semanas después del procedimiento.<sup>39</sup>

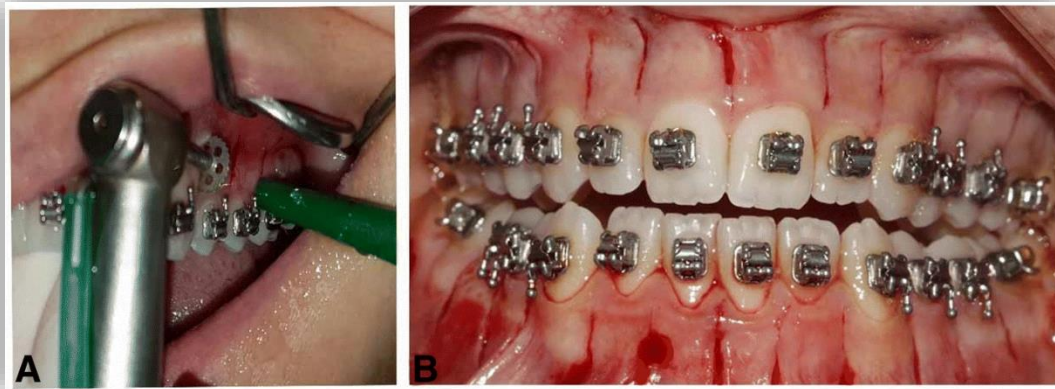


Figura 20. (A) Aplicación de la piezocisión vista intraoral, (B) Vista posoperatoria.<sup>77</sup>

La cirugía de piezocisión implica el uso de un dispositivo diseñado para realizar operaciones en los huesos y se utiliza con éxito en tratamientos quirúrgicos; sin embargo, la disponibilidad de este dispositivo en clínicas donde sólo se trata a pacientes de Ortodoncia puede no estar disponible para los Ortodoncistas por lo que es poco práctico.<sup>40</sup>



## 6. EL LÁSER DE BAJA POTENCIA

Láser terapia de baja intensidad también denominado láser blando (soft-laser), láser terapéutico o low level lasertherapy (LLLT) es un área de la ciencia relativamente reciente, cuenta con un amplio uso dentro de la práctica médica y odontológica actual, y existe un gran número de afecciones agudas o crónicas que pueden ser tratadas con esta terapia, con resultados alentadores, muy superiores a los obtenidos con el uso de la terapéutica convencional.<sup>41</sup>

En un punto de vista práctico, el láser puede ser considerado como un equipo que proporciona un haz estrecho de una radiación especial de luz monocromática y coherente en el rango visible, infrarrojo o ultravioleta del espectro de las radiaciones electromagnéticas. Sin embargo, el tipo de láser de baja potencia o láser terapéutico, específicamente se encarga de producir un efecto bioestimulante celular, esto quiere decir que al aplicarse incrementa la aceleración en la regeneración tisular, cicatrización, disminuye la inflamación y el dolor.

### 6.1 Características del láser

La luz láser cuenta con características muy particulares, que la diferencian del resto, y de las cuales depende su efecto terapéutico como son:

- ✓ Monocromaticidad, se refiere a que el láser no tiene diferentes longitudes de onda, sino una sola longitud de la cual dependerá su color.
- ✓ Coherencia, las ondas físicas son armónicas y proporcionales, siempre se mantienen en fase, los fotones en el mismo tiempo y espacio. El resultado es un efecto de amplificación en la intensidad luminosa emitida.
- ✓ La direccionalidad o paralelismo, la luz viaja en forma muy rectilínea con escasa divergencia y se emite en forma pulsada o continua.
- ✓ Brillantez, la luz es muy brillante, que tiende al rojo por la gran densidad fotónica que posee. Puede concentrar un elevado número de fotones en fase en áreas muy pequeñas.<sup>42</sup>

La secuencia de eventos que ocurren durante la emisión láser es:

- ✓ Los átomos del medio son excitados masivamente y bombeados al nivel superior de energía correspondiente a la transición láser.
- ✓ La desexcitación espontánea de algunos átomos introduce en el medio fotones de longitud de onda característica de la emisión láser que estimulan el decaimiento de los otros átomos del medio.

- ✓ Un sistema de espejos permite que fotones que abandonan el medio sean reinyectados en él, lo que permite mantener y acrecentar la estimulación de más desexcitaciones. Como resultado de la emisión estimulada, los fotones resultantes son coherentes.
- ✓ Uno de los espejos es parcialmente transparente, lo que permite que la radiación escape del medio dando origen a la emisión láser. La emisión corresponde a una longitud de onda determinada (monocromática), es direccional (en dirección perpendicular a los espejos) y coherente (se mantiene en fase).<sup>42</sup>

## 6.2 Clasificación del láser de baja potencia

El láser de baja potencia se considera como uno de los láseres que se incluye desde la clase II hasta la clase IIIa, según la potencia utilizada y los criterios de seguridad requeridos por el Instituto Americano Nacional de Estandarización (ANSI).<sup>43</sup>

Existen numerosas clasificaciones de los láseres, pero la más adecuada desde el punto de vista médico es la que presentamos a continuación:

### 6.2.1 Según su potencia de salida



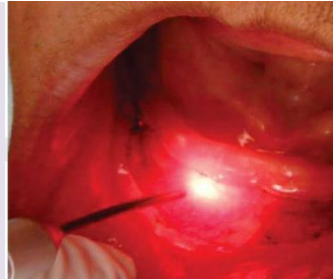
Potencia de salida		
Baja potencia	Media potencia	Alta potencia
Menores de 2 Mw.	Están entre un rango de 5 y 200 Mw. (Láseres terapéuticos)	Mayores de 1 W. (Láseres quirúrgicos)
		
Figura 21. Puntero láser de luz azul. <sup>78</sup>	Figura 22. Aplicación de láser terapéutico para bioestimular la zona. <sup>79</sup>	Figura 23. Vestibuloplastía con la utilización de un láser quirúrgico. <sup>79</sup>

Tabla 1. Diferentes ejemplos en la escala de potencia de los láseres.<sup>41</sup>

\*El megavatio es una unidad de potencia equivalente a un millón de vatios o a mil kilovatios. Su abreviatura es MW.

## 6.2.2 Según su longitud de onda

Según su longitud de onda se clasifican en ultravioleta, visibles o infrarrojos.

- ✓ Ultravioleta: cuando su longitud de onda es menor de 380 nm, no son visibles por el ojo humano.
- ✓ Visibles: cuando su longitud de onda se encuentra entre 380 y 780 nm, que es el rango visible por el ojo humano.
- ✓ Infrarrojo: cuando su longitud de onda es superior a 780 nm, tampoco son visibles por el ojo humano.<sup>41</sup>

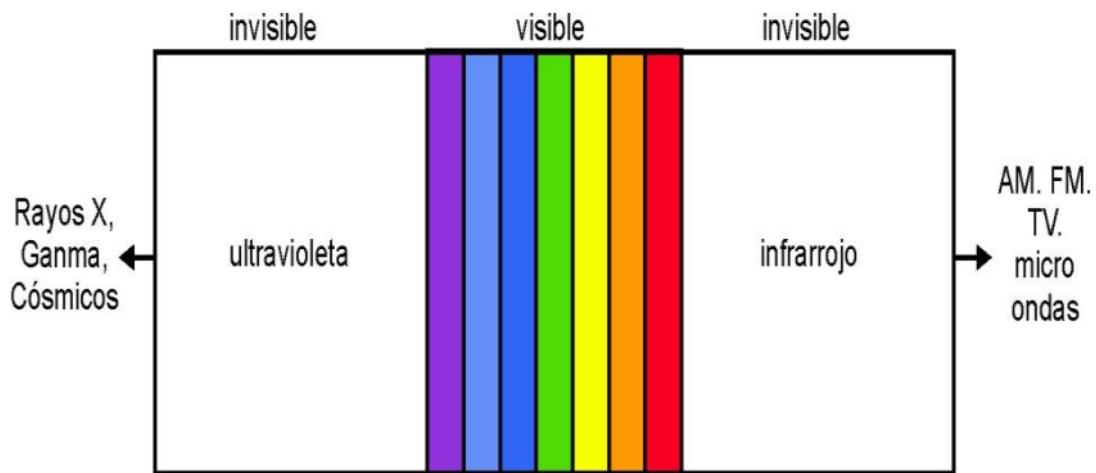


Figura 24. Región del espectro electromagnético donde trabajan los rayos láser.<sup>41</sup>

## 6.2.3 Según su composición

- ✓ Láser con gas: De mezcla de gases atómicos (He-Ne) Moleculares ( $\text{CO}_2$  vapores de  $\text{H}_2\text{Q}$  de átomos ionizados (Ar, Kr, Xe).
- ✓ Láser en estado sólido: En ellos se introduce una especie atómica de comportamiento metaestable, como aditivo en un vidrio o cristal.
- ✓ Láser en estado líquido: De poca utilización en medicina.
- ✓ Láser químico: Como el de fluoruro de hidrógeno. Poco utilizado en medicina.
- ✓ Láser diódico o de semiconductores: El más utilizado es el arseniuro de galio y aluminio.<sup>44</sup>

## 6.3 Mecanismo de acción del láser

El mecanismo de acción del láser hasta el día de hoy es desconocido, no obstante, se cree que modula el comportamiento celular sin incrementar significativamente la temperatura tisular. Por lo tanto, la actividad que produce sobre los tejidos no obedece a efectos térmicos, sino a la interacción de las ondas electromagnéticas de esta radiación con las células.



La energía se absorbe donde se encuentre la mayor concentración de fluidos; de este modo habrá una mayor absorción en los tejidos inflamados y edematosos, así que finalmente estimula a las reacciones biológicas relacionadas con el proceso de reparación de las heridas.

#### 6.4 Efectos de la Láser terapia en el organismo

Se ha mencionado en varias ocasiones los beneficios de la aplicación de la láser terapia, en los que se encuentra un efecto reparador y atribuyente al tejido nervioso, el músculo esquelético, el tejido blando y la piel. Hablando bioquímicamente su acción es fundamental en la modulación de la fosforilación oxidativa a nivel mitocondrial, donde se estimula la síntesis de adenosín trifosfato (ATP), que es la forma fundamental de energía de la célula.

Entonces las funciones celulares en aquellas enfermedades en las que existan trastornos celulares y/o funcionales se “normalizan”. Los efectos a distancia de este láser de baja potencia radican en favorecer la microcirculación y el trofismo celular.

#### Efectos terapéuticos generales

Efecto	Localización	Resultado
Analgésico	Nivel local	Reducción de la inflamación. Reabsorción del exudado. Eliminación de sustancias tóxicas.
	Fibras nerviosas	Efecto fotoquímico sobre sinapsis nerviosas (Neuralterapia).
	Celular	Producción de B-endorfinas.
	Puntos de acupuntura	Normalización energética.
Antiinflamatorio Antiedematoso Circulatorio	Nivel local	Circulación local, Vasodilatación articular. Aporte de neutrófilos y monocitos, reabsorción de exudados.



Tráfico-regeneración	Nivel tisular	Multiplicación celular, Neoformación capilar, Aumento de fibroblastos y colágeno.
----------------------	---------------	--

Tabla 2. Efectos generales que produce la fotobiomodulación en localizaciones específicas y como actúa a nivel celular luego de la aplicación.<sup>80, 82</sup>

El láser en la microcirculación actúa a nivel del esfínter precapilar, provocando vasodilatación y reabsorción de los exudados, como del torrente sanguíneo, aumentando la velocidad de circulación y del sistema fibrinolítico y eliminando los microtrombos. Además, produce aumento de la fagocitosis por incremento del número de macrófagos y del oxígeno, así que produce normalizar los tejidos lesionados sin deteriorar áreas vecinas.

La radiación que emite el láser por sus propiedades físicas, interfiere en el mensaje eléctrico a nivel local e inhibe la transmisión del estímulo doloroso, equilibrando el potencial de la membrana en reposo, también evita el descenso del umbral doloroso y la acción antiedematosa o antiinflamatoria, dando paso a la vasodilatación capilar y fibrinólisis, luego entonces se incrementa la regeneración de vasos linfáticos, el drenaje en zonas inflamadas e interactúa sobre procesos de cicatrización; así como también participa en la reparación de heridas o traumatismos en tejidos diversos, puesto que aumenta el índice de mitosis celular, activa la síntesis proteica, y por lo tanto, la función celular, estimulando a los procesos de epitelización, tanto en la piel como en otros tejidos.

Debido a su efecto fotoquímico la radiación del láser produce vasodilatación capilar y arteriolar, y esto provoca el aumento de nutrientes y oxígeno, que, junto a la eliminación de catabolitos, contribuye a mejorar el trofismo de la zona y el incremento de aporte de elementos defensivos, tanto humorales como celulares.

Tras la irradiación láser se produce una respuesta primaria, después de la absorción de la carga energética.

El láser es un estabilizador de la bomba sodio-potasio, y actúa generalmente como favorecedor en los procesos de intercambio a nivel celular, así lo evidencian los diferentes estudios realizados. En otras palabras, en láser según su efecto bioestimulante a nivel de la membrana celular en la hiperpolarización, se encarga de acelerar el proceso metabólico, favoreciendo el aumento de sustancias nutritivas, fortaleciendo la acción de las células de defensa.

Por último, establece acción antibacteriana, antiedematosa y estimulante del sistema inmunitario. <sup>41</sup>

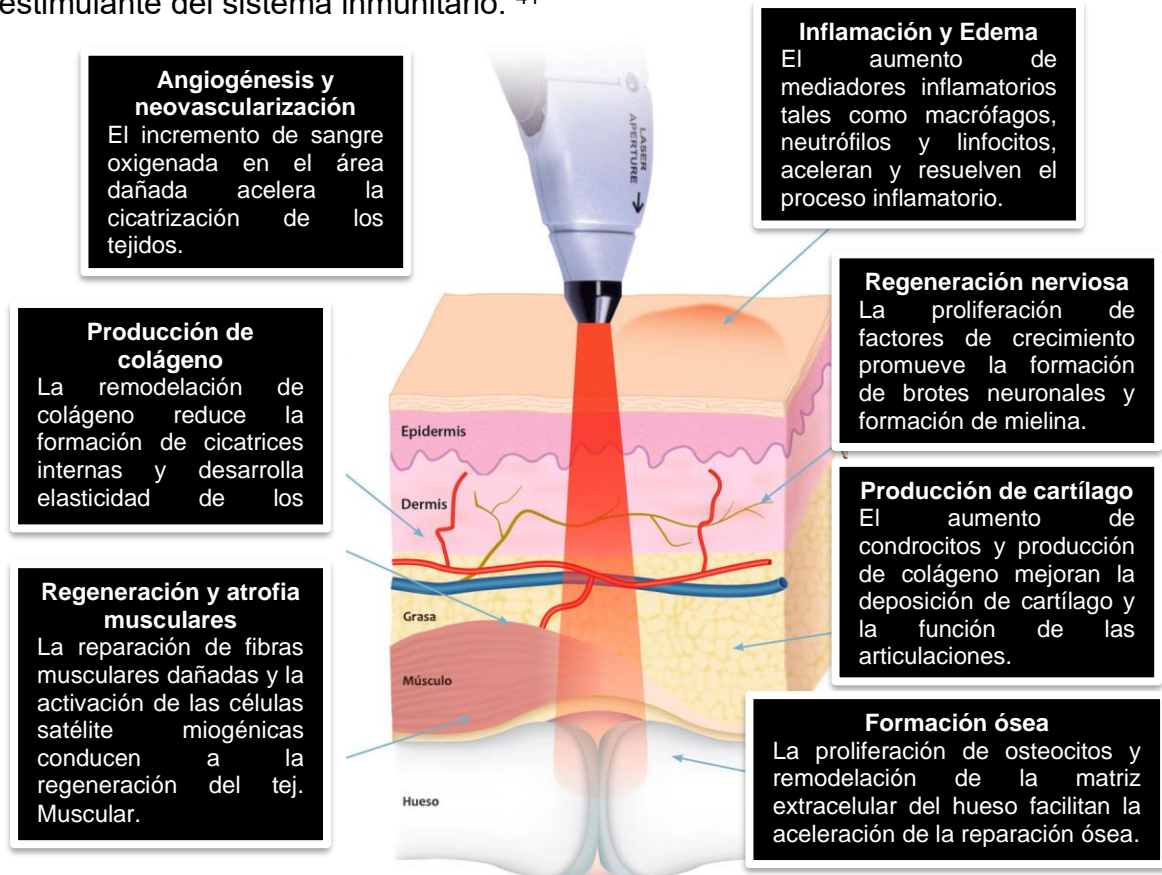


Figura 25. Algunos ejemplos de los efectos clínicos en la terapia láser. <sup>81</sup>

## 6.4 Indicaciones de la láser terapia

El láser de baja potencia se indica principalmente a cualquier sistema que curse con inflamación, dolor o trastornos de la reparación tisular. Específicamente lesiones abiertas (incisiones, quemaduras), úlceras por presión, úlceras diabéticas, artritis y artrosis, síndrome de dolor miofascial y en algunos dolores crónicos y agudos. <sup>45</sup>

La innovación y avance de las aplicaciones del láser de baja potencia, en la actualidad ya es considerada como una herramienta eficaz, indicada para algún tratamiento médico-odontológico, en el caso del área de Ortodoncia, ha aumentado de manera significativa la velocidad del movimiento dental y reduciendo el dolor post activación de los arcos de Ortodoncia y de alineadores dentales.



## 6.5 Contraindicaciones y efectos secundarios

Es vital comentar que para utilizar el equipo de emisión láser debemos utilizar barreras de protección, ya que el haz de luz que emite puede producir daños en el globo ocular si incide directamente en él, por lo que tanto el paciente como el operador o cualquier persona dentro del área de aplicación, deberán ir perfectamente protegidos, puesto que es posible que el haz de luz sea reflejado por instrumentos próximos a la zona operatoria o incluso por los propios tejidos.

Así que la contraindicación es el no trabajar con las gafas protectoras especiales mientras se utilice el equipo de radiación láser. <sup>46</sup>



Figura 26. Gafas de protección para emplear el láser. <sup>46</sup>

Cualquier procedimiento terapéutico por muy inocuo que sea, siempre contará con contraindicaciones, éstas pueden dividirse en absolutas y relativas.

### Contraindicaciones absolutas:

- × Si la radiación llegase a traspasar el medio transparente del ojo, se absorbería directamente en la retina, produciéndose un proceso degenerativo que puede llevar a la ceguera irreversible. Aclarando, esto pasaría si la irradiación puntiforme incidiera directamente al globo ocular, si es a través de fibra óptica, o a distancia, el daño no llegaría a producirse, no obstante, siempre es necesario el uso de las gafas protectoras. <sup>41</sup>
- × Irradiación de la glándula tiroidea.
- × Neoplasias.
- × Epilepsia.
- × Mastopatía fibroquística.
- × Irradiación prolongada a niños en edad de crecimiento.
- × Pacientes con infarto de miocardio reciente. <sup>47</sup>



Anteriormente estaban contraindicados los pacientes epilépticos y los que utilizan marcapasos, sin embargo, con base a estudios recientes se han quedado descartados como pacientes con riesgo a ser radiados.

### **Contraindicaciones relativas:**

- ✗ En los procesos neoplásicos: el efecto bioestimulador del láser se produce a través de la aceleración de la mitosis celular, es decir, aumentando el número de células, lo cual se desconoce si sucediese irradiando células enfermas neoplásicas, por lo que existen diversos criterios al respecto. Se recomienda no usarlo sobre los tumores, pero sí pueden tratarse procesos a distancia, y no relacionados con la lesión primaria.
- ✗ No debe emplearse en los procesos sépticos agudos: hay pruebas in vitro que demuestran que irradiando focos bacterianos se puede producir una aceleración y extensión del problema, pero en experimentos in vivo no hay nada categóricamente demostrado, por tanto, puede ser utilizado sin antibioticoterapia con resultados positivos.
- ✗ En el embarazo parece improbable que pueda afectar al feto, pero nunca se debe irradiar el vientre grávido. Puede usarse en zonas afectadas alejadas del abdomen.
- ✗ Sin apoyo científico se ha planteado la posibilidad del calentamiento de prótesis metálicas o los DIU metálicos.
- ✗ Siempre se debe tener en cuenta que el paciente esté compensado de su enfermedad de base.
- ✗ No constituye riesgo el uso de fármacos foto sensibilizantes, aunque algunos medicamentos como los esteroides, la quinacrina y los antipalúdicos pueden aumentar la absorción de la radiación láser; por tanto, hay que manejar dosis bajas en estos casos.
- ✗ Piel fotosensibles
- ✗ No se puede tratar con láser terapéutico directamente los órganos internos, solo órganos que tengan cavidades externas o mediante puntos de acupuntura relacionados con estos órganos. Se puede aplicar en forma intracavitaria mediante el uso de la fibra óptica de un láser rojo.



Mier en su publicación *Laserterapia y sus aplicaciones en odontología* refiere que en general pueden existir efectos secundarios, aunque aparecen de forma ocasional. Por ejemplo, después de la primera aplicación puede aumentar el dolor, como sucede en la técnica de acupuntura, pero cesa en la segunda aplicación.<sup>47,48</sup>

Los efectos secundarios que pueden ser producidos después del uso del láser terapéutico son: astenia, mareos, fatigas, soñolencia, sudoración, diarreas, vómitos, por mencionar algunos encontrados en la literatura.<sup>41</sup>

## 6.6 Aplicaciones del láser de baja potencia

Una forma de aplicar la luz del LBP (Láser de baja potencia) es de manera local, con la aplicación directa, manejándose en contacto directo y perpendicular entre el dispositivo aplicador y la zona afectada, que de acuerdo con la extensión que tenga, serán los puntos de aplicación. La única excepción para la aplicación directa es cuando la lesión es húmeda (herpes simple, úlceras varicosas, fístulas, etc.) o si el tejido afectado es una mucosa (faringitis, gingivitis, rinitis, etc.). En estos casos basta con separar el aplicador pocos milímetros del tejido a tratar.

La láser terapia también puede ser utilizada en los puntos de acupuntura, este tipo de tratamiento es llamado Láserpuntura y es utilizada en la medicina tradicional, aplicada directamente en zonas trigger. En la práctica cotidiana, se combinan las 3 formas de aplicación según los cuadros clínicos que se necesitan tratar. Las frecuencias con que se realizan las aplicaciones del láser varían de acuerdo con la patología, se ha demostrado su eficacia en sesiones seguidas y después es posible distanciar el tiempo de la aplicación, llegando a alcanzar de 15 a 20 sesiones en días intercalados, según se vean los resultados.

Las zonas por aplicar pueden ser, sobre la lesión o zona dolorosa, nervios periféricos que inervan la zona de interés, en los puntos gatillo (trigger), puntos de acupuntura o auriculoterapia, ganglios nerviosos superficiales, intraoperatorio o postoperatorio, por vía endoscópica, entre algunas otras.<sup>47</sup>

Pueden ser utilizados en combinación por fotosensibilizadores, según algunas de las investigaciones más recientes, utilizan el soft láser sobre células marcadas con un fotosensibilizador que posibilita que la célula absorba la energía del láser en tal cantidad que se provoque la destrucción de esa célula.<sup>49,50</sup>



Hoy día se aplican cada vez más en distintas afecciones médicas, los láseres terapéuticos, ya sea como único tratamiento o en combinación con otros métodos físicos o medicamentosos. Estos láseres emiten la energía en 2 formas: continua y otra de forma intermitente (pulsátil). Cuando se va a aplicar el láser es necesario conocer qué energía emite el equipo, el área donde se va a irradiar y qué cantidad de energía se ha depositado o se quiere suministrar para obtener una buena respuesta terapéutica. <sup>41</sup>

## 6.8 Usos comunes del láser de baja potencia en Medicina y sus principales patologías

La emisión láser se ha vuelto una herramienta básica de la medicina alternativa, es utilizada desde hace más de tres décadas con muy buenos resultados. Es uno de los grandes avances de la ciencia, pues con este instrumento se han podido realizar procedimientos imposibles de practicar con otros métodos. <sup>44</sup>

Por su gran versatilidad es utilizado comúnmente en las siguientes ramas:

### Los usos más comunes en algunas áreas de la medicina y sus principales patologías a tratar

Área medica	Principales patologías
Otorrinolaringología (ORL)	Las sinusopatías de causa infecciosa o alérgica, rinitis alérgica, faringitis, amigdalitis, hipoacusia y sordera súbitas, acúfenos de causa vascular, otitis media y traumatismos de la oreja.
Ginecología	Cervicitis, ectopias, bartolinitis, vulvitis, úlcera vulvar, raias, mastitis, displasia mamaria, inflamación pélvica y herpes genital.
Neurología	Parálisis facial, neuralgia del trigémino, neuralgia intercostal y neuritis posherpética.
Caumatología	Úlceras por quemaduras y quemaduras por fricción.
Angiología	Úlcera vascular, trombosis venosa y mal perforante plantar.
Proctología	Fisura anal, trombosis hemorroidal, hemorroides externas y quiste pilonidal operado.
Cirugía	Heridas dehiscentes, granuloma a cuerpo extraño, cicatrices y queloides recientes, sufrimiento de piel y cicatrices poscirugía estética, úlceras por presión, forúnculos, abscesos y paroniquia.
Ortopedia y Traumatología	Epicondilitis, epitrocleitis, tendinitis, cervicalgia, cervicobraquialgia, bursitis, hombro doloroso,



	sacrolumbalgia, gonalgia (rodilla dolorosa), fascitis plantar, espolón calcáneo, síndrome postfracturas, ganglión del carpo, túnel carpiano (STC), dedo en resorte, enfermedad de Dupuytren, esguinces, trocanteritis, síndrome del piriforme, dorsalgia, distensión o desgarro muscular, y muchas otras afecciones del sistema osteomioarticular (SOMA) que cursen con inflamación y dolor.
Urología	Balanitis, orquitis, epididimitis, enfermedad de Peyronie y herpes genital.
Medicina tradicional (laserpuntura y laserauriculopuntura)	Migraña, neuralgias, asma bronquial, estrés, parálisis de Bell, afecciones del SOMA, afecciones ORL y afecciones oculares (glaucoma, miopía, diplopía, conjuntivitis y afecciones del nervio óptico).
Dermatología	Herpes simple, herpes zóster, acné inflamatorio, acné rosácea, micosis superficial, dermatitis, eczemas, piodermitis, forúnculos, abscesos, alopecia areata reciente, esclerodermia y pénfigo vulgar.
Flebología	Síndromes edematosos, úlceras.
Medicina del deporte	Rehabilitación-fisioterapia, terapia del dolor.
Fisioterapia	Manejo del dolor, mejora de microcirculación, absorción de sustancias algógenas, cicatrización de heridas, estímulo de betaendorfinas.

Tabla 3. El uso de LBP tiene cada vez mayor utilización en el área médica, para el tratamiento de diversas patologías.<sup>41, 77, 80, 82</sup>

Estas son algunas de las patologías a tratar de la láser terapia en diferentes áreas médicas, la ausencia de los efectos colaterales ha hecho a la terapia primordial para muchas enfermedades, siendo una opción eficaz, inocuo, aséptico e indoloro.

## 6.9 Usos del láser de baja potencia en Odontología

Es de suma importancia mencionar que la terapia láser no representa una alternativa de tratamiento, sino que por lo general complementa al tratamiento farmacológico, y de igual manera ayuda a generar alivio ante presencia de dolor, desinflama y también genera una temprana cicatrización, entre otros beneficios.

La aplicación del láser de baja potencia en la Odontología ha ido en aumento en los últimos años, los usos más destacados en esta área serían en procesos postoperatorios tras cirugía bucal, periodontal, periapical,

contractura muscular, síndrome de la articulación temporomandibular (ATM), post implante dental, trismo, aftas bucales, alveolitis, abscesos, pulpitis aguda, pericoronitis, traumatismos, dolor post instrumentación endodóntica, dolor posterior a curetaje periodontal, hipersensibilidad dentaria, lesión es ulceradas, herpes y neuralgia del trigémino.

También se encuentra en la literatura, la aplicación para regenerar tejido óseo, por ejemplo, en procesos de artrosis de ATM, postoperatorio de cirugía ósea bucal o tras una extracción dentaria obteniendo resultados positivos.<sup>51</sup>

Genera regeneración tisular, por lo tanto, puede contribuir al tratamiento de aftas y úlceras, en casos de movilidad dentaria por periopatías, granulomas y osteítis apicales, gingivitis ulceronecrosante aguda, o incluso por sus características bioestimulantes promueve la formación de dentina secundaria en tratamiento de caries dental. También ponemos utilizarlo en apicoformación y en las reabsorciones radiculares idiopáticas, así como en la fijación de dientes reimplantados o trasplantados, y en el tratamiento reconstructivo con implantes osteointegrados.<sup>48</sup>

Su aplicación también podría contrarrestar a las candidiasis asociadas al Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH). No obstante, aún no contamos con suficiente información para asegurar que contrarreste esos padecimientos asociados. Aunque por otro lado sí podemos utilizar la láser terapia en la prevención y el tratamiento de la mucositis oral causada por la quimioterapia, la radioterapia y la quimiorradioterapia utilizadas como tratamiento de diversos tipos de cáncer (incluidos los de fuera de la cabeza y el cuello).<sup>52, 53</sup>

Los usos del LBP ya mencionados, son en general algunas de las aplicaciones a los que va dirigido este tipo de terapia.

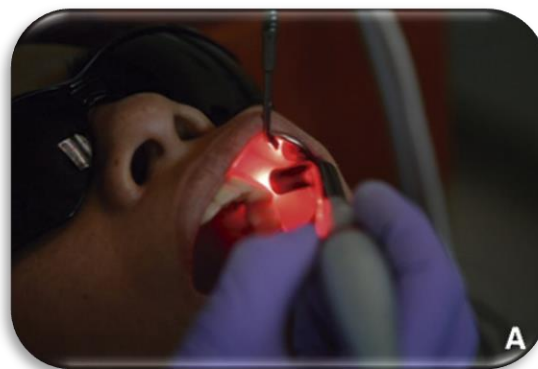


Figura 27. (A) Se observa la colocación del láser en la zona apical de la raíz del segundo premolar superior izquierdo (O.D 25) y en tres puntos siguiendo el eje longitudinal del diente hasta la unión cemento-esmalte.<sup>84</sup>



En cuanto al área de la Ortodoncia, ha sido apropiadamente probada su eficacia en el tratamiento de la regeneración rápida de la sutura maxilar en tratamientos de distracción maxilar (de Rezende et al., 2020) y alivios del dolor durante el tratamiento de Ortodoncia, (AISayed et al., 2018; Caccianiga et al., 2019) pero la aceleración del movimiento de los dientes durante el tratamiento de Ortodoncia es un tema poco tratado y estudiado. Sin embargo, en las pruebas tisulares que explicaremos en el siguiente capítulo, podemos asegurar la eficacia y uso para el aceleramiento dental en el tratamiento de Ortodoncia.<sup>53</sup>

## 7. FOTOBIMODULACIÓN

La fotobiomodulación es el término utilizado para describir los cambios fisicoquímicos en los mecanismos moleculares y respuestas celulares frente a una radiación de luz de baja potencia. Su aplicación es a través de un método físico, en otras palabras, un dispositivo que genera un haz de luz coherente dentro de un rango de longitud de onda específica, es decir, el láser propiamente dicho.<sup>54</sup>

La fotobiomodulación ha sido nombrada bajo numerosos términos como láser de baja potencia, láser suave (*soft laser*), láser frío (*cold laser*), laserterapia, terapia láser de bajo nivel, lo cual ha hecho que surjan diversas confusiones en la evidencia clínica.



Figura 28. Disyunción media palatina fotobioestimulada con Fotobiomodulación.<sup>85</sup>

La Fotobiomodulación implica la aplicación de una luz monocromática de baja densidad energética que induce efectos fotoquímicos no térmicos a nivel celular. Este método se ha propuesto como innovador, ya que permite mejorar el proceso de curación ósea y, al mismo tiempo, aumentar la estabilidad primaria.

Utilizamos la curva de Arndt-Schultz para describir los efectos dependientes de la dosis de la FBM (Fotobiomodulación) y sugiere que un estímulo débil aumenta la actividad fisiológica, mientras que los estímulos moderados inhiben la actividad y, en el caso de estímulos extremos, la actividad se elimina. Con esto debemos asegurarnos de que la dosis sea adecuada y monitoreada. Así que en varios estudios se ha demostrado que la utilización de una fluencia en el rango de 1 a 5 J/cm<sup>2</sup> es la adecuada para recibir una respuesta biológica óptima.<sup>55</sup>





Los efectos de la fotobiomodulación son numerosos y hoy en día la ciencia está volcada en búsqueda de nueva evidencia que respalde nuevas dosis y protocolos en beneficio de los pacientes.

Debemos mencionar que, aun teniendo esta información, siguen siendo inciertos los efectos que produce la FBM, esto se debe a que sí existen investigaciones remotas respecto al uso del láser de baja potencia, pero son insuficientes. Sin embargo, recientemente después de muchos años de progreso, se ha adquirido mucho conocimiento en este ámbito y específicamente el método de FBM demostró ser eficaz en Ortodoncia.

### 7.1 Propiedades fotofisicoquímicas de la fotobiomodulación

La fotobiomodulación es utilizado para acelerar los procesos de integración celular, dicho de otra manera, acelera el proceso de curación de los tejidos, puesto que aumenta la viabilidad celular al estimular la síntesis de ATP por los fotorreceptores de la membrana celular y mitocondrial. Este proceso puede promover la tasa de proliferación de los osteoblastos, permitiendo la reparación ósea acelerada.

Cuando hablamos de las propiedades fotofisicoquímicas del mecanismo de fotobiomodulación, nos referimos al efecto que produce sobre las moléculas y organelos receptores, estos a su vez ayudan a el curso de los procesos biofísicos y la posterior respuesta bioquímica. La radiación láser que se emite es absorbida por la cadena respiratoria, dando como resultado una cascada de reacciones bioquímicas e intracelulares que involucran una serie de componentes celulares, especialmente de los citocromos.<sup>54</sup>

Por consiguiente, los citocromos son los principales fotoaceptores celulares, puesto que son capaces de absorber longitudes de onda cercanas a la roja e infrarroja. Esta absorción activa la cadena respiratoria en la mitocondria generando un estado redox y potenciando la síntesis de ATP, además las proteínas de membrana portadoras de iones ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ , etc.), se activan, controlando el metabolismo y la proliferación celular. La fotoexcitación de ciertos cromóforos en la molécula de citocromo C oxidasa influye en el estado redox de estos centros y, en consecuencia, la velocidad del flujo de electrones en la molécula.<sup>54</sup>

Aunque los mecanismos principales de la Fotobiomodulación, no se comprenden del todo, los estudios *in vitro* e *in vivo* sugieren distintos efectos a nivel celular, como algunos de los ya mencionados anteriormente.



## 7.2 Mecanismos y bases celulares de la fotobiomodulación en la aceleración de los movimientos dentales.

Las fuerzas aplicadas en el tratamiento de Ortodoncia inician un evento inflamatorio en el sitio de compresión causando constricción en la microvasculatura e hiperemia compensatoria del ligamento periodontal y en los vasos sanguíneos pulpares. Los tejidos que rodean el área comprimida comienzan a liberar numerosas moléculas quimioatrayentes como interleuquinas, prostaglandinas y también el sistema RANK-RANKL-OPG, que activan células de osteoclastos localmente. Estos osteoclastos producen reabsorción del ligamento periodontal, el hueso alveolar cercano y, en algunos casos, la capa del cemento de la raíz.

El sistema RANKL/RANK regula la formación de osteoclastos, la activación en la remodelación ósea fisiológica y una variedad de condiciones patológicas (Cavagnola Zúñiga et al, 2018).

La irradiación debe transmitir energía y estimular la síntesis de ADN y ARN, lo que aumenta la síntesis proteica y la formación de ATP, acelerando así los mecanismos de neoformación y resorción ósea, lo que da como resultado una aceleración del movimiento dental. El principio básico de la FBM y todos los láseres, postulado por Einstein es que la inyección de energía continua, cuantificable y medida tiene un efecto sobre los tejidos; en este caso con un aumento del metabolismo celular lo que conlleva neoformación de vasos más rápida y una consecuente remodelación ósea, relevando en una probable aceleración del movimiento ortodóntico, hipótesis sostenida por investigaciones recientes.

Entonces al irradiar la mucosa podemos encontrar intensa actividad de resorción-formación ósea, vascularización intensa y fibras de colágeno bien organizadas en el PDL, por lo tanto, mejor preservación de la microestructura alveolar del hueso y de las estructuras periodontales, y así mismo la aceleración del movimiento dental, propiamente por las fuerzas ejercidas del tratamiento ortodóntico.

Un estudio realizado en el 2016 por *Sonesson*, expone que a pesar de existir investigaciones con resultados prometedores del uso de FBM, son necesarios estudios de alta calidad y consistencia (criterios de inclusión, metodología acorde con los objetivos) para poder evaluar de manera objetiva el efecto que se produce en tratamientos fijos de Ortodoncia tanto en niños como adultos.<sup>56</sup>

Sin embargo, Habib y otros en su investigación demostraron que la FBM causa cambios histológicos significativos en el hueso alveolar durante el movimiento dental inducido, incluyendo cambios en el número de



osteoclastos y osteoblastos y en la deposición de colágeno en ambas áreas de presión y tensión.<sup>57</sup>

Si bien, existen opiniones variadas respecto a este tipo de mecanismo, también es importante mencionar que hay otras técnicas para aumentar la velocidad del movimiento dental ortodóntico (MDO) como corticotomías, microperforación, usos de fuerzas vibratoriales, entre otros; sí pueden ser efectivas y predecibles, son invasivas, generan dolor, molestias posquirúrgicas y mayor riesgo de complicaciones locales como sistémicas. Por ello podemos asegurar que la aplicación de fotobiomodulación es una potencial terapia no invasiva específica con aplicaciones locales, precisas y sin efectos sistémicos ni efectos dañinos en el ligamento periodontal.<sup>54</sup>

Por último, diversos artículos fueron revisados, para buscar la mayor información sobre el uso de fotobiomodulación en el aceleramiento de los movimientos dentales, casi la mayoría de evidencia fue de bajo nivel, estudios *in vitro* que difícilmente son extrapolables a la clínica. El uso de LBP representa una herramienta aún poco justificable en Ortodoncia la cual aumentaría mucho el costo del tratamiento.

## 8. SISTEMA DE ALINEADORES INVISIBLES

El sistema de alineadores invisibles es una técnica nueva e innovadora, que consiste en una serie de alineadores secuenciales transparentes realizados a la medida, este sistema utiliza la tecnología CAD/CAM y un software.

Su utilización en Ortodoncia ha sido bastante eficaz para pacientes con requisitos altos en estética, no obstante, al ser una aparatología removible, también permite una higiene oral adecuada, reduciendo las complicaciones secundarias que existen cuando se utiliza aparatología fija.



Figura 29. Vista en computadora de la planeación de un tratamiento con alineadores invisibles. <sup>86</sup>

Una investigación realizada por White et. Col., analizó la respuesta al dolor al comparar el tratamiento tradicional con dispositivos fijos y el uso de alineadores, se encontró una mayor incomodidad y dolor en los pacientes tratados con Ortodoncia convencional; Resultados similares se encontraron en un estudio realizado por Fujiyama. En otro estudio, realizado por Miller et. Col., se encontró que los adultos tratados con alineadores invisibles, experimentaron menos dolor y menos impactos negativos en sus vidas durante la primera semana de tratamiento de Ortodoncia que aquellos tratados con dispositivos fijos. <sup>58, 59</sup>

Dicho esto, es posible una combinación de tratamientos de alineadores invisibles con el uso de la aplicación de fotobiomodulación, de esta manera se puede potencializar la aceleración de los movimientos dentales y la disminución del dolor, esto sí el paciente exige un tratamiento rápido y eficaz.

Debemos ser capaces como profesionales de la salud buscar alternativas con las cuales podamos satisfacer las necesidades y exigencias de nuestros pacientes, para así ofrecerles el tratamiento más adecuado y conveniente para ellos y para nosotros.



## CONCLUSIONES

El diagnóstico y la planificación en el área de Ortodoncia se encuentra en un período de cambio importante, lejos del enfoque previo en la oclusión dental, va dirigido hacia la adaptación de los tejidos blandos y su interrelación con los tejidos duros, haciendo énfasis a la búsqueda de una mejor atención de los pacientes, acortando la duración del tratamiento de Ortodoncia, logrando así resultados más predecibles.

El láser de baja potencia es una excelente alternativa terapéutica para la disminución de signos y síntomas (control del dolor, inflamación, aceleración del proceso de reparación celular, remodelación ósea, etc.) que se presentan en cada control del tratamiento, estableciendo con mayor precisión los mecanismos celulares y moleculares involucrados en la reparación acelerada de los tejidos. Sin lugar a duda, es un aporte interesante que en un futuro cercano el desarrollo de un tratamiento ortodóntico sea cada vez más conciso e indoloro.

No obstante, a pesar de la extensa revisión bibliográfica, no hay evidencia exacta de que la aplicación del láser de baja potencia (LBP), sea eficaz en la aceleración de los movimientos dentales. Tampoco se ha determinado una ventana terapéutica específica para la dosimetría y el mecanismo de acción a nivel celular individual. A pesar de que los mecanismos del LBP y su efecto celular, sobre los mecanismos celulares implicados en el movimiento ortodóntico irradiados, están bien documentados, la evidencia clínica sigue siendo insuficiente.

Por lo tanto, podemos validar que la terapia con láser de baja potencia es segura y funcional con respecto a la salud periodontal y radicular, ayuda a la regeneración tisular, cicatrización, disminuye la inflamación, dolor, siendo un excelente bioestimulante celular y también es capaz de acelerar el movimiento dental ortodóntico, al menos en corto plazo. Es evidente que hay más trabajo por realizar para investigar los protocolos óptimos, así como los efectos a largo plazo, se requiere más investigación, especialmente estudios prospectivos, para validar el uso del LBP, y de esta forma brindar confiabilidad en los clínicos para la utilización de esta nueva herramienta.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Corrucini R S, Pacciani E. "Orthodontistry" and dental occlusion in Etruscans. *Angle Orthod.* 1989; 59:61-64.
2. Torralbas A., Bermudo C. L., Soto P. Historia de la Ortodoncia. *Revista Científico Estudiantil de las Ciencias Médicas de Cuba.* [internet] 2006:230 [consultado 10 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.16deabril.sld.cu/rev/230/historia.html>
3. Graber T M. *Ortodoncia: teoría y práctica.* 3a ed. México: Interamericana; 1987.
4. Ustrell J M. *Manual de Ortodoncia.* Publicacions i edicions de la universitat de barcelona. [internet] 2011 [consultado 10 febrero 2021] Disponible en: <http://www.publicacions.ub.edu/refs/indices/07429.pdf>
5. Del Vecchio A. Evolución de la Odontología Láser en Europa: pasado, presente y futuro. *MX Maxillaris* [internet] 2020 [consultado 10 febrero 2021];48-50. Disponible en: <https://www.odontologia33.com/actualidad/opinion/5935/evolucion-de-la-odontologia-laser-en-europa-pasado-presente-y-futuro.html>
6. Müller A. Los orígenes del láser, una solución al problema. *Rev Investigación y ciencia.* [internet] 2010 [consultado 10 febrero 2021].60;3-4 Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/temas/fsica-y-aplicaciones-del-laser-507/los-origenes-del-laser-463>
7. Gomes M F. Graças M. Giannasi L C. Hiraoka C M. Santana G. de Sousa A. G. V., et al., Effects of the GaAlAs diode laser (780 nm) on the periodontal tissues during orthodontic tooth movement in diabetes rats: histomorphological and immunohistochemical analysis. *Lasers Med Sci.* [internet] 2017 [consultado 13 febrero 2021]; 32(7):1479-87. doi: 10.1007/s10103-017-2268-9.
8. Valencia A. C. Y, ¿Cómo a pareció el láser?. *Revista javeriana.* [internet]. 2015 [consultado 13 febrero 2021];151(815):32. Disponible en: <https://opticacuantica.uniandes.edu.co/images/PDF/Articulos/artjaveriana.pdf>
9. Canales M. E. El láser de media potencia y sus aplicaciones en medicina. *Plasticidad y Restauración Neurológica.* 2007 6(1-2):45-46.
10. González R. Razo C. Aceleración del tratamiento de Ortodoncia: técnicas de activación biológica, *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría,* [internet]. 2017 [consultado 15 febrero 2021];23. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2017/art-23/>
11. Cavagnola S. Chaple A M. Fernández E. Láser de baja potencia. *Revista Cubana de Estomatología.* 2018 55(3):3.
12. Almandoz A R. Clasificación de maloclusiones. Tesis para obtener el



- título de cirujana dentista. Universidad Peruana Cayetano Heredia. [internet]. 2011 [consultado 15 febrero 2021];9-11 Disponible en: <http://cop.org.pe/bib/investigacionbibliografica/ALESSANDRARITAALMANDOZCALERO.pdf>
13. Hernández J A. Maloclusiones de Angle. Epónimos Científicos. [internet] 2010 [consultado 15 febrero 2021] Disponible en: <https://blog.uchceu.es/eponimos-cientificos/wp-content/uploads/sites/24/2011/10/eponimo-angle.pdf>
  14. Ugalde F J. Clasificación de la maloclusión en los planos anteroposterior, vertical y transversal. Revista ADM. [internet]. 2007 [consultado 16 febrero 2021]; LXIV(3):97-109. ]Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2007/od073d.pdf>
  15. Etiología de las maloclusiones [internet] 2018 [consultado 16 febrero 2021] Disponible en: <https://www.slideshare.net/manolobravo72/etiologia-de-las-maloclusiones-91486261>
  16. Ayala A P. Rivas R. El tratamiento de Ortodoncia en el paciente adulto. Revista Tamé. [internet] 2014 [consultado 16 febrero 2021] 3(8):283-287. Disponible en: [http://www.uan.edu.mx/d/a/publicaciones/revista\\_tame/numero\\_8/Tam148-8.pdf](http://www.uan.edu.mx/d/a/publicaciones/revista_tame/numero_8/Tam148-8.pdf)
  17. Enciso M A. Ortodoncia preventiva. III Congreso Internacional y II Internacional Temático de Estomatología Integral [internet] 2014 [consultado 20 febrero 2021]; 7. Disponible en: <http://respyn2.uanl.mx/especiales/ee-7-2003/01.htm>
  18. Olmos V. Olmos J. Olmos I. Técnicas de Ortodoncia Fija Actuales. GD Ciencia. [internet] 2014 [consultado 20 febrero 2021]; 261:131-134. Disponible en: [https://www.gacetadental.com/wp-content/uploads/2014/09/261\\_CIENCIA\\_TecnicasOrtodonciaFija.pdf](https://www.gacetadental.com/wp-content/uploads/2014/09/261_CIENCIA_TecnicasOrtodonciaFija.pdf)
  19. Tipos de brackets en Ortodoncia [internet] 2019 [consultado 20 febrero 2021] Disponible en: <https://www.clinicamanzanera.com/blog/tipos-de-brackets/>
  20. ¿Cuántos tipos de brackets existen? [internet] 2020 [consultado 20 febrero 2021] Disponible en: <https://bocasana.net/tipos-de-brackets/>
  21. Pando K A. Aguilar E R. Bravo M E. Alineadores invisibles: Invisalign - Revisión bibliográfica. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. [internet]. 2018 [consultado 1 marzo 2021]; 23. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2018/art-13/#>
  22. Marquéz L. Godoy M. Fármacos que afectan la velocidad del movimiento dental durante el tratamiento Ortodóncico, Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. [internet] 2012 [consultado 1 marzo 2021]; 9. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2012/art-9/>
  23. Graber L W. Vig K. W. L. Vanarsdall R L. Huang G J. Ortodoncia.



- Principios y Técnicas Actuales. 4ta ed. España, Elsevier.
24. Nimeri G. Kau C H. Abou-Kheir N S. Corona R. et al. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment – a frontier in Orthodontics, *Progress in Orthodontics*. [internet] 2013 [consultado 3 marzo 2021]; 14(42). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/2196-1042-14-42>
  25. Holtrop M E. King G J. The ultrastructure of the osteoclast and its functional implications. *Clin Orthop Relat Res*. 1977; 123:177–96.
  26. Aguado D. Flores L E. Micro-osteoperforaciones en el movimiento dentario ortodóncico. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. [internet] 2018 [consultado 3 marzo 2021]; 26. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2018/art-26/#>
  27. Oshiro T. Shiotani A. Shibasaki Y. Sasaki T. Osteoclast induction in periodontal tissue during experimental movement of incisors in osteoprotegerin-deficient mice. *Anat Rec*. [internet] 2002 [consultado 5 marzo 2021]; 266(4):218–25. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ar.10061>
  28. Kacprzak A. Strzecki A. Methods of accelerating orthodontic tooth movement: A review of contemporary literature. *Dent Med Probl*. [internet] 2018 [consultado 8 marzo 2021]; 55(2):197-206. Doi: 10.17219/dmp/90989.
  29. Soma S. Iwamoto M. Higuchi Y. Kurisu K. Effects of continuous infusion of PTH on experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Res*. [internet] 1999 [consultado 10 marzo 2021]; 14(4):546-54. Doi: 10.1359/jbmr.1999.14.4.546.
  30. Reichel H. Koeffler H P. Norman A W. The role of the vitamin D endocrine system in health and disease. *N Engl J Med*. [internet]. 1989 [consultado 10 marzo 2021]; 320:980–99 Doi: 10.1056/NEJM198904133201506.
  31. Verna C. Dalstra M. Melsen B. The rate and the type of orthodontic tooth movement is influenced by bone turnover in a rat model. *Eur J Orthod*. [internet] 2000 [consultado 13 marzo 2021]; 22:343–352. Doi: 10.1093/ejo/22.4.343.
  32. Leethanakul C. Suamphan S. Jitpukdeebodintra S. Thongudomporn U. Charoemratrote C. Vibratory stimulation increases interleukin-1beta secretion during orthodontic tooth movement. *Angle Orthodontics*. [internet] 2016 [consultado 15 marzo 2021]; 86:74–80. Doi: 10.2319/111914-830.1.
  33. Jheon A H. Oberoi S. Solem R C. Kapila S. Moving towards precision orthodontics: An evolving paradigm shift in the planning and delivery of customized orthodontic therapy. *Orthodontics & Craniofacial Research - Wiley Online Library (unam.mx)*. [internet]. 2017 [consultado 15 marzo 2021]; 1:106-113. Doi: 10.1111/ocr.12171.
  34. Marquezan M. Bolognese A M. Araújo M T. Effects of two low-intensity





- laser therapy protocols on experimental tooth movement. *Photomed Laser Surgery*. [internet]. 2010 [consultado 18 marzo 2021] 28:757–76, Doi: 10.1089/pho.2009.2694.
35. Gu J. Tang J S. Skulski B. Et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. [internet]. 2017 [consultado 20 marzo 2021] 151:259–266. Doi: 10.1016/j.ajodo.2016.06.041.
36. Reyes A. Enríquez F. Marín M G. Corticotomía: Microcirugía ortodóntica en paciente con periodonto reducido: Caso clínico, *Revista Odontológica Mexicana*. [internet]. 2012 [consultado 20 marzo 2021] 16(4):272-278. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/odon/uo-2012/uo124g.pdf>
37. Arango J. Roldan C. Burgos L. Gutiérrez C. Sánchez L. Villegas M. Arango D. Restrepo M. Botero J. Clinical Comparison of Orthodontic Treatment Facilitated by Corticotomy and Conventional Orthodontics. *International journal of odontostomatology*. [internet] 2015 [consultado 21 marzo 2021]; 9(2):239-248 Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2015000200010](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2015000200010)
38. Microperforaciones en Ortodoncia: acorta tu tratamiento [internet]. 2020 [consultado 21 marzo 2021] Disponible en: <https://www.clinicaferrusbratos.com/ortodoncia/microperforaciones-que-son-para-que-sirven/>
39. Brugnami F. Caiazzo A. Orthodontically Driven Corticotomy: Tissue Engineering to Enhance Orthodontic and Multidisciplinary Treatment. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. [internet]. 2014 [consultado 21 marzo 2021] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118937853>
40. Yavuz, M C. Sunar O. Buyuk S K. Kantarci A. Comparison of piezocision and discision methods in orthodontic treatment. *Progress in orthodontics*. . [internet]. 2018 [consultado 24 marzo 2021] 19(1):44. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0244-y>
41. [internet]. 2020 [consultado 25 marzo 2021] Disponible en: [https://dqkjwx3xr6pzf.cloudfront.net/c68066/LLLT\\_INFORMACION\\_Y\\_PATOLOGIAS.pdf](https://dqkjwx3xr6pzf.cloudfront.net/c68066/LLLT_INFORMACION_Y_PATOLOGIAS.pdf)
42. Hernández A. Monografía: “El láser de baja potencia en la medicina actual”. Ilustrados. ed. Científico-Técnica. La Habana. [internet]. 2007 [consultado 25 marzo 2021] Disponible en: <http://www.ilustrados.com/documentos/El-laser-de-bajapotencia-en-la-medicina-actual.doc>
43. Sliney D H. Trokel S L. Medical lasers and their safe use, New York Springer-Verlag. [internet]. 1993 [consultado 26 marzo 2021]; 1(xii):230. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9252-1>



44. Malitson H H. Optical Coating Lab. The Solar electromagnetic radiation spectrum. 2003; 10.
45. [internet] 2019 [consultado 26 marzo 2021] Disponible en: <https://www.ecured.cu/Laserterapia>
46. Oltra D. España A. Berini L. Gay C. Aplicaciones del láser de baja potencia en Odontología. RCOE. [internet] 2004 [consultado 26 marzo 2021]; 9(5):517-524. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/rcoe/v9n5/puesta2.pdf>
47. Trullols C. España A. Berini L. Gay C. Aplicaciones del láser blando en odontología. Anales de Odontostomatología. [internet] 1997 [consultado en 26 marzo 2021]; 2,45-51 Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16204853.pdf>
48. Mier M. Laserterapia y sus aplicaciones en odontología. Práctica odontológica. 1989; 10:9-16.
49. Van Hillegersberg R. Kort W J. Wilson J H. Current status of photodynamic therapy in oncology. Drugs. [internet] 1994 [consultado 26 marzo 2021]; 48(4):510-527. Doi: 10.2165/00003495-199448040-00003.
50. Wilson M. Dobson J. Sarkar S. Sensitization of peridonto pathogenic bacteria to killing by light from a low power laser. Oral Microbiol Immunol [internet] 1993 [consultado 27 marzo 2021]; 8:182-187. Doi: 10.1111/j.1399-302x.1993.tb00663.x.
51. Takeda Y. Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraccion. Experimental study in rats. Int J Oral Maxillofac Surg. [internet] 1988 [consultado 27 marzo 2021] 17(6): 388-391. Doi: 10.1016/s0901-5027(88)80070-5.
52. Wilson M. Mia N. Sensitisation of Candida albicans to killing by low-power laser light. J Oral Pathol Med. [internet]. 1988 [consultado 27 marzo 2021]; 22(8):354-357. Doi: 10.1111/j.1600-0714.1993.tb01088.x.
53. Chaple A. Fernández E. Quintana L. Low-level laser accelerating dental movements in orthodontics. Systematic review. International Journal of Medical and Surgical Sciences. [internet]. 2020 [consultado 27 marzo 2021]; 7(4). Disponible en: <https://doi.org/10.32457/ijmss.v7i4.523>
54. Zuñiga S. Chaple A. Fernández G. Láser de baja potencia en Ortodoncia. Revista cubana de estomatología. [internet]. 2018 [consultado 27 marzo 2021]; 55(3) Disponible en: [scielo.sld.cu/pdf/est/v55n3/a08\\_1845.pdf](scielo.sld.cu/pdf/est/v55n3/a08_1845.pdf)
55. AlGhamdi K M. Kumar A. Moussa N A. Low-level laser therapy: A useful technique for enhancing the proliferation of various cultured cells. *Lasers Med. Sci*, [internet]. 2012 [consultado 27 marzo 2021]; 27:237–249 Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-011-0885-2>



56. Sonesson M. De Geer E. Subraian J. Petrén S. Efficacy of low-level laser therapy in accelerating tooth movement. Preventing relapse and managing acute pain during orthodontic treatment in humans: a systematic review. BMC Oral Health. [internet]. 2016 [consultado 30 marzo 2021]; 17(1):11. Doi: 10.1186/s12903-016-0242-8.
57. Habib F A. Gama S K. Ramalho L M. Cangussú M C. Santos F P. Lacerda J A. et al. Laser-induced alveolar bone changes during orthodontic movement: a histological study on rodents. Photomed Laser Surg. [internet] 2010 [consultado 30 marzo 2021]; 28(6):823-30. Doi: 10.1089/pho.2009.2732.
58. Fujiyama K. Honjo T. Suzuki M. Matsuoka S. Deguchi T. Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: comparison with fixed edgewise appliance therapy. Progress in Orthodontics. [internet] 2014 [consultado 30 marzo 2021]; 15(1):64. Doi: [10.1186/s40510-014-0064-7](https://doi.org/10.1186/s40510-014-0064-7)
59. Miller K. McGorray S. Womack R. Quintero J. Perelmuter G. Dolan T. Wheeler T. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. [internet] 2007 [consultado 30 marzo 2021]; 131:302. Doi: 10.1016/j.ajodo.2006.05.031.
60. [imagen] 2021. Disponible en: <https://blog.uchceu.es/eponimos-cientificos/wp-content/uploads/sites/24/2011/10/eponimo-angle.pdf>
61. [imagen] 2021. Disponible en: <http://www.sophimania.pe/tecnologia/redes-sociales/maser-potentisimo-primo-del-rayo-laser-revolucionara-la-tecnologia/#!>
62. [imagen] 2021. Disponible en: <https://ventureiraaguilera.com/portfolio-items/caso-clinico-14-clase-ii-div-2-los-dientes-superiores-cubren-casi-completamente-a-los-inferiores-arcadas-estrechas-la-arcada-superior-esta-comprimida-disminuyendo-la-amplitud-de-la-sonrisa/>
63. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.birbe.org/blog/cirurgia-ortognatica-clase-3/>
64. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.facebook.com/Dentistmoin/photos/spacemaintainer/848933672136468/>
65. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.odontobebe.com/2017/04/ortopedia-rejilla-lingual-palatina.html>
66. [imagen] 2021. Disponible en: <http://brackets.mx/category/galeria/tomografia/page/2/>
67. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.dentalmedics.es/brackets-esteticos/>
68. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.dentaly.org/es/ortodoncia/brackets/lingual>
69. [imagen] 2021. Disponible en:



70. [imagen] 2021. Disponible en: <http://clinicadentalboadillamajadahonda.com/alineadores-invisibles/>  
<http://orthohacker.com/2018/06/13/todo-lo-que-el-ortodoncista-debe-sabe-sobre-el-gummetal/>
71. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.dentistrytoday.com/articles/10008-accelerated-orthodontics-for-the-general-practitioner>
72. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/6/4/134/htm>
73. [imagen] 2021. Disponible en: <http://dentalis-implants.com/documentation/opg-and-rank-l-correlation-to-boneformation-and-healing/>
74. [imagen] 2021. Disponible en: <https://pt.dreamstime.com/vibrador-dental-do-alinhador-suporte-image101134636>
75. [imagen] 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283478976 Comparacion Clinica entre el Tratamiento Ortodoncico Facilitado por Corticotomia y Ortodoncia Convencional Estudio Piloto](https://www.researchgate.net/publication/283478976_Comparacion_Clinica_entre_el_Tratamiento_Ortodoncico_Facilitado_por_Corticotomia_y_Ortodoncia_Convencional_Estudio_Piloto)
76. [imagen] 2021. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2019000200180](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2019000200180)
77. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6204431/>
78. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.viplaserpointer.de/produkt/classic-blue-laser-zeiger-2-mw-5-mw>
79. [imagen] 2021. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-odontologica-mexicana-90-articulo-vestibuloplastia-con-laser-reporte-caso-S1870199X14703143>
80. [imagen] 2021. Disponible en: <http://atdermae.com/atd/wp-content/uploads/2020/02/6-Laser-y-aparatologia-de-dermoestetica-2019-2-3.pdf>
81. [imagen] 2021. Disponible en: <http://www.liposuccionsincirugiaperu.com/node/91>
82. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21252008000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252008000200010)
83. [imagen] 2021. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21252008000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252008000200010)
84. [imagen] 2021. Disponible en: <http://www.introlight.mx/investigaciones/periodintitisApical/index.html>
85. [imagen] 2021. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-381X2018000300269](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2018000300269)



86. [imagen] 2021. Disponible en:  
<https://www.clinicaferrusbratos.com/ortodoncia/microperforaciones-que-son-para-que-sirven/>