

# Eficacia Análgesica del Láser de Baja Potencia en Ortodoncia

Monserrat Artés Ribas

Dipòsit Legal: B 20021-2014

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



**UNIVERSITAT INTERNACIONAL DE CATALUNYA**

**DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA**

**EFICACIA ANALGÉSICA DEL LÁSER DE BAJA  
POTENCIA EN ORTODONCIA**

**Programa de Doctorado:**

Doctorado en Técnicas Clínicas y de Laboratorio en Odontología.

Departamento de Odontología

**TESIS DOCTORAL**

**Montserrat Artés Ribas**

Abril 2014

**Directores**

**Dr. Andreu Puigdollers Pérez.  
Dr. Josep Arnabat Domínguez.**





2.2.4.2.3 – Efectos de la LLLT en células epiteliales	55
2.2.4.2.4 – Efectos de la LLLT en células óseas .....	55
2.2.4.2.5 – Efectos de la LLLT en células nerviosas ..	55
2.2.4.3 – Dosis .....	56
2.2.4.4 – Aplicaciones clínicas del LLLT en odontología	58
2.2.4.4.1 – Patología músculo esquelética .....	59
2.2.4.4.2 - Cicatrización de heridas .....	59
2.2.4.4.3 - Efecto analgésico de la LLLT .....	59
2.2.4.4.4.- La LLLT y la regeneración nerviosa .....	60
2.2.4.4.6 - Neuralgia post-herpética .....	60
2.2.4.4.7 - Hipersensibilidad dentinaria .....	61
2.2.4.4.8 - La LLLT y el movimiento ortodóncico .....	61
2.2.4.4.9 - Terapia fotodinámica y LLLT .....	62
<b>3 – HIPÓTESIS</b> .....	63
3.1 – HIPÓTESIS NULA .....	65
3.2 - HIPÓTESIS ALTERNATIVA .....	65
<b>4 – OBJETIVOS</b> .....	67
4.1 - OBJETIVO PRINCIPAL .....	69
4.2 - OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	69
<b>5 – MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	71
5.1 – SUJETOS .....	73
5.2 – LÁSER .....	74
5.3 – MEDIDOR DE POTENCIA .....	77
5.4 – MÉTODO .....	78
5.4.1 - Colocación de elásticos .....	78
5.4.2 – Método de protección .....	79
5.4.3 – Randomización de la muestra .....	80
5.4.4 – Aplicación del láser .....	80
5.4.5 – Método de aplicación .....	82
5.5 – FORMULARIO Y TÉCNICA PARA REGISTRO .....	85

5.6 – ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	87
<b>6 – RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
6.1- Grupo 1 – tratado con láser de 830nm .....	91
6.1.1 – ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA .....	91
6.1.2 – PRUEBAS DE NORMALIDAD .....	92
6.1.3 – ANÁLISIS DE VARIANZA .....	94
6.1.3.1 – Percepción del dolor .....	95
6.1.3.2 – Progresión del dolor .....	98
6.1.4 – NECESIDAD DE ANALGÉSICOS .....	102
6.2 – Grupo 2 – Tratado con láser de 660 nm .....	103
6.2.1 – ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA .....	103
6.2.2 – PRUEBAS DE NORMALIDAD .....	104
6.2.3 – ANÁLISIS DE VARIANZA .....	106
6.2.3.1 – Percepción del dolor .....	107
6.2.3.2 – Progresión del dolor .....	110
6.2.4 – NECESIDAD DE ANALGÉSICOS .....	114
<b>7 – DISCUSIÓN .....</b>	<b>115</b>
7.1 - DOLOR Y ORTODONCIA .....	117
7.2 - LÁSER DE BAJA POTENCIA Y ORTODONCIA .....	121
7.3 - UTILIZACIÓN DEL LÁSER DE BAJA POTENCIA ...	126
7.3.1 - Discusión referente a la metodología .....	128
7.3.2 – Discusión referente al tipo de láser. ....	131
7.3.3 – Discusión referente a la comparación entre los dos láseres utilizados .....	135
7.3.4 – Discusión referente a la intensidad del dolor	138
7.4 – LIMITACIÓN DE ESTE ESTUDIO .....	140
7.4.1 – Variables socio-demográficas .....	140
7.4.2 - Fiabilidad de las escalas de medición del dolor..	141
7.5 – PROPUESTAS DE FUTURO .....	146

<b>8 – CONCLUSIONES</b>	151
<b>9 – BIBLIOGRAFÍA</b>	155
<b>10 – ANEXOS</b>	173
- Carta aprobación	175
- Carta modificación dirección tesis	176
- Carta aprobación CEIC	177
- Consentimiento informado	179
- Documento información al paciente	181
- Tablas de Randomización	185
- Formulario de recogida de datos	187
- Analítica Descriptiva grupo 1	190
- Tabla de Medias grupo 1	194
- Analítica Descriptiva grupo 2	197
- Tabla de Medias grupo 2	201
- Datos técnicos del láser	204
- Declaración de conformidad EU	205
- Artículo	206

# ***1 .MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN***

---



---

## *MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN.*

Los tratamientos de ortodoncia hoy en día se han hecho extensivos a personas de todas las edades: niños, adolescentes, adultos ... A pesar de los avances que se han realizado en la área de ortodoncia, el paciente todavía asocia el dolor o la falta de confort con los tratamientos de ortodoncia<sup>1</sup>. Generalmente los individuos adultos manifiestan un mayor grado de malestar o dolor durante dicho tratamiento. Para la mayoría de estos pacientes, el dolor no suele representar un gran problema. Sin embargo, para aproximadamente 10% de ellos, el temor a dicho dolor puede incluso, disuadirlos a interrumpir o incluso a iniciar el tratamiento<sup>2</sup>.

El dolor es definido como una “experiencia sensorial y emocional de carácter desagradable asociada con una lesión tisular real o potencial, o descrita como la ocasionada por dicha lesión”. Esta definición introdujo dos nuevos conceptos: en primer lugar considera que el dolor no es una experiencia puramente nociceptiva, sino que está integrada además por componentes emocionales y subjetivos; en segundo lugar puede producirse sin una causa somática que lo justifique.

En Ortodoncia, la principal causa de dolor es la aplicación de fuerzas para producir y conseguir el movimiento dentario.<sup>3-6</sup> El mecanismo por el que se logra el movimiento de los dientes está relacionado con la liberación de mediadores de la inflamación. Estos mediadores inflamatorios pueden justificar el dolor y las molestias que sufren los pacientes que se someten a tratamientos ortodóncicos<sup>7</sup>. Normalmente el dolor es de breve duración, provocado por el estímulo nociceptivo periférico y/o la reacción inflamatoria, siendo la causa-efecto bien determinada<sup>8</sup>. Algunas veces éste se torna extremadamente incómodo siendo necesaria la toma de analgésicos para controlarlo<sup>9</sup>.

---

## *MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN.*

El control de la sensación dolorosa durante un tratamiento de ortodoncia suele hacerse con fármacos del tipo analgésico puro (paracetamol, metamizol) o bien antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) (aspirina o ibuprofeno como el más representativo de este grupo). Todos ellos se caracterizan por ser no-opioides, de actuación preferentemente periférica y cuyo mecanismo de acción es la inhibición de la enzima ciclooxigenasa (COX), que modula la producción de prostaglandinas. Puesto que algunos estudios con AINEs han demostrado que disminuyen la velocidad con la que se consigue el movimiento dental<sup>10,11</sup> debido a su acción antiinflamatoria, muchos investigadores han desaconsejado su uso. Otro método propuesto para el control de las molestias tras los ajustes ortodóncicos es la masticación de chicles o “wafers”, que se deben empezar a morder antes de que el dolor se produzca, puesto que una vez que éste se ha instaurado los dientes pueden estar demasiado sensibles para poder masticarlos<sup>12</sup>.

El dolor producido durante un tratamiento de ortodoncia es en su mayoría de tipo local y es por ello que podría controlarse más eficazmente mediante la administración de un tratamiento analgésico localizado<sup>13</sup> (es decir, carente de los efectos secundarios de los fármacos analgésicos tradicionales de acción sistémica), como podría ser la irradiación con láser de la zona afectada.

El desarrollo del láser en Odontología surge como una nueva alternativa técnica a los procedimientos convencionales, ya sea en la realización del tratamiento propiamente dicho o como coadyuvante.<sup>14,15</sup> Desde que Meister iniciara la investigación con el láser de baja densidad de potencia, éste se ha utilizado en diferentes campos de la odontología, entre ellos la prevención de la inflamación y del dolor en la cirugía de los terceros molares<sup>16</sup>, después de procedimientos de cirugía periodontal<sup>17</sup>, en desórdenes cráneo-mandibulares, en la hiperestesia dentinaria, en alteraciones sensitivas del nervio dentario inferior, o en mucositis inducidas por la quimioterapia o la radioterapia<sup>18</sup>.

---

## *MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN.*

En ortodoncia también existen estudios sobre su efecto como analgésico, como acelerador del movimiento ortodóncico, y como favorecedor de la reparación ósea.<sup>13,19,20</sup>

No todos los láseres son utilizados específicamente para el tratamiento del dolor. El láser más empleado tanto en Medicina como en Odontología con esta finalidad es el láser de baja potencia “LLLT” o “Low Level Laser Therapy”.

Los principales efectos del láser de baja potencia (LLLT) son la disminución del dolor, la estimulación de la reparación tisular, la reducción del edema y la hiperemia en los procesos inflamatorios, la prevención de las infecciones, y también se ha utilizado como coadyuvante en el tratamiento de las parestesias.<sup>21,22</sup> Se han sugerido diferentes hipótesis para explicar como el láser de baja potencia puede alterar la percepción del dolor y producir efecto un analgésico. Una de ellas, según Honmura y cols<sup>23</sup>, defiende que el LLLT puede modular el proceso inflamatorio, y así reduciría el dolor. Otra, postulada por Basford<sup>24</sup> apoyaría que el LLLT actúa alterando la conducción y la excitación neuronal en los nervios periféricos, aunque también existe una tercera que abogaría que el LLLT estimula y activa la producción de las endorfinas endógenas.<sup>25,26</sup>

La confirmación que la aplicación de este tipo de láser disminuye el dolor en los pacientes tratados con ortodoncia, supondría una buena alternativa respecto a la terapia farmacológica que habitualmente se prescribe para evitar las molestias durante el tratamiento.

Aunque existen diferentes estudios que analizan la eficacia analgésica del láser de baja potencia,<sup>5,12,13,20,27,28</sup> no todos han obtenido los mismos resultados. La falta de una uniformidad de información en cuanto a las variables físicas y biológicas, así como respecto al tipo de láser, a la potencia utilizada (en modo continuo o pulsado), a la longitud de onda, tiempo y modo

---

### *MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN.*

de aplicación hacen que una estandarización del método sea difícil de alcanzar<sup>29</sup>.

Todo lo expuesto justifica el hecho de efectuar un estudio con el fin de investigar el efecto analgésico del láser de baja potencia (LLLT) o “Low Level Laser Therapy” en pacientes sometidos a un tratamiento de ortodoncia, concretamente cuando se les ha colocado elásticos de separación, comparándose esto con un placebo.

## ***2 .FUNDAMENTOS***

---



## FUNDAMENTOS

### 2.1- DOLOR

#### 2.1.1 Definición

Según la Asociación Internacional para el estudio del Dolor (IASP) <sup>30</sup>, “el dolor es definido como una experiencia sensorial y emocional de carácter desagradable, asociada con una lesión tisular real o potencial, o descrita como la ocasionada por dicha lesión”.

El dolor es una sensación desagradable que se localiza en alguna parte del cuerpo. Todo dolor de grado moderado o intenso se acompaña de ansiedad y de la necesidad de eludir o suprimir esa sensación. Estas propiedades ilustran la dualidad del dolor: es tanto una sensación como una emoción.

El dolor es la respuesta resultante de la integración central de los impulsos de las terminaciones nerviosas periféricas, activadas por estímulos locales. Hay básicamente 3 tipos de estímulos:

- 1 -Variaciones mecánicas o térmicas que activan directamente las terminaciones nerviosas o receptores.
- 2 - Factores químicos liberados en el área de la terminación nerviosa, en el caso de lesión en células integras.
- 3 -Factores liberados por células inflamatorias (bradikinina, serotonina, histamina y las enzimas proteolíticas) <sup>31,32</sup>.

La intensidad de la sensación dolorosa es de carácter multifactorial, dependiendo de variables: la edad, género, cultura/sociedad, así como de factores emocionales, cognitivos y motivadores<sup>33</sup>. Esos elementos modifican las sensaciones y afectan el umbral del dolor. Así, el fenómeno central de

## FUNDAMENTOS

modulación del dolor es un factor importante, que permite explicar así la enorme variación de esa experiencia de un individuo a otro<sup>34</sup>.

El dolor de origen dental o periodontal es casi siempre de carácter inflamatorio agudo. Muchos profesionales no dan la debida importancia a la prevención del dolor, y sólo toman medidas cuando el proceso doloroso ya se ha establecido<sup>35</sup>.

### 2.1.2 - Anatomía:

Un nervio periférico está formado por axones de tres clases de neuronas: neuronas motoras, neuronas post-ganglionares simpáticas y fibras aferentes de la sensibilidad primaria. Éstas pueden ser de tres tipos (Figura 1):

Fibras A-beta, que responden a roces ligeros o a estímulos móviles. Se encuentran principalmente en los nervios que se distribuyen por la piel. Su activación no produce dolor.

Fibras A-delta y fibras C, que se terminan periféricamente en unos nociceptores aferentes primarios o receptores del dolor. Son fibras de diámetro pequeño, sin mielina o muy poco mielinizadas<sup>36,37,38</sup>. Discurren por la piel y las estructuras viscerales y somáticas profundas. Producen respuestas máximas sólo ante estímulos (dolorosos) intensos y despiertan la experiencia subjetiva del dolor cuando se las somete a estímulos eléctricos. La capacidad para detectar los estímulos dolorosos desaparece completamente al bloquear sus axones.

## FUNDAMENTOS

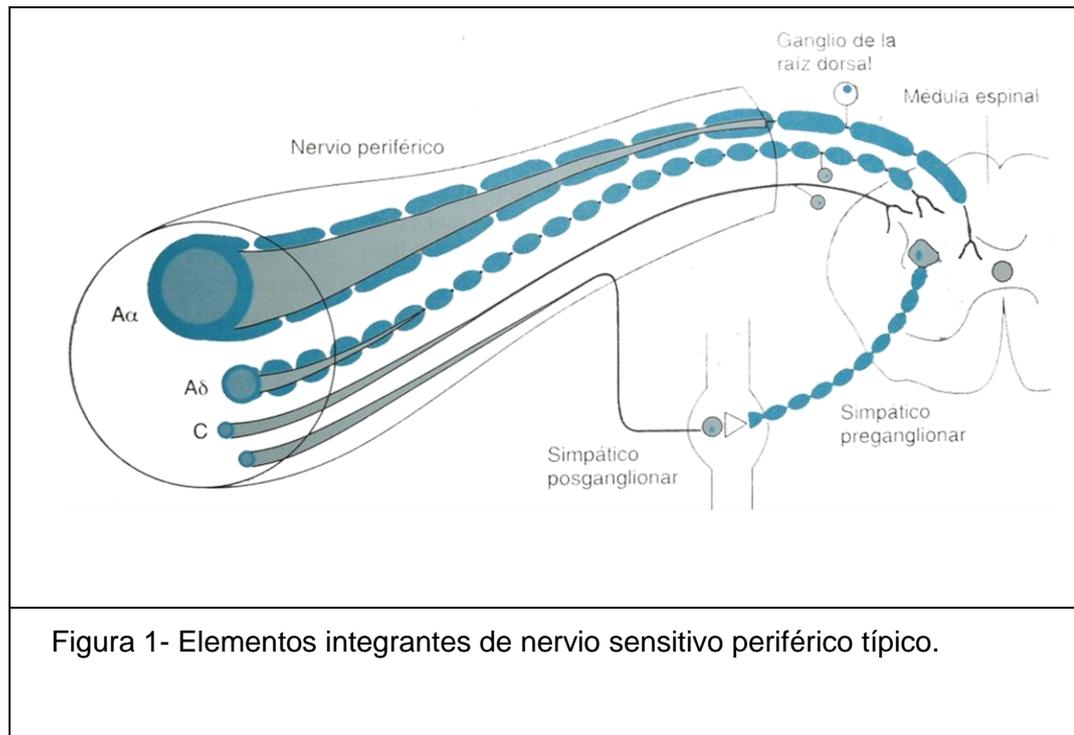


Figura 1- Elementos integrantes de nervio sensitivo periférico típico.

### 2.1.3 – Fisiología elemental del dolor

El “proceso del dolor” se inicia con la activación y sensibilización periférica donde tiene lugar la transducción por la cual el estímulo nociceptivo se transforma en impulso eléctrico. La fibra nerviosa estimulada inicia un impulso nervioso denominado potencial de acción que es conducido hasta la segunda neurona localizada en el asta dorsal de la médula: es lo que se denomina la transmisión. En el proceso de modulación, en el asta dorsal de la médula, intervienen las proyecciones de las fibras periféricas y las fibras descendentes de los centros superiores. La transmisión de los impulsos depende de la acción de los neurotransmisores. Por último, tiene lugar el reconocimiento por parte de los centros superiores del SNC (Sistema nervioso central) o integración.

## FUNDAMENTOS

Los axones de los nociceptores aferentes penetran en la médula espinal a través de la raíz dorsal y terminan en el asta posterior de la sustancia gris medular. En cada neurona medular convergen los impulsos de muchas fibras aferentes primarias. Este hecho es fundamental para explicar el fenómeno del *dolor referido*.

Las neuronas medulares envían sus axones al tálamo contra lateral, formando la vía espino-talámica (Figura 2). Alcanzan así previa estación en el tálamo (lo que explica el carácter afectivo o emocional desagradable del dolor) la corteza somato-sensorial, importante para la percepción de los caracteres sensoriales del dolor: localización, intensidad y calidad. Estos circuitos neuronales son capaces de regular, mediante la liberación de opiáceos endógenos, la excitación de las vías que lo transmiten ayudando a entender el carácter subjetivo del dolor.

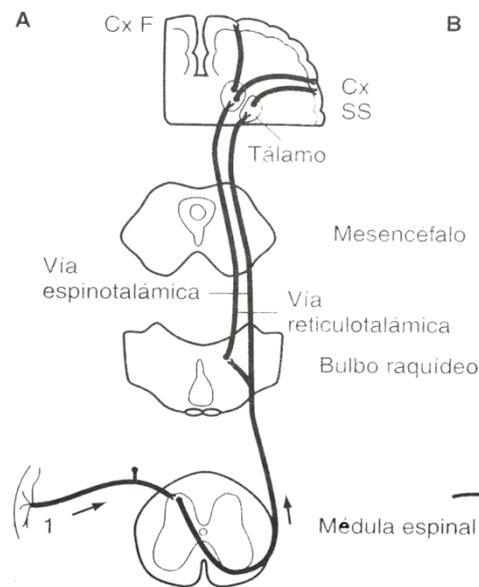


Figura 2 – Vía Espino-talámica (CxF- cerebro, CxSS – cerebro, área sensitiva lóbulo temporal)

## FUNDAMENTOS

### 2.1.4 –TIPOS DE DOLOR - Existen diferentes clasificaciones del dolor.

2.1.4.1 – Según los receptores que se estimulen, el dolor se puede clasificar en:

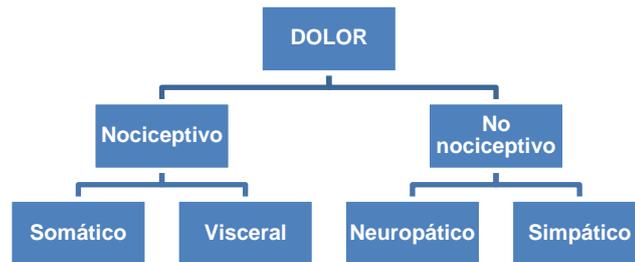


Figura 3 – tipo de dolor según el receptor que se estimula.

A- Dolor nociceptivo: dolor normal o sensorial, que aparece cuando se estimulan receptores específicos del dolor. Estos receptores pueden responder ante el calor, frío, vibración, estiramiento y estímulos químicos liberados por células dañadas. Dentro de éste encontramos:

1-Dolor somático (músculo-esquelético). Afecta a tejidos como la piel, músculos, articulaciones, ligamentos o huesos. Los receptores que se activan son nociceptores específicos para el calor, frío, estiramiento, inflamación e isquemia. Se trata de un dolor bien localizado, circunscrito a la zona dañada y caracterizado por sensaciones claras y precisas, y no suele acompañarse de reacciones vegetativas.

2-Dolor visceral. Está producido por lesiones que afectan a órganos internos. Los receptores que se activan son específicos para estiramiento, inflamación e isquemia. Es un dolor vago, mal localizado y que se extiende

## FUNDAMENTOS

más allá de los órganos lesionados, presentándose como calambres o cólicos.

B - Dolor no nociceptivo; tiene su origen en el sistema nervioso periférico y central. No existen receptores específicos, el dolor se produce por disfunción de las células nerviosas. A su vez podemos distinguir entre:

1-Dolor neuropático. Anormal o patológico, es el resultado de enfermedad o lesión de los Sistemas Nerviosos Centrales (SNC) o periféricos. Son sensaciones aberrantes o anormales de dolor (neuralgia del trigémino, miembro fantasma, etc). El dolor es descrito por el paciente como lacerante, punzante o urente.

2-Dolor simpático. Su causa radica en una actividad excesiva del sistema simpático. Ocurre tras fracturas y lesiones en tejidos blandos de brazos y piernas, que pueden desembocar en un Síndrome de dolor regional complejo. Como en el anterior, aquí tampoco se activa ningún nociceptor. Se caracteriza por alodinia y alteración de la sensibilidad térmica de la zona 39,40.

### **2.1.4.2 - El dolor se puede clasificar en - agudo y crónico.**

A- Dolor agudo. Es la consecuencia inmediata de la activación del sistema nociceptivo, generalmente por un daño tisular somático o visceral. Es auto-limitado desapareciendo habitualmente con la lesión que lo originó. Tiene una función de protección biológica al actuar como una señal de alarma del tejido lesionado. Se trata de un dolor de naturaleza nociceptiva y que aparece por una estimulación química, mecánica o térmica de los receptores específicos.

## FUNDAMENTOS

**B-** Dolor crónico. Es aquel que persiste más allá de la lesión que lo originó. No posee una función protectora y más que un síntoma de una enfermedad, es en sí mismo una enfermedad. No es un proceso auto-limitado, pudiendo persistir por un tiempo prolongado después de la lesión inicial, incluso en su ausencia.

### 2.1.5 -Etiopatogenia del dolor inflamatorio agudo

La explicación actual más aceptada para los mecanismos del dolor inflamatorio agudo es el que resulta de la *acción* de mediadores químicos endógenos, liberados por tejidos lesionados o inflamados, que estimulan o sensibilizan las terminaciones nerviosas libres (nociceptores)<sup>41</sup>.

Los estímulos de orden físico (mecánicos y térmicos) activan directamente los nociceptores por un proceso bioquímico, provocando dolor agudo de carácter inflamatorio<sup>35</sup>.

Los principales mediadores de la inflamación son:

1 - Mediadores químicos que causan la activación directa de los nociceptores: como la histamina y la bradikinina. El dolor provocado es de corta duración<sup>35</sup> (Figura 4).

2 - Mediadores químicos que causan el fenómeno de la sensibilización de los nociceptores: los nociceptores involucrados en el dolor inflamatorio son sensibles a diferentes tipos de estímulos y de alto umbral de excitabilidad<sup>42</sup>. Esto quiere decir que un mínimo estímulo nociceptivo (mecánico, térmico o químico) incapaz de activar los nociceptores en estado normal, pueden activarlos si los mismos están previamente sensibilizados<sup>35</sup>.

## FUNDAMENTOS

Los mediadores químicos de la inflamación (serotonina, noradrenalina y dopamina) favorecen este proceso.

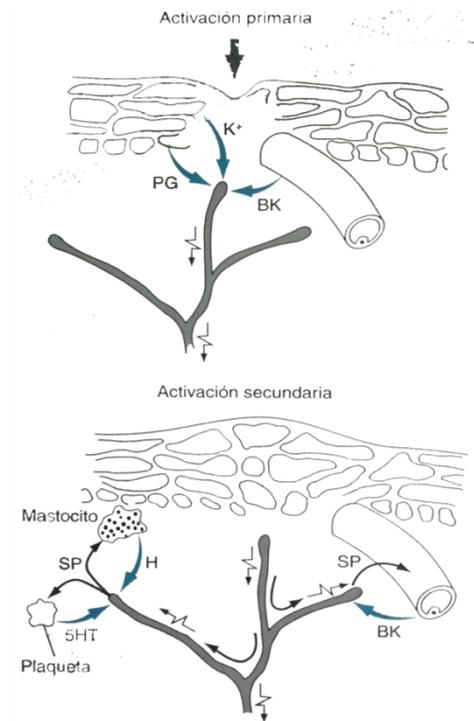


Figura 4 - Activación primaria y secundaria, ( $K^+$ - potasio, PG - prostaglandinas, BK - bradikinas, SP- sustancia P, H – histamina, 5HT – receptores de la serotonina – receptores de 5-hidroxitriptamina)

Además de éstos, existen otras sustancias químicas liberadas en el lugar de la inflamación, de extrema importancia para la comprensión de los mecanismos de la hiperalgesia como, las prostaglandinas y los leucocitrenos, que son productos del metabolismo del ácido araquidónico. Cuando en presencia de una inflamación o una lesión tisular se aplican estímulos intensos, repetidos o prolongados se produce un descenso del umbral de activación de los nociceptores aferentes primarios y un aumento

## FUNDAMENTOS

de la emisión de los impulsos ante un estímulo de cualquier intensidad. Los mediadores de la inflamación favorecen este proceso. Es decir que los estímulos normalmente inocuos pueden llegar a producir dolor en los tejidos sensibilizados <sup>38</sup>.

Este fenómeno tiene su importancia para poder entender el dolor durante el tratamiento ortodóncico ya que el movimiento dentario se produce por medio de un proceso inflamatorio no infeccioso del ligamento periodontal.

### 2.1.6 – Movimiento dentario (ortodoncia) y dolor.

Estudios prospectivos en niños y en adultos han demostrado que el 90 - 95% de los pacientes ortodóncicos experimentan dolor <sup>43,44</sup>. La intensidad media que muestran algunos estudios es de 42mm en una escala analógica visual de 100mm después de la colocación del primer arco. Así que el dolor es un efecto secundario significativo para muchos pacientes de ortodoncia <sup>45</sup>.

Bergius et al<sup>46</sup> en su estudio, encontraron que un 87% de los pacientes presentaban dolor en la primera noche después de la colocación de los separadores elásticos. Después de una semana, en el 42% todavía el dolor seguía siendo un problema, aunque con nivel bajo en la escala VAS. Durante las primeras 48 horas el 27% de los pacientes tuvo que utilizar medicación analgésica.

En otro estudio de Scheurer et al<sup>43</sup>, después de la colocación de aparatología fija en 170 pacientes, un 65% constataron dolor después de 4 horas, el 95% después de 24 horas y el 25% de los pacientes todavía sentían malestar después de 7 días. Sólo un 16% tomaron analgésicos durante el pico de dolor.

## FUNDAMENTOS

La causa del dolor producido por el movimiento de ortodoncia no está del todo clara. Furstman y Bernik<sup>47</sup> sugirieron que el dolor periodontal estaba causado por un proceso de presión, isquemia, inflamación y edema.

Burstone<sup>48</sup>, en un estudio en el que se examinaba el dolor producido por los aparatos de ortodoncia, observó que existía un amplio rango de respuestas individuales a la aplicación de fuerzas similares. Identificó una respuesta inmediata y otra tardía. Especuló que la primera se debía a la compresión inicial del ligamento periodontal que se produce inmediatamente después de la colocación del arco. La respuesta tardía, que comenzaba unas horas después, la denominó hiperalgesia del ligamento periodontal, estando causada por un aumento de la sensibilidad de las fibras nerviosas a estímulos como las prostaglandinas, histaminas y sustancia P.

El éxito del movimiento dental requiere la remodelación del periodonto, en especial del hueso alveolar. Cuando una fuerza ortodóncica suave se aplica durante un tiempo prolongado, tiene lugar una inflamación del periodonto, dando lugar a una reabsorción ósea. Este mecanismo de reabsorción ósea está relacionado con la liberación de mediadores de la inflamación, como son la prostaglandina E<sub>2</sub> y la interleukina 1 $\beta$ , las cuales interactúan con las células óseas<sup>49</sup>. Por otro lado, también juega un papel importante la producción de neuropéptidos, como la sustancia P.

Las *prostaglandinas*, son sustancias derivadas del metabolismo del ácido araquidónico como productos de la actividad enzimática de la ciclooxigenasa (COX). En general no activan directamente los nociceptores, pero juegan un papel importante en la sensibilización de los mismos a otros mediadores químicos como la bradikinina<sup>50</sup>. Se ha demostrado que las prostaglandinas producen hiperalgesia, que es un aumento de la sensibilidad ante agentes nocivos<sup>9</sup>. La inflamación del tejido gingival y periodontal durante el tratamiento

## FUNDAMENTOS

ortodóncico podría disminuir la tolerancia al dolor al producir hiperalgesia en estos tejidos haciéndolos más sensibles a estímulos que normalmente no provocarían ninguna reacción. Las prostaglandinas promueven la resorción ósea, no solo por el incremento en el número y el tamaño de los osteoclastos, sino también por la estimulación de la actividad de los existentes.

La *interleukina 1 $\beta$*  es un mediador clave en una gran variedad de respuestas inmunes e inflamatorias, además de participar en los procesos de reabsorción ósea. Es una potente citokina producida principalmente por los monocitos. Participa en el inicio del proceso de reabsorción ósea bien activando los osteoclastos, o bien, estimulando la síntesis de prostaglandina E2. También ha sido identificada en el fluido crevicular durante el movimiento dentario. Se ha evidenciado que las citokinas son moléculas puente entre el sistema inmune y el sistema nervioso, participando así en la generación de dolor e hiperalgesia. Entre estas citokinas, la interleukina 1 $\beta$  juega un papel principal en la generación de hiperalgesia por causa mecánica, al aumentar la nocicepción en los tejidos periféricos inflamados. La sustancia P induce la secreción de interleukina 1 $\beta$  por los monocitos<sup>7,5</sup>.

*La sustancia P* (SP) aumenta a nivel del ligamento periodontal cuando se efectúa un movimiento ortodóncico, como resultado de la transformación de un estímulo físico en una respuesta celular. La SP es un decapeptido perteneciente a la familia de las taquikininas de cadena corta, señal química que utilizan las neuronas para comunicarse. Funciona como neurotransmisor y neuromodulador. La liberación de SP por los terminales periféricos de los nociceptores activados por estímulos nociceptivos, produce vasodilatación, aumento de la permeabilidad, activación de la actividad fago-cítica de neutrófilos y macrófagos, aumento de la producción y liberación de los mediadores inflamatorios y liberación de histamina por los mastocitos. Estos efectos contribuyen a la respuesta inflamatoria y a la sensibilización de los nociceptores (aunque la sustancia P no produce una activación directa de

## FUNDAMENTOS

los mismos). Transmite información sobre el daño tisular desde los receptores periféricos al sistema nervioso central, que transformará la señal en una sensación dolorosa. También participa en la estimulación celular, ayudando en la curación de tejidos dañados<sup>52</sup>.

La estimulación de las terminaciones nerviosas periféricas por las fuerzas ortodóncicas, induce la liberación de la sustancia P, que actúa como iniciador de la cascada de activación de varios tipos de células del ligamento periodontal<sup>49</sup>.

Estudios como el de Giannopoulou y colaboradores<sup>7</sup>, sobre cambios en el líquido crevicular tras la colocación de ligaduras de separar en niños, encontraron que existía. Un aumento de los niveles de interleukina 1 $\beta$  a partir de la primera hora tras la inserción de las ligaduras. Después iba disminuyendo aunque a la semana todavía no se restablecían los niveles basales. Una concentración máxima de prostaglandina E<sub>2</sub> a las veinticuatro horas, por lo que la interleukina 1 $\beta$  parece tener un efecto de estimulación sobre la anterior.

Había un pico de producción de sustancia P un día después de la colocación de los separadores. Éste hecho podría explicarse por la gran correlación entre este neuropéptido y la prostaglandina E<sub>2</sub>.

## FUNDAMENTOS

### 2.1.7 - Tratamiento actual del dolor en ortodoncia.

El paciente suele referir dolor como queja principal luego de la aplicación de fuerzas en el transcurso del tratamiento ortodóncico. El dolor es debido a la liberación de mediadores de la inflamación inducida por los cambios en los tejidos periodontales. Por todo ello, la mayoría de ortodoncistas prescriben fármacos a sus pacientes para disminuir el dolor.

Los medicamentos que con más frecuencia se usan para controlar las molestias asociadas con el movimiento dental ortodóncico son los antiinflamatorios no esteroideos (AINES) (ibuprofeno, aspirina). Éstos se caracterizan porque inhiben la actividad enzima ciclooxigenasa (COX), y con ello la síntesis de prostaglandinas. Estos medicamentos no sólo cumplen con la función analgésica sino también con la antiinflamatoria pudiendo afectar la velocidad movimiento dentario llegando incluso a pararlo<sup>50</sup>.

El acetaminofen (paracetamol) a diferencia de los AINES, no tiene acción antiinflamatoria en los tejidos periféricos y no impide la síntesis de prostaglandinas y el movimiento dentario.<sup>53</sup>

El dolor producido por el tratamiento de ortodoncia es de tipo inflamatorio, localizado y de breve duración. Es por ello que algunos autores avalan el uso de una terapia analgésica con acción a nivel local, como el control del dolor con láser<sup>5,12,19,20</sup>.

---

## FUNDAMENTOS

### 2.2. Láser .

El término láser, corresponde al acrónimo del conjunto de las palabras que definen este tipo de radiación electromagnética y que son: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Por lo tanto el láser es un dispositivo que esencialmente amplifica la luz mediante la emisión estimulada de radiación.

La emisión estimulada también se puede producir con microondas y en este caso se la denomina Máser, cuyo acrónimo es **M**icrowave **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation, o sea “amplificación de microondas por emisión estimulada de radiación”.

Ambos dispositivos se diferencian por la longitud de onda del espectro electromagnético que los produce. De esta forma la amplificación de las longitudes de onda de 1 a  $10^{-4}$  metros dan lugar al Máser mientras que banda de longitudes de onda que van desde los  $10^{-4}$  y los  $10^{-8}$  metros proporcionan el Láser.

## FUNDAMENTOS

### 2.2.1- Historia del láser

El primer concepto sobre el que se basa el láser se remonta al año 1916, fecha en el que el físico alemán Albert Einstein postula su teoría de la emisión estimulada, en su artículo “la emisión estimulada de energía radiante”, en el cual describe de forma empírica sus propiedades físicas<sup>54</sup>. Sin embargo no pudo llegar a construir ningún tipo de dispositivo basado en su teoría.

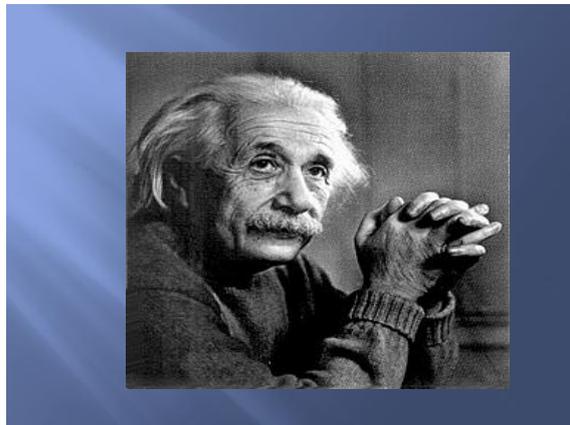


Figura 5 - Albert Einstein. Postuló la teoría del láser.

Años más tarde se inició la carrera para la construcción del primer láser, aunque éste no pudo ser realidad hasta el año 1960.

La historia del descubrimiento del láser está llena de intrigas y anécdotas que hacen que hasta hoy día aún queden algunos episodios que no han quedado muy claros<sup>55</sup>. La guerra de las patentes ha sido una de las más largas de la historia y con una duración de casi unos 50 años de litigios en la justicia de los Estados Unidos<sup>56</sup>.

La primera propuesta conocida para la amplificación de la emisión estimulada apareció en una solicitud de patente soviética en 1951, presentada por Fabrikant. Sin embargo, no se publicó hasta 1959 y, por consiguiente, no afectó a otros investigadores.

## FUNDAMENTOS

Fue en 1951 cuando a Charles Hard Townes se le ocurrió la idea de poder amplificar las microondas. Sin embargo necesito tres años de investigación en la Universidad de Columbia, junto con James Gordon para lograr la construcción del primer Máser en 1954.

En las mismas fechas, pero en el otro lado del “telón de acero” los rusos Nicolay Basov y Aleksandr Prokhorov, en el Instituto Levedev de Moscú, también lograron los mismos resultados con la amplificación de microondas. En 1964 Townes, Basov y Prokhorov compartieron el premio Nobel de física<sup>57</sup>.

En septiembre de 1957, Townes, junto con su colega y cuñado Arthur Schowlow, iniciaron un proyecto para lograr un dispositivo que amplificara luz en lugar de microondas y al que le dieron el nombre de Máser óptico<sup>58</sup>.

Por aquellos tiempos aparece Gordon Gould que era estudiante de la Facultad de Física en la Universidad de Columbia, donde Townes era catedrático. Gould también intentó desarrollar la construcción del láser a partir de las ideas de Townes. En noviembre de 1957 Gould intenta explicar sus ideas para construir un láser, pero como solo eran ideas, en la agencia de patentes no lograron entenderlas y por ello Gould no puede lograr la patente. Sin embargo en sus notas se describe por primera vez el término láser como un nuevo dispositivo de luz amplificada<sup>56</sup>.

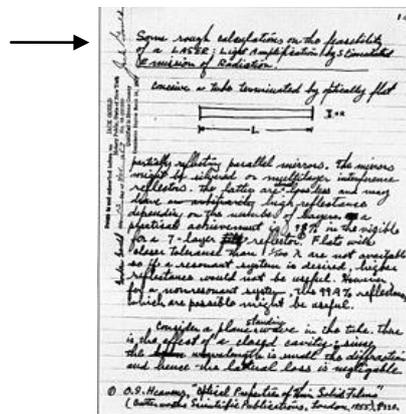


Figura 6 - Notas de Gould – Palabra Láser en la segunda línea

## FUNDAMENTOS

Posteriormente hay diferentes conversaciones entre Gould y Townes en las cuales ambos hablan de sus proyectos y que posteriormente tanto uno como el otro aducen que cada uno de ellos se apropió de las ideas de su contrincante. Según quien de los dos da su versión varían las fechas de estos encuentros con lo cual resulta algo intrigante conocer quién realmente se apropió de las ideas del otro.

Lo cierto es que Townes y Schawlow transcurridos unos 7 meses, durante el verano de 1958 solicitaron las patentes (las cuales les fueron concedidas) y mandaron un detallado informe a la prestigiosa revista *Physical Review*, la cual lo publicó en diciembre de 1958, mientras que Gould no publicó sus resultados en ninguna revista científica.

Años más tarde Townes y Schawlow siguieron trabajando en la Universidad de Columbia y en los laboratorios Bell, mientras que Gould se fue con sus proyectos a una pequeña empresa de Nueva York, llamada TRG, que trabajaba con el ministerio de defensa de los Estados Unidos. Así fue como las ideas de Gould fueron acogidas en el departamento de defensa y pudieron ser investigadas<sup>59</sup>.

Gould reclamó sus patentes y se entabló una guerra de patentes que duró hasta el año 1977, momento en que le fueron reconocidas, entre ellas una patente relacionada con la técnica del bombeo óptico, que es necesaria para el funcionamiento de muchos láseres.

Sin embargo, en 1960 y en medio de toda esta carrera para la construcción del primer láser, Theodore Maiman en el Hughes Research Laboratory de Malibú (EEUU) construye el primer aparato de láser funcional, usando como medio activo un rubí sintético<sup>57</sup>. El láser de rubí diseñado por Maiman, contenía un medio activo sólido (el cristal tallado de rubí) y proporcionaba una emisión pulsátil de color rojo, con una longitud de onda de 694nm. Se trataba de un dispositivo con capacidad para producir un rayo intenso de luz visible o radiación infrarroja casi sin divergencia, monocromático y coherente. El láser de Maiman producía unos 10.000 vatios de luz, pero duraba escasamente unas

FUNDAMENTOS

millonésimas de segundo. Además correspondía a un extremo tan rojo del espectro luminoso que era casi invisible. Se precisaban delicados instrumentos para comprobar que las pulsaciones no eran simplemente fluorescentes, sino que correspondían a un tipo de luz que nadie había visto hasta entonces: la luz láser.

Maiman intentó publicar su nuevo descubrimiento en una de las revistas de mayor prestigio en el campo de la física, la Physical Review Letters, pero curiosamente los editores de dicha revista no aceptaron su publicación dado que habían decidido que los progresos de los máseres no eran una prioridad en sus publicaciones. Maiman recurrió entonces a otra de las revistas de mayor prestigio como era la revista británica Nature en donde sí se apresuraron a publicar su nuevo descubrimiento. El artículo curiosamente no tiene más de 300 palabras y constituía, por consiguiente, el más sucinto informe jamás divulgado sobre un importante descubrimiento científico<sup>60</sup>.

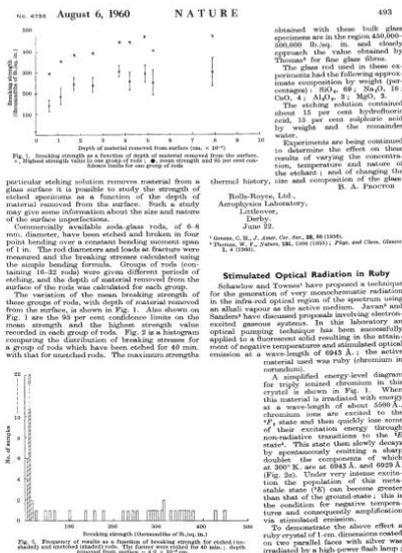


Figura 7 - Artículo de Maiman publicado en la revista Nature.

Un año después del invento de Maiman, Leon Goldman crea el primer laboratorio médico con láser en la Universidad de Cincinnati.

*FUNDAMENTOS*

Figura 8- El láser de rubí de Theodor Maiman.

En 1961, Ali Javan y sus socios W.R. Bennet Jr. y D.R. Herriot, trabajando en la Bell Telephone Laboratories, consiguieron una emisión láser de forma continua al excitar una mezcla de gases Helio-Neón mediante un campo de alta frecuencia. Posteriormente, se han conseguido una gran variedad de sistemas de emisión láser tanto en función de sus componentes (medio activo, sistema de bombeo, etc.) como en función de las características de la radiación emitida<sup>61</sup>.

Los láseres se han empleado en Medicina prácticamente desde sus comienzos. La primera cirugía con láser se realizó en el Hospital Presbiteriano de Nueva York en 1961 y consistió en la retirada de un pequeño tumor de retina que impedía la visión. En 1962 se desarrolla el primer láser semiconductor y más tarde, en 1965, Sinclair y Knoll tras algunas modificaciones adaptan este tipo de radiación láser a la práctica terapéutica. El desarrollo de la tecnología láser ha supuesto un gran avance en el área médica posibilitando grandes cambios en los procedimientos terapéuticos, reduciendo los tiempos quirúrgicos y mejorando el post-operatorio de los pacientes<sup>62</sup>.

## FUNDAMENTOS

En los últimos años hemos asistido a la irrupción del láser en el ámbito de la Odontología. El láser no es, sin embargo, nuevo en este campo; de hecho la Odontología no se ha mantenido ajena a los avances de la tecnología láser ya que los primeros estudios “in vitro” datan de la década de los años sesenta, pero no es hasta los inicios de los años ochenta cuando se empieza a utilizar el láser en la práctica clínica odontológica<sup>63</sup>.

Desde la fabricación del primer láser de rubí en 1960 por Theodore Maiman, la Odontología intentó aplicar dicho avance tecnológico en su área de conocimiento. De hecho la primera aplicación del láser de rubí en un diente “in vivo” fue realizada por el dermatólogo Leon Goldman en 1965. Goldman, habituado al uso del láser en dermatología, utilizó el láser de rubí en un diente de su hermano odontólogo relatando éste que tras el acto operatorio el paciente no había sentido dolor, ni durante, ni después de la irradiación con el láser<sup>64</sup>.

En 1964, año en que se comienza a utilizar el primer láser de uso médico, el *Journal of Dental Research* publica un artículo sobre el efecto del láser sobre el esmalte y la dentina dental<sup>65</sup>. Al año siguiente, Sognnaes y Stern continuaron sus trabajos de investigación sobre la utilización del láser en Odontología vaporizando lesiones cariosas con láser de rubí. En sus estudios se pudo observar la mayor resistencia a la disolución por ácidos del esmalte en los dientes que habían sido tratados con láser<sup>66,67</sup>.

Las investigaciones sobre el uso del láser en el área de conocimiento de la Odontología se fueron sucediendo hasta que en 1988 se celebró el 1º Congreso de Láser en Odontología en Tokyo (Japón) presidido por el profesor Hajime Yamamoto y se fundó la ISLD (International Society of Laser Dentistry)<sup>68</sup> que en la actualidad se denomina World Federation of Laser Dentistry (WFLD). Sin embargo no es hasta mayo de 1990, cuando se inicia realmente la aplicación clínica del láser en Odontología al autorizar la FDA (Food and Drug Administration) un láser pulsado de Nd:YAG (Neodimio: Itrio-

## FUNDAMENTOS

Aluminio-Granate) para cirugía intraoral en tejidos blandos. Desarrollado por Myers y Myers, es reconocido como el primer láser diseñado específicamente para su uso odontológico<sup>69</sup>.

Actualmente los avances técnicos y científicos se suceden rápidamente, se investigan nuevos tipos de láseres con propiedades y aplicaciones distintas de las que utilizamos, pudiendo ampliar su gama de indicaciones y aplicaciones terapéuticas posibles<sup>70</sup>. La tecnología láser es un campo tan dinámico que lo que era un adelanto de laboratorio hace uno o dos años puede haberse convertido ahora, en un producto comercial de uso clínico habitual. Los láseres de CO<sub>2</sub>; Nd:YAG; Er:YAG; Ho:YAG; Er,Cr:YSGG y los láseres de diodo están hoy disponibles para su aplicación en las distintas especialidades odontológicas y existen láseres adecuados para cada tipo de tratamiento dentario (blanqueamiento dental, desbridamiento sulcular, raspaje y alisado radicular, preparación de cavidades, ablación selectiva de caries, cirugía de tejidos blandos, apicectomías, implantología...) <sup>68-71</sup>.

### 2.2.2. Principios físicos del láser.

#### 2.2.2.1. Generalidades.

La luz se puede describir considerando un doble modelo: el ondulatorio y el corpuscular, manifestándose preferentemente en uno u otro según el fenómeno que se experimente. La luz (LÁSER) es una forma de energía electromagnética, que al igual que otras formas de energía -ondas de radio, microondas, rayos X, rayos Gamma, etc.- se transmite mediante ondas. En estas ondas se pueden definir tres propiedades básicas: la amplitud, la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia.

1- La amplitud de una onda se define como la distancia máxima que existe entre una cresta y el fondo de una misma onda. Es la medida de la cantidad de energía que tiene una determinada onda; cuanto mayor sea la amplitud

*FUNDAMENTOS*

mayor es la cantidad de energía que puede realizar un trabajo útil. La energía se mide en julios.

2- La longitud de onda ( $\lambda$ ) es la distancia comprendida entre dos puntos cualquiera equivalentes de una onda. Se mide en metros o en sus unidades menores como son las micras ( $\mu$ ) ( $10^{-6}$  m) los nanómetros (nm) ( $10^{-9}$  m)

3- La frecuencia (f) se define como el número completo de longitudes de onda que pasan durante un segundo (Figura 9). Se mide en ciclos por segundo y su unidad es el hercio (Hz) -1Hz equivale a un 1ciclo por segundo-

Todas las ondas electromagnéticas se transmiten en el vacío a la misma velocidad. Esta velocidad (c) es igual al producto de la frecuencia (f) por la longitud de onda ( $\lambda$ ), c es constante en el vacío siendo igual a 300.000Km/seg.

$$c = \text{Longitud de onda } (\lambda) \times \text{Frecuencia } (f) = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

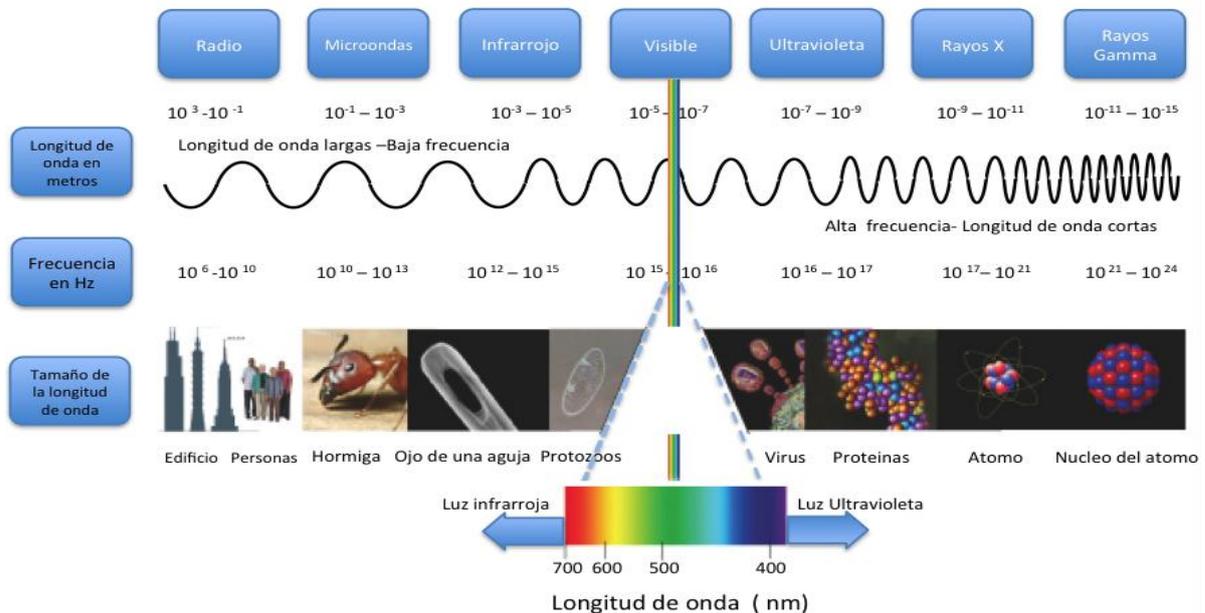


Figura 9 - Espectro electromagnético con sus frecuencias y longitudes de onda.

## FUNDAMENTOS

Las ondas lumínicas producidas por el láser son una forma específica de energía electromagnética. El espectro electromagnético abarca desde los rayos X, cuya longitud de onda es de aproximadamente  $10^{-12}$ m a las ondas de radio, cuyas longitudes de onda pueden ser de varios miles de metros. Todos los sistemas de láser disponibles para uso odontológico tienen longitudes de onda comprendidas entre  $0,5 \mu\text{m}$  (500 nm) y  $10,6 \mu\text{m}$  (10.600 nm) del espectro electromagnético<sup>72</sup> (Figura 9).

### 2.2.2.2. Componentes del láser

Los aparatos de láser están formados por 4 elementos básicos: un medio activo, una cavidad de resonancia, un sistema de bombeo, y un sistema de transmisión.

- a) Medio activo: es el elemento básico del que está formado el láser y puede ser un sólido, un gas o un líquido. El elemento activo es el que le dará el nombre al láser. Así, por ejemplo, en el láser de Rubí el medio activo es el Rubí, en el láser de  $\text{CO}_2$  el medio activo es un gas – básicamente el dióxido de carbono-, en el de Er:YAG es un cristal (Granate) de Ytrio y Aluminio dopado con Erblio, etc.
- b) Cavidad óptica de resonancia: es donde se aloja el elemento activo y está constituida por una cavidad de resonancia que tiene 2 espejos cóncavos en cada uno de sus extremos. Uno de ellos es totalmente reflectante mientras que el otro sólo lo es en parte. En este segundo espejo existe una zona a través de la cual saldrá el haz de luz láser hacia el sistema de conducción (Figura 10).
- c) Sistema de bombeo: puede ser un generador de descarga eléctrica de alta tensión o de alta frecuencia, un flash lumínico, o también otro láser. Este sistema de bombeo es el que produce la “inversión de la población” de los átomos de la sustancia activa que se halla en el interior de la cavidad de resonancia. Así se obtiene un efecto de cascada ya que todos los fotones

## FUNDAMENTOS

que se producen son de iguales características. Éste es el efecto de amplificación en cascada<sup>62</sup>.

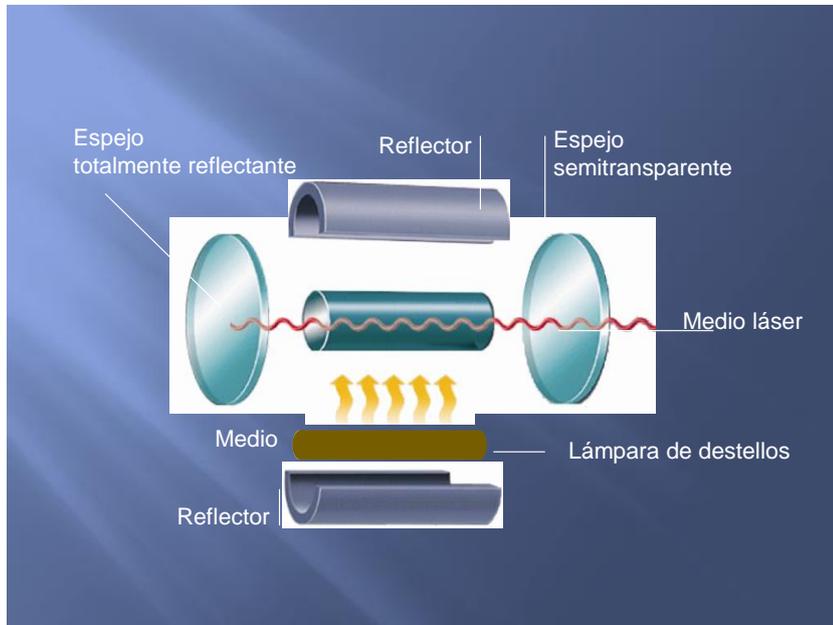


Figura 10 - Cavidad de resonancia con un espejo reflectante y otro semi reflectante. En su interior se encuentra el medio activo.

- d) Sistema de transmisión: es necesario que el haz de luz láser pueda llegar a la zona diana que son los tejidos a tratar. Para ello será necesario disponer de un mecanismo de conducción que será diferente en función del tipo de láser. La fibra óptica de vidrio -y de otras composiciones- así como el brazo articulado hueco con espejos reflectantes son los dos sistemas mayormente utilizados<sup>73</sup>.

### 2.2.2.3. Propiedades de la luz láser

La luz láser tiene unas características que la diferencian de otros tipos de luz. Es monocromática, coherente y colimada.

- Es monocromática porque emite en una sola longitud de onda. (Figura 11).

*FUNDAMENTOS*

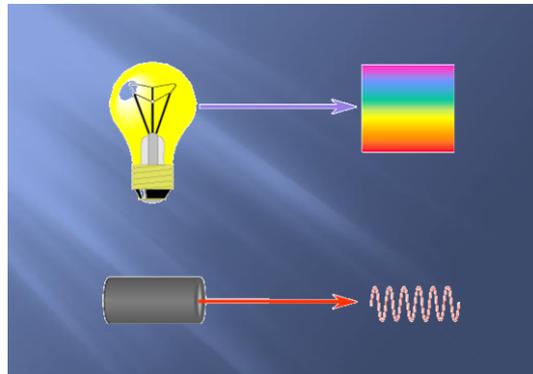


Figura 11 - La luz convencional se descompone en diferentes colores, mientras que en la luz láser sólo existe un único color o longitud de onda.

- Es altamente colimada ya que el haz de láser tiene un mínimo ángulo de divergencia. Se trata pues de una luz altamente direccionalizada (Figura 12). Esta cualidad convierte al láser en un instrumento que aporta una gran cantidad de energía en un área muy reducida.

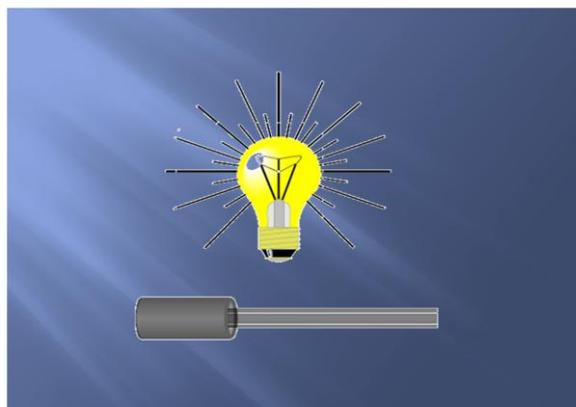


Figura 12- La luz láser es colimada a diferencia de la luz convencional.

- La coherencia es una propiedad exclusiva de los láseres. La luz es coherente porque todas las ondas están en una misma fase (Figura 13).

## FUNDAMENTOS

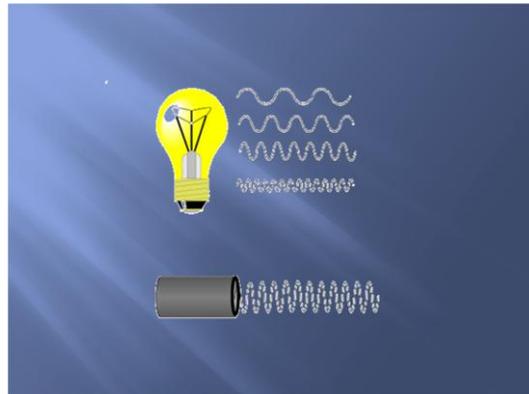


Figura 13 - A diferencia de la luz convencional las ondas de luz láser se mueven en una misma fase a través del tiempo y espacio.

### 2.2.2.4. Tipos de láser

Los láseres se pueden clasificar de diversas maneras; las más habituales los diferencian atendiendo a su medio activo, su espectro de emisión, su potencia de emisión, su densidad de potencia y finalmente según su forma de emisión<sup>74</sup>.

a) Según el medio activo se pueden agrupar en:

- Gases (CO<sub>2</sub>, Argón, Helio-Neón, vapor de Cu, Kriptón).
- Líquidos (colorantes).
- Sólidos (Nd:YAG, Nd:YAP, Er:YAG, Er,Cr:YSGG, Alejandrita, Rubí, KTP).
- Semiconductores o de diodo (AsGa, AsAlGa).

b) Según su espectro de emisión: se clasificarán en función de donde se halle su longitud de onda respecto al espectro electromagnético:

- Infrarrojos (todos los láseres con longitud de onda mayor a 700 nm).

## FUNDAMENTOS

- Visible (todos los láseres con longitud de onda entre 400 y 700 nm).
  - Ultravioletas (todos los láseres con longitudes de onda menores de 400 nm).
- c) En función de la potencia de emisión.
- Alta potencia: son los llamados láseres quirúrgicos; actúan sobre los tejidos por medio del efecto térmico produciendo su ablación. Su uso suele ser prioritariamente quirúrgico y sólo en algunos casos se emplean como terapia no invasiva.
  - Baja potencia: se denominan también láseres terapéuticos y su potencia de salida suele ser en milivatios. Su indicación es exclusivamente terapéutica no invasiva puesto que producen un efecto de bioestimulación tisular.
- d) Atendiendo a su forma de emitir, los láseres se clasifican según que su emisión se haga en modo:
- Continuo (cw).
  - Pulsado: en este caso hay diversos tipos, en función de cómo sean estos pulsos; así existen láseres superpulsados, Q-switched, etc.

### **2.2.3. Interacciones tisulares del láser.**

#### **2.2.3.1. Generalidades.**

La interacción de la luz láser sobre los tejidos, produce una serie de efectos biológicos que están determinados por diferentes factores. Unos están condicionados en función del tipo de láser que se utiliza mientras que otros dependen del tipo de tejido sobre el que se actúa.

## *FUNDAMENTOS*

La longitud de onda, la densidad de potencia y de energía, el tipo de emisión (continuo o pulsado), o bien la duración del pulso, son algunos de los parámetros que determinarán los efectos ocasionados sobre los tejidos irradiados. Otras características que también dependen del láser -como, por ejemplo, si se trabaja en contacto, o no, o bien la distancia focal de trabajo (enfocado o desenfocado) pueden depender del operador que utiliza el láser pero también van a tener una importante repercusión en el efecto que el láser produce sobre los tejidos.

La extensión de los efectos del láser sobre los tejidos vendría determinada básicamente por dos variables<sup>68</sup>:

- a) los parámetros físicos del láser como son la longitud de onda del láser utilizado, y los parámetros de emisión escogidos para cada tipo de intervención.
- b) las propiedades ópticas de cada tejido en particular.

### **2.2.3.2. Parámetros físicos del láser.**

Existen dos tipos diferentes de parámetros físicos del láser:

- Los que no pueden ser modificados por el operador: la longitud de onda, la forma de distribución del haz y el tiempo de emisión de este haz.
- Los que pueden ser modificables por parte del operador: la frecuencia, la potencia, la densidad de potencia y la densidad de energía.

La longitud de onda (Figura 14) es la responsable principal de la interacción láser-tejido y los efectos que se producen son altamente dependientes de ella. La longitud de onda viene determinada por el medio activo del cual está construido el láser y no se puede modificar.

## FUNDAMENTOS

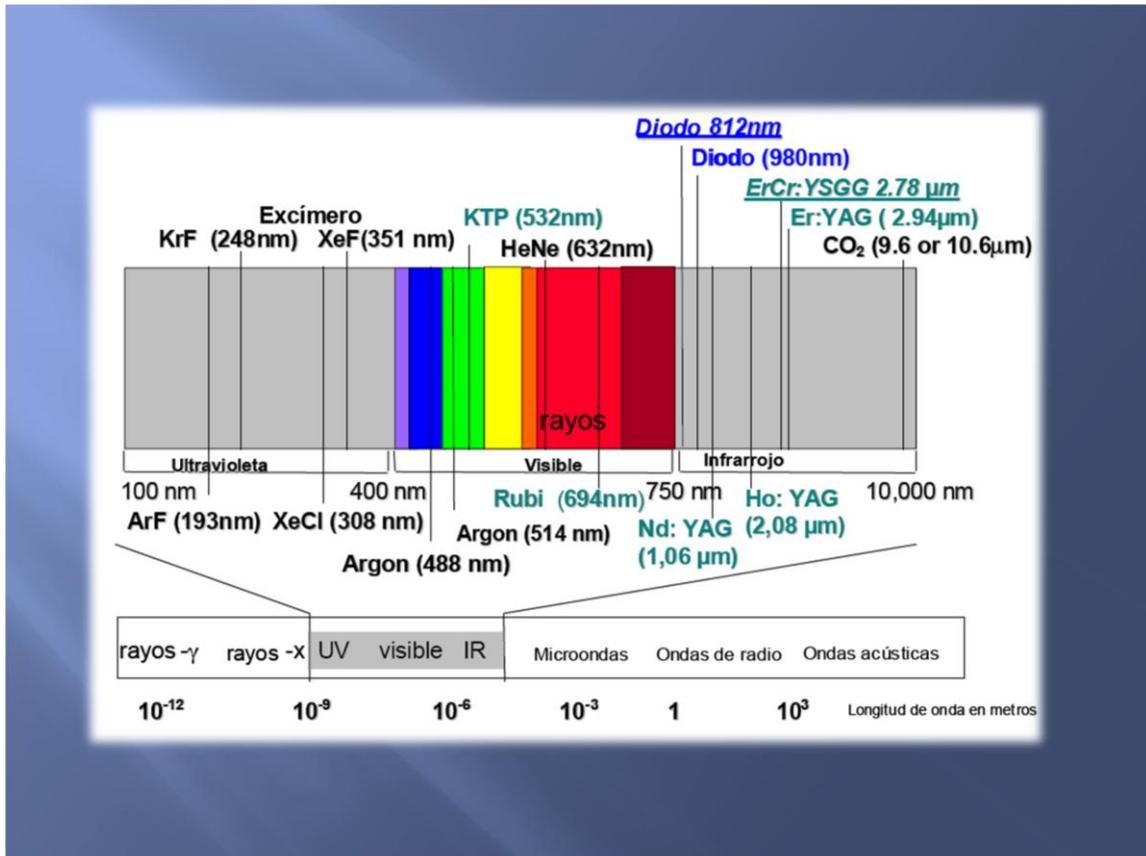


Figura 14 - Longitud de onda de diferentes láseres.

El haz de luz láser, formado por fotones, y que transporta la energía desde la cavidad de resonancia, puede presentar diferentes patrones de distribución de los fotones. La forma más común también llamada "modo fundamental", es aquella en la que el haz presenta una mayor concentración en el punto central (TEM 00).

Esta distribución en el reparto transversal de fotones en el eje de avance del haz es lo que se define como TEM (TEM= Transverse Electromagnetic Mode) (Figura 15).

*FUNDAMENTOS*

Figura 15 - Distribución Gaussiana del haz de láser (TEM 00).

Otra forma muy común de la distribución de la energía es la forma en meseta también llamada TEM multimodo. En función del efecto y la aplicación que se quiera obtener se utilizará una u la otra. En Los casos en que se requiera un efecto de corte nos interesará el TEM 00, mientras que si se quiere obtener un efecto terapéutico la elección será el TEM en meseta<sup>75</sup>.

El tiempo de emisión del haz se refiere a la energía que se libera durante un periodo de tiempo. La distribución temporal de la liberación de la luz láser puede ser básicamente de dos tipos; los láseres que emiten en modo continuo y los láseres que emiten en modo pulsado. (Figura 16)

## FUNDAMENTOS



Figura 16 - Tipos de emisión continuo y pulsado.

Los parámetros modificables:

- a) Frecuencia - es el número de pulsos que se producen en 1 segundo y se mide en hercios (Hz). Así pues un Hz equivale a un pulso por segundo.

De esta forma cuando se mencionan 15 Hz, significa que se producen 15 pulsos por segundo de aplicación del láser. En algunos tratados también se encuentra la abreviación pps (pulsos por segundo).

- b) Energía y Potencia -

La luz emite fotones y cada uno de ellos es una partícula de energía, potencia de emisión se define como la energía emitida en un segundo. Su unidad es el vatio (W) o submúltiplos del mismo (mW).

$$\text{Potencia} = \text{Energía} / \text{Tiempo}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ julio} / 1 \text{ segundo.}$$

Cuando se irradia con láseres continuos - en los que la emisión de radiación es constante- el dato que se debe especificar siempre es la potencia. En los casos en que la emisión es pulsada se deben tener en cuenta otros conceptos

## FUNDAMENTOS

como son la potencia pico, y la potencia media. En estos casos es mejor especificar la energía que se produce por pulso.

La energía es la potencia aportada en un tiempo determinado su unidad es el julio (J); en los láseres con pulsos muy cortos, donde la cantidad de energía por pulso es muy pequeña, las referencias vienen dadas en milijulios (1J = 1000mJ).

La energía se define como la cantidad de potencia (W) por unidad de tiempo (segundos) y viene dada en Julios (J);

$$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo de aplicación} \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ segundo.}$$

Así, por ejemplo, 10J de energía liberada pueden equivaler a 10 W aplicados durante 1 segundo, pero también pueden equivaler a 1W aplicado durante 10 segundos. En ambos casos la cantidad total de energía liberada será la misma. Sin embargo los efectos biológicos que se producen sobre el tejido diana son totalmente diferentes y son muy dependientes del tiempo de irradiación.

### c) Densidad de potencia y densidad de energía -

Estas medidas son de gran importancia para evaluar el efecto del láser sobre los tejidos sobre los que incide. La densidad de potencia refleja la potencia emitida, es decir la concentración de fotones, por unidad de superficie. Es la relación existente entre la potencia real de salida del emisor láser y la superficie del haz que emite el mismo, no del área total de tratamiento<sup>76</sup>. También se la denomina irradiancia o intensidad.

Se representa por la siguiente fórmula:

$$DP = \text{potencia} / \text{Área del impacto de láser} = W / \text{cm}^2$$

Para poder medir la densidad de potencia es necesario conocer la superficie del haz; ésta se determina por la siguiente fórmula:  $S = \pi \times r^2$ .

## FUNDAMENTOS

De esta forma con un láser que emite 10 W y cuyo diámetro del área del haz sea de 1 cm, la densidad de potencia sería la siguiente:

1 cm de diámetro corresponde a un radio de 0,5 cm, mientras que la constante  $\pi$  es igual a 3,14.

$$DP = 10W / 3,14 \times (0,5)^2 \text{ cm} = 10 / 0,785 = 12,73 \text{ W/cm}^2$$

Si se disminuye el diámetro del haz o spot a 1 mm, la densidad de potencia aumentará de forma muy importante:

$$DP = 10W / 3,14 \times (0,05)^2 \text{ cm} = 10 / 0,00785 = 1273,9 \text{ W/cm}^2$$

La densidad de potencia da el umbral del efecto de la radiación láser indicando que un láser que emite a una misma potencia puede producir diferentes efectos si se varía la superficie irradiada<sup>75</sup>. La densidad de potencia es una buena medida de la rapidez de actuación del efecto láser<sup>77</sup>.

Con la misma potencia se pueden obtener diferentes resultados; ello viene determinado por el cambio de la superficie del haz de irradiación sobre el tejido diana (spot). Esta superficie va a cambiar cuando se varíe la distancia entre el láser y el tejido debido por una parte a la des-focalización del haz y por otra parte a la divergencia del área iluminada.

Se define la distancia focal como aquella distancia que existe entre el láser y el tejido diana con la que se obtiene la menor superficie posible del spot. De esta forma se trabaja en modo focalizado cuando dicha superficie es la menor posible, o de modo desfocalizado cuando se aumenta dicha superficie. El efecto biológico sobre los tejidos también variará si se trabaja en modo focalizado o desfocalizado. Tal como se puede observar en la figura 22 cuando se irradia a distancia focal con un láser de CO<sub>2</sub> se produce un corte del tejido ya que se trabaja a la máxima concentración de potencia por unidad de superficie, mientras que si con la misma potencia se desfocaliza el haz, se logra aumentar el diámetro del spot con lo que se está repartiendo la misma

## FUNDAMENTOS

cantidad de su potencia en una superficie mayor: en este caso el resultado sobre el tejido será vaporización o coagulación.

Por lo tanto a mayor potencia y menor superficie de impacto del láser, es decir a mayor densidad de potencia la profundidad de penetración será mayor, mientras que si se disminuye la potencia o se aumenta el área de impacto se reduce la profundidad de penetración, siempre que se tenga en cuenta la longitud de onda del láser y las características ópticas del tejido. Se debe tener en cuenta que la penetración en profundidad del haz es inversamente proporcional a la absorción. En cambio los efectos térmicos que se producen en profundidad (difusión térmica) están en relación directa con el tiempo de irradiación.

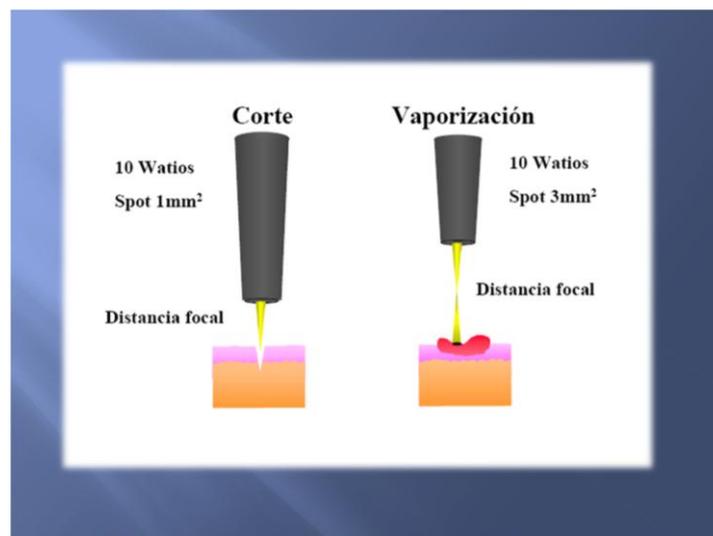


Figura 17 - Efecto de la densidad de potencia. A igual potencia de 10 W va a variar el efecto en función de la superficie irradiada. A distancia focal (diámetro del spot de 1 mm) se produce corte mientras que cuando se desfocaliza (diámetro del spot de 3 mm) se produce una vaporización con menor profundidad y mayor superficie afectada.

La Densidad de energía también llamada Fluencia. Es la relación que existe entre la energía del láser y la superficie donde impacta el haz -no la del área total del tratamiento- por unidad de tiempo expresada en segundos<sup>75</sup>.

## FUNDAMENTOS

Mientras que la densidad de potencia se expresa en vatios /cm<sup>2</sup> la densidad de energía se mide en julios/cm<sup>2</sup>.

Este parámetro indica la dosis a administrar para obtener el efecto deseado y es dependiente tanto de la densidad de potencia como del tiempo de exposición.

Es, por lo tanto, la cantidad total de energía aplicada a una unidad de tejido y reflejaría el volumen total de tejido eliminado por el láser. Se representa por la fórmula siguiente:

$$\text{Fluencia} = \frac{\text{Energía (J)}}{\text{Superficie (cm}^2\text{)}} = \frac{\text{Potencia (W) x Tiempo (seg.)}}{\text{Superficie (cm}^2\text{)}}$$

Es muy importante comprender que con una misma densidad de energía se pueden obtener efectos biológicos diferentes, ya que éstos van a depender tanto de la propia densidad de potencia utilizada como del tiempo de aplicación.

Existe otro parámetro que es el SAEF (Spatial average energy fluence) que es la relación existente entre la energía total suministrada por el láser y el área total de tratamiento donde ha sido distribuida la misma. Se mide también en J/cm<sup>2</sup>. Como la unidad utilizada es idéntica a la de la densidad de energía (J/cm<sup>2</sup>) en muchos casos se produce confusión al reflejar este dato SAEF como densidad de energía (DE), especialmente en trabajos con láseres de baja potencia. Debemos discernir ambos términos ya que mientras el SAEF está relacionado con el área de tratamiento, la DE está relacionada con el punto de aplicación. Solamente en una situación ambos parámetros serán los mismos: en el caso que la superficie del haz de irradiación y el área total tratada sean idénticas<sup>75</sup>.

## FUNDAMENTOS

### 2.2.3.3. Propiedades ópticas de los tejidos

La energía de un láser interacciona con el tejido diana de cuatro formas distintas, dependiendo de las propiedades ópticas del tejido y de la longitud de onda utilizada<sup>76</sup> (Figura 18).

La primera interacción es la reflexión. Una porción del rayo incidente puede reflejarse en la superficie sin penetración o interacción de la energía lumínica sobre el tejido, lo que carece de efecto sobre el tejido diana.

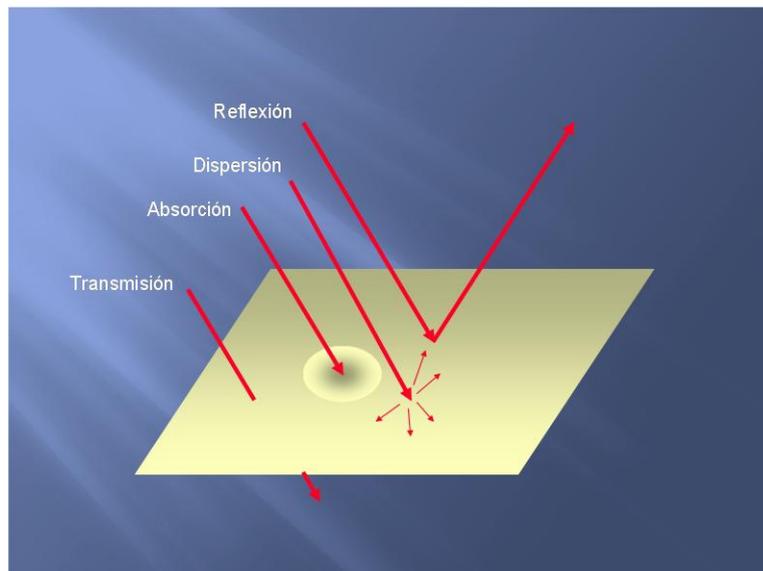


Figura 18 - Propiedades ópticas de los tejidos. Reflexión, Dispersión, Absorción y Transmisión

La segunda interacción es la absorción de la energía láser por el tejido diana previsto. Depende de las características tisulares, como la pigmentación y el contenido acuoso, y de la longitud de onda del láser y el modo de emisión. Es la interacción más importante desde el punto de vista del efecto de la radiación sobre los tejidos. La luz sólo produce efectos en los tejidos cuando es absorbida. Los diferentes efectos que se pueden producir en los tejidos dependerán de los siguientes factores, características y parámetros: longitud

## FUNDAMENTOS

de onda, tiempo de emisión, densidad de potencia y densidad de energía. Cada longitud de onda tiene diferentes coeficientes de absorción en función de la materia con la que interacciona. Las gráficas de absorción (Figura 19) son fundamentales para poder entender los efectos del láser en función de cómo es absorbido por los diferentes tejidos o materiales.

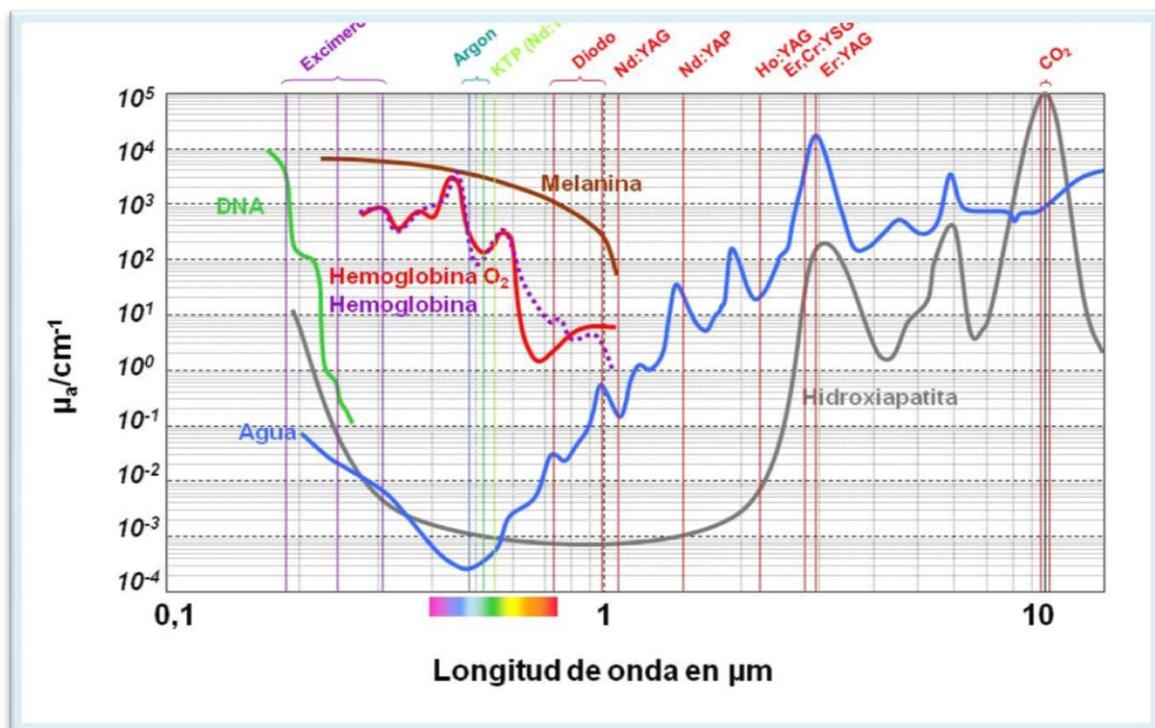


Figura 19 – Coeficientes de absorción de las diferentes longitudes de onda respecto al agua, hidroxiapatita, hemoglobina, melanina.

La tercera interacción es la transmisión de la energía láser directamente a través del tejido, sin ningún efecto sobre el tejido diana. Esta interacción también depende en gran medida de la longitud de onda del láser.

La cuarta interacción es la dispersión de la luz láser. La luz remanente puede penetrar el tejido y dispersarse sin producir un efecto notable sobre el tejido. La dispersión de la luz de láser podría transferir calor a los tejidos

## FUNDAMENTOS

adyacentes a la zona de aplicación con aparición de algún tipo de lesión térmica no deseada<sup>78</sup>.

### 2.2.3.4 Efectos biológicos de la luz láser

Cuando la energía del haz de láser es absorbida por un tejido se producen cuatro tipos de interacciones: interacciones fotoquímicas, interacciones fototérmicas, interacciones fotomecánicas, interacciones fotoeléctricas o fotoionizantes.

- Las interacciones fotoquímicas, incluyen la foto-estimulación que conlleva la estimulación de los tejidos interviniendo en los procesos moleculares de cicatrización y reparación que ocurren normalmente en los tejidos. Distinguimos la “terapia fotodinámica” que induce reacciones tisulares para el tratamiento de determinadas condiciones patológicas; y la “remisión fosforescente” o “fluorescencia tisular”, la cual puede ser usada como un método diagnóstico para detectar sustancias reactivas a la luz en los tejidos.
- Las interacciones fototérmicas se manifiestan clínicamente como la “fotoablación” o eliminación de tejidos mediante la vaporización, sobrecalentamiento de fluidos tisulares, coagulación y hemostasis, y fotopirólisis<sup>78</sup>. (tabla I).
- Las interacciones fotomecánicas, inducen la “fotodisociación” que permite la separación de estructuras mediante la luz del láser; y la “fotoacústica” que permite la eliminación de tejidos mediante la generación de ondas de choque.
- Las interacciones fotoeléctricas, incluye la “fotoplasmosis” descrita como la eliminación de tejidos a través de la formación de iones cargados eléctricamente y partículas que existen en estado semi-gaseoso, estado de alta energía.

## FUNDAMENTOS

-

Temperatura	Efecto en los tejidos
42-45 °C	Hipertermia
> 65 °C	Desecación, desnaturalización de proteínas y coagulación .
70-90 °C	Coagulación y fusión tisular
100 °C	Vaporización
> 100 °C	Carbonización

Tabla I - Efecto fototérmico: Temperatura y efecto tisular que se produce

### 2.2.4. El laser de baja potencia (LLLT). Low Level Laser Therapy.

#### 2.2.4.1. Generalidades

Los láseres de baja densidad de potencia o también llamados LLLT o láseres terapéuticos se encuentran típicamente en la parte del rojo visible a la del infrarrojo (IR) casi invisible del espectro electromagnético, de 630 a 980 nanómetros (nm) y su potencia oscila típicamente entre 50 y 500 milivatios (mW).

Los láseres terapéuticos por lo general suelen ser láseres de diodos de aunque en el inicio del LLLT el láser de Helio-Neón (láser de gas que emite a 632.8 nm) fue uno de los primeros en ser utilizado para este tipo de tratamientos. Habitualmente a los láseres de diodos de baja potencia, se les denomina en función del medio activo del que están contruidos y siempre deben llevar a su lado la longitud de onda en la cual emiten.

## FUNDAMENTOS

Los primeros estudios sobre LLLT se realizaron a finales de los años 60 en Budapest por Mester<sup>79</sup> los cuales permitieron demostrar en ratones la eficacia de este tipo de láser en la curación de heridas. Más tarde los mismos autores aplicaron el LLLT en pacientes con heridas abiertas donde las terapias convencionales habían fallado con una tasa de éxito cercano al 85%<sup>80</sup>. Este tipo de tratamientos no tuvo una gran difusión a nivel mundial, debido a que los estudios fueron publicados en revistas de la zona del Este de Europa y éstos no tenían demasiada repercusión fuera de su área de influencia. Durante estas décadas la investigación sobre los láseres de baja potencia se concentró en el Este de Europa, Unión Soviética y China.

Fue a partir de los años 1980 y con la apertura al exterior de los países del Este, que los diodos se hacen más populares debido a que se pueden fabricar unidades de pequeño tamaño y con un reducido coste económico. Ello hace que el LLLT gane una mayor aceptación tanto en Europa, Asia, Sud-América y Australia.

Los diodos más habituales que se utilizan en LLLT son los:

- de Arseniuro de Galio (GaAs) de 904 nm.
- De Arseniuro de Galio y Aluminio (GaAlAs) cuya longitud de onda puede oscilar entre los 780–890 nm.
- Indio Galio Aluminio Fosforo (InGaAlP) de longitud de onda entre los 630-700 nm, y que en la actualidad es una buena alternativa a los láseres de Helio-Neón.

A diferencia de los láseres de alta potencia en los cuales la interacción con los tejidos se produce por la transformación de la energía lumínica en energía térmica, en estos láseres de LLLT la energía se transforma en fotobioquímica sin que haya un efecto térmico de por medio.

## FUNDAMENTOS

Los efectos que pueden producir estos láseres se consiguen gracias a la estimulación celular y a los mediadores bioquímicos. Tanto en medicina como en odontología, el láser de diodo se ha utilizado principalmente para aplicaciones como la terapia láser de baja intensidad (LLLT) o "bioestimulación". Sin embargo, existe aún controversia en torno a la eficacia de algunos de estos procedimientos<sup>76</sup>.

De todas formas se han sugerido una serie de aplicaciones para la LLLT que incluyen: la aceleración de la cicatrización de heridas, la remodelación y reparación del hueso, restauración de la función neuronal normal después de una lesión, la normalización de la función hormonal anormal, la atenuación del dolor, la estimulación de la liberación de endorfinas, y la modulación del sistema inmunitario<sup>81</sup>.

### 2.2.4.2 - Mecanismos de acción del LLLT.

La luz láser a bajas densidades de potencia LLLT se ha visto que estimula los procesos biológicos naturales afectando de forma prioritaria las células que tienen disminuido el potencial de oxidación-reducción (redox). El efecto primario se produce cuando la luz es absorbida por la citocromo-c oxidasa, una proteína dentro de la mitocondria. Cuando la célula se estresa (ya sea por enfermedad, lesión o por envejecimiento) la mitocondria produce óxido nítrico (NO). Este competitivamente desplaza el oxígeno de la citocromo-c oxidasa y consecuentemente reduce el ATP (una energía intracelular y extracelular esencial) y causan una sobreproducción de especies reactivas del oxígeno (ROS- reactive oxygen species) causando un estrés oxidativo. Éste es conocido por ser el causante de la inflamación y de la muerte celular, vía transcripción genética del factor NF-Kb. LLLT en la correcta longitud de onda y densidad de energía, separa el óxido nítrico y permite la llegada de oxígeno, por eso se restaura la formación de ATP y se reduce el estrés oxidativo.<sup>76</sup>.

## FUNDAMENTOS

El efecto más característico es el aumento de adenosina trifosfato (ATP), el “combustible” de las células, producido en las mitocondrias. El ATP es el producto final del ciclo de Krebs, en donde la enzima aceptadora de fotones, citocromo-c oxidasa, es inhibida por el óxido nítrico (NO). La luz láser disocia la unión entre el NO y la citocromo-c oxidasa, permitiendo que se reanude la producción de ATP. Este mecanismo básico da comienzo a una cascada de señalización celular, lo que lleva a una optimización de las funciones corporales<sup>82</sup>.

Para poder llevar a cabo estos mecanismos la luz debe ser absorbida por los cromóforos que se encuentran en el interior de la célula, y que son los llamados fotoreceptores.

La teoría más reconocida para la explicación los efectos y mecanismos del los láseres terapéuticos es la teoría fotoquímica. Según ésta, la luz es absorbida por las células básicamente en ciertas moléculas presentes en las mitocondrias y posteriormente se produce una cascada de efectos biológicos. Los fotoreceptores más comúnmente involucrados son las porfirinas endógenas y las enzimas terminales de la cadena respiratoria como el citocromo-c oxidasa, que son las que pueden llegar a incrementar la producción del ATP<sup>80</sup>.

Los efectos de la LLLT han sido estudiados en diferentes tejidos como fibroblastos, células del sistema inmunitario, células epiteliales, osteoblastos, etc...

### 2.2.4.2.1 - Efectos de la LLLT en los fibroblastos.

Los efectos estimulantes de la LLLT en la proliferación de fibroblastos in vitro han sido bien estudiados. A dosis bajas (por ejemplo, 2 J/cm<sup>2</sup>), la LLLT favorece su proliferación, mientras que las dosis altas (por ejemplo, 16 J/cm<sup>2</sup>) son inhibitoras<sup>83</sup>. Existen varios mecanismos por los cuales la LLLT puede estimular la proliferación de los fibroblastos. Se ha demostrado que aumentan la producción del factor básico de crecimiento de fibroblastos (bFGF), un polipéptido multifuncional que produce la proliferación de fibroblastos y su diferenciación. Otro efecto de la LLLT sobre los fibroblastos que puede influir

## FUNDAMENTOS

en el proceso de cicatrización de la herida es la transformación de los fibroblastos en miofibroblastos, que son los responsables de la contracción de la herida<sup>84</sup>.

### 2.2.4.2.2 - Efectos de la LLLT en las células del sistema inmunitario.

Mientras que se ha demostrado que LLLT, aumenta tanto la actividad fagocitaria como la quimiotáctica en los leucocitos in vitro, también se ha evidenciado que puede actuar directamente y de forma selectiva en el sistema inmunológico<sup>85</sup>. En la curación de heridas, la activación de los linfocitos por la LLLT puede hacerlos más sensibles a los mediadores estimulantes presentes en los tejidos lesionados.

### 2.2.4.2.3- Efectos de la LLLT en las células epiteliales.

Un posible mecanismo por el cual la LLLT puede mejorar la cicatrización de la herida en vivo es a través de la estimulación de las células epiteliales. La LLLT aumenta la motilidad de los queratinocitos epidérmicos humanos in vitro y esto podría explicar el hallazgo de que la curación de la herida se acelera en lugares irradiados con láseres de baja potencia<sup>86</sup>.

### 2.2.4.2.4 - Efectos de la LLLT en las células óseas.

La LLLT produce un aumento de la acumulación de calcio y acelera la calcificación in vitro. Aunque la LLLT ejerce resultados positivos en la regeneración ósea, el efecto después de la extracción de dientes en los seres humanos sigue siendo controvertido. Sin embargo existen informes sobre la proliferación de fibroblastos y la formación de aumento acelerado de la matriz ósea<sup>87</sup>.

### 2.2.4.2.5.- Efectos de LLLT en las células nerviosas.

Diferentes estudios han evaluado los mecanismos neurales en los que se basa la inducción del láser para la disminución del dolor. Algunos de ellos han evaluado el incremento de la producción de serotonina y el incremento de la síntesis de  $\beta$ -endorfinas<sup>88</sup>. Otros estudios dan soporte a los mecanismos

## FUNDAMENTOS

inhibitorios que demuestran que el láser de 830nm puede producir una disminución de la velocidad de conducción axonal<sup>89</sup>. Chow et al. demostraron la formación de “varicosidades” en los axones neuronales de diámetro mediano y pequeño tratados con láser de 830nm, produciendo una progresiva y estadísticamente significativa disminución del potencial de membrana mitocondrial conjuntamente con una disminución de la corriente del flujo axonal. Todo este proceso da lugar a la depresión de la respuesta neuronal a los estímulos nociceptivos<sup>90</sup>.

### 2.2.4.3. Dosis.

Una de las dificultades más importantes en la laserterapia es la elección de la dosis correcta para obtener el efecto deseado. Cuando trabajamos con los láseres de baja densidad de potencia (LLLT) debemos tener en cuenta que éstos se rigen por la ley de Arndt-Schulz, Según esta ley existe una “ventana terapéutica”, un rango de densidad de energía en la cual el efecto deseado se puede conseguir. Sin embargo, estímulos demasiado bajos no desencadenan efecto alguno y por otra parte con estímulos demasiado altos se puede inhibir el efecto deseado. La dosis óptima por lo tanto es uno de los grandes retos en los diferentes tratamientos, ya que si no llegamos a una dosis mínima no obtendremos efecto alguno y si nos pasamos de la dosis ideal podemos inhibir en lugar de estimular. En algunos casos los objetivos pueden ser la inhibición del estímulo (como en el caso del dolor en donde lo que se quiere es inhibir las señales de dolor).<sup>80</sup>

La dosis a aplicar es lo que indica la fluencia, o densidad de energía, que se mide en julios por centímetro cuadrado ( $J/cm^2$ ).

Para obtener la densidad de energía primeramente debemos conocer la energía producida; para ello es necesario multiplicar la potencia (vatios o milivatios) del equipo por el tiempo de irradiación (segundos). Así si tenemos un equipo que produce una potencia de 100 mW, irradiamos durante 30 segundos, obtenemos una Energía liberada de 3J

## FUNDAMENTOS

. 100mWx 30 seg. = 3000 milijulios (mJ) o lo que es lo mismo 3 julios (J)

Una vez conocida la energía producida (3J) deberemos conocer el tamaño del área que irradiaremos. Tenemos que medir cual es la superficie de irradiación, y lo mejor para poder volver a reproducir un experimento es utilizar la técnica puntual. Para ello debemos saber cuál es la superficie del “tip” con el cual estamos trabajando. Cuando tenemos por ejemplo una fibra redonda con un diámetro de 1 cm realizaremos los cálculos oportunos para conocer la superficie en cm<sup>2</sup>. En este caso tendremos una superficie de:

$$r^2 \times \pi = 0,5^2 \times 3,1416 = 0,78 \text{ cm}^2 \quad \text{Superficie de irradiación} = 0,78 \text{ cm}^2$$

Para determinar la densidad de Energía o fluencia el cálculo será de

$$3\text{J} / 0,78 \text{ cm}^2 = 3,8\text{J} / \text{cm}^2$$

Existe una relación inversa entre el tamaño del spot (tamaño del área irradiada) y la fluencia. Si disminuimos el tamaño del área irradiada se aumenta la fluencia porque la energía que se emite se reparte sobre un área más pequeña, y por ello aumenta la intensidad local. Dado que la dosis depende en gran medida del tamaño del spot, una sonda de luz delgada creará dosis altas en J/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, esto no significa necesariamente que la energía aplicada al tejido sea alta, sólo que la intensidad de la energía lumínica en el extremo emisor de la sonda delgada es alta.

Otra cosa más compleja es la determinación de la dosis en el tejido diana. Si el tejido a irradiar se halla 1cm por debajo de la superficie, podría haber reflexión, dispersión y absorción de la energía antes de que llegue al tejido a irradiar. Por lo tanto, es necesario considerar la profundidad del punto diana y el tipo de tejido sobre el que estamos irradiando. Los principales absorbentes de estas longitudes de onda son los cromóforos pigmentados, como la hemoglobina de la sangre; por consiguiente, el tejido muy vascularizado

## FUNDAMENTOS

absorbe bien estas longitudes de onda, y el tejido menos vascularizado lo absorbe mal. La mucosa es transparente a estas longitudes de onda de bajo nivel; el hueso es también bastante transparente, mientras que el tejido muscular, con su rica vascularización, no lo es. Otro factor que complica la situación es la presencia y la cantidad de otro cromóforo en el tejido diana, la melanina. Dado que la melanina absorbe muy bien estas longitudes de onda, puede ser absorbida más energía lumínica superficialmente en vez de llegar a alcanzar el tejido más profundo, lo que puede crear calentamiento e incluso dolor local.

Por consiguiente, el empleo de  $J/cm^2$  para describir la dosis real en el tejido diana (donde nosotros queremos que se produzca el efecto de LLLT) puede ser confuso<sup>29,91</sup>.  $J/cm^2$  (dosis, fluencia) indica la intensidad en la superficie del tejido pero no la dosis en la diana subyacente.

Sin embargo no sólo la densidad de energía es importante sino que también se debe de especificar otros parámetros que son de gran importancia como son la potencia y la densidad de potencia<sup>29</sup>. En diferentes estudios se ha podido valorar como con la misma densidad de energía se producen distintos efectos al variar la densidad de potencia utilizada. Así por ejemplo Oron et al.<sup>92</sup> compararon la reducción de la herida en ratas tras irradiar con 2,5, 5 y 20  $mW/cm^2$  con una misma densidad de energía de  $0,3J/cm^2$  y sólo en el grupo que fue tratado a 5  $mW/cm^2$  se obtuvo buenos resultados. Por lo tanto se demuestra que no sólo es importante la densidad de energía sino que también se debe conocer cuál es la densidad de potencia utilizada.

### 2.2.4.4. Aplicaciones clínicas de la LLLT en Odontología

La evaluación de la literatura que describe las aplicaciones clínicas de la LLLT es complicada por las amplias variaciones en la metodología y la dosimetría entre los diferentes estudios. No sólo tienen un rango de longitudes de onda diferentes, sino que los tiempos de exposición y la frecuencia de los tratamientos varían también. La inclusión de los grupos control en los estudios clínicos es un elemento importante, ya que el efecto placebo puede ser

## *FUNDAMENTOS*

transcendental, sobre todo en términos del nivel de dolor experimentado después del tratamiento.

### 1. Efectos de la LLLT en la patología músculo esquelética.

La LLLT se utiliza actualmente en el tratamiento de la artritis reumatoide, el dolor crónico, y la tensión muscular en medicina. La Fisioterapia ha sido un área de utilización particularmente alta de la LLLT<sup>93</sup>.

### 2. La cicatrización de heridas.

Se han reportado resultados positivos en los estudios de los efectos de la LLLT en la cicatrización de la herida intraoral<sup>94,95</sup>. La LLLT se ha demostrado efectiva para acelerar la curación de las heridas de la mucosa oral. También tiene efectos positivos en la curación de las lesiones de la estomatitis aftosa recurrente en los seres humanos<sup>96</sup>. Incluso hay quien afirma que LLLT acelera la cicatrización de los abscesos dento-alveolares, granulomas periapicales, y la gingivitis<sup>97</sup>, pero éstos se basan en estudios que carecen de controles adecuados. Hay trabajos que indican que la LLLT promueve la curación de la mucositis y ulceraciones de la orofaringe en los pacientes sometidos a radioterapia de cáncer de cabeza y cuello<sup>18</sup>.

### 3. Efecto analgésico de la LLLT.

La capacidad de la LLLT de ejercer efectos analgésicos ha sido históricamente una de las principales aplicaciones clínicas de esta técnica. En diversos estudios se ha visto que el láser produce un aumento en la producción de endorfinas y bradikininas. También existe una disminución de la actividad de las fibras C y una modificación del umbral del dolor<sup>98</sup>. El LLLT inhibe un rango de señales nociceptivas enviadas por los nervios periféricos, especialmente las fibras que transmiten impulsos a baja velocidad<sup>99</sup>. Otros estudios apuntan la existencia de un aumento de la liberación de serotonina y acetilcolina a nivel del sistema nervioso central, y de histamina y prostaglandinas a nivel periférico<sup>100</sup>.

## *FUNDAMENTOS*

### 4. La LLLT y la regeneración nerviosa.

El láser de baja potencia posibilita la reducción de la producción de mediadores inflamatorios de la familia del ácido araquidónico de los nervios lesionados y la promoción de la maduración neuronal y de su regeneración después de una lesión nerviosa<sup>101</sup>. En el ámbito quirúrgico, la LLLT ha sido considerada como un método ideal para inducir la regeneración de tejido neuronal dañado y ha demostrado ser eficaz para promover el crecimiento axonal en los nervios lesionados en los sistemas con modelo animal. La aplicación directa de esta técnica a la odontología ha dado resultados positivos en la regeneración del nervio dentario inferior de los tejidos dañados durante cirugía.

### 6. Neuralgia post-herpética y LLLT.

El láser HeNe, utilizado en LLLT, ha mostrado resultados prometedores en el tratamiento de la neuralgia post-herpética, una enfermedad que presenta un problema importante en términos de gestión clínica. Con esta finalidad se realizó un estudio con 36 pacientes que padecían de esta condición. Cada paciente fue irradiado en varios puntos del área del dolor 2 o 3 veces por semana. En el 90% de los casos se encontró una reducción significativa del dolor<sup>102</sup>. Sin embargo, y en contraste con estos resultados positivos, la LLLT utilizando un láser GaAlAs (longitud de onda 904 nm) demostró ser ineficaz en el tratamiento de este tipo de dolor crónico orofacial en un estudio de 40 pacientes a doble ciego<sup>103</sup>.

### 7. Hipersensibilidad dentinaria.

La hipersensibilidad dentinaria (HD) es una de las causas más comunes del dolor dental<sup>104</sup>. La aplicación de la LLLT para la HD se ha estudiado con la aplicación de un láser de baja potencia. La acción del láser se basa, principalmente en los cambios inducidos por la transmisión neuronal en la pulpa dental. La mayoría de los estudios han usado un láser GaAlAs, y han demostrado la desensibilización de la dentina cervical hipersensible, con una eficacia de aproximadamente un 90%<sup>105-107</sup>. En un reciente estudio doble ciego,

## *FUNDAMENTOS*

se evaluó la sensibilidad dentinaria de varios dientes. Se aplicó el láser a intervalos de 1, 2 y 8 semanas. Hubo una reducción significativa en los estímulos térmico y táctil y éstos eran aún más marcados en la segunda semana y la octava sesión.

### 8. La LLLT y el movimiento ortodóncico.

Los efectos de la LLLT para reducir el dolor que acompaña al movimiento ortodóncico de los dientes empieza a mostrar un cierto interés. En un estudio clínico a doble ciego se evaluó la eficacia de la LLLT en el dolor después de aplicar fuerzas ortodóncicas en los dientes<sup>12</sup>. Treinta y nueve pacientes fueron seleccionados para este estudio a los que se les aplicó tres diferentes duraciones de tratamiento de 15, 30 y 60 segundos y un tratamiento con placebo de 30 segundos. El dolor experimentado antes y después de las aplicaciones del láser se cuantificó utilizando una escala analógica visual (VAS). En general, y no siempre con resultados estadísticamente satisfactorios, se observó una cierta mejoría del dolor postortodoncia en aquellos pacientes a los que se les aplicó tratamiento con el láser. La explicación de este efecto podría deberse a que la LLLT induciría a la secreción por parte de los fibroblastos de moléculas pro-inflamatorias como la prostaglandina E2 y la interleukina 1<sup>108</sup>.

### 9. Terapia fotodinámica y LLLT.

Un gran número de estudios in vitro han demostrado la capacidad que tienen diferentes láseres de eliminar bacterias aprovechando la presencia de diferentes tintes o colorantes. El que más se ha utilizado es el azul de toluidina para la destrucción de bacterias como el *Streptococcus mutans* o el *Staphylococcus aureus*. El efecto bactericida producido por esta aplicación láser de baja intensidad ha sido motivo de estudio durante estos últimos años con resultados muy prometedores<sup>109-111</sup>.

*FUNDAMENTOS*

## **3 .HIPÓTESIS**

---



---

## *HIPÓTESIS*

### **3.1 - Hipótesis nula (H0):**

El láser de baja potencia muestra un efecto analgésico similar o inferior en comparación al placebo aplicado en la arcada contralateral.

### **3.2 - Hipótesis alternativa (H1):**

En la arcada donde se aplica, el láser de baja potencia proporciona un efecto analgésico superior respecto al placebo utilizado en la arcada contralateral.

---

*HIPÓTESIS*

## ***4 .OBJETIVOS***

---



---

## *OBJETIVOS*

### **4.1 - Objetivo principal:**

Evaluar la sensación dolorosa que experimentan los pacientes tratados mediante ortodoncia cuando se les ha colocado elásticos de separación entre molares y premolares, con el fin de determinar el grado de eficacia analgésica del láser de baja potencia “LLLT”, en esta faceta, comparándolo con un placebo.

### **4.2 - Objetivos específicos:**

- 1/ Verificar la eficacia analgésica del láser de baja potencia de 830nm aplicado en una hemiarcada del paciente y compararla con el lado contralateral, en la que se utilizará un placebo.
- 2/ Verificar la eficacia analgésica del láser de baja potencia de 660 nm aplicado en una hemiarcada del paciente y compararla con el lado contralateral, en la que se utilizará un placebo.
- 3/ Conocer la evolución del grado de dolor de los pacientes durante los tres días siguientes a la inserción de los elásticos de separación, en cuanto a intensidad y momento de aparición, después de aplicar el láser de baja potencia en una hemiarcada y un placebo en la contralateral.
- 4/ Comparar el efecto analgésico obtenido con los dos láseres de distinta longitud de onda (830 nm y 660 nm) con los parámetros utilizados en este estudio.

---

*OBJETIVOS*

5/ Saber si los pacientes necesitan tomar medicación antiálgica de rescate durante el periodo de setenta y dos horas posterior a la inserción de los elásticos de separación.

## ***4 .MATERIAL Y MÉTODOS***

---



---

## MATERIAL Y MÉTODOS

### **5- Material y Métodos**

#### **5.1- Sujetos:**

El estudio se realizó con dos grupos, cada uno de 20 voluntarios (6 hombres, 14 mujeres), todos mayores de 18 años. Todos ellos cumplieron con los siguientes **“Criterios de inclusión”**:

1. Alumnos de la licenciatura, masters y profesores la Universidad Internacional de Catalunya, con un rango de edad comprendido entre 18 – 40 años y sin necesidad de tratamiento ortodóncico.
2. Que, tras la lectura y las explicaciones pertinentes, firmasen el consentimiento informado.
3. Ausencia de patología dental aguda o crónica.
4. Ausencia de patología gingival o periodontal.
5. No padecer enfermedad sistémica grave (clases de riesgo ASA I y II).
6. No presentar en las arcadas a estudiar un retenedor fijo de ortodoncia.
7. No presentar en las arcadas a estudiar ningún implante o diente temporal anquilosado.
8. Que el paciente no hubiera tomado ningún fármaco con actividad analgésica en las 48 horas previas al estudio.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad Internacional de Catalunya (estudio F-07-APP-10)(estudio ORT - ECL - 2011- 04 - NF). El certificado de aprobación, documento de información del paciente y consentimiento informado, que fueron utilizados, se adjuntan en el Anexo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.2- Láser

La unidad que se utilizó fue un láser de baja potencia de diodos que puede utilizar dos medios activos: uno de Galio-Arsenio-Aluminio (Ga Al As) que emite en el infrarrojo con una longitud de onda de 830nm y otro medio activo de Indio-Galio-Aluminio-Fosforo (In,Ga,Al,P) que emite en el espectro del visible (rojo) con una longitud de onda de 660nm. (Lasotronic MED 200-duo Medical Therapy Lasers) (Lasotronic GmbH, Hengersberg, Alemania). (Figura 20) (Tabla II)

Es un láser que está clasificado como de clase 3B.

Tiene una distancia Nominal de daño ocular (NOHD) de 27cm y un haz de divergencia de 4°-14°.

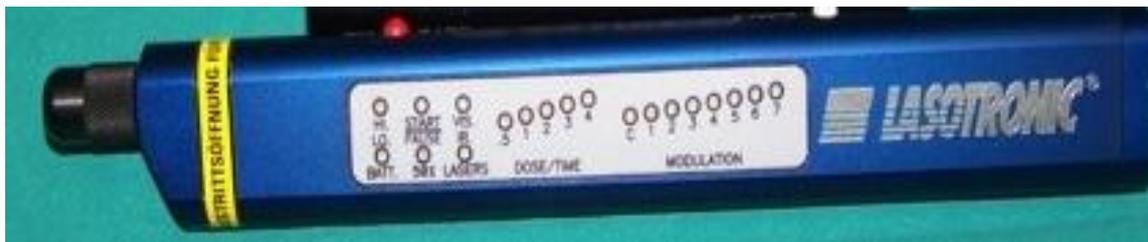


Figura 20 - Unidad de láser (Lasotronic MED 200-duo)

Esta unidad presenta una llave de seguridad en la zona posterior para cumplir la normativa vigente en cuanto a normas de seguridad. Sin la colocación de dicha llave no se puede activar la unidad. (Figura 21)

## MATERIAL Y MÉTODOS



Figura 21 – Llave de seguridad en la zona posterior del láser

El aparato emisor es de tamaño reducido y con un panel central donde se pueden ver los diferentes menús que presenta la unidad. En la parte superior existe un botón (rojo) con el cual se va a encender la unidad y gracias al que vamos a poder cambiar a los distintos menús que se pueden utilizar. Éstos son los siguientes (Figura 20):

1- Menú 1. Da la información sobre la carga de las baterías de la unidad.

2- Menú 2. Indica si trabajamos al 100 % de la potencia del emisor o sólo al 50 % de la potencia.

3- Menú 3. Permite la elección de la longitud de onda. Se puede escoger trabajar con el láser visible (660nm) o con el infrarrojo (830nm) pero también existe la posibilidad de poder emitir conjuntamente con los dos láseres al mismo tiempo.

4- Menú 4. Selecciona la elección de la dosis / tiempo. En este menú se puede escoger 5 posibilidades diferentes cada una de cuales posee un tiempo predeterminado de emisión de la irradiación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

5- Menú 5. Es el menú que posibilita obtener el modo deseado de emisión del láser. El modo continuo se elige con el dial c, mientras que el resto de diales corresponde a diferentes tipos de modos pulsados.

<b>Compañía</b>	<b>Lasotronic (GmbH, Hengersberg, Germany)</b>
<b>Modelo</b>	<b>MED 200 - duo</b>
<b>Medio Activo</b>	<b>GaAIAs – 830nm In,GaAIP – 660 nm</b>
<b>Mecanismo de transmisión</b>	<b>Fibra Óptica</b>

Tabla II - Información del láser

Este láser emite los fotones de luz láser mediante una salida que posee en su parte anterior. Para su uso intraoral utiliza un sistema de transmisión por fibra óptica. Esta fibra óptica tiene una longitud de 10 cm con una zona acodada de aproximadamente 135°. La fibra óptica se inserta en la parte anterior del aparato emisor quedando totalmente ajustada. El diámetro de esta fibra es de 0,7cm. (Figura 22)

## MATERIAL Y MÉTODOS



Figura 22 - Fibra óptica: fibra de vidrio de 0,7cm.

En función del tipo de láser de diodo que se emplee, la potencia máxima de salida es de 30mW para el de 660nm y de 150mW para el de 830nm.

La unidad que se ha empleado es portátil, y por ello tiene como fuente de energía tres baterías de 1,5 voltios, Alcalinas AAA. Durante el estudio se utilizaron baterías nuevas que fueron reemplazadas cuando se detectaba una disminución en la potencia de salida del láser.

### 5.3-Medidor de Potencia. (Power Meter).

Para poder comprobar la potencia real que emite el láser se debe utilizar un potenciómetro. Para ello se empleó el modelo (POW-105, Lasotronic GmbH, Hengersberg, Alemania) (Figura - 23). Con éste se puede evaluar la potencia de salida tanto en el espectro del infrarrojo (longitud de onda de 830nm) como en el espectro del rojo (660nm). El máximo de potencia que detecta dicha unidad es de 500mW. Para su calibración se debe colocar la salida del láser en el sensor (Figura 25) y después de activar el láser de esta forma, al cabo de unos segundos ya se puede comprobar en la pantalla la potencia real de salida.

## MATERIAL Y MÉTODOS



Figura 23 - Potenciómetro (POW-105, Lasotronic GmbH)

### 5.4 – Método:

El estudio se efectuó con un diseño “Split mouth” (a boca partida) en el que el propio paciente es a la vez sujeto y control. En una hemiarcada se aplica el láser y en la contralateral el placebo.

#### 5.4.1. - Colocación de elásticos

A todos los pacientes se les colocaron elásticos de separación de GAC<sup>®</sup> Internacional NY USA (radiopaque separators ref- 34-000-10) de 1mm de grosor, en mesial y distal de los segundos premolares de la arcada superior (Figura - 24).

La colocación en boca de los elásticos de separación fue realizada por un mismo operador (M.A.R) en todos los pacientes.

## *MATERIAL Y MÉTODOS*

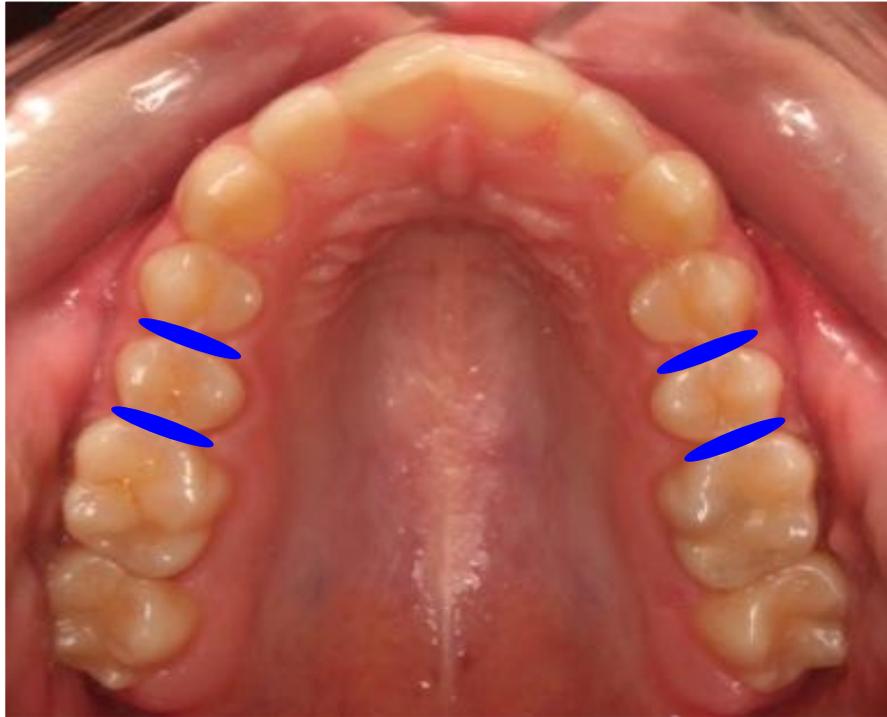


Figura 24 - Elásticos de separación, colocados en una arcada.

Los elásticos se retiraron al cuarto día, después de su inserción.

### **5.4.2. Método de protección**

Durante el tiempo de la irradiación con láser, tanto el paciente como el ortodoncista usaron gafas de protección específicas adecuadas a la longitud de onda del láser utilizado, según los estándares de las normas de seguridad ANSI.

Al paciente además se le colocó un antifaz opaco debajo de las gafas para impedirle la visión. Esto lo llevó también durante la irradiación con la lámpara de polimerización (que se utilizó como placebo) (Figura 25).

## MATERIAL Y MÉTODOS

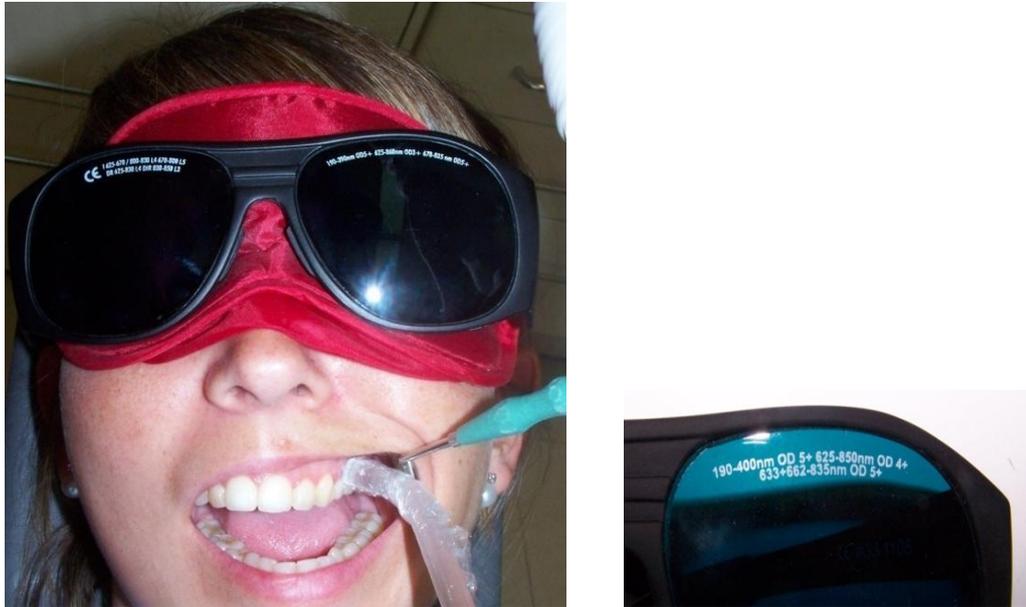


Figura 25 - Gafas de protección específicas, paciente con antifaz. Aplicación intraoral con fibra óptica.

### 5.4.3. Randomización de la muestra.

Aleatoriamente, mediante dos tablas de randomización (obtenidas en internet, de distribución gratuita – <http://www.randomization.com>) se determinaba la hemiarcada del paciente para ser irradiada con el láser, mientras que la contralateral servía para el control. Estas tablas se adjuntan en el Anexo (páginas 185-86).

### 5.4.4 - Aplicación del láser:

En el grupo 1 se ha utilizado el láser con la longitud de onda de 830nm con una potencia de 150 mW, en modo continuo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el grupo 2 se ha utilizado el láser con la longitud de onda de 660 nm con una potencia de 30 mW, en modo continuo.

Para su aplicación intraoral se utilizó una fibra óptica (fibra de vidrio) de 0,7cm de diámetro, a una potencia real de salida de 100mW y a una dosis de 5J/cm<sup>2</sup> por punto para el grupo 1 (Figura 22). Y a una potencia real de salida de 20 mW y a una dosis de 1J/cm<sup>2</sup> por punto para el grupo 2.

Antes de la aplicación del láser a cada paciente, se procedió a la comprobación de la potencia de salida real del láser mediante un potenciómetro (POW-105 Lasotronic GmbH, Hengersberg, Alemania) que nos indica la potencia real emitida por el láser. Esta calibración se realizó a la salida de la fibra óptica comprobándose para la longitud de onda de 830nm una potencia real de salida de 100mW (Figura 26) con lo que tendremos una pérdida aproximada de un 33% de la potencia inicial. Y una potencia real de salida de 20 mW para la longitud de onda de 660nm. Cuando la potencia de salida era menor de los 100 mW, en el caso del grupo 1, o 20 mW en el grupo 2, se procedía al cambio de baterías.



Figura 26 - Comprobación de la potencia real de salida.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Siguiendo las directrices de Jenkins y Carroll se presentan los datos en las tablas II y III para mejorar la estandarización y reproducibilidad del método.<sup>29</sup>

	Valor	Unidad	Método de medida
Longitud de onda	830	nm	
Modo de operación	CW		
Potencia Media	100	mW	POW-105 power meter
Área de irradiación	0.4	cm <sup>2</sup>	
Densidad de potencia	250	mW/cm <sup>2</sup>	
Diámetro del tip	7	mm	Redondo
	Valor	Unidad	Método de medida
Longitud de onda	660	nm	
Modo de operación	CW		
Potencia Media	20	mW	POW-105 power meter
Área de irradiación	0.4	cm <sup>2</sup>	
Densidad de potencia	50	mW/cm <sup>2</sup>	
Diámetro del tip	7	mm	Redondo

Tabla III -. Parámetros de irradiación.

### 5.4.5 Método de aplicación

En todos los pacientes se siguió la misma secuencia: la acción se inició por la hemiarcada derecha (tanto si se irradiaba con el láser como si era el control con placebo). En cada hemiarcada se aplicaba en 3 puntos por la cara vestibular (dos puntos en el tercio cervical, en mesial y distal, y uno en el tercio

### *MATERIAL Y MÉTODOS*

apical) y los mismos 3 puntos en la vertiente palatina (Figura 27). Cada punto se irradió durante 20 segundos.

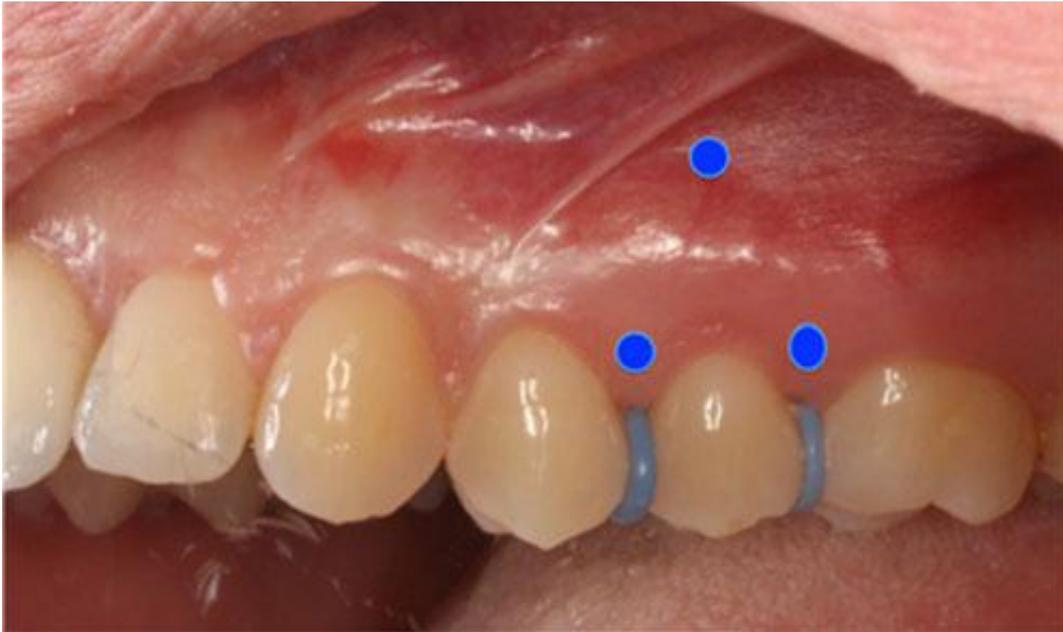


Figura 27 - Puntos de aplicación de láser por cara vestibular.

En la hemiarcada contralateral se repitió el mismo procedimiento pero con un placebo que consistía en aplicar una lámpara de polimerizar, con el mismo diámetro de fibra de 0,7cm) (Figura 28), Dado que el láser emite siempre al inicio una señal acústica, durante la aplicación del placebo también se emitió dicha señal, para reproducir exactamente las mismas condiciones. De esta forma se impedía que el sujeto pudiera distinguir diferencias entre la hemiarcada donde se utilizaba el láser y la hemiarcada donde se le aplicaba el placebo.

Un solo operador (M.A.R) colocó las gomas de separar y efectuó las aplicaciones de láser o del placebo.

*MATERIAL Y MÉTODOS*

Figura 28 - Láser y lámpara de polimerizar. Ambas tienen el mismo calibre terminal de 0,7cm de diámetro y la misma textura con el fin de que el paciente no los pudiera distinguir.

	Valor 830nm	Valor 660nm	Unidad	Notas
Tiempo de exposición	20	20	segundos	
Energía por punto	2	0,4	Julios	
Densidad de Energía por punto	5	1	J/cm <sup>2</sup>	
Energía total liberada	12	2,4	Julios	
Número de puntos irradiados	6	6		3 puntos en vestibular 3 puntos en palatino
Técnica de aplicación				Contacto

Tabla IV - Parámetros de tratamiento (láser de 830 nm y 660 nm).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.5 - Formularios y técnica para el registro de las observaciones:

Para la medición del dolor se utilizó una escala analógica visual VAS horizontal, de 10 cm de longitud (siendo el 0 no dolor, y el 10 el máximo dolor imaginable) para cada una de las hemiarcadas. (Figura 29). El formulario de recogida de datos se adjunta en el Anexo.

<b>Escala Analógica Visual</b>	
Haga una pequeña marca sobre la línea horizontal para indicar la intensidad del dolor siendo 0 “la ausencia de dolor” y 10 el “máximo dolor imaginable”, diferenciando los lados derecho e izquierdo.	
T3 - 6 Horas	
Derecha	
0 _____	10
Izquierda	
0 _____	10
Ha necesitado tomar analgésico de rescate	Si No
Nombre del analgésico y dosis .....	
T4 – 24 Horas	
Derecha	
0 _____	10
Izquierda	
0 _____	10
Ha necesitado tomar analgésico de rescate	Si No
Nombre del analgésico y dosis .....	

Figura 29 - Fragmento de formulario de recogida de datos.

### *MATERIAL Y MÉTODOS*

Una vez instruidos en cómo rellenar el formulario de recogida de datos, los pacientes debían valorar el dolor en los periodos de tiempo que se detallan en la tabla V:

T1	antes colocación separadores	
Colocación	de los elásticos de	separación
T2	5 min post-separadores	Laser/placebo ó aplicación luz
T3	6h post-separadores	
T4	24 h post- separadores	
T5	48 h post- separadores	
T6	72 h post-separadores	

Tabla V - Periodos de tiempo.

Las evaluaciones de T1 y T2 se realizaron en la misma clínica Odontológica siguiendo las recomendaciones del operador, mientras que el resto de anotaciones las realizó el paciente en su propio domicilio.

---

## *MATERIAL Y MÉTODOS*

En el mismo formulario también se preguntó al paciente sobre la necesidad o NO de la toma de analgésicos de rescate, en cada uno de los periodos correspondientes.

El analgésico recomendado fue Paracetamol con una dosis máxima de 500 mgr cada 8 h, en caso de requerirlo

Al cuarto día se retiraron los separadores y se recogieron los cuestionarios.

### **5.6- Análisis estadístico:**

- Se realizó una Estadística Descriptiva de los datos obtenidos.  
Para la recogida de estos datos se utilizó el software Microsoft Excel®.
  
- El tamaño de la muestra - se obtuvo con el programa GRANMO “Calculadora de tamaño muestral”, versión 7.12 Abril 2012. (Software público – IMIM Institut de Recerca Hospital del Mar).  
Para una  $\alpha = 0,05$  y una potencia del 90% en un test bilateral de medidas repetidas, con una desviación estándar de las diferencias de 9 y una diferencia mínima a detectar de 7 se necesita un tamaño muestral de 18 para obtener diferencias estadísticamente significativas.
  
- El estudio estadístico se realizó con el programa Statgraphics® Plus 5.1 efectuándose:
  - test de normalidad de Shapiro-Wilks.
  - test de homogeneidad – test de Bartlett.
  - análisis multifactorial de la varianza (ANOVA) de tres factores: (paciente, láser, tiempo), evaluando la variable dependiente “dolor”.

Se tomó como valor de significación cuando p era igual o inferior a 0,05.

---

*MATERIAL Y MÉTODOS*

## **6 .RESULTADOS**

---



## RESULTADOS

### 6.1- grupo 1 – tratado con láser de 830nm.

#### 6.1.1 – Estadística descriptiva.

En grupo 1 del estudio participaron 20 voluntarios (6 hombres, 14 mujeres) todos ellos mayores de 18 años, con una media de edad 26,4 años, y con un rango final entre 19 – 33,8 años.

Los datos procesados de todos los pacientes en el orden marcado por el programa de randomización se exponen en tabla que se adjunta en el Anexo (página 185). En las tablas de la estadística Descriptiva (páginas 190 -193) se consigna la hemiarcada tratada con láser o con placebo, el grado de dolor manifestado en la escala de VAS expresado en milímetros y los residuales.

En la tabla VI y figura 30 se muestra el resumen estadístico de los datos obtenidos para la variable dependiente “dolor”

<b><u>Resumen Estadístico para</u></b> <b><u>DOLOR mm</u></b>	
<b>Láser SI</b>	<b>Láser NO</b>
Tamaño de muestra = 120	Tamaño de muestra = 120
Media = 7,708	Media = 14,142
Desviación estándar = 11,436	Desviación estándar = 15,956

Tabla VI – Resumen estadístico para dolor.

## RESULTADOS

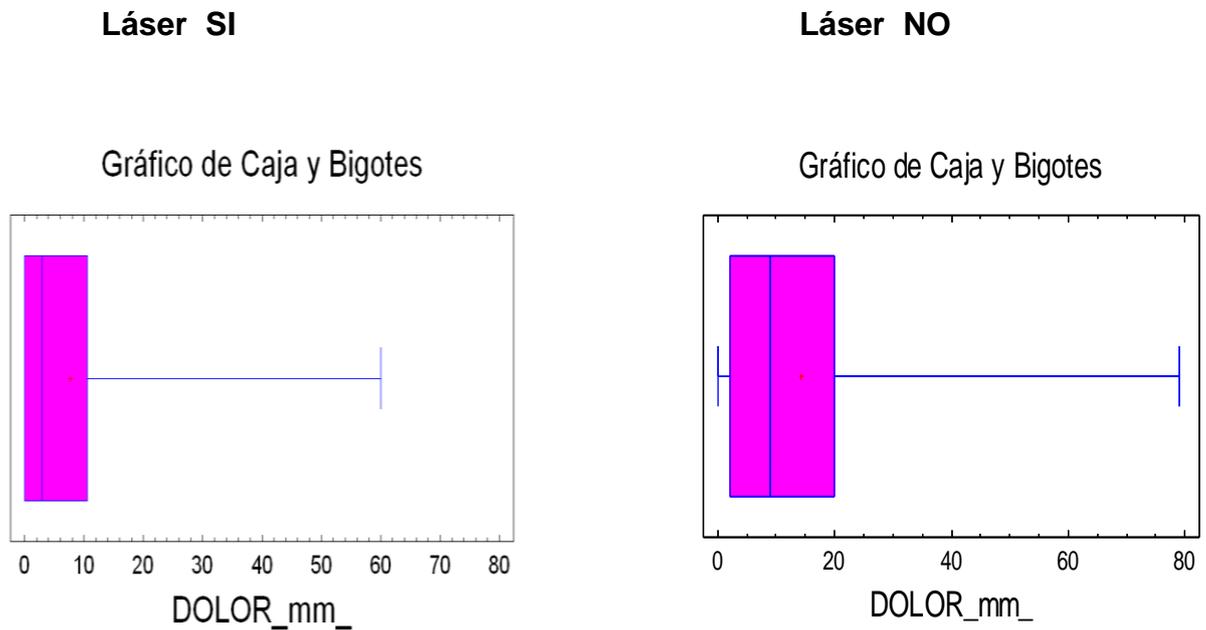


Figura 30 - Diagramas de cajas comparativo del grupo 1.

Los diagramas de cajas (Figura 30) permiten la comparación de las dos hemiarcadas (láser si/ no) y ya muestran diferencias descriptivas entre ellos, con mejores resultados para el grupo de láser en relación al grupo control, aunque faltará hacer un contraste de hipótesis, cosa que haremos más tarde.

También se adjunta en el Anexo la tabla de medias por mínimos cuadrados para el dolor en mm, con un intervalo de confianza del 95% (páginas 180-182).

### 6.1.2 - Prueba de Normalidad

Se comprobó la Normalidad de los valores obtenidos ( Figura 31). Ésta es condición indispensable para aplicar posteriormente el análisis de la varianza (ANOVA).

## RESULTADOS

El Test de Shapiro – Wilks dió un valor de  $p$  de 0,993.

Así pues, puesto que el valor de  $p$  es superior a 0,05, podemos aceptar el ajuste de los residuos a la distribución normal.

Estadístico W de Shapiro - Wilks  $p = 0,993$ .

### Histograma para RESIDUALS

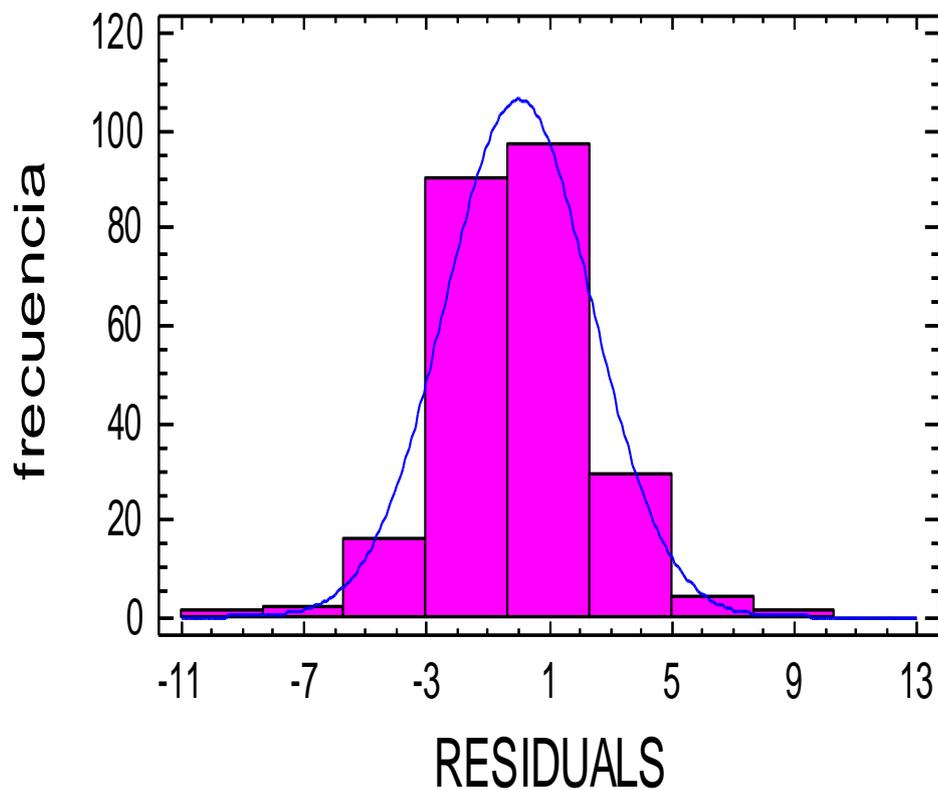


Figura 31 – Histograma de los residuos para la comprobación visual del ajuste a la distribución normal.

## RESULTADOS

Después se efectuó el Test de homogeneidad en concreto el Test de Bartlett por zonas siendo el valor de  $p > 0,05$ .

El test de homogeneidad es también una condición indispensable para poder aplicar un ANOVA. Como el  $p$  – valor es superior a 0,05 aceptamos la igualdad de variación.

### 6.1.3 - Análisis de la varianza

Una vez establecida la Normalidad de los datos, se realizó un análisis multifactorial de la varianza (ANOVA) para una muestra de 20 pacientes, con una distribución por sexos de: 14 mujeres y 6 hombres, en la que se relacionaron los factores: tiempo, láser y paciente. La variable dependiente fue “dolor”

Fuente	Suma de cuadrados	GL Cuadrado	Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Láser	2483,27	1	2483,27	172,28	< 0,0001
B:Tiempo	10339,90	5	2067,98	143,47	< 0,0001
C:Paciente	17601,30	19	926,385	64,27	<0,0001
INTERACCIONES					
AB	1613,98	5	322,797	22,39	<0,0001
AC	854,40	19	44,9684	3,12	0,0001
BC	14084,40	95	148,257	10,29	<0,0001
RESIDUOS	1369,35	95	14,4142		
TOTAL (CORREGIDO)	48346,6	239			

Tabla VII -Análisis de la Varianza para DOLOR-mm - Sumas de Cuadrados de Tipo III

## RESULTADOS

En todos los pacientes este grupo del estudio, en el lado irradiado con láser la sensación de dolor fue menor que en el lado control. La tabla VII nos muestra que los p-valores de las variables láser, tiempo, paciente y de las interacciones de: láser-tiempo, láser-paciente y tiempo-paciente son significativos.

### 6.1.3.1 - Percepción de dolor en el lado experimental vs. lado placebo -

El nivel del dolor fue menor en la hemiarcada donde se aplicó el láser respecto al lado control. Como se muestra en figura 32, la media de dolor mostrado en la escala de VAS en el lado de aplicación de láser (7,71mm) fue significativamente menor que en la hemiarcada control (14,14mm), con un p-valor de 0,0001.

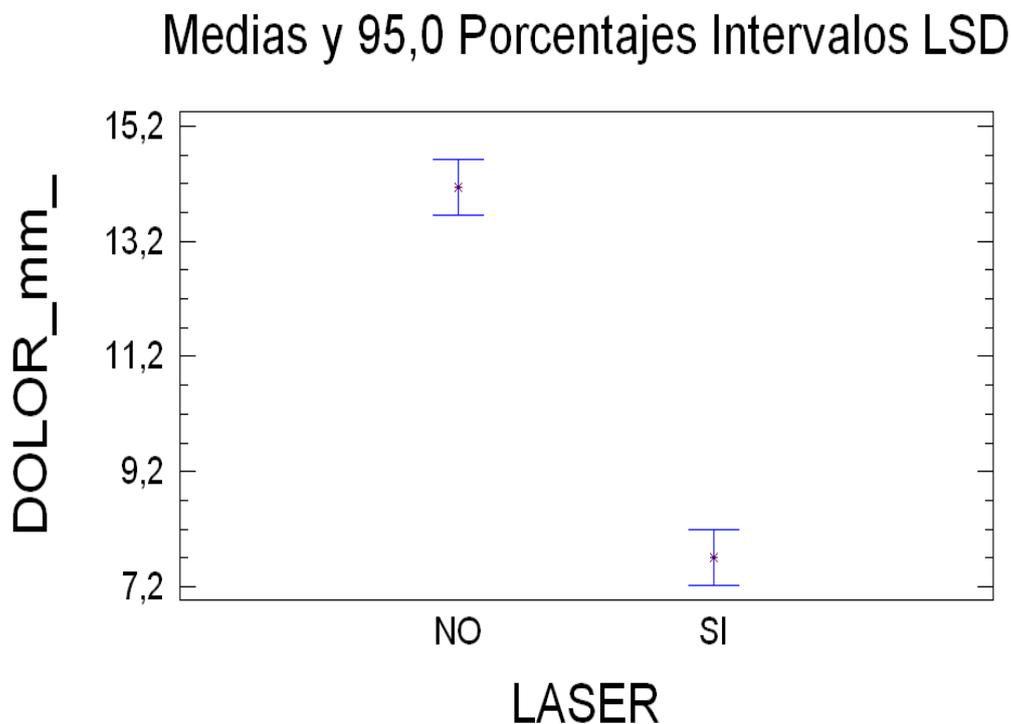


Figura 32 – Interacción dolor – láser. Media total de dolor del lado placebo: 14,142 mm, y media del lado láser: 7,708 mm

## RESULTADOS

En todos los sujetos del estudio del grupo 1 el dolor fue menor en la hemiarcada tratada con láser, si bien en las figuras 33 y 34 se puede apreciar que la percepción del grado de dolor varia ampliamente de un paciente a otro. En algunos pacientes (por ejemplo los números 1, 3, 10...) podríamos hablar de sensación dolorosa o de pequeñas molestias, pero en cambio en otros (como los pacientes 2, 6, 8,...) ya se refiere un cierto grado de dolor o una sensación desagradable. No obstante hay siempre una constante común: en el lado donde se aplicó el láser la sensación de dolor o la molestia experimentada siempre fue menor.

### Gráfico de Interacción

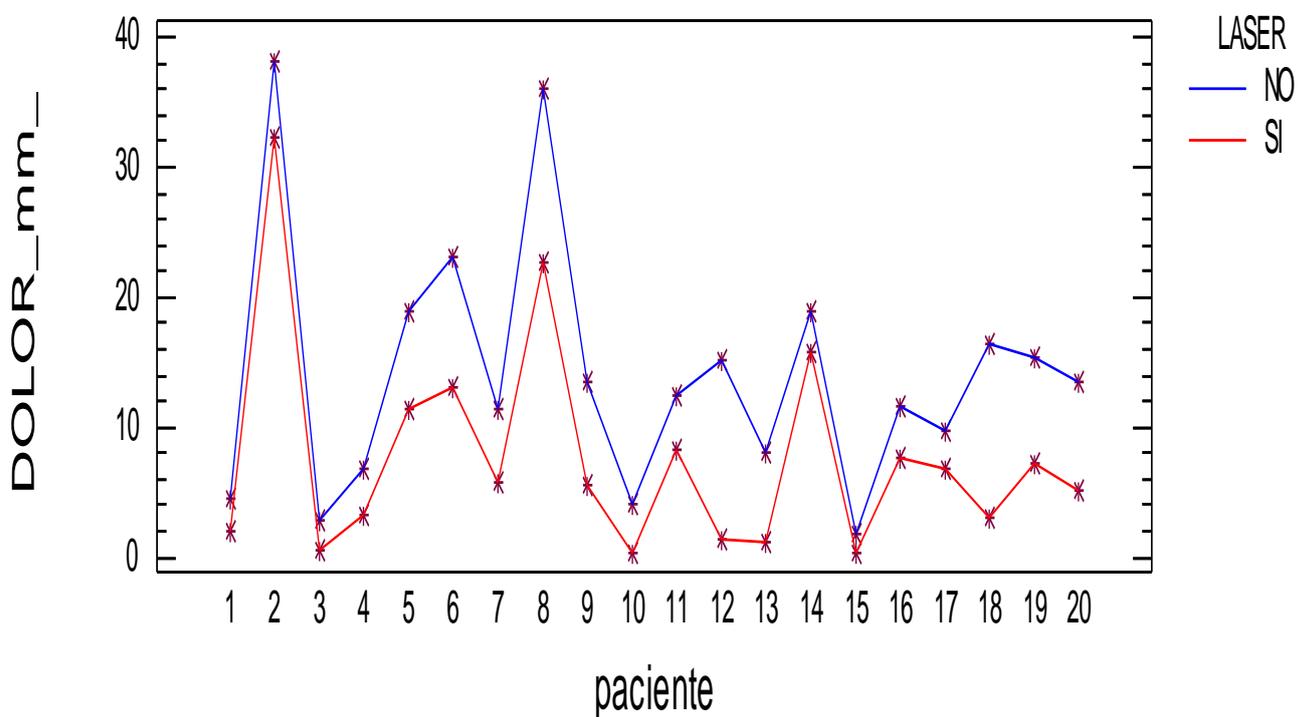


Figura 33 - Interacción dolor – paciente – láser (en el eje de las abscisas: pacientes; en el eje de ordenadas, intensidad de dolor).

## RESULTADOS

En todos los pacientes del estudio el grado de dolor medido en mm fue menor en la hemiarcada irradiada con láser. Pero no en todos se obtiene la misma diferencia. Por esto en el ANOVA detectamos interacción significativa entre paciente y tratamiento o no con láser.

### Gráfico de Cajas y Bigotes

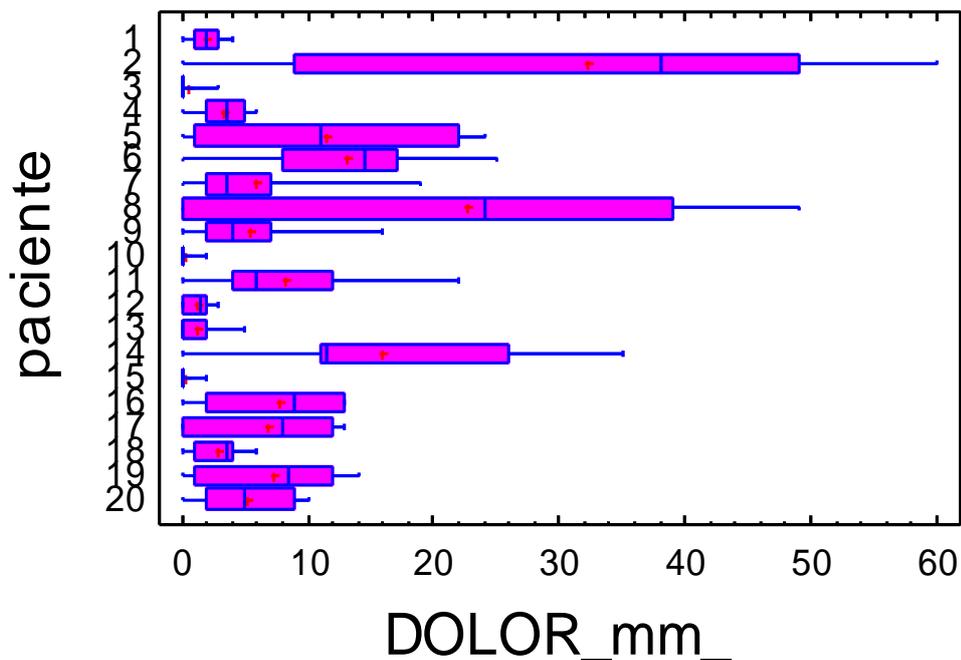


Figura 34 - Gráfico que, mediante diagrama de caja, permite apreciar la variabilidad del dolor experimentado según cada paciente (en el eje de abscisas, intensidad del dolor; en el eje de ordenadas, pacientes del estudio)

## RESULTADOS

### - 6.1.3.2 - Progresión del dolor.

La progresión del dolor para el conjunto de la muestra, en relación con el tiempo que duró el estudio, la podemos observar en las figuras 35 y 36 (medias por tiempo). Concretamente, a los 5 minutos (T2) ya se aprecia un dolor de intensidad leve. El pico máximo de dolor se produce entre las 6 y 24 horas (T3-T4), disminuyendo posteriormente a las 48 y 72 horas (T5 y T6). Estos gráficos nos muestran las medias de dolor, y la curva de evolución del mismo durante las primeras 72 horas.

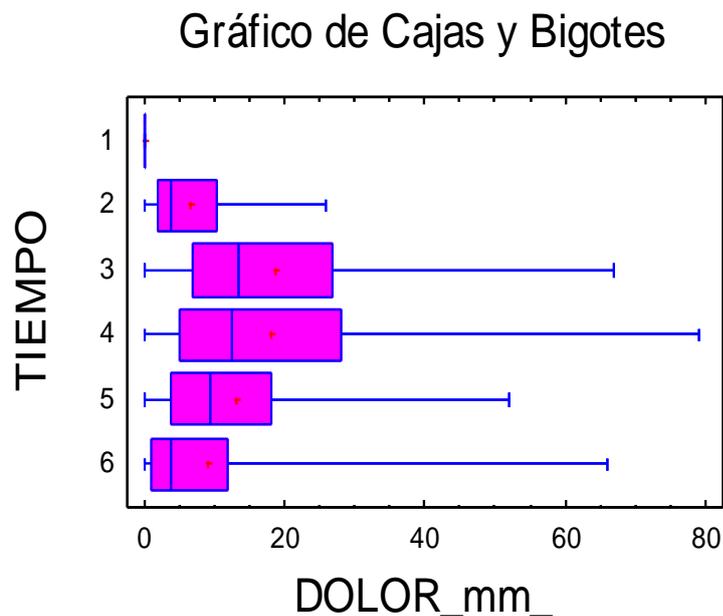


Figura 35 - Progresión general del dolor, para el conjunto de la muestra, medido en milímetros (eje de abscisas) según cada momento de observación (eje de ordenadas)

*RESULTADOS*

## Medias y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

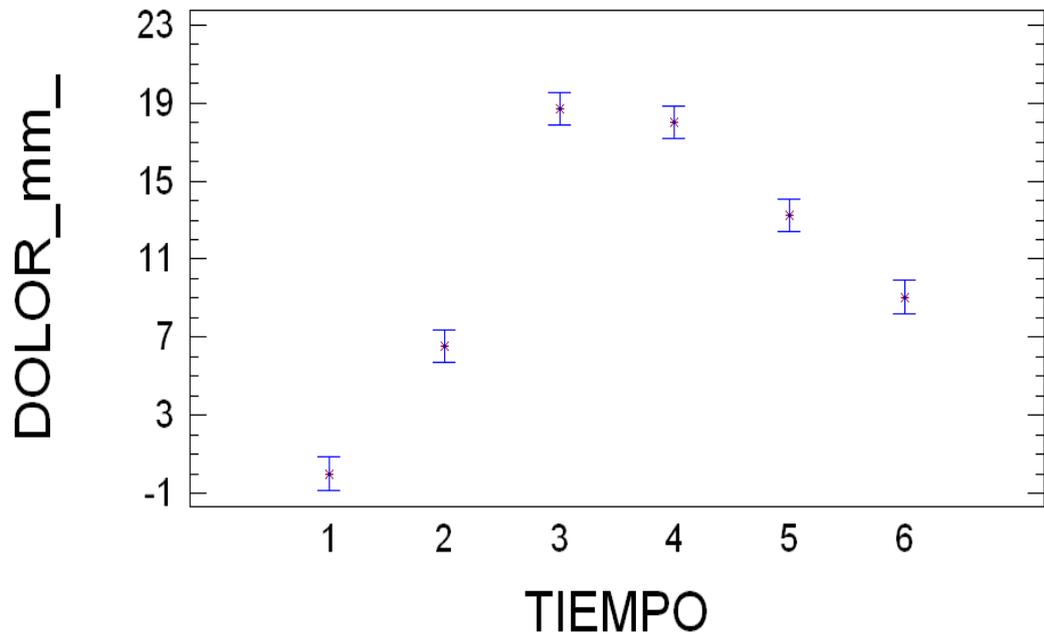
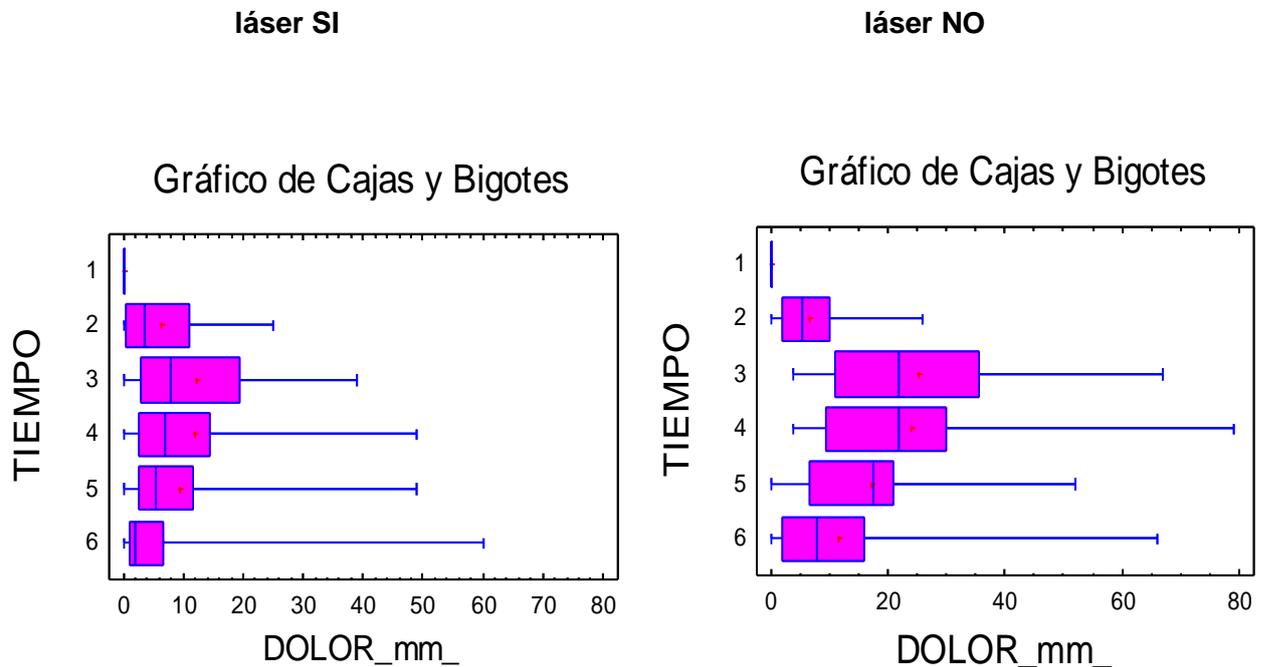


Figura 36 - Medias dolor – tiempo. Evolución de la intensidad del dolor (eje de abscisas), valorado con la media y el intervalo de confianza del 95% (eje de ordenadas), en el conjunto de la muestra.

Los diagramas de cajas 37 y 38 muestran que la curva de la evolución del dolor en el tiempo es similar en la hemiarcada donde se aplicó láser y en la que sirvió de control. Lo que varía es la intensidad del mismo, observándose que el pico de dolor se produce en el momento T-3.

## RESULTADOS



Figuras 37 y 38 - Diagramas de caja en los que se observa la intensidad del dolor (eje de abscisas) según tiempo de evolución (eje de ordenadas). En la figura 37 se considera la hemiarcada en la que se irradió con el láser; en la figura 38 donde se aplicó el placebo.

La interacción dolor- tiempo-láser es altamente significativa, con una  $p$ -valor de 0,0001. Como se aprecia en la figura 39, la hemiarcada en la que se utilizó la luz placebo muestra un valor del dolor superior en todos los tiempos respecto a los que se observan en la hemiarcada irradiada con láser. En los tiempos T- 1 y T-2 los valores son similares. Coincidiendo con el pico de dolor (tiempos T-3 y T-4) observamos la mayor diferencia entre las dos curvas. Después de las 24 horas el dolor empieza a disminuir, siendo muy parecido en el último control (T-6).

## RESULTADOS

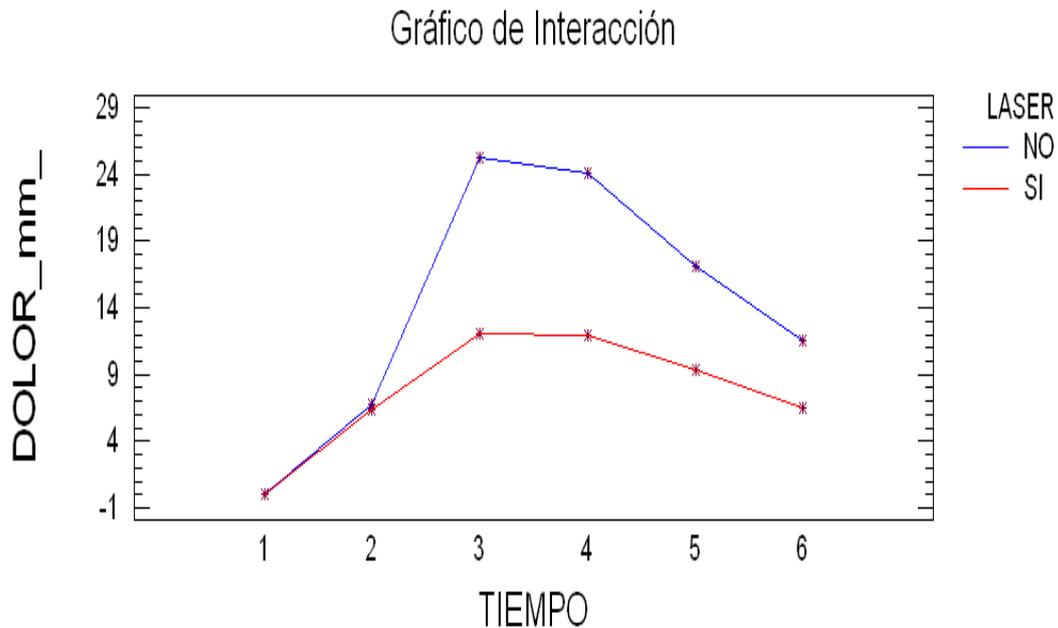


Figura 39 - Interacción dolor – láser – tiempo. En el eje de abscisas, los tiempos corresponden a: T-1: antes de la colocación de gomas (tiempo basal); T- 2: 5 minutos después de la colocación de gomas momento en el que se efectuó la irradiación con láser; T- 3: 6 horas después de T-2; T- 4: 24 horas después de T-2; T- 5: 48 horas después de T-2; T- 6: 72 horas después de T-2. En el eje de ordenadas, intensidad del dolor experimentado.

La figura 40 permite ver la interacción entre dolor – paciente - tiempo. En ella se observa la evolución del dolor de cada paciente en particular (cada uno de ellos representado por un color diferente). En todos ellos la curva de dolor sigue un mismo patrón. Sólo en el paciente nº 2 el dolor se mantiene después de T-3, e incluso aumenta en T-4, T-5 y T-6, mientras que en todos los demás participantes manifiestan una disminución del mismo.

## RESULTADOS

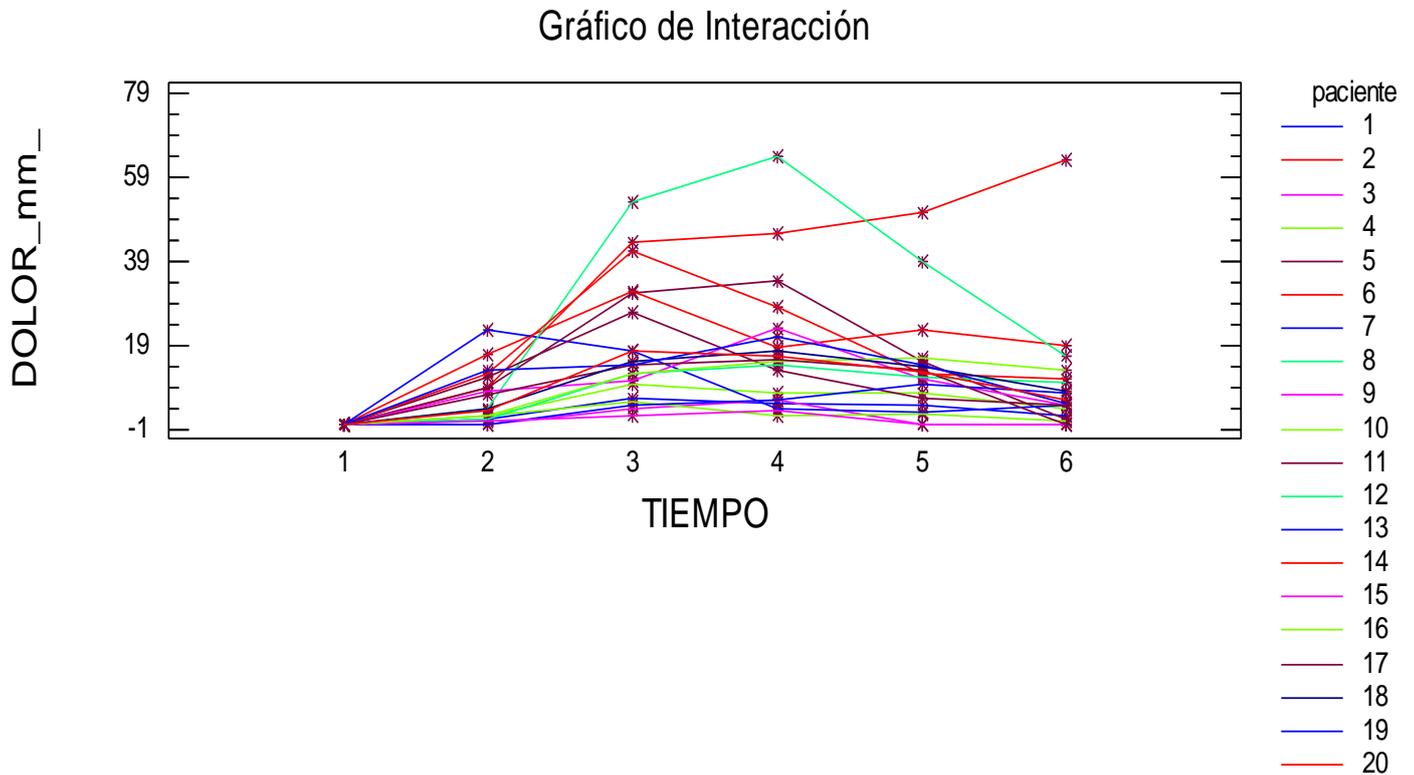


Figura 40 – Curva de dolor individual (eje de ordenadas) por paciente, en relación a los tiempos de exploración (eje de abscisas).

### 6.1.4 - Necesidad de analgésicos.

Ninguno de los 20 voluntarios tuvo que recurrir a la medicación antiálgica de rescate durante los tres días posteriores a la inserción de los elásticos de separación.

## RESULTADOS

### 6.2 – grupo 2 - tratado con láser de 660nm.

#### 6.2.1 – Estadística descriptiva. Grupo Láser de 660nm

En el segundo grupo participaron 20 voluntarios (6 hombres, 14 mujeres) todos ellos mayores de 18 años, con una media de edad 26,8 años, y con un rango final entre 18,7 – 38,1 años.

Los datos procesados de todos los pacientes en el orden marcado por el programa de randomización se exponen en tabla que se adjunta en el Anexo (página 186). En las tablas de la estadística Descriptiva (páginas 197-200) se consigna la hemiarcada tratada con láser o con placebo, el grado de dolor manifestado en la escala de VAS expresado en milímetros y los residuales.

En la tabla VIII y figura 41 se muestra el resumen estadístico de los datos obtenidos para la variable dependiente “dolor”

<b><u>Resumen Estadístico para</u></b> <b><u>DOLOR mm</u></b>	
<b>Láser SI</b>	<b>Láser NO</b>
Tamaño de muestra = 120	Tamaño de muestra = 120
Media = 8,1167	Media = 9,5416
Desviación estándar = 11,272	Desviación estándar = 12,464

Tabla V III – Resumen estadístico para dolor.

## RESULTADOS

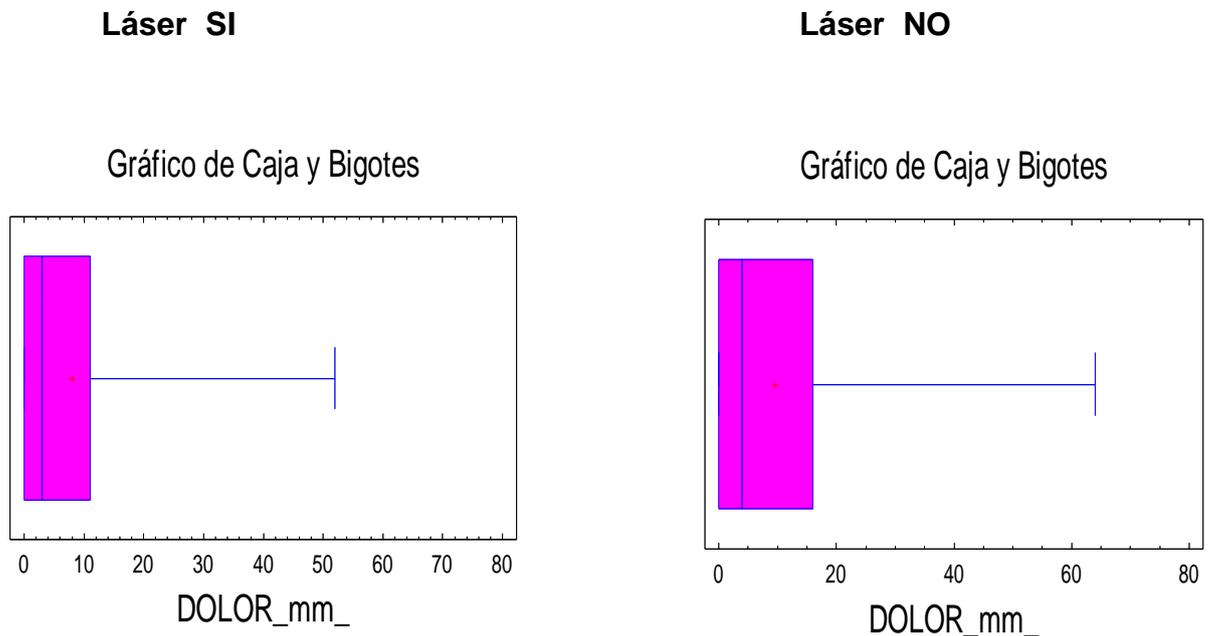


Figura 41 - Diagramas de cajas comparativo del grupo 2

Los diagramas de cajas (Figura 41) permiten la comparación de los dos hemiarcadas y muestran diferencias descriptivas entre ellos, con mejores resultados para el grupo de láser en relación al grupo control, aunque faltará hacer un contraste de hipótesis, cosa que haremos más tarde.

En el Anexo también se adjunta la tabla de medias por mínimos cuadrados para el dolor en mm, con un intervalo de confianza del 95% (páginas 187-189).

### 6.2.2 - Prueba de Normalidad

Se comprobó la Normalidad de los valores obtenidos (Figura 42). Ésta es una condición indispensable para aplicar posteriormente el análisis de la varianza (ANOVA).

## RESULTADOS

El Test de Shapiro – Wilks dió un valor de  $p$  de 0,87.

Así pues, puesto que el valor de  $p$  es superior a 0,05, podemos aceptar el ajuste de los residuos a la distribución normal.

Estadístico W de Shapiro - Wilks  $p = 0,87$ .

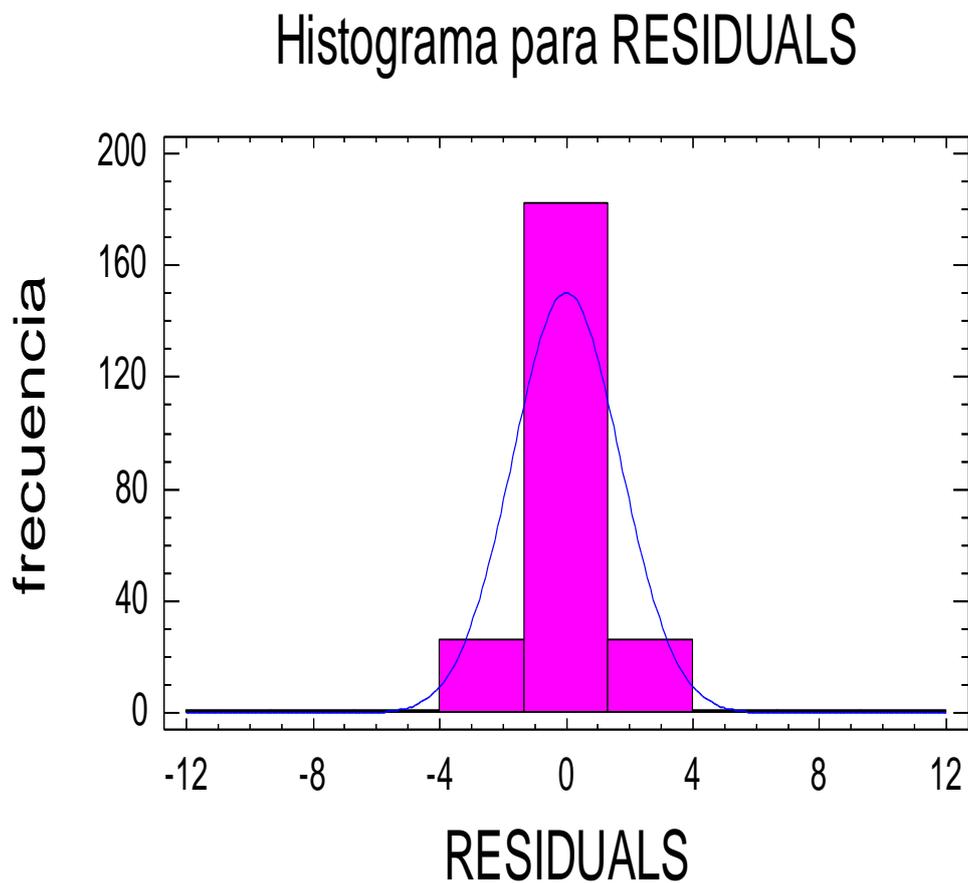


Figura 42 – Histograma de los residuos para la comprobación visual del ajuste a la distribución normal.

## RESULTADOS

Después se efectuó el Test de homogeneidad en concreto el Test de Bartlett por zonas siendo el valor de  $p > 0,05$ .

El test de homogeneidad es también una condición indispensable para poder aplicar un ANOVA. Como el  $p$  – valor es superior a 0,05 aceptamos la igualdad de variación.

### 6.2.3 - Análisis de la varianza

Una vez establecida la Normalidad de los datos, se realizó un análisis multifactorial de la varianza (ANOVA) para una muestra de 20 pacientes, con una distribución por sexos de 14 mujeres y 6 hombres, en la que se relacionaron los factores: tiempo, láser y paciente. La variable dependiente fue “dolor”

Fuente	Suma de cuadrados	GL Cuadrado	Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Láser	121,837	1	121,837	16,73	< 0,0001
B:Tiempo	15794,1	5	3158,81	433,73	< 0,0001
C:Paciente	6791,58	19	357,452	49,08	<0,0001
INTERACCIONES					
AB	84,0375	5	16,8075	2,31	0,0502
AC	354,746	19	18,6708	2,56	0,0014
BC	9891,85	95	104,125	14,30	<0,0001
RESIDUOS	691,879	95	7,28294		
TOTAL(CORREGIDO)	33730,0	239			

Tabla IX -Análisis de la Varianza para DOLOR-mm - Sumas de Cuadrados de Tipo III

## RESULTADOS

En 15 de los pacientes del grupo 2 del estudio, en el lado irradiado con láser la sensación de dolor fue igual o menor que en el lado control. La tabla IX nos muestra que los p-valores de las variables láser, tiempo, paciente y de las interacciones de: láser-paciente y tiempo-paciente son significativos.

La interacción láser-tiempo no es estadísticamente significativa.

### 6.2.3.1 - Percepción de dolor en el lado experimental vs. lado placebo -

El nivel del dolor fue menor en la hemiarcada donde se aplicó el láser respecto al lado control. Como se muestra en figura 43, la media de dolor mostrado en la escala de VAS en el lado de aplicación de láser (8,11 mm) fue significativamente menor que en la hemiarcada control (9,54 mm), con un p-valor de 0,0001.

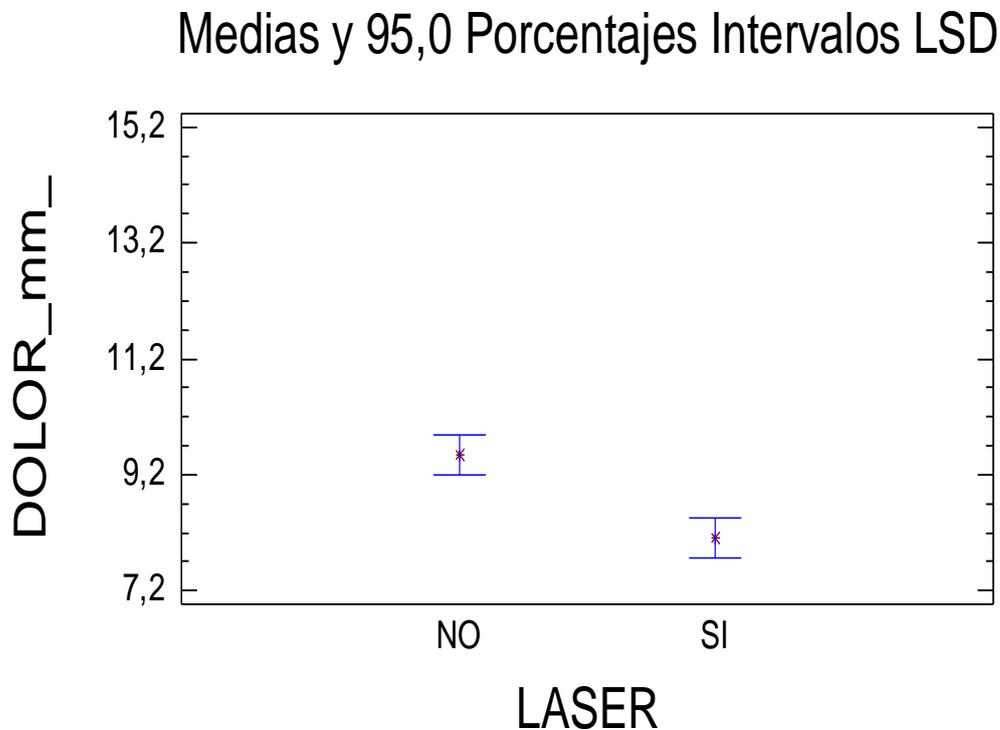


Figura 43 – Interacción dolor – láser. Media total de dolor del lado placebo: 9,541 mm, y media del lado láser: 8,116 mm

## RESULTADOS

En 15 de los sujetos del estudio el dolor fue igual o menor en la hemiarcada tratada con láser, si bien en las figuras 44 y 45 se puede apreciar que la percepción del grado de dolor varia ampliamente de un paciente a otro. En algunos pacientes (por ejemplo los números 1,3,6,10...) podríamos hablar de sensación dolorosa o de pequeñas molestias, pero en cambio en otros (como los pacientes 4,5,8,14...) ya se refiere un cierto grado de dolor o una sensación desagradable.

### Gráfico de Interacción

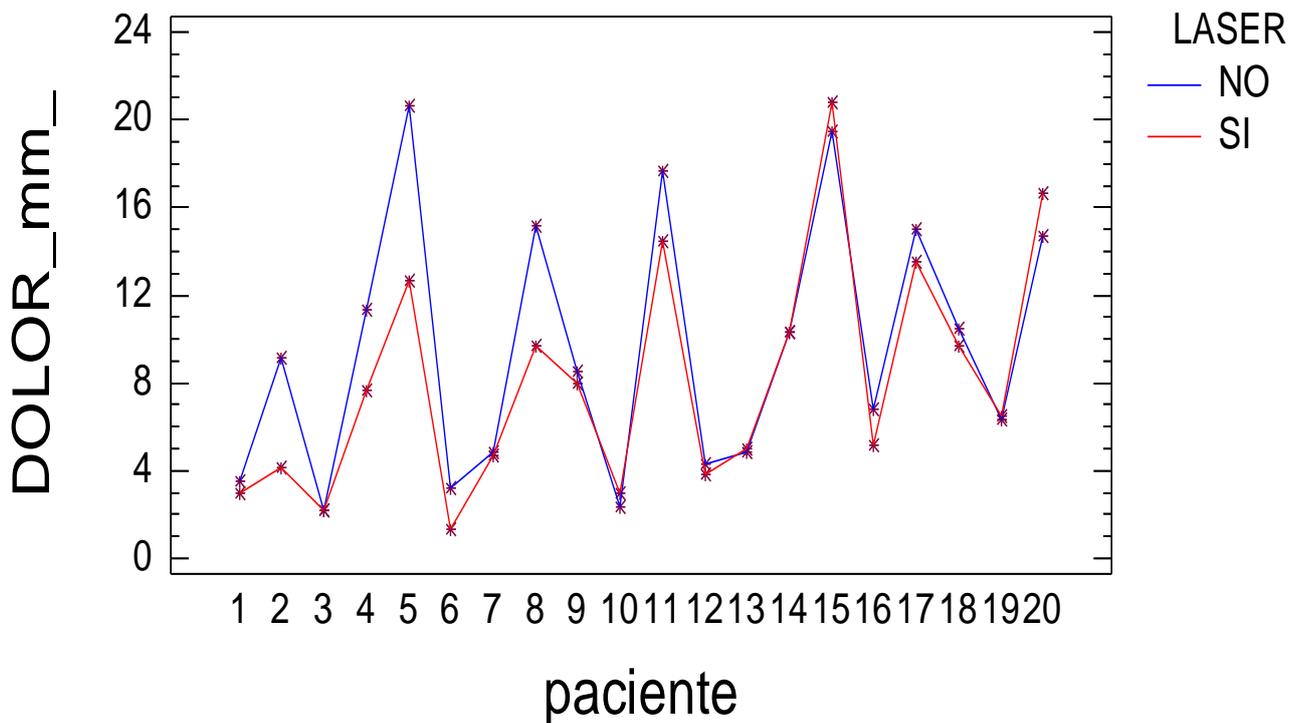


Figura 44 - Interacción dolor – paciente – láser (en el eje de las abscisas: pacientes; en el eje de ordenadas, intensidad de dolor).

## RESULTADOS

En 15 pacientes del estudio el grado de dolor medido en mm fue menor en la hemiarcada irradiada con láser. Pero no en todos se obtiene la misma diferencia. Por esto en el ANOVA detectamos interacción significativa entre paciente y tratamiento o no con láser.

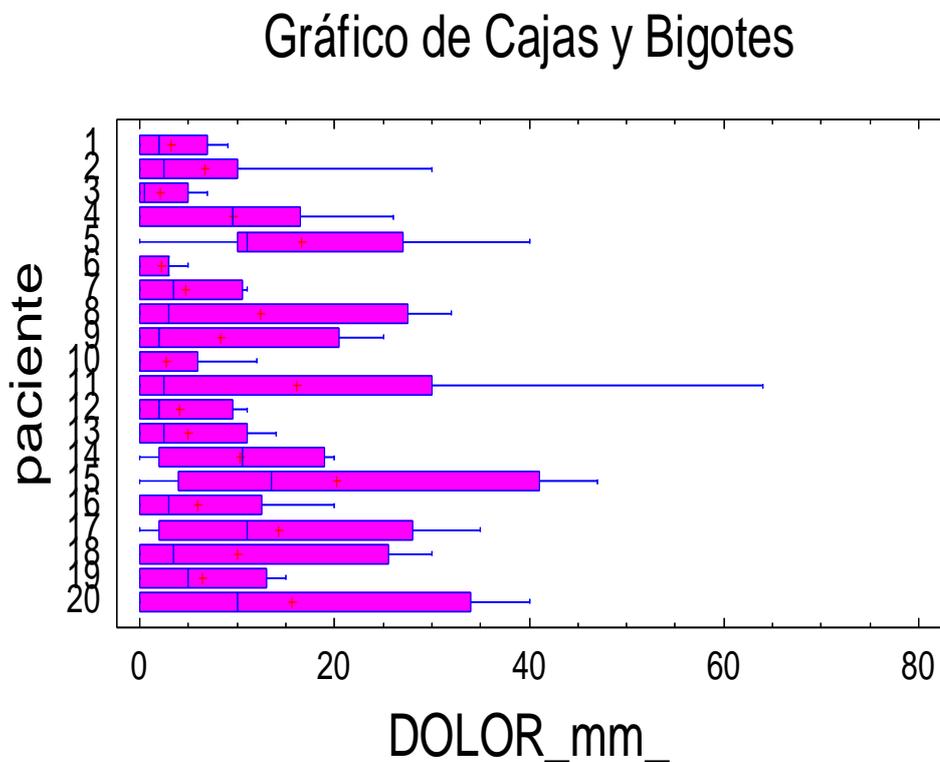


Figura 45 - Gráfico que, mediante diagrama de caja, permite apreciar la variabilidad del dolor experimentado según cada paciente (en el eje de abscisas, intensidad del dolor; en el eje de ordenadas, pacientes del estudio)

## RESULTADOS

### - 6.2.3.2 - Progresión del dolor.

La progresión del dolor para el conjunto de la muestra, en relación con el tiempo que duró el estudio, la podemos observar en las figuras 46 y 47 (medias por tiempo). Concretamente, a los 5 minutos (T2) ya se aprecia un dolor de intensidad leve. El pico máximo de dolor se produce a las 6 horas (T3), empezando a disminuir ligeramente a las 24 horas (T4) disminuyendo posteriormente a las 48 y 72 horas (T5 y T6). Estos gráficos nos muestran las medias de dolor, y la curva de evolución del mismo durante las primeras 72 horas.

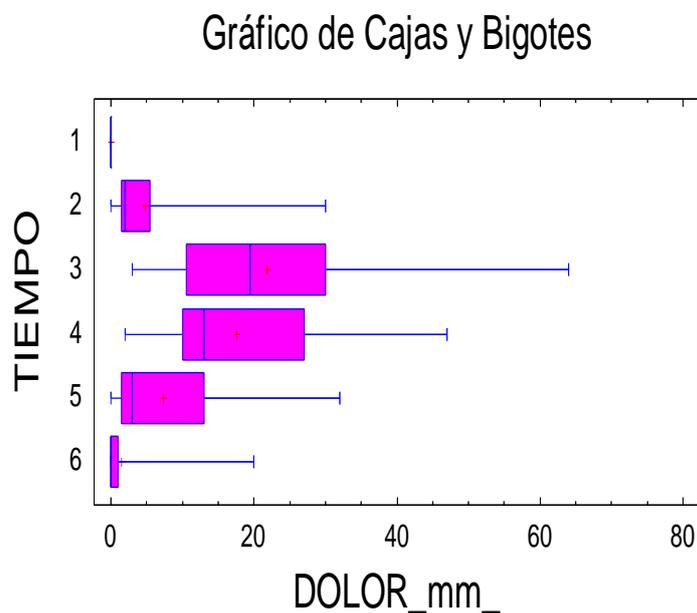


Figura 46 - Progresión general del dolor, para el conjunto de la muestra, medido en milímetros (eje de abscisas) según cada momento de observación (eje de ordenadas)

---

*RESULTADOS*

## Medias y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

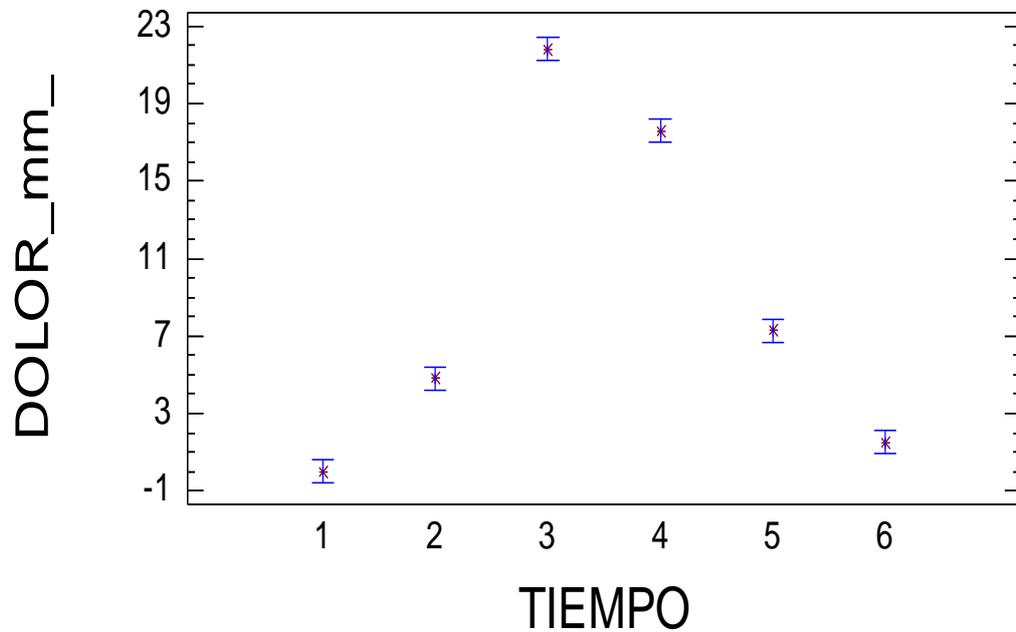
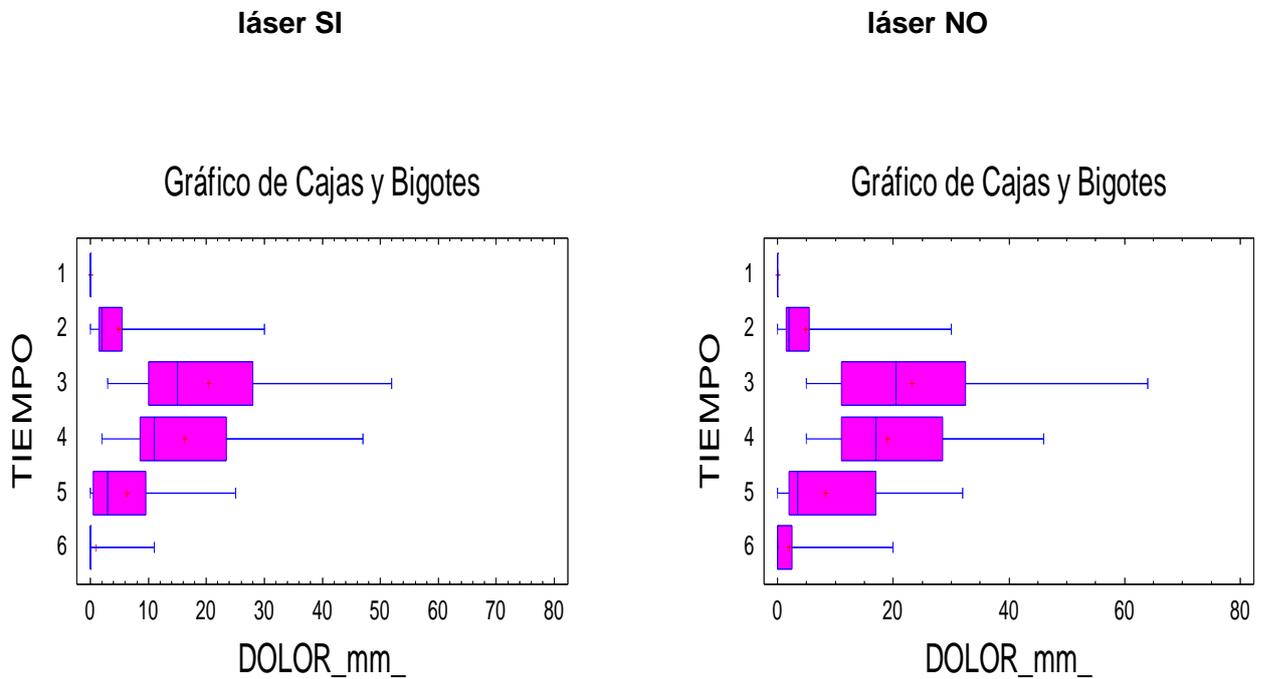


Figura 47 - Medias dolor – tiempo. Evolución de la intensidad del dolor (eje de abscisas), valorado con la media y el intervalo de confianza del 95% (eje de ordenadas), en el conjunto de la muestra.

Los diagramas de cajas de la figura 48 y 49 muestran que la curva de la evolución del dolor en el tiempo es similar en la hemiarcada donde se aplicó láser y en la que sirvió de control. Lo que varía es la intensidad del mismo, observándose que el pico de dolor se produce en el momento T-3.

## RESULTADOS



Figuras 48 y 49 - Diagramas de caja en los que se observa la intensidad del dolor (eje de abscisas) según tiempo de evolución (eje de ordenadas). En la figura 48 se considera la hemiarcada en la que se irradió con el láser; en la figura 49 donde se aplicó el placebo.

La interacción dolor- tiempo-láser no es significativa, con una p-valor de 0,052 aunque podemos hablar de una tendencia a la diferenciación. En la figura 50, se aprecia que en la hemiarcada en la que se utilizó la luz placebo, el dolor fue superior en todos los tiempos (T-3, T-4, T-5, T-6) respecto a los que se observan en la hemiarcada irradiada con láser. En los tiempos T- 1 y T-2 los valores son iguales. Coincidiendo con el pico de dolor (tiempos T-3 y T-4) observamos la mayor diferencia entre las dos curvas. Después de las 24 horas el dolor empieza a disminuir, siendo muy parecido en el último control (T-6).

## RESULTADOS

### Gráfico de Interacción

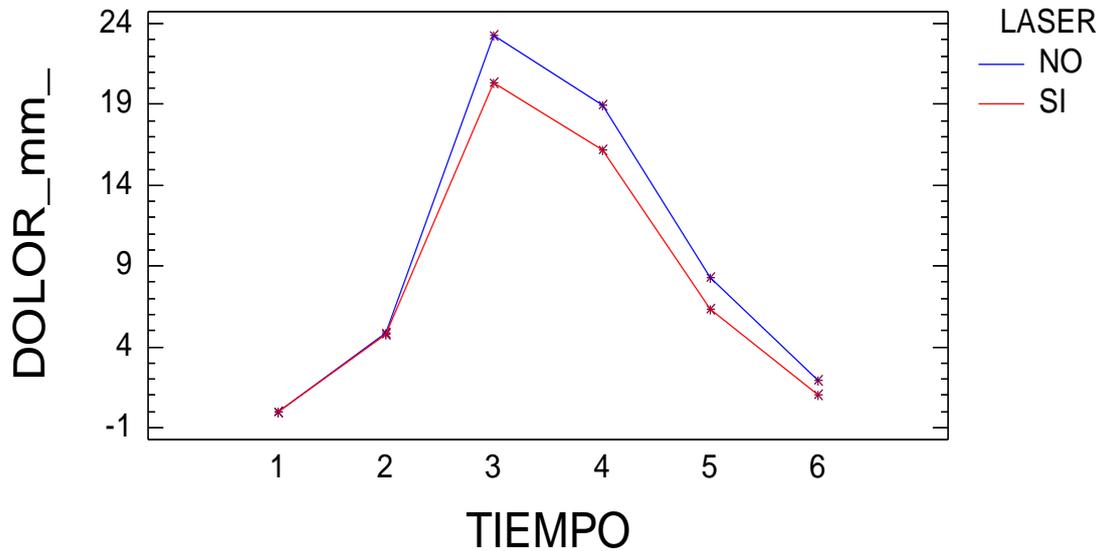


Figura 50 - Interacción dolor – láser – tiempo. En el eje de abscisas, los tiempos corresponden a: T-1: antes de la colocación de gomas (tiempo basal); T- 2: 5 minutos después de la colocación de gomas momento en el que se efectuó la irradiación con láser; T- 3: 6 horas después de T-2; T- 4: 24 horas después de T-2; T- 5: 48 horas después de T-2; T- 6: 72 horas después de T-2. En el eje de ordenadas, intensidad del dolor experimentado.

La figura 51 permite ver la interacción entre dolor – paciente - tiempo. En ella se observa la evolución del dolor de cada paciente en particular (cada uno de ellos representado por un color diferente). En todos ellos la curva de dolor sigue un mismo patrón. Sólo en el paciente nº 5 las molestias se mantienen en T-6, mientras que en todos los demás participantes manifiestan una disminución del mismo.

## RESULTADOS

### Gráfico de Interacción

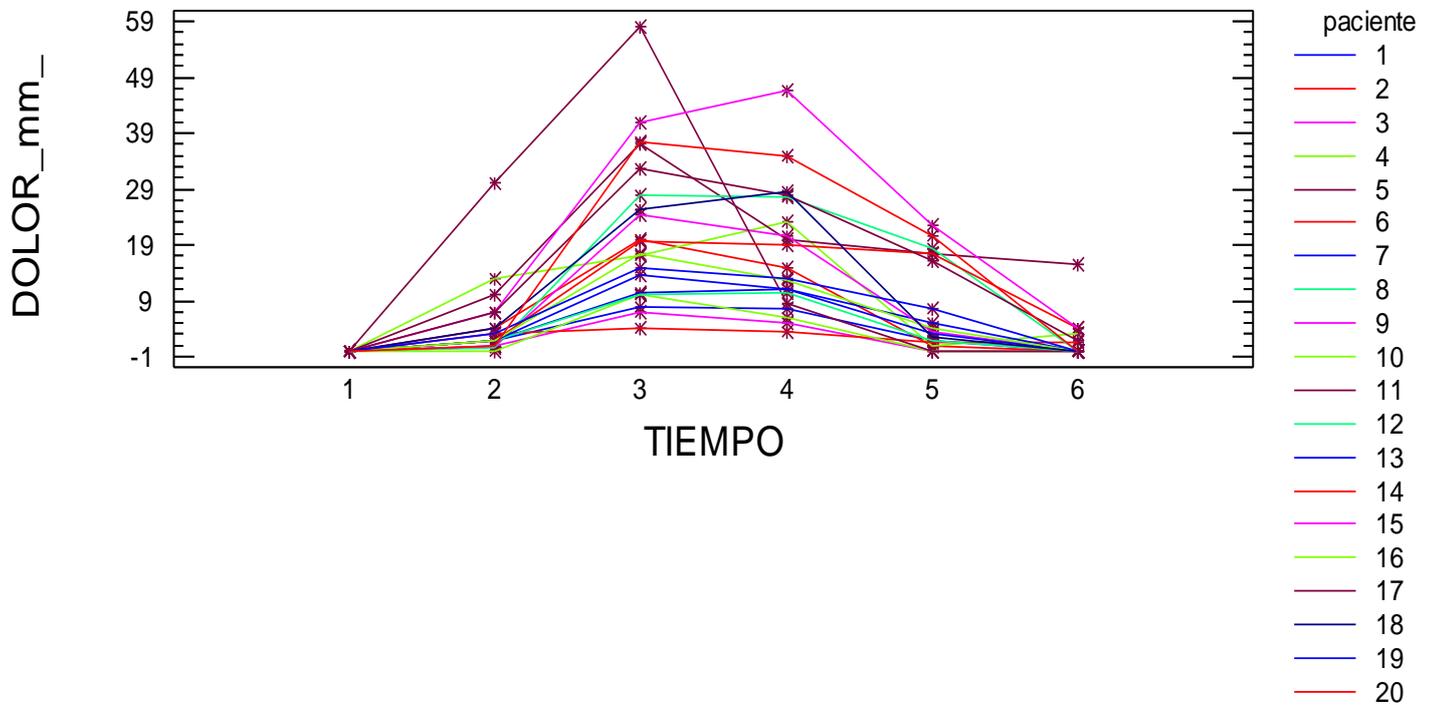


Figura 51 – Curva de dolor individual (eje de ordenadas) por paciente, en relación a los tiempos de exploración (eje de abscisas).

#### 6.2.4 - Necesidad de analgésicos.

Ninguno de los 20 voluntarios tuvo que recurrir a la medicación antiálgica de rescate durante los tres días posteriores a la inserción de los elásticos de separación.

## ***7 .DISCUSIÓN***

---



---

## *DISCUSIÓN.*

### **7.1. Dolor y Ortodoncia.**

Las fuerzas que se aplican para producir movimientos ortodóncicos generan casi siempre un grado de disconfort o dolor. La intensidad de estos síntomas es muy variable entre los pacientes, hasta el punto que para algunos la asociación de dolor con ortodoncia puede llegar a ser una causa de rechazo del tratamiento <sup>20</sup>.

Hasta hace pocos años se ha tenido poca consideración con el dolor que puede aparecer durante los tratamientos ortodóncicos. Pero la experiencia clínica, refrendada por algunos pocos estudios, ya indicaba que los pacientes sufrían molestias o dolor durante los dos primeros días de inicio del tratamiento y que esta sintomatología desaparecía por completo a los 7 días<sup>9,43,112</sup>.

Gracias a la ayuda de fuerzas mecánicas, los tratamientos ortodóncicos logran mejorar la función y la posición de los dientes pero esto también da lugar a fenómenos de edema y de isquemia aguda en los tejidos periodontales<sup>113</sup>. La reacción inflamatoria que se produce causa la liberación de mediadores bioquímicos de la inflamación, quienes realmente son los responsables de que los pacientes experimenten un cierto grado de dolor durante los tratamientos ortodóncicos.

Se considera que, debido al dolor, aproximadamente un 50 % de los pacientes sufren alteraciones en las actividades propias de la vida cotidiana y mencionan dificultades, de grado moderado a severo, durante la masticación y la ingestión de los alimentos<sup>9</sup>.

El dolor es contemplado por muchos pacientes como el peor aspecto de todo el tratamiento ortodóncico, y es una de las mayores razones para no continuarlo o para detenerlo de forma anticipada sin que se hayan obtenido los objetivos propuestos inicialmente<sup>114</sup>.

---

## *DISCUSIÓN.*

En consecuencia de todo lo dicho, hoy en día el control del dolor es algo fundamental, y por ello se han desarrollado un número notable de procedimientos y técnicas para mitigarlo. Conseguir un método eficaz de control del dolor, sin la necesidad de administrar fármacos, es un objetivo común de investigación en todas las áreas de Ciencias de la Salud<sup>115</sup>. Estos métodos comprenden la utilización de fármacos antiinflamatorios no-esteroidales (AINEs), geles anestésicos, terapia mediante obleas o chicles masticables “bite wafers”, TENS, estimulación vibratoria, etc. aunque solamente los primeros han podido demostrar una eficacia científica real. Sin embargo su utilización no está carente de riesgos puesto que poseen efectos colaterales desagradables e incluso graves como son las úlceras del tracto digestivo, las alteraciones de la hemostasia, las descompensaciones congestivas cardíacas, o los fenómenos de hipersensibilidad alérgica<sup>116</sup>.

Es importante destacar que también en el ámbito de la Ortodoncia se han establecido modelos para evaluar el dolor, de la misma manera que existen en otras disciplinas odontológicas como son el modelo de la cirugía del tercer molar o el modelo del dolor en el tratamiento urgente de las pulpitis irreversibles. Concretamente, en el campo de la Ortodoncia, Bergius y cols<sup>46</sup>. postularon un modelo de tratamiento con separadores elásticos, haciendo además la observación que la intensidad y la sensación cualitativa del dolor variaba substancialmente entre los individuos examinados, pero siempre dentro de los márgenes ya establecidos previamente, es decir un dolor máximo dentro de las primeras 24 horas y una remisión prácticamente total a la semana.

En cuanto a la intensidad del dolor provocado es obvio decir que dependerá del tratamiento efectuado. Por ello es importante disponer de un modelo que sea repetible aunque siempre hay que leer detenidamente el procedimiento descrito puesto que puede haber diferencias entre ellos capaces de distorsionar los valores obtenidos. Por ejemplo, si se comparan los estudios de

---

## *DISCUSIÓN.*

Bergius y cols<sup>46</sup> y de Giannopoulou y cols<sup>7</sup> puede constatarse que los valores de las VAS no son similares siendo la técnica ortodóncica empleada la misma. Así la media del VAS registrado a las 24 horas reportada por Giannopoulou y cols. es de 13mm mientras que la de Bergius y cols. es de 47,3mm.

¿Cómo puede entenderse esta diferencia tan notable? Lo que sucede es que en el trabajo de Bergius y cols. se aplicaban dos separadores elásticos, por mesial y por distal de un molar mientras que en el de Giannopoulou y cols. solamente se insertaba un elástico por mesial. Y a ello también podría añadirse otras circunstancias como son la edad de los individuos participantes (algo mayor en el grupo de Bergius y cols.) así como las diferencias de tipo cultural (aunque entre estas dos muestras sería algo poco relevante puesto que el estudio de Bergius y cols. se realizó en Suecia mientras que el de Giannopoulou y cols. se llevó a cabo en Suiza). Asimismo deben también descartarse otras posibles interferencias como puede ser el hecho de haberse efectuado otras exploraciones concomitantes (exploración periodontal, toma de muestras de flujo crevicular, etc.) que podrían añadir un plus en el dolor experimentado.

A la hora de comparar la intensidad del dolor es interesante conocer cómo reacciona la muestra poblacional estudiada ante otro tipo de estímulos dolorosos sean de carácter general o sean generados durante una exploración o tratamiento dental. Así, es realmente interesante apreciar como en el estudio de Giannopoulou y cols. se hizo esta comparación de forma inocua mediante un cuestionario. Esto permitió conocer que la media del VAS en la situación de haberse hecho un corte en un dedo era de 39mm, ser pinchado con una aguja de 47mm o extraerse una astilla clavada de 38mm. En el caso del dolor de origen dental las medias eran de 12mm para la exploración con una sonda o de 33mm para una inyección de anestesia local. Habría que comparar estos valores con las medias obtenidas tras colocar un separador elástico, que en concreto, fueron de 11mm al cabo de una hora y de 13mm a las 24 horas.

---

## *DISCUSIÓN.*

Pero lo que llama mucho la atención, y que puede tener una cierta relevancia para muestras pequeñas, es la gran amplitud de los rangos registrados. Por ejemplo, en el caso de un potencial pinchazo con una aguja era de 9 a 95mm, o de 4 a 61mm para una potencial anestesia local. El rango de dolor hallado tras la colocación de elásticos interdentes lamentablemente no está precisado en el texto pero puede intuirse, gracias a unos diagramas de caja, que podrían ser de 0 a 13mm para la primera hora y de 0 a 15mm a las 24 horas.

Así pues hay que contar con esta circunstancia, e intentar evitar la participación en este tipo de estudios de individuos aprensivos, miedosos o ansiosos. En este aspecto, también en el trabajo de Giannopoulou y cols., se utilizó el cuestionario de Corah<sup>117</sup>. que permite conocer el grado de ansiedad de los pacientes relacionada con los tratamientos dentales. Puede apreciarse que la media de la puntuación de este test fue de 7,5 y el rango estuvo entre 4 y 13 (el valor mínimo de este test es de 4, que corresponde a un individuo sin ansiedad, y el máximo es de 20). Por lo tanto se trataba de una población relativamente normal, aunque debe remarcarse que este test no estaba incluido en los criterios de exclusión en el reclutamiento de la muestra sino que utilizó como una información secundaria.

El dolor es un fenómeno complejo y con una gran variabilidad individual en su percepción, estando influido por muchos factores externos como el grado de ansiedad previo al tratamiento de ortodoncia<sup>9,2,118</sup>. Algunos de los voluntarios de nuestro estudio relataron que habían experimentado molestias más que dolor, como demuestra el hecho que ninguno de ellos necesitara tomar tratamiento analgésico, aunque hay que resaltar que refirieron en todo momento una menor sensación dolorosa o de molestias en el lado de aplicación del láser que no en el del placebo.

---

## *DISCUSIÓN.*

### **7.2. Láser de baja potencia y Ortodoncia.**

De entrada conviene mencionar que otros tipos de láser como el de CO<sub>2</sub> o el de Er,Cr:YSGG también se han utilizado con la finalidad de obtener un efecto analgésico aunque con resultados dispares. Mientras que con el láser de CO<sub>2</sub>, utilizado en modo desfocalizado, Fujiyama y cols.<sup>13</sup> obtienen buenos resultados, no se han encontrado mejoras en cuanto al efecto analgésico cuando se ha irradiado con el láser de Er,Cr:YSGG.<sup>119</sup>

Centrándonos ya en el tema que nos interesa, en su artículo de revisión del año 2004, Sun y Túner ya hacían constar que había más de 2500 artículos científicos relacionados con el tratamiento con el láser de baja potencia, de los cuales más de 100 (siempre realizados a doble ciego) aportaban datos beneficiosos sobre dicha tecnología. Además mencionan el hecho que, ya en el año 2001, se había publicado una cifra superior a 350 artículos que tenían relación con la Odontología, siendo interesante el dato de su procedencia: más de 38 países, lo que da la idea de que se trata de una tecnología universalizada. También debe destacarse que, aunque no siempre los artículos sean de una calidad homogénea y totalmente deseable, obtienen un 90% de resultados positivos con este tipo de tecnología<sup>80</sup>.

Son varias las hipótesis por las cuales el láser de baja potencia puede conseguir una disminución del dolor. La primera de ellas sería que el LLLT interferiría en la modulación del proceso inflamatorio y por ello disminuiría el dolor ya que se produce una disminución de los niveles de la citokina mRNA y de la COX-2 mRNA.<sup>120-122</sup>

Otra hipótesis relacionaría la irradiación con LLLT con la alteración en el proceso de conducción de los potenciales de acción de los nervios periféricos. En este sentido se ha podido comprobar cómo el láser de 830nm puede llegar a producir temporalmente (puesto que estos efectos son reversibles) unas

---

## *DISCUSIÓN.*

“varicosidades” a nivel de los axones<sup>90</sup>. Dichas “varicosidades” producirían una disminución del flujo axonal rápido, es decir del vehiculado por las fibras que conducen los estímulos sensitivos, y una disminución del potencial de membrana mitocondrial lo que daría lugar a una reducción de la disponibilidad de ATP y a un fallo en la neurotransmisión de los nociceptores relacionados con las fibras sensitivas A $\bar{\delta}$  y C .

Finalmente la tercera hipótesis postula que el LLLT puede estimular la reducción de las endorfinas endógenas tal y como demuestran Laasko y Cabot<sup>25</sup> en su estudio, realizado en patas de ratas, con un láser de 780nm a una dosis de 2,5 J/cm<sup>2</sup>.

La larga duración de muchos tratamientos ortodóncicos no deja de ser un problema para los pacientes y por esta razón se ha intentado encontrar soluciones para acortar el tiempo de tratamiento, cuya media se puede establecer con un rango entre 20 y 30 meses. Una de las estrategias deseadas es encontrar técnicas no-invasivas que permitan acelerar, dentro de la forma y de los límites fisiológicos, los movimientos dentales.

Múltiples estudios han probado diferentes métodos con el fin de alcanzar un objetivo común como es el de incrementar la velocidad del movimiento de los dientes inducido por el tratamiento ortodóncico. Así podemos encontrar iniciativas en las que se ha utilizado inyecciones locales de prostaglandinas<sup>123</sup>, la forma activa de la vitamina D3<sup>124</sup>, osteocalcina<sup>125</sup>. y relaxina<sup>126</sup> alrededor del alveolo. No obstante la administración de alguna de estas sustancias puede estar acompañada de efectos indeseables como son dolor local o, en menor grado, molestias relacionadas sin lugar a dudas con la inyección del producto.

También se ha empleado otros sistemas como son la estimulación eléctrica<sup>127</sup>. y más recientemente la resonancia vibratoria<sup>128</sup>, ambas en experimentación animal, con el inconveniente claro que ambos métodos

---

## DISCUSIÓN.

requieren una aparatología que va a ser difícilmente aplicable en un ámbito odontológico estándar.

En este sentido, la utilización del láser de baja potencia permitiría reducir no solamente el dolor ocasionado sino también acortar el tiempo total de tratamiento. Como ejemplo de lo dicho tendríamos el estudio de Doshi-Mehta y Bhad-Patil<sup>129</sup> en el que se tenía que efectuar una “retracción o distalización” bilateral de caninos, fuesen superiores o inferiores. El diseño del estudio fue a boca-partida “parcial” (puesto que no siempre se extraía el primer premolar contiguo, lo que no deja de ser un inconveniente metodológico importante), y el láser utilizado fue un láser de diodos (aluminio-galio-arseniuro) de una longitud de onda de 810 nm. Este láser se aplicó los días 0 (en el que se colocaba el dispositivo para efectuar la tracción), 3, 7, y 14 del primer mes, y después cada día 15 de los demás meses que transcurrieron hasta que se logró la “retracción” total del canino. Aquí los pacientes valoraron el dolor experimentado mediante escalas VAS. Los autores comprobaron una disminución del 30% en el tiempo necesario para concluir el tratamiento así como un menor dolor (con significancia estadística) para el lado tratado con láser, siempre en relación con el lado considerado como control.

Torri y Weber<sup>130</sup> llevaron a cabo una revisión de la literatura relacionada con los efectos positivos de los láseres de baja potencia respecto no al dolor sino al incremento de la velocidad de los movimientos dentales obtenidos tras tratamientos ortodóncicos, siempre en comparación a controles y/o a grupos placebo. Tras la selección oportuna de estudios, comprobaron que el láser de diodos de GaAlAs, aplicado de forma continua y en contacto directo con los puntos físicos de irradiación, parecía ser el sistema más frecuentemente indicado para conseguir estos efectos. En esta revisión se diferenciaba entre estudios de experimentación animal y estudios clínicos en humanos, debiéndose mencionar que si bien se consideraron válidos ocho dentro del

---

## *DISCUSIÓN.*

primer concepto, solamente se aceptaron tres entre los que intervenían personas humanas, teniendo en cuenta que se revisaron un total de 109 trabajos que trataban sobre este aspecto.

Lo que parece claro es que el láser de diodos, aplicado de forma continua y en contacto directo con los puntos de aplicación seleccionados, parece ser un buen procedimiento para alcanzar los objetivos que los autores se propusieron inicialmente averiguar. Sin embargo, éstos constatan que las energías y las dosis que producen dichos efectos difieren sustancialmente, como era de esperar, entre ambos grupos. La finalidad de todos ellos se centraba en optimizar la energía y la dosis a aplicar así como la temporización de dichas aplicaciones. Esto último dependía fundamentalmente de algunos factores tales como el tamaño de la muestra, la edad del grupo de estudio así como del tipo de tratamiento ortodóncico a realizar.

La publicación reciente de una revisión sistemática y de un metaanálisis referente a la eficacia del láser de baja potencia sobre el dolor ocasionado por los tratamientos ortodóncicos es de suma importancia para ayudar a esclarecer esta cuestión. El artículo, efectuado por He y cols., fue publicado en la versión on-line de la revista *Lasers in Medical Science*, el 22 de setiembre de 2012<sup>131</sup>. Este trabajo, realizado bajo la tutela de la Fundación Cochrane, permitió una selección entre 152 estudios relevantes realizados sobre un total de 641 pacientes. Finalmente sólo se consideraron 8 trabajos (4 ensayos controlados aleatorizados, 2 ensayos casi-aleatorizados, y 2 estudios clínicos controlados no aleatorizados).

Este metaanálisis demuestra que la incidencia del dolor se redujo en el grupo tratado con láser en un 24%: el Riesgo Relativo (RR) (es decir el cociente entre los momentos de dolor en el grupo experimental respecto a los del grupo control) fue de 0,76, con un Intervalo de Confianza al 95% (95% CI)

---

## *DISCUSIÓN.*

de 0,63 a 0,92. El valor de  $p$  siendo de 0,006 indica que la diferencia es estadísticamente significativa. Desearíamos comentar este resultado porque, en el fondo, viene a indicar solamente que en el total de momentos en los que se controló el dolor, éste estaba menos presente en el grupo experimental.

Además, en comparación con el grupo control, el grupo experimental con láser de baja potencia logra un adelanto del día de máximo dolor, concretamente con una diferencia de medias de -0,42 días (95% CI de -0,74 a -0,10) siendo el valor de  $p$  de 0,009, con lo que dicha diferencia también sería estadísticamente significativa.

Finalmente, el grupo tratado con láser de baja potencia obtiene un final anticipado del dolor, puesto que la media de días con dolor es inferior respecto al grupo control. Esta diferencia es ahora de -1,37 días (95 % CI -3,37 a 0,64) aunque no llega a ser estadísticamente significativa puesto que el valor de  $p$  es de 0,18. Si esta comparación se hace respecto al grupo placebo (pseudo-láser en el texto original) veremos que la diferencia es algo menor, concretamente de -1,04 días (95% CI de -4,22 a 2,15) con una  $p$  en este caso de 0,52.

En resumen: que hay menos días de dolor, que el dolor máximo se experimenta previamente y que también finaliza antes. Pero desgraciadamente no hay ninguna conclusión respecto a la intensidad del mismo puesto que solamente se consideraron válidos cuatro estudios entre los ocho seleccionados, y esta cantidad es insuficiente para un metaanálisis. Además este hecho obligó a registrar el dolor de forma dicotómica (es decir, ausencia o presencia del mismo) con lo que se pierde una información cualitativamente muy interesante.

---

## *DISCUSIÓN.*

### **7.3. Utilización del láser de baja potencia en el tratamiento ortodóncico con separadores elásticos.**

Al igual que en nuestro estudio, el uso temporal de separadores elásticos ha sido ampliamente utilizado en investigación científica con el objetivo de simular el dolor o las molestias causadas por el movimiento ortodóncico<sup>7,12,13,132</sup>. Se trata además de un método fácilmente reproducible que puede aplicarse tanto a voluntarios sanos que no van a necesitar ningún tratamiento ortodóncico posterior, como a pacientes que ya están siendo tratados o a los que posteriormente se les realizará un tratamiento de este tipo.

Emplear separadores elásticos presenta ventajas metodológicas puesto que, en ambas hemiarcadas puede reproducirse fácilmente la misma situación (compresión del ligamento periodontal) con independencia del grado de apiñamiento, de la necesidad de alineamiento, y de otros factores como las propiedades específicas de los arcos utilizados, factores que se muestran relevantes en otros estudios<sup>20,28</sup> como, por ejemplo, en los que se valora el dolor que se produce tras colocar los primeros arcos en el tratamiento de ortodoncia (fase de nivelación y alineamiento con arcos redondos).

En este subapartado solamente tendremos en cuenta aquellos trabajos que, utilizando un láser de baja potencia para tratar el dolor generado por separadores elásticos, tienen una metodología similar a la nuestra. Decimos esto porque también hay otros trabajos, como el de Lim y cols. que siguen una metodología distinta. En este caso concreto, los autores tenían como objetivo verificar la acción de un láser de GaAsAl con una longitud de onda de 830nm, irradiando a una densidad de potencia de 60 mW/cm<sup>2</sup>, que se aplicaba diariamente, durante un período de 5 días, a voluntarios a los que habían colocado dos separadores elásticos. El láser fue aplicado durante 15, 30 o 60 segundos, existiendo un grupo placebo. El dolor era medido diariamente antes

---

## *DISCUSIÓN.*

y después de la irradiación con el láser. Las conclusiones de este estudio, son que el láser de diodos induce un alivio de dolor, en relación con el placebo, y que esta acción beneficiosa sería dosis-dependiente <sup>12</sup>.

En un artículo publicado en setiembre de 2011, en la revista *Lasers in Medical Science*, Esper y cols. reportaron que la irradiación con LED (Light-Emitting Diode o “diodo emisor de luz”) era capaz de reducir el dolor que se generaba después de la aplicación de gomas elásticas separadoras durante un tratamiento ortodóncico, y que estos resultados eran superiores a los conseguidos con un láser, tecnología que se utilizó como comparación <sup>133</sup>.

Posteriormente Tunér y Jenkins <sup>134</sup>, en 2012, efectúan una crítica de este trabajo, en el que los autores anteriormente citados plantearon ya de entrada, con el fin de conseguir una comparación válida, irradiar con una dosis similar de densidad de energía que concretaron en 4 J/cm<sup>2</sup>. No obstante, Tunér y Jenkins remarcan si bien es cierto que se respetó la igualdad de la densidad de energía, ni la potencia ni el tiempo de irradiación fueron semejantes para ambas tecnologías. Y aportan la opinión de Castano y cols <sup>135</sup>, quienes reportaron que, tras un trabajo experimental en ratas, el proceso inflamatorio se ve reducido más eficientemente cuando se emplean bajas potencias y un mayor tiempo de irradiación (que es lo que hicieron Esper y cols. con la tecnología LED).

Lo que también se desprende de este artículo de crítica, es que los muy escasos artículos que pueden consultarse sobre este tema específico (es decir sobre el efecto del láser de baja potencia durante los movimientos dentales generados por el tratamiento ortodóncico aunque no en relación con la colocación de elásticos separadores) demuestran que ha habido una gran disparidad de criterios sobre los parámetros utilizados con la irradiación láser. Así, por ejemplo, Turhani y cols. emplearon una energía de 2,25J mientras que Youssef y cols. de 8 J, respectivamente, con unos efectos más beneficiosos

---

## *DISCUSIÓN.*

para estos últimos. Asimismo Turhani y cols. usaron una sola irradiación con un láser de 670 nm , mientras que Youssef y cols. emplearon un láser de 809 nm que aplicaron en el mismo día y posteriormente a los 3, 7 y 14 días siguientes<sup>20,5.</sup> .

La evaluación de la literatura que describe las aplicaciones clínicas de la LLLT es complicada por la heterogeneidad que puede apreciarse tanto en la metodología como en las dosis empleadas por los diferentes autores. No sólo se observa un rango de longitudes de onda diferente, sino que también varían los tiempos de exposición y la temporización (frecuencia) de los tratamientos. La inclusión de grupos de control en los estudios clínicos es un elemento importante, ya que el efecto placebo puede ser grande, sobre todo en términos de nivel de dolor experimentado después del tratamiento. Por ello tal como indican Jenkins y Carroll <sup>29</sup> es recomendable la realización de tablas donde se especifiquen correctamente todos los parámetros utilizados para la realización de los diferentes estudios, y esto es lo que se ha intentado hacer a continuación (tablas X, XI, XII).

### **7.3.1. Discusión referente a la metodología seguida.**

El presente estudio clínico se planteó con voluntarios (adultos jóvenes) que no tenían necesidad de tratamiento de ortodóncico y con buen estado de salud general y bucodental. Se eligió este grupo experimental de voluntarios en lugar de pacientes que requiriesen o que estuviesen en tratamiento de ortodoncia, tanto para evitar las posibles interferencias inherentes al propio tratamiento ortodóncico como para eliminar el componente de ansiedad que pueden tener los pacientes que inician el tratamiento de ortodoncia <sup>9,6.</sup>

*DISCUSIÓN.*

Autor País Año	Media y Rango de edad	Proporción según sexo (M/H)	N total y parciales	Diseño a boca partida	Número Elásticos por hemiarcada
Artés España 2013	26,4 R:19-34	14/6	T=20 E=20 P=20	Sí	2
Eslamian Irán 2013	24,97 R:11-32	25/12	T=37 E=37 P=37	Sí	2
Esper Brasil 2011	24,1 (DT 8,1)	39/16	T=55 E1=13 E2=23 C=17 P=38	No	2
Kim Corea 2013	22,7 (DT 6.40)	65/23	T=88 E=28 C=30 P=30	No	2
Marini Italia 2013	23,01 (DT 1.39)	56/64	T=60 E=20 C=20 P=20	No	4
Nóbrega Brasil 2013	17,8 R:12-26	38/22	T=60 E=30 P=30	No	2

Tabla X - Datos referentes a la metodología empleada encontrados en la literatura más reciente, referente a la acción del láser de baja potencia en el uso de elásticos separadores<sup>132,133,136-139</sup>. T: total, E: grupo experimental, P: grupo placebo, C: grupo control.

---

## *DISCUSIÓN.*

Todos los estudios similares al nuestro también utilizan voluntarios sanos, cuya media de edad es parecida si bien es en nuestro estudio donde ésta es superior. También puede observarse, si tenemos en cuenta el conjunto de todos los estudios analizados, que el número de mujeres voluntarias participantes es superior al de los hombres.

Nuestro estudio se efectuó con un diseño “split mouth” (“a boca partida”) en que el propio paciente es a la vez sujeto y control. Este hecho permite controlar mejor los factores externos que pudiesen afectar a la sensación del dolor. Puesto que el dolor es un fenómeno subjetivo, este método es uno de los mejores para su estudio, pues se descartan las variaciones individuales que podrían existir si se eligieran individuos diferentes en el grupo control y en el grupo estudio<sup>28,132</sup>. Este tipo de diseño es el preferido en esta clase de estudios apreciándose que la mayoría de trabajos similares que hemos analizado también lo utilizan<sup>12,20</sup> siendo otro gran factor de interés, el hecho de que logran una buena reducción del volumen muestral requerido.

Pero es importante observar que los diseños no son similares entre sí aunque aparentemente pueden parecerlo. Por ejemplo, entre los que admiten haber utilizado un diseño “a boca partida”, éste no siempre se ha efectuado de forma ortodoxa. Así, en el estudio de Esper y cols. hay cuatro grupos: control, placebo, láser de diodos (que sería el “gold standart”) y un emisor LED que sería el realmente experimental. La existencia de cuatro grupos se solventó efectuando las pruebas en dos etapas, separadas entre sí por un máximo de 30 días. No obstante no lo aleatorizan sino que realizan primero el control y el placebo, y en la sesión siguiente los tratamientos con láser y LED, con lo que las ventajas inherentes al diseño “a boca partida” se pierden totalmente. Y por este motivo, en su análisis no pueden hacer las comparaciones entre los cuatro grupos de estudio sino que tienen que limitarse a efectuarlas separadamente, es decir control versus placebo, y por otra parte, láser versus LED<sup>133</sup>.

---

## *DISCUSIÓN.*

### **7.3.2. Discusión referente al tipo de láser de baja potencia y a los parámetros utilizados.**

Diferentes longitudes de onda se pueden utilizar en LLLT. Las más empleadas son 632,8nm, 660nm, 780nm, 810nm, 830nm, 904nm, y 980nm. En este trabajo se ha utilizado un emisor láser que emite en dos diferentes longitudes de onda: 830nm y 660nm.

La elección del tipo de láser utilizado en el grupo 1 de nuestro estudio se realizó tras una cuidadosa revisión bibliográfica en la se pudo observar que el laser de diodo de 830nm era uno de los que tenía una mayor penetración tisular y una mayor capacidad analgésica. Respecto al primer efecto, esto implica que una irradiación efectuada sobre la mucosa vestibular (bucal) no solamente alcanza fácilmente la cortical externa de los maxilares sino que también afecta a la medular (con sus componentes internos vasculonerviosos) y a la cortical interna (palatina o lingual).

El metaanálisis de Enwemeka et al.<sup>95</sup> da por resultado que el láser de 830nm, tiene una gran eficacia analgésica refrendada por diferentes estudios tanto clínicos como in vitro, de entre los cuales se pueden destacar los realizados por Chow et al.<sup>90</sup>. Otras longitudes de onda como los diodos de 620 y 660nm el cual ha sido aplicado en el grupo 2 también han obtenido una disminución del dolor tras la colocación de multibandas ortodóncicas, aunque en alguno de ellos esta reducción no es estadísticamente significativa.<sup>20,140</sup>

Las dosis utilizadas en nuestro trabajo fueron escogidas en función de los consejos y recomendaciones de diferentes estudios. Harazaki y cols.<sup>19</sup>, determinaron que el tiempo mínimo de aplicación del LLLT, para que éste sea eficaz, debía ser de entre 2 y 3 minutos por diente, aconsejando tres aplicaciones en zona palatina y otras tres en zona bucal (una en la zona cervical del diente, otra en la zona media radicular y la tercera en la zona

*DISCUSIÓN.*

apical). En los 2 grupos de nuestro estudio se ha aplicado el láser durante 20 segundos en cada punto. Los puntos estaban en mesial, distal y apical de las caras palatina y vestibular del segundo premolar. Esto significa un total de irradiación de 2 minutos por diente y una dosis de 5 J/cm<sup>2</sup> por cada punto de aplicación en el grupo 1 del estudio (830nm). En el grupo 2 tratado con láser de

Autor País Año	Tipo y longitud de onda (nm)	Potencia (mW)	Densidad de potencia (mW/cm <sup>2</sup> )	Dosis (J/cm <sup>2</sup> )	Tiempo total en punto de aplicación
Artés España 2013	AlGaAs 830nm	100mW	250mW/cm <sup>2</sup>	5,0 J/cm <sup>2</sup>	20 seg/punto
Eslamian Irán 2013	GaAlAs 810-nm	100 mW	No se especifica	2 J/cm <sup>2</sup>	20 seg/punto.
Esper Brasil 2011	InGaAlP 660nm	0.03W	0,10W/cm <sup>2</sup>	4,0 J/cm <sup>2</sup>	25 seg/punto
Kim Corea 2013	AlGaInP 635nm	6mW	No se especifica	No se especifica	No se especifica
Marini Italia 2013	GaAs 910nm	160 mW	No se especifica	No se especifica	340 seg total
Nóbrega Brasil 2013	AlGaAs 830nm	40,6mW	No se especifica	5,0 J/cm <sup>2</sup>	125 seg /total

Tabla XI - Datos de la literatura referentes a los parámetros de los láseres de baja potencia utilizados en el tratamiento con elásticos separadores.

---

## DISCUSIÓN.

660nm, el tiempo es el mismo (20 segundos por punto, total de 2 minutos por diente) pero la dosis es de  $1 \text{ J/cm}^2$  por cada punto de aplicación.

Sin embargo Nóbrega et al.<sup>132</sup>, optaron por aplicar el láser de baja potencia de 830nm sólo en la zona vestibular, en cuatro puntos, con diferentes parámetros de irradiación. En este caso el diámetro del área fue de 0,2cm y densidad energía de  $1 \text{ J/cm}^2$  por punto. Los autores consideraron que no es necesario irradiar toda el área para alcanzar el efecto analgésico deseado, dado que este tipo de longitud de onda tiene la suficiente penetración para alcanzar desde la zona vestibular hasta la cortical lingual. En este estudio la dosis total empleada fue de 5J, siendo bastante menor que la nuestra en el grupo 1, pero similar a la utilizada en el grupo 2, aunque es de remarcar que no se especifica la potencia que se utilizó.

En el grupo 1 de nuestro estudio se ha empleado una energía total de 12 Julios, coincidiendo con las descritas en la revisión sistemática que publicaron Bjordal y cols.<sup>141</sup>. donde aconseja que con el láser de 830nm se tiene que utilizar energía total entre 6 y 10 Julios para lograr los efectos antiinflamatorios. Otros estudios corroboran la dosis utilizada en el presente estudio, mientras que afirman la importancia de utilizar dosis menores de  $20 \text{ J/cm}^2$ , para no inhibir la actividad celular<sup>75</sup>.

Los parámetros utilizados en el grupo 2 son relativamente diferentes a los del grupo 1 por diferentes factores. Al ser la longitud de onda de 660nm ésta tiene una mayor absorción en superficie y una menor penetración en profundidad. Por ello en la mayoría de los estudios donde se utilizan estas longitudes de onda, las dosis suelen ser menores que cuando se emplean longitudes de onda cercanas a los 830nm<sup>76</sup>. También se ha optado por mantener el mismo tiempo de 20 segundos por punto de irradiación con el fin de evitar un elevado tiempo de irradiación (este debería ser de 6 minutos para poder alcanzar una misma densidad de energía). Por todo ello la dosis

---

## *DISCUSIÓN.*

por punto de irradiación elegida fue de  $1 \text{ J/cm}^2$  y la energía total liberada de 2,4 J. Estos parámetros también han sido elegidos en diferentes estudios en los que se ha utilizado la misma longitud de onda.

Torri y Weber<sup>130</sup>, en su revisión sistemática sobre los efectos de los láseres de baja potencia en su influencia sobre el incremento de la velocidad del movimiento dental inducido por ortodoncia, ya remarcan que en todos los estudios el láser suele ser aplicado con distintas energías, frecuencias y dosis, aunque son capaces (con solo tres estudios finalmente admitidos) de decir que, en humanos, la energía más efectiva sería de 2 J por sesión en los primeros días de cada mes, respetando unos intervalos de 72–96 horas entre ellos. Pero insisten en la amplia diversidad de protocolos, tipos de láseres y parámetros de uso de los láseres, factores todos ellos que explican que exista una notable controversia en los resultados que pueden consultarse.

Por lo tanto haría falta conocer siempre el tipo de láser de baja potencia empleado con su longitud de onda; si la emisión se ha hecho en forma continua o pulsada; si la irradiación se ha realizado en contacto directo o no; la potencia expresada en mW; el área de la zona irradiada en  $\text{cm}^2$ ; la energía total liberada expresada en J; la densidad de energía (dosis) expresada en  $\text{J/cm}^2$  por punto de aplicación; el número de sesiones, y el intervalo de tiempo.

Esta disparidad también se constata en los estudios que hemos recopilado en la tabla XI, y que versan exclusivamente sobre el dolor inducido por los separadores elásticos ortodóncicos. Visto esto, parece muy difícil poder tener una opinión contundentemente clara sobre cual son los parámetros idóneos a utilizar, y esto obviamente será una cuestión clave sobre la que basar nuevas investigaciones.

---

## *DISCUSIÓN.*

### **7.3.3. Discusión referente a la comparación entre los dos láseres utilizados en este estudio.**

Los láseres de diodos utilizados en este estudio, 830nm y 660nm, son dos de los láseres más comúnmente utilizados en laserterapia<sup>28,90,120,132,133.</sup>

En este caso ambas longitudes de onda se incluyen en una misma unidad de láser. Éstos tienen diferentes tipos de penetración y efectos en los tejidos: el láser de 660 nm tiene una penetración más superficial (entre 6 -10 mm), mientras que el de 830nm penetra entre 2-3 cm<sup>76</sup>. Por ello realizamos dos grupos diferentes de pacientes, con el fin de poder repetir el mismo tipo de estudio y posteriormente poder comparar nuestros resultados.

Los componentes de los grupos de estudio han sido diferentes ya que los estudios se han realizado en diferentes periodos de tiempo a fin de evitar posibles sesgos entre los mismos si hubieran participado en el estudio inicial. No obstante se han mantenido tanto el rango de edad como el mismo tipo de participantes y los criterios de inclusión y exclusión.

Ambos estudios han sido realizados por el mismo operador, siguiendo el mismo protocolo y método para que fueran del todo semejantes.

La unidad de laserterapia (Lasotronic MED-200 duo), tiene la posibilidad de emitir con una longitud de onda de 830nm y con una potencia máxima de 150mW así como de emitir con 660nm con una potencia de 30mW. Como se puede comprobar dadas las características de la unidad Lasotronic habrá una diferencia en cuanto a la potencia de emisión de ambos láseres: con 830nm la potencia llega hasta los 150mW mientras que con 660nm la potencia tan solo alcanza los 30mW. Esta diferencia de potencia viene establecida por el fabricante y por lo tanto no puede ser modificada.

---

## *DISCUSIÓN.*

Por ello para poder hacer comparaciones entre ambos grupos y alcanzar densidades de energía similares en ambos tratamientos deberemos de incrementar el tiempo de emisión y de esta forma podremos alcanzar la misma densidad de energía. En grupo 1 utilizamos el láser de 830nm durante 20 segundos por punto obteniendo una energía por punto de 2 Julios con densidad de energía por punto de  $5 \text{ J/ cm}^2$  y una energía total liberada de 12 Julios en total.

Al realizar los cálculos para alcanzar estos mismos niveles de energía por punto y de densidad de energía para el grupo 2, nos dimos cuenta que el tiempo de irradiación debería ser de aproximadamente de 60 segundos por cada uno de los puntos a irradiar y que el total de tiempo de irradiación sería de unos 6 minutos (6 puntos de irradiación) tanto en el lado del láser como en el lado tratado con placebo. Sin embargo hemos considerado que este largo periodo de tiempo de irradiación (6 minutos) no es un tiempo razonable para poder ser utilizado en cada uno de nuestros pacientes y por lo tanto decidimos modificar la dosis de irradiación para que fuese un tratamiento clínicamente aceptable. Una elección semejante de parámetros también los encontramos en los estudios realizados por Chow R. y cols que han utilizado láseres de 650 nm y 808 nm.<sup>142</sup>

Con el fin de mantener un criterio similar en ambos estudios hemos creído oportuno el mantener un tiempo de irradiación igual en ambos grupos de estudio. Al elegir el tiempo de 20 segundos por punto irradiado hemos sido conscientes de que disminuimos la dosis de irradiación y la energía total liberada. Sin embargo no hemos disminuido el umbral de  $1\text{J/cm}^2$ , que sería el nivel mínimo aconsejado en la mayoría de estudios para que se obtengan los efectos propios de la fototerapia.

La comparativa de parámetros de emisión de ambos láseres se puede observar en las tablas III y IV.

## DISCUSIÓN.

Los resultados de nuestro estudio demuestran que la curva de dolor ha sido semejante en ambos estudios por lo que se puede considerar que los efectos de ambos pueden ser equiparables (figura 39 grupo 1 - 830nm-, y figura 50 grupo 2 - 660nm-). En ambas graficas se observa que el pico de dolor se encuentra entre las 6 y 24 horas después de la inserción de los elásticos y que en las siguientes horas va descendiendo.

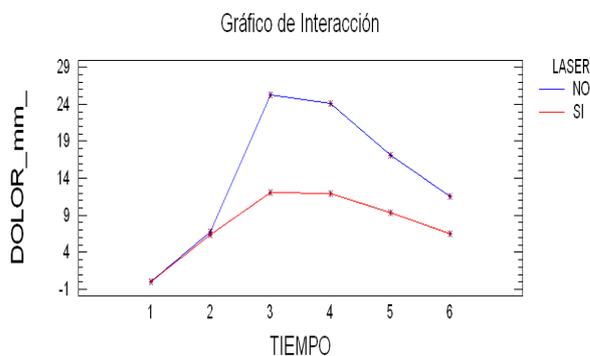


Figura 39 - Grupo 1- 830nm

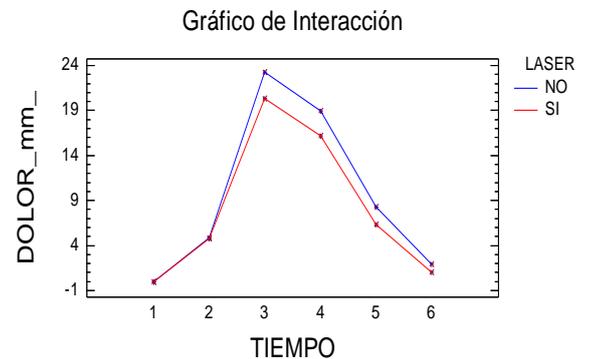


Figura 50- Grupo 2- 660nm

En los dos grupos terapéuticos estudios la intensidad de dolor ha sido menor en el lado tratado con láser que en el lado control. Sin embargo el grado de disminución del dolor ha sido mayor en el caso de la utilización del láser de 830nm.

Con los parámetros utilizados en este estudio, y con el mismo tiempo de irradiación la aplicación del láser de 830nm ha dado unos mejores resultados que la aplicación del láser de 660nm. Sin embargo deberíamos en posteriores investigaciones, evaluar la utilización del láser de 660nm con un mayor tiempo de irradiación y de esta forma comprobar si con similares dosimetrías se alcanzan iguales resultados. No obstante creemos que si se quiere obtener una aplicación que pueda ser clínicamente utilizable en los tratamientos ortodóncicos, tendríamos que preferir la utilización del láser de 830nm puesto que con un tiempo de 2 minutos podemos reducir significativamente el dolor producido por la colocación de los elásticos.

## DISCUSIÓN.

### 7.3.4. Discusión referente a la intensidad del dolor registrado

Marini y cols.<sup>139</sup>. remarcan, en el capítulo de la discusión de su artículo, que las puntuaciones medias de las VAS eran todas (es decir tanto las del grupo experimental como las de los grupos placebo y control) superiores respecto a las reportadas en otros estudios que habían empleado una misma metodología<sup>136,137</sup>. Marini y cols. argumentan que probablemente la razón se deba a que ellos utilizaron cuatro elásticos en cada cuadrante maxilar mientras que en los otros dos estudios que citan únicamente colocaban dos. Destacan además que si bien el uso de separadores elásticos ha sido un método empleado previamente por otros autores en protocolos utilizados en investigaciones sobre el dolor inducido por tratamientos ortodóncicos, la inserción de cuatro separadores provocaría un dolor similar al ocasionado por la colocación de los primeros arcos en un tratamiento con aparatología fija.

	post			6 horas			12 horas			24 horas			48 horas			72 horas		
	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C	E	P	C
Artés	6	6	-	12	25	-	-	-	-	11	24	-	9	17	-	6	11	-
Eslamian	0	0	-	11	14	-	-	-	-	10	14	-	-	-	-	11	14	-
Esper	15	8	-	-	-	-	-	-	-	48	38	46	40	37	51	36	27	41
Kim	9	10	26	20	25	47	24	33	50	27	46	55	27	46	47	26	37	38
Marini	2	4	3	-	-	-	3	14	33	3	35	61	4	21	56	2	5	41
Nóbrega	2	10	-	3	21	-	-	--	-	3	36	-	-	-	-	5	21	-

Tabla XII - Intensidad del dolor registrado en los estudios efectuados con láseres de baja potencia en el tratamiento ortodóncico con elásticos separadores, referidos al dolor experimentado durante las primeras 72 horas ( E- grupo estudio, P – grupo placebo, C – grupo control)

---

## *DISCUSIÓN.*

También cabe suponer que la fuerza ejercida por los elásticos separadores podría no ser siempre parecida, pudiendo influir aspectos como el grado de apiñamiento dental existente, el tipo de mal oclusión, el tipo de dentición. En este aspecto, Kim y cols.<sup>138</sup> mencionan que los separadores elásticos que utilizaron tenían un calibre de 2,1mm, y éste es un dato que no siempre se explica en la metodología. De todas formas el calibre de los separadores elásticos de ortodoncia está muy estandarizado siendo muy pocas las diferencias entre sus calibres. Para estos autores, el dolor constatado entraría en ocasiones, para algunos pacientes, dentro del concepto del “dolor de tipo moderado”, planteándose la necesidad de efectuar el mismo estudio, pero esta vez con un diseño “a boca partida” a fin de eliminar la variabilidad idiosincrática.

Otro punto de interés, de cara a valorar el dolor experimentado, lo aporta el trabajo de Nóbrega y cols.<sup>132</sup> en el que se valoró con una VAS pero en dos situaciones: en reposo (o espontáneo, como en la mayoría de los demás estudios) o en oclusión forzada. Hay que remarcar que los valores obtenidos, tanto para el grupo experimental como para el grupo placebo, difieren de forma ostensible: en oclusión forzada siempre duplican (y en algunos casos llegan casi a triplicar) los manifestados de forma espontánea. Por lo tanto, en los protocolos siempre se tendría que mencionar bajo qué condiciones los pacientes han cumplimentado las escalas de dolor.

Diversos estudios tienen como objetivo averiguar la evolución del dolor durante el movimiento ortodóncico. Según Furstman y Bernick<sup>47</sup> el dolor suele aparecer aproximadamente a las 2 horas después de colocar la aparatología ortodóncica. De acuerdo con Ngan y cols.<sup>9</sup> el máximo nivel de discomfort se percibe entre las 4 y 24 horas después de la inserción de los separadores elásticos. Otros trabajos investigan el grado de dolor al colocar los primeros arcos para realizar los movimientos de ortodoncia y también encuentran que el dolor aparece entre las 3 y 24 horas<sup>140</sup>. Nuestros resultados coinciden con estos estudios demostrando que el pico de dolor máximo se manifiesta entre

---

## *DISCUSIÓN.*

las 6 y 24 horas después de la colocación de los elásticos de separación, empezando a disminuir posteriormente a las 48 y 72 horas. En consecuencia a estas observaciones, y ya desde un punto de vista clínico y asistencial, parecería necesario recomendar una pauta analgésica solamente durante las primeras 24 horas de tratamiento ortodóncico.

### **7.4. Limitaciones de este estudio.**

#### **7.4.1. Variables sociodemográficas.**

Podría discutirse que el rango de edad de los voluntarios que participaron en este estudio es amplio (19,0-33,8) y que la media de edad (26,4 años) en el grupo 1 y de (18,7- 38,1) con una media de edad (26,8 años) en el grupo 2 son más altas que la de la mayoría de trabajos similares, y que hay un predominio claro del sexo femenino (2,3/1). Sin embargo hay que observar que la percepción de este tipo de dolor no parece estar influenciado por el factor edad aunque, en la literatura especializada, esto no deja de ser un tema de controversia. Así se encuentran opiniones en las que el dolor se experimentaría de forma más intensa en los adultos<sup>143</sup> mientras que para otros las diferencias no serían significativas<sup>1</sup>. Respecto al sexo, según los datos de la literatura tampoco habría diferencias en este aspecto<sup>43</sup>.

Lo que es evidente es que en nuestro trabajo no se planteó esta cuestión ni siquiera como objetivo secundario. Además querer averiguar alguna diferencia al respecto supondría aumentar sustancialmente el volumen muestral lo que siempre supone una dificultad añadida en los estudios que se efectúan sobre voluntarios.

Respecto a las características relativas al nivel cultural hemos de remarcar que en nuestro caso, éste era alto y homogéneo entre nuestros participantes.

---

## *DISCUSIÓN.*

Tampoco fue motivo de investigación de este estudio, y además las posibles pero pequeñas diferencias que se podrían observar entre los dos tipos de voluntarios reclutados (profesionales y estudiantes) quedan minimizadas al tratarse de un diseño “a boca partida”.

### **7.4.2. Fiabilidad de las escalas de medición del dolor.**

La utilización de una escala analógica visual (VAS), a pesar de ser un método subjetivo en el que existe una gran variabilidad de respuesta entre individuos, es uno de los métodos más utilizados en los estudios de dolor.<sup>115,144,145.</sup> En nuestro estudio se evaluó mediante una VAS en múltiples tiempos: el primero se conseguía antes de realizar ninguna manipulación al paciente. Una vez efectuada esta medición basal, se procedía a colocar los elásticos de separación. A los 5 minutos después de la colocación de los separadores se le pedía que volviera rellenar el formulario de registro; en este momento se procedía a la irradiación con el láser/placebo. Los otros tiempos eran a las 6, 24, 48, y 72 horas. En los demás estudios similares también ha evaluado el grado de dolor en relación al tiempo, y en algunos de ellos se ha aumentado el tiempo de control. Lo que parece evidente es que hay que tener registros desde las 2 horas post-irradiación, puesto que el inicio del dolor se produce a partir de este tiempo después de la colocación de la aparatología ortodóncica<sup>28,47.</sup>, hasta por lo menos las 72 horas que es el momento en el que suele empezar a decrecer.

No siempre, en este tipo de estudios, se ha utilizado un sistema similar para evaluar el dolor experimentado, lo que dificulta sin duda la comparación de los resultados obtenidos. Aunque lo más frecuente sea el empleo de escalas analógicas visuales sin referencias interiores, con dos anclajes extremos (no dolor, y máximo dolor imaginable), y con un rango de 0 a 100 milímetros, como

---

## *DISCUSIÓN.*

es el caso de nuestro estudio, también encontramos en la revisión bibliográfica efectuada otras posibilidades.

Estas variantes, pueden venir justificadas por la edad o el nivel de cultura de los participantes. Así, por ejemplo, podemos ver escalas que incorporan gráficos con gradaciones, que pueden ser realmente útiles cuando los sujetos evaluados son menores de edad. Algunos como el que se presenta en el estudio de Doshi-Mehta y Bhad-Patil<sup>129</sup>. indican la calidad del dolor experimentado, distinguiendo varios grados. Concretamente califican como “slight” cuando el dolor es puntuado entre 1 y 2, “mild” entre 3 y 4, “moderate” entre 5 y 6, “severe” entre 7 y 8, y “horrible” entre 9 y 10. Esto que puede ser comprensible desde el punto de facilitar la respuesta atendiendo a que el rango de los pacientes era entre 12 y 23 años, es difícilmente justificable desde el punto de vista científico. Pero también es difícil a la hora de traducir aunque puede proponerse el término “molestia” para “slight” y el de “dolor suave o ligero” para “mild”. Pero el verdadero problema es que la intensidad de la media del dolor nunca excedió de una puntuación del 3,5 durante todas las fases controladas de este estudio.

Uno de los problemas existentes es la fiabilidad con la que se puede medir el síntoma dolor. Prácticamente hay una aceptación importante en cuanto a utilizar una escala analógica visual (VAS) de 100mm, sin marcas internas, tal como la que hemos empleado en nuestro estudio. Sin embargo, y de cara a la interpretación de los resultados obtenidos, a veces se nota a faltar la correspondencia entre un dato numérico y un adjetivo que defina la calidad del dolor experimentado. Por este motivo además de las escalas analógicas visuales existen otros sistemas como las escalas numéricas (NRS o Numerical Rating Scales) donde el encuestado debe elegir un recuadro donde se le propone un valor numérico fijo que va del 1 (o del 0) al 10, tratándose de un sistema muy aceptado en el área de valoración del dolor de pacientes neoplásicos.

---

## *DISCUSIÓN.*

Asimismo existen también escalas verbales (VRS o Verbal Rating Scales), que son escalas categóricas ordenadas, en sentido incremental, donde cada respuesta no viene en función de un número sino de un adjetivo que indica la intensidad del dolor como pueden ser ausencia de dolor, dolor leve, dolor moderado, dolor severo, y máximo dolor imaginable. Una variante de este tipo sería el FPS (Facies Pain Scale) que consiste en mostrar dibujos de una serie de caras donde se representan las características objetivas (signos) que induce el dolor, y que tiene un interés claro en los pacientes pediátricos.

Todos estos sistemas que hemos enumerado son unidimensionales puesto que intentan medir solamente la intensidad del síntoma dolor, a diferencia de otros llamados multidimensionales que se caracterizan porque también tienen en cuenta otros aspectos que acompañan al dolor, siendo probablemente el más conocido de todos ellos el cuestionario de McGill.

De todas formas, hay que considerar las ventajas, y también los posibles inconvenientes, de haber utilizado una VAS. Como ventajas se acepta que es un sistema fácil y rápido (aunque para algunos pacientes puede ser incomprensible en función de nivel intelectual o de sus características culturales), que evita el uso de adjetivos específicos para describir el dolor (que no siempre son fáciles de discriminar), que presenta una buena sensibilidad a los cambios de la intensidad del dolor, y que goza de una buena reputación en cuanto a validez y fiabilidad. Su principal inconveniente es su baja precisión y fiabilidad cuando se efectúa un “retest,” hecho fácilmente comprensible dado las altas posibilidades de elección, aunque hay que destacar que esto no tiene demasiada trascendencia en el tipo de estudio que hemos efectuado.

A su vez, las escalas descriptivas verbales no dan ninguna precisión en cuanto a la precisión de la intensidad de dolor, son difíciles de utilizar en pacientes con un vocabulario limitado, y además poseen el inconveniente de

---

## *DISCUSIÓN.*

que tienen que ser validadas cuando se precisa una traducción estricta del adjetivo descriptivo de la categoría del dolor experimentado.

También es lógico tener presente, en cuanto a la sensibilidad de todos estos sistemas, que ésta aumentará conforme a cuando las posibilidades de respuesta decrezcan. Así se considera que son más sensibles las VAS-10 (considerada de 10cm, y presentada en sentido horizontal), las NRS-10 (elección del 1 al 10), y las VRS-4 (cuatro adjetivos posibles, si bien las hay que pueden llegar a 7 o más descriptivos)<sup>146</sup>.

Queda pues claro que el método de medición utilizado en nuestro estudio es correcto y adaptado a las necesidades propias del sistema analítico estadístico que se efectuó. No obstante, de cara a una mejor comprensión de lo que se observó, convendría tener mayor precisión a la hora de definir la calidad del dolor experimentado por los pacientes.

Una idea aproximada de ello puede adquirirse mediante la escala híbrida (puesto que tiene aspectos propios de las analógicas y de las verbales) de Heft y Parker<sup>147</sup>. Estos autores propusieron un tipo de escala que consistía en una línea, esta vez de 170mm, en la que no había ninguna marca interna pero sí los anclajes extremos antes mencionados. La ventaja de este sistema es que proporciona un adjetivo descriptivo para la intensidad del dolor marcado, y que intenta desmarcar una serie de subcategorías dentro del dolor de tipo leve, que es el que experimentaron la mayoría de nuestros pacientes. El principal inconveniente de este sistema, del que existen algunas variantes e interpretaciones, es que no está validado al idioma castellano, y que los adjetivos empleados son de difícil traducción. Evidentemente la interpretación de lo sucedido tiene que hacerse a posteriori mediante un patrón que permite delimitar las categorías principales y los descriptivos secundarios, y que en nuestro caso lo hemos adaptado para una línea de 100mm. (Figura 52)

*DISCUSIÓN.*

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1	→	32	33	→	66	67	→	85	100
No	Dolor leve			Dolor moderado			Dolor severo			
0	1 → 14	15→21	22→32	33	→	66	67	→	85	86 → 100
No	Faint	Weak	Mild	Moderate			Strong	Intense		
No	Tenue, apenas perceptible	Débil, flojo	Leve, suave	Moderado			Fuerte	Intenso		

Figura 52 - . Adaptación de la escala de Heft-Parker. En la fila 1 se representa una escala numérica (NRS-10) con sus 10 opciones. En las filas 3 y 2 se muestran las categorías principales y sus límites. En las filas 5 y 4 pueden observarse los descriptivos originales de las subcategorías y sus límites. En la fila 6, se expone una traducción plausible de estas subcategorías.

Esta escala de Heft y Parker ha estado, y sigue siendo, utilizada de forma casi exclusiva en el ámbito de la Odontología, y de forma muy especial en relación a la eficacia de los anestésicos locales. Solamente hemos podido un solo estudio relacionado con Ortodoncia que utilizase dicho método <sup>148</sup>.

Como puede apreciarse el dolor experimentado por nuestros pacientes estaría dentro de la categoría del dolor leve y de las subcategorías “tenue” y “débil”. Una posible explicación a esta baja intensidad en relación a los otros estudios similares es que el estímulo provocado es limitado (solo elástico separador), no se sigue de ninguna otra manipulación o tratamiento ortodóncico, y también a que posiblemente los voluntarios tenían, a causa de su profesión o de los estudios que estaban cursando, un conocimiento más o menos importante de la técnica empleada lo que reduciría el componente de miedo o ansiedad que pueden acompañar estas situaciones.

---

## *DISCUSIÓN.*

### **7.5. Propuestas de futuro.**

Una manera de complementar los resultados obtenidos, es conocer cuáles son los cambios que se manifiestan tras la aplicación del láser de baja potencia, en pacientes en tratamiento de ortodoncia, así como la posible aceleración del movimiento dentario (por ejemplo en casos de tratamientos con extracciones).

Así, es interesante comentar el trabajo de Giannopoulou y cols<sup>7</sup>. quienes quisieron averiguar, y correlacionar con el dolor constatado, los cambios que se producían en los niveles de ciertos mediadores de la inflamación a nivel del flujo gingival crevicular. Este estudio complementa al de Yamaguchi y cols<sup>51</sup>. quienes demostraron que durante el movimiento ortodóncico, desde las 8 a las 72 horas post-ajuste de la aparatología, se produce un aumento, en el líquido crevicular, de los niveles de sustancia P y de interleukina-beta, y ello estaría en concordancia con otros en los que se ha demostrado que el LLLT puede producir la inhibición de la producción de los mediadores de la inflamación, como son la prostaglandina E<sub>2</sub> y la interleukina 1- $\beta$ <sup>49,149,150</sup>. En concreto, en el estudio de Giannopoulou y cols. se midieron los niveles de interleukina 1-beta (IL-1 $\beta$ ), de la sustancia P (SP), y de la prostaglandina-E2 (PGE2). Cabe matizar que en este estudio participaron exclusivamente niños (la media de edad fue de 10.8 años) y que los separadores elásticos se colocaron mesialmente a los primeros molares fuesen superiores o inferiores. Las muestras del flujo crevicular se obtuvieron en los surcos distovestibular y en distopalatino de dichos molares previamente a la colocación de los separadores (medidas basales) y posteriormente a esta acción (1 hora, 1 día y 7 días después).

Se apreció que el dolor, medido por una escala VAS, se incrementaba ligeramente a la primera hora (media de 11mm) permaneciendo en este estado durante el primer día (media 13mm) para desaparecer por completo a los 7

---

## *DISCUSIÓN.*

días. Pero lo interesante de este estudio es que se pudo demostrar una asociación entre los incrementos de la intensidad del dolor y de la concentración de los mediadores bioquímicos de la inflamación en todos los momentos en que se efectuaron los controles, alcanzando esta asociación una significación estadística para la PGE2 a la primera hora y para la IL-1 $\beta$  a las 24 horas.

Entre los ortodontistas, a decir de He y cols.<sup>131</sup>, la prescripción de AINEs es el método preferido para mitigar el dolor de los pacientes. Sin embargo, estos autores avisan sobre el riesgo de presentación de efectos colaterales desagradables con una incidencia que sería, literalmente, “muy común”. Además de ello, remarcan que diversas investigaciones han puesto en evidencia que los AINEs inhiben significativamente la actividad remodeladora del colágeno extracelular gracias a la supresión de la liberación de ciertas prostaglandinas, lo que finalmente da lugar a una reducción de la velocidad de los movimientos dentales. Aunque varios estudios han demostrado que los AINEs disminuyen la velocidad del movimiento dental<sup>151</sup>, este efecto no es relevante en tratamientos de corta duración. Sea como sea, ya que también existe una controversia en este aspecto, los inconvenientes potenciales de este tipo de fármacos, tanto a nivel sistémico como a nivel local, hacen pensar en que realmente los AINEs no son una elección ideal en el control del dolor de los pacientes ortodóncicos, y este sería una de las razones para proponer el uso del láser de baja potencia con este fin.

El uso de analgésicos es la terapia de elección para la disminución del dolor en los pacientes sometidos a tratamientos de ortodoncia. Sin embargo su uso se ha visto cuestionado en los últimos años, dado sus efectos colaterales, su contraindicación en pacientes alérgicos y su interferencia en el movimiento dentario dado por algunos antiinflamatorios no esteroideos (AINES), pues existen estudios que han demostrado que disminuyen la velocidad del movimiento dental<sup>151</sup>.

---

## *DISCUSIÓN.*

De todas formas hay que matizar que en el estudio realizado por nosotros se trataba de voluntarios a los que se había colocado únicamente elásticos separadores, acto que no fue seguido por ningún otro tipo de tratamiento ortodóncico. Conviene por este motivo limitar el beneficio observado aunque hay varios trabajos que confirman la valía del láser de baja potencia en este campo. Así, el estudio de Tortomano y cols<sup>28</sup>. permite ver que el láser que se empleó (diodo de galio-arsénico-aluminio con longitud de onda de 830 nm.) no afecta el momento de inicio de la percepción dolorosa después de la inserción de un arco ni tampoco altera el día en el que el dolor es máximo. Pero la duración del dolor es inferior y su intensidad es menor.

En las conclusiones del metaanálisis de He y cols<sup>131</sup>. ya se advierte sobre la posibilidad de que hayan existido sesgos en los ensayos admitidos en este trabajo. Teniendo en cuenta que el grupo tratado con láser de baja potencia no llegó a obtener una diferencia estadísticamente en cuanto a recortar el número de días en los que los pacientes experimentan dolor, los autores recomiendan que en un futuro deberían proseguirse los estudios con esta tecnología, mejorando los diseños y aumentando la muestra, con el fin de poder obtener conclusiones más definitivas.

En resumen, en nuestro estudio se ha investigado la eficacia del láser de baja potencia (LLLT) para disminuir el dolor que se produce posteriormente a la colocación de elásticos de separación durante el inicio del tratamiento de ortodoncia. En todos los casos estudiados, y en todos los tiempos registrados, se ha observado que la hemiarcada irradiada con láser ha presentado menor dolor o sensación de discomfort, de forma estadísticamente significativa, en comparación con la hemiarcada control tratada con placebo. Otro dato a tener en cuenta es que no se observó ningún efecto secundario.

De ahí que pueda concluirse diciendo que la utilización del LLLT es un método no invasivo y fácil de administrar, sin reacciones adversas sobre los

---

## *DISCUSIÓN.*

tejidos conocidas. Con el uso del LLLT en los tratamientos de ortodoncia se puede disminuir el dolor o disconfort lo cual implicaría la no necesidad de tener que prescribir fármacos antiinflamatorios.

Es importante insistir en el hecho de que esta tecnología no se ha visto asociada, ya con décadas de utilización clínica, a efectos colaterales indeseables. Asimismo sus acciones beneficiosas son extensas, abarcando la aceleración de la reparación de los tejidos, el alivio del dolor, un incremento de la inmunidad, etc., todo ello teniendo en cuenta de que se trata de un procedimiento no invasivo, no químico (o farmacológico) y relativamente económico. Todas estas razones han animado tanto a clínicos e investigadores como a la propia industria para interesarse en su estudio específico sobre todo en lo que se refiere a profundizar sobre su conocimiento básico y a optimizar sus aplicaciones terapéuticas. El desarrollo de la propia aparatología y de los protocolos de utilización, como ha sido el caso de este estudio, de la formación específica de los educadores y de los profesionales sanitarios, y de su divulgación pertinente y carente de sesgos, han de ser esenciales para conseguir mejorar los resultados que se desean, en una sociedad moderna, dentro del ámbito de las Ciencias de la Salud.

---

*DISCUSIÓN.*

## **8 .CONCLUSIONES**

---



---

## CONCLUSIONES

**1-** Los resultados de este estudio demuestran que la aplicación del láser de baja potencia con los parámetros utilizados, es un método eficaz para el control del dolor y molestias en pacientes ortodóncicos, después de colocar elásticos de separación, cuando se compara con el grupo control.

**2 -** Los resultados obtenidos en el grupo 1 del estudio demuestran que la aplicación del láser de baja potencia de Galio–Arsenio–Aluminio de 830nm (Ga-Ar-Al) con los parámetros utilizados, es un método eficaz para el control del dolor y molestias en pacientes ortodóncicos. La intensidad del dolor fue menor en la hemiarcada tratada con el láser (con una media de 7,70mm), que en la tratada con el placebo (media de 14,14mm). Estos resultados son estadísticamente significativos con una p- valor de 0,001.

**3 –** Respecto al grupo tratado con láser de 660 nm de Indio-Galio-Aluminio- Fosforo (In-Ga-Al-P), aunque los resultados estadísticos indican que son un método eficaz, la diferencia de intensidad de dolor entre la hemiarcada tratada con el láser (media de 8,11mm) y la tratada con placebo (media de 9,54mm) clínicamente no es relevante.

**4 -**La evolución del dolor en las 72 horas posteriores a la colocación de los elásticos de separación, demuestra que las mayores molestias se producen entre las 6 y 24 horas, reduciéndose a partir de las 48 horas y siendo ya a las 72 horas de muy baja intensidad.

---

## *CONCLUSIONES*

En el grupo experimental la mayor sensación de dolor también se produjo entre las 6 y 24 horas; sin embargo la intensidad siempre fue menor que en el grupo control.

**5** - Con los parámetros utilizados en este estudio, el laser de 830 nm de longitud de onda obtiene unos resultados clínica y estadísticamente mejores que los obtenidos con el láser de 660 nm de longitud de onda.

**6** - En el estudio ninguno de los voluntarios necesitó tomar medicación analgésica de rescate durante las setenta y dos horas posteriores a la inserción de los elásticos de separación.

## **9 .BIBLIOGRAFÍA**

---



---

*BIBLIOGRAFIA*

- 1 Brown DF, Moerenhout RG. The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of preadolescents, adolescents, and adults, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100:349-56.
- 2 Oliver RG, Knapman YM. Attitudes to orthodontic treatment. *Br J Orthod* 1985;12:179-88.
- 3 Cruz, Dr. Efeitos da irradiação com laser em baixa intensidade na velocidade de distalização de caninos durante a movimentação ortodôntica “estudo clínico comparativo”. Dissertação (Mestrado Profissionalizante)-IPEN, Autarquia associada à Universidade de São Paulo. São Paulo: 2003.
- 4 Cruz, Dr, Kohara, Ek, Ribeiro Ms, Wetter Nu. Effects of low intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med.* 2004;35:117-20.
- 5 Youssef M, Ashkar S, Hamade E, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci.* 2008;23:27-33.
- 6 Firestone AR, Scheurer AP, Burgin WB. Patient’s anticipation of pain and pain-related side effects, and their perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod.* 1999;21:387-96.
- 7 Gianopoulou C, Dudic A, Kiliaridis S. Pain Discomfort and Crevicular Fluid Changes Induced by Orthodontic Elastic Separators in Children. *The J of Pain.* 2006;7:367-76.
- 8 Romera E, Perena MJ, Perena MF, Rodrigo MD. Neurofisiologia del dolor. *Rev Esp Dolor.* 2000;7:11-17.
- 9 Ngan P, Kess B, Wilson S. Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96:47-53.
- 10 Bernhart MK, Southard KA, Batterson KD, Logan HL, Baker KA, kobsen JR . The effect of preemptive and/or postoperative ibuprofen therapy for orthodontic pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120:20-7.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 11 Krishnan V, Davidovitch Z. The effect of drugs on orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofacial Res.* 2006;9:163-71.
- 12 Lim HM, Lew KK, Tay DK. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;108:614-22.
- 13 Fujiyama K, Deguchi T, Murakami T, Fujii A, Kushima K, Yamamoto TT. Clinical effect of CO2 Laser in reducing Pain in orthodontics. *Angle Orthodontist.* 2008;78:299-303.
- 14 Gutknecht N, Eduardo CP. *Odontologia e Laser.* 1th ed. São Paulo. Editora Santos; 2004.
- 15 Oltra-Armon D, España-Tost AJ, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Aplicaciones del láser de baja potencia en Odontología. *RCOE.* 2004;9: 517-24.
- 16 Amarillas-Escobar ED, Toranzo-Fernández JM, Martínez-Rider R, Noyola-Frías MA, Hidalgo-Hurtado JA, Serna VM, Gordillo-Moscoso A, Pozos-Guillén AJ. Use of therapeutic laser after surgical removal of impacted lower third molars. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68:319-24.
- 17 Amorim JC, de Sousa GR, de Barros Silveira L, Prates RA, Pinotti M, Ribeiro MS. Clinical study of the gingiva healing after gingivectomy and low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg.* 2006;24:588-94.
- 18 Bensadoun RJ, Nair RG. Low-level laser therapy in the prevention and treatment of cancer therapy-induced mucositis: 2012 state of the art based on literature review and meta-analysis. *Curr Opin Oncol.* 2012;24 :363-9.
- 19 Harazaki M, Isshiki Y. Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment, *Bull Tokyo Dent Coll.* 1998;39:95-101.
- 20 Turhani D, Scheriau M, Kapral D, Benesch T, Jonke E, Bantleon H.P. Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy, *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130:371-7.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 21 Sommer AP, Pinheiro AL, Mester AR, Franke RP, Whelan HT. Bioestimulatory windows in low-intensity laser activation: lasers, scanners and NASA's light-emitting diode array system. *J Clin Laser Med Surg.* 2001;19: 29-33.
- 22 Tunér J, Hode L. *Low Level Laser Therapy – Clinical Practice and Scientific Background.* 1th ed. Sweden: Prima Books; 1999.
- 23 Honmura A, Yanase M, Obata J, Haruki E. Therapeutic effect of Ga-Al-As diode laser irradiation on experimentally induced inflammation in rats. *Lasers Surg Med.* 1992;12:441-9.
- 24 Basford JR, Hallman HO, Matsumoto JY, Moyer SK, Buss JM, Baxter GD. Effects of 830 nm continuous wave laser diode irradiation on median nerve function in normal subjects. *Lasers Surg Med.* 1993;13:597-604.
- 25 Laakso EL, Cabot PJ. Nociceptive scores and endorphin-containing cells reduced by low-level laser therapy (LLLT) in inflamed paws of Wistar rat. *Photomed Laser Surg.* 2005;23:32-5.
- 26 Karu TM. Molecular mechanism of the therapeutic effect of low intensity laser radiation. *Laser Life Sci.* 1988;2:53-74.
- 27 Saito S, Shimizu N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in mid-palatal suture during expansion in the rat. *Am J Orthod Dent Orthop* 1997;111:525-32.
- 28 Tortamano A, Lenzi D, Haddad AC, Bottino MC, Dominguez G, Vigorito JW. Low-level laser therapy for pain caused by placement of the first orthodontic archwire: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136:662-7.
- 29 Jenkins PA, Carroll J. How to report low-level laser therapy (LLLT)/photomedicine dose and beam parameters in clinical and laboratory studies. *Photomed Laser Surg.* 2011;29:1-4.
- 30 IASP Pain Terms: a current list with definitions and notes on usage. *Pain* 1986; 3:215- 21.
- 31 Teixeira MJ, Figueiró JAB. *Epidemiologia e Evolução Histórica da Dor.* Fascículo I. São Paulo: Moreira Jr, 2001.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 32 Teixeira MJ. Fisiopatplogia da nocicepcao e da supressao da dor. J Brs Ocl ATM Dor Orofac. 2001;1.
- 33 Bergius M, Kiliardiris S, Berggren U. Pain in Orthodontics- a review and discussion of the literature. J Orofac Orthop. 2000;61:25-37.
- 34 Pinheiro LB, Bittencourt MAV, Cangussu MCT, Ferreira RFA, Ferreira Filho RFA. Avaliação clínica da ação antiálgica do laser de baixa potência após instalação de separadores ortodônticos. Rev Assoc Paul Cir Dent. 2008;62:98-104.
- 35 Andrade, ED; Ranali, J; Volpato, MC. Uso de medicamentos na prevenção e controle da dor. Capítulo 7. In: Terapêutica Medicamentosa em Odontologia. Ed. Artes Médicas; 1999.p.45-64
- 36 Afifi AK, Bergman RA. Neuroanatomía funcional. Texto y atlas. 2ª th ed. Mexico: McGraw-Hill Interamericana; 2005.
- 37 Delmas A. Vías y centros nerviosos. 7ª th ed. Barcelona: Toray-Masson; 1976.
- 38 Fauci AS. Harrison. Principios de medicina interna. 14ª th ed. Vol 1. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 1998.
- 39 Zaragoza F, Álamo C. Abordaje del dolor en la oficina de farmacia. Vol 1. Madrid: Acción médica; 2004.
- 40 Walker RS. Pain types [documento en internet].The pain clinic, UK; 17-05-2008 [citado el 29 de abril de 2008]. Disponible en: <http://www.painclinic.org/aboutpain-paintypes.htm>
- 41 Dray, A. Inflammatory mediators of pain. Br J Anaesth.1995;75:1725-31.
- 42 Ferreira, SH. A classification of pheripheral analgesic based upon their mode of action. In: Migraine: spectrum of ideas. Sandler M.; Collins GM. London: Oxford University Press.1990;59-72.
- 43 Scheurer PA, Firestone AR, Burgin WB. Perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. Eur J Orthod. 1996; 18:349-57.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 44 Fukui T, Harazaki M, Muraki K, Sakamoto T, Isshiki Y, Yamaguchi H. The evaluation of laser irradiated pain reductive effect by occlusal force measurement. *Orthod Waves*. 2002;61:199-206.
- 45 Bartlett BW, Firestone AR, Vig KWL, Beck FM, Marucha FT. The influence of a structured telephone call on orthodontic pain and anxiety. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;128:435-41.
- 46 Bergius M, Berggren U, Kiliaridis S. Experience of pain during an orthodontic procedure. *Eur J Oral Sci*. 2002;110:92-8.
- 47 Furstman L, Bernik S. Clinical consideration of the periodontium. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1972;61:138-55.
- 48 Burstone C. Mechanics: the biomechanics of tooth movement. In: Kraus B, Riedel R, eds. *Vistas in orthodontics*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1962;197-213.
- 49 Grieve WG, Johnson GK, Moore RN, Reinhardt RA, DuBois LM. Prostaglandin E (PGE) and interleukin-1b (IL-1b) levels in gingival crevicular fluid during human orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;105: 369-74.
- 50 Krishnan V, Davidovitch Z. The effect of drugs on orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofacial Res*. 2006; 9:163-71.
- 51 Yamaguchi M, Yoshii M, Kasai K. Relationship between substance P and interleukin-1  $\beta$  in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement in adults. *Eur J Orthod*. 2006;28:241–46.
- 52 Dray A, Urban L, Dickenson AH. Pharmacology of chronic pain. *Treds Pharmacol Sci*. 1994;15:190-97.
- 53 Salmassian R, Osesterie W, Shellhort C, Sheldom M. Newman. Comparison of the efficacy of ibuprofen and acetaminophen in controlling pain after orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135:516-21.
- 54 A. Einstein, "On the quantum theory of radiation," . En Barnes AF. *Laser Theory*. ed. IEEE Press New York:1972. 5-2.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 55 Lasers. The invention of the laser at Bell laboratories 1958-1998. <http://www.bell-labs.com/history/laser/>
- 56 Hecht J. Short history of laser development. *Optical Engineering*. 2010; 49:1-23.
- 57 Hecht J. *Laser pioneers*. Boston. Academic Press.1992.
- 58 Schawlow AL, Townes CH. Infrared and Optical Masers. *Phys. Rev.* 1958;112:1940-49;
- 59 Hecht J , Teresi D .El rayo láser. Madrid : Argos-Vergara ;1983.
- 60 Maiman TH. Stimulated optical radiation in Ruby . *Nature* 1960; 187:493-4.
- 61 Marti L. *Tecnología láser en Medicina*. Valencia : AidoE, editor; 1997
- 62 Sliney DH, Trokel SL. *Medical lasers and their safe use*. New York: Springer; 1993.
- 63 Sulewski JG. Revisión histórica de la odontología de láseres. En: Convissar RA, ed. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Láseres y amplificación de la luz en odontología*. México DF: McGraw-Hill interamericana; 2000: 781-817.
- 64 Goldman I, Gray JA, Goldman J, Goldman B, Meyer R. Effect of laser beam impacts on teeth. *J Am Dent Assoc*. 1965;70: 601-6.
- 65 Stern RH, Sognnaes RF. Laser effect on dental hard tissues. A preliminary report. *J South Calif Dent Assoc*. 1965;33:17-9.
- 66 Stern RH, Sognnaes RF, Goodman F. Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility. *J Am Dent Assoc*. 1966;73:838-43.
- 67 Stern RH, Vahl J, Sognnaes RF. Lased enamel: ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. *J Dent Res*. 1972; 5:455-60.
- 68 Miserendino LJ, Pick RM. *Lasers in dentistry*. Singapore: Quintessence; 1995.
- 69 Myers TD, Myers WD. The use of a laser for debridement of incipient caries. *J Prosthet Dent*. 1985;53:776-9.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 70 Sulewski J. Einstein's " Splendid Light" : Origins and dental applications. En Convisar RA. Principles and practice of Laser Dentistry. 1 th ed. St. Louis Missouri: Mosby Elsevier. ;2011:1-9.
- 71 España Tost AJ, Velasco Vivancos V, Gay-Escoda C, Berini-Aytés L, Arnabat Dominguez J. Aplicaciones del Láser en odontología, Madrid: Ergon; 1995.
- 72 Svelto O. Principles of Lasers. 4th ed. New York: Plenum Press; 1998.
- 73 Sliney DH, Trokel SL. Medical lasers and their safe use. New York: Springer; 1993.
- 74 Velez M, Rigau J, Trelles M. Fundamentos físicos de la emisión lumínica: láser y otros sistemas. En Cisneros JL, Camacho F, Trelles M. eds. Láser en dermatología y dermocosmética. 2 th ed Madrid: Aula Médica Ediciones; 2008. 37-48.
- 75 Vélez M, Trelles MA, Rigau J. Características y parámetros dosimétricos de los sistemas láser y otros sistemas lumínicos. En: Cisneros JL, Camacho F, Trelles M eds. Láser y fuentes de luz pulsada intensa en dermatología y dermocosmética. Madrid: Aula Médica Ediciones; 2000. 57-68.
- 76 Turner J, Hode L. The laser therapy handbook. Grängesberg: Prima Books AB; 2004.
- 77 Strauss R. Láseres en cirugía oral y maxilofacial. En: Convisar RA, ed. Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Láseres y amplificación de la luz en odontología. México DF: McGraw-Hill interamericana; 2000. 919-43.
- 78 Nimez MH. Laser-Tissue Interaction. 3 th ed. Berlin:Springer; 2003.
- 79 E, Mester AF, Mester A. The biological effect of laser application. Laser Surg Med Mester. 1985;5:31-9.
- 80 Sun G, Tunér J. Low-level laser therapy in dentistry. Dent Clin North Am. 2004 Oct;48:1061-76.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 81 Karu T. Low power laser therapy. Letokhov VS, Shank CV, Shen YR, Walther H, eds. Biomedical photonics handbook. Switzerland: Khorwood Academic Publishers; 2003. 48.
- 82 Turnèr J, Beck-Kristensen PH. Low-level Laser in Dentistry . Convisar RA. Principles and practice of Laser Dentistry. 1th ed. St. Louis Missouri: Mosby Elsevier; 2011.263-84
- 83 Loevschall H, Arenholt-Bindslev D. Effect of low level diode laser irradiation of human oral mucosa fibroblasts in vitro. Lasers Surg Med. 1994;14:347-54.
- 84 Pourreau-Schneider N, Ahmed A, Soudry M, Jacquemier J, Kopp F, Franquin JC, Martin PM. Helium-neon laser treatment transforms fibroblasts into myofibroblasts. Am J Pathol. 1990;137:171-8.
- 85 Tadakuma T. Possible application of the laser in immunobiology. Keio J Med. 1993;42:180-2.
- 86 Haas AF, Isseroff RR, Wheeland RG, Rood PA, Graves PJ. Low-energy helium-neon laser irradiation increases the motility of cultured human keratinocytes. J Invest Dermatol. 1990;94:822-6.
- 87 Ebrahimi T, Moslemi N, Rokn A, Heidari M, Nokhbatolfoghahaie H, Fekrazad R. The influence of low-intensity laser therapy on bone healing. J Dent (Tehran). 2012 Fall;9:238-48.
- 88 Laakso E, Richardson C, Cramond T. Pain scores and side effects in response to low level laser therapy (LLLT) for myofascial trigger points. Laser Therapy 1997;9:67-72.
- 89 Chow RT, Barnsley L. A systematic review of the literature of low-level laser therapy (LLLT) in the management of neck pain. Lasers Surg Med. 2005;37:46-52.
- 90 Chow R, David M, Armati P. 830-nm laser irradiation induces varicosity formation, reduces mitochondrial membrane potential and blocks fast axonal flow in small and medium diameter rat dorsal root ganglion neurons: implications for the analgesic effects of 830-nm laser. J Peripher Nerv Syst 2007;12:28-39.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 91 Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose Response*. 2011;9:602-18.
- 92 Oron A, Oron U, Streeter J, de Taboada L, Alexandrovich A, Trembovler V, Shohami E. Low-level laser therapy applied transcranially to mice following traumatic brain injury significantly reduces long-term neurological deficits. *J Neurotrauma*. 2007; 24:651-6.
- 93 de Almeida P, Lopes-Martins RA, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JC, Rossi RP, Machado GP, da Silva DP, Bjordal JM, Leal Junior EC. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci*. 2012; 27:453-8.
- 94 Mok YC, Pang KM, Au CY, Yew DT. Preliminary observations on the effects in vivo and in vitro of low dose laser on the epithelia of the bladder, trachea and tongue of the mouse. *Scanning Microsc*. 1988;2:493-502.
- 95 Enwemeka CS, Parker JC, Dowdy DS, Harkness EE, Sanford LE, Woodruff LD. The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomed Laser Surg*. 2004;22:323-9.
- 96 De Souza TO, Martins MA, Bussadori SK, Fernandes KP, Tanji EY, Mesquita-Ferrari RA, Martins MD. Clinical evaluation of low-level laser treatment for recurring aphthous stomatitis. *Photomed Laser Surg*. 2010; 28 :85-8.
- 97 Abo Elsaad NS, Soory M, Gadalla LM, Ragab LI, Dunne S, Zalata KR, Louca C. Effect of soft laser and bioactive glass on bone regeneration in the treatment of infra-bony defects (a clinical study). *Lasers Med Sci*. 2009;2:387-95.
- 98 Kasai S., Kono T, Yasuhiro Y, Kotani H, Sakamoto T, Mito M. Effect of low-power laser irradiation on impulse conduction in anaesthetized rabbits. *J Clin Laser Med. Surg*. 1996;14:107-9.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 99 Mezawa S, Iwata K, Naito K, Kamogawa H. The possible analgesic effect of soft-laser irradiation on heat nociceptors in the cat tongue. *Arch. Oral Biol.* 1988; 33: 693-4.
- 100 Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation in cells. *J. Photochem. Photobiol. B* .1999;49:1-17.
- 101 Khullar SM, Brodin P, Barkvoll P, Haanaes HR. Preliminary study of low-level laser for treatment of long-standing sensory aberrations in the inferior alveolar nerve. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996;54:2-7.
- 102 Otsuka H, Numasawa R, Okubo K. Effects of helium-neon laser therapy on herpes zoster pain. *Laser Ther* 1995;7:27-32.
- 103 Hansen HJ, Thorøe U. Low power laser biostimulation of chronic orofacial pain. A double-blind placebo controlled cross-over study in 40 patients. *Pain.* 1990;43:169-79.
- 104 Dowell P, Addy M, Dummer P. Dentine hypersensitivity: aetiology, differential diagnosis and management. *Br Dent J.* 1985;158:92-6.
- 105 Gerschman JA, Ruben J, Gebart-Eaglemon J. Low level laser therapy for dentinal tooth hypersensitivity. *Aust Dent J.* 1994;39:353-7.
- 106 Vieira AH, Passos VF, de Assis JS, Mendonça JS, Santiago SL. Clinical evaluation of a 3% potassium oxalate gel and a GaAlAs laser for the treatment of dentinal hypersensitivity. *Photomed Laser Surg.* 2009; 27:807-12.
- 107 Pesevska S, Nakova M, Ivanovski K, Angelov N, Kesic L, Obradovic R, Mindova S, Nares S. Dentinal hypersensitivity following scaling and root planing: comparison of low-level laser and topical fluoride treatment. *Lasers Med Sci.* 2010;25:647-50.
- 108 Shimizu N, Yamaguchi M, Goseki T, Shibata Y, Takiguchi H, Iwasawa T, Abiko Y. Inhibition of prostaglandin E2 and interleukin 1-beta production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. *J Dent Res.* 1995;74:1382-8.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 109 de Almeida JM, Theodoro LH, Bosco AF, Nagata MJ, Oshiiwa M, Garcia VG. In vivo effect of photodynamic therapy on periodontal bone loss in dental furcations. *J Periodontol.* 2008;79:1081-8.
- 110 Fernandes LA, de Almeida JM, Theodoro LH, Bosco AF, Nagata MJ, Martins TM, Okamoto T, Garcia VG. Treatment of experimental periodontal disease by photodynamic therapy in immunosuppressed rats. *J Clin Periodontol.* 2009;36:219-28.
- 111 de Oliveira RR, Schwartz-Filho HO, Novaes AB Jr, Taba M Jr. Antimicrobial photodynamic therapy in the non-surgical treatment of aggressive periodontitis: a preliminary randomized controlled clinical study. *J Periodontol.* 2007;78:965-73.
- 112 Fernandes LM, Ogaard B, Skoglund L. Pain and discomfort experienced after placement of a conventional or a super-elastic NiTi aligning archwire. *J Orofac Orthop* 1998;59:331-9.
- 113 Erdinç AM, Dinçer B. Perception of pain during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 2004;26:79-85.
- 114 Xiaoting L, Yin T, Yangxi C. Interventions for pain during fixed orthodontic appliance therapy. A systematic review. *Angle Orthod* 2010;80:925-32.
- 115 Chow R, Johnson M, Lopes-Martins R, Bjordal J. Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomised placebo or active-treatment controlled trials. *Lancet* 2009; 374:1897-908.
- 116 Polat O, Karaman AI. Pain control during fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthod* 2005;75:214-9.
- 117 Corah NL. Development of a dental anxiety scale. *J Dent Res.* 1969; 48:596.
- 118 Tayer BH, Burek MJ. A survey of adults' attitudes toward orthodontic therapy. *Am J Orthod.* 1981; 79:305-15.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 119 Duran Fernandez-Feijo M. Efecto analgésico del láser Erbium,Cromium: Yttrium-Selenium-Gallium-Garnet en Ortodoncia. Tesina Doctoral. Universidad de Catalunya. Julio 2008.
- 120 Albertini R , Villaverde , Aimbire F , Salgado M, Bjordal JM , Alves LP, Munin E. Costa MS. Anti-inflammatory effects of low-level laser therapy (LLLT) with two different red wavelengths (660 nm and 684 nm) in carrageenan-induced rat paw edema. *Journal of Photochemistry and Photobiology Biology*. 2007;89:50-5.
- 121 Albertini R, Villaverde AB, Aimbire F, Bjordal J, Brugnera A, Mittmann J, Silva JA, Costa M. Cytokine mRNA expression is decreased in the subplantar muscle of rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg*. 2008; 26:19-24.
- 122 Albertini R, Aimbire F, Villaverde AB, Silva JA Jr, Costa MS. COX-2 mRNA expression decreases in the subplantar muscle of rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low level laser therapy. *Inflamm Res*. 2007;56:228-9.
- 123 Sefi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Eur J Orthod*. 2003; 25:199-204.
- 124 Kale S, Kocadereli I, Atilla P, Asan E. Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;125:607-14.
- 125 Hashimoto F, Kobayashi Y, Matakai S, Kobayashi K, Kato Y, Sakai H. Administration of osteocalcin accelerates orthodontic tooth movement induced by closed coil springs in rats. *Eur Orthod Soc*. 2001;23:525-45.
- 126 Madan MS, Liu ZJ, Gu GM, King GJ. Effects of human relaxin on orthodontic tooth movement and periodontal ligaments in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007; 131:1-10.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 127 Davidovitch Z, Mathew D, Finkelson BS. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1980;77:14-32.
- 128 Nishimura M, Chiba M, Ohashi T, Sato M, Shimizu Y, Igarashi K. Periodontal tissue activation by vibration: intermittent stimulation by resonance vibration accelerates experimental tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133:572-83.
- 129 Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: A clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141:289-97.
- 130 Torri S, Weber JB. Influence of Low-Level Laser Therapy on the Rate of Orthodontic Movement: A Literature Review. *Photomed Laser Surg.* 2013; 31:411-21.
- 131 He WL, Li CJ, Liu ZP, Sun JF, Hu ZA, Yin X, Zou SJ. Efficacy of low-level laser therapy in the management of orthodontic pain: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* DOI 10.1007/s10103-012-1196-y. Pub online 22 set 2012.
- 132 Nóbrega C, da Silva EM, de Macedo CR. Low-level laser therapy for treatment of pain associated with orthodontic elastomeric separator placement: a placebo-controlled randomized double-blind clinical trial. *Photomed Laser Surg.* 2013;31:10-6.
- 133 Esper MA, Amadei Nicolau R, Lo Schiavo Arisawa EA. The effect of two phototherapy protocols on pain control in orthodontic procedure - a preliminary clinical study. *Lasers Med Sci.* 2011;26:657-63.
- 134 Tunér J, Jenkins P. Complications in comparing lasers and LED. Comment on Esper MA, Nicolau RA, Arisawa EA. The effect of two phototherapy protocols on pain control in orthodontic procedure - a preliminary clinical study. *Lasers Med Sci.* 2011;26:657-63.
- 135 Castano AP, Dai T, Yaroslavsky I, Cohen R. Low-level laser therapy for zymosan-induced arthritis in rats: importance of illumination time. *Lasers Surg Med.* 2007;39:543-50.

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 136 Artés Ribas M, Arnabat-Dominguez J, Puigdollers A. Analgesic effect of a low-level laser therapy (830 nm) in early orthodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 2013;28:335-41.
- 137 Eslamian L, Borzabadi-Farahani A, Hassanzadeh-Azhiri A, Badiie MR, Fekrazad R. The effect of 810-nm low-level laser therapy on pain caused by orthodontic elastomeric separators. *Lasers Med Sci.* 2014;29:559-64.
- 138 Kim WT, Bayome M, Park JB, Park JH, Baek SH, Kook YA. Effect of frequent laser irradiation on orthodontic pain. A single-blind randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2013;83:611-6.
- 139 Marini I, Bartolucci ML, Bortolotti F, Innocenti G, Gatto MR, Bonetti GA. The effect of diode superpulsed low-level laser therapy on experimental orthodontic pain caused by elastomeric separators: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* DOI 10.1007/s10103-013-1345-y Pub online 11 may 2013.
- 140 Harazaki M, Takahashi H, Isshiki Y. Soft laser irradiation induced pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll.* 1997;38:291-5.
- 141 Bjordal JM, Johnson MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RA. Photoradiation in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. *Photomed Laser Surg.* 2006;24:158-68.
- 142 Chow R, Yan X, Armati P. Electrophysiological Effects of Single Point Transcutaneous 650 and 808 nm Laser Irradiation of Rat Sciatic Nerve: A Study of Relevance for Low-Level Laser Therapy and Laser Acupuncture. *Photomedicine and Laser Surgery.* 2012;30:530-5.
- 143 Jones ML, Richmond S. Initial tooth movement. Force application and pain—a relationship? *Am J Orthod.* 1985;88:111-6.
- 144 Shirani AM, Gutknecht N, Taghizadeh M, Mir M. Low-level laser therapy and myofascial pain dysfunction syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2009; 24:715-20

---

*BIBLIOGRAFIA*

- 145 Dundar U , Evcik D, Samli F, Pusak H, Kavuncu V. The effect of gallium arsenide aluminum laser therapy in the management of cervical myofascial pain syndrome: a double blind, placebo-controlled study. Clin Rheumatol. 2007;26:930-4.
- 146 Hjermstad MJ, Fayers PM, Haugen DF, Caraceni A, Hanks GW, Loge JH, Fainsinger R, Aass N, Kaasa S. Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review. J Pain Symptom Manage. 2011;41:1073-93.
- 147 Heft MW, Parker SR. An experimental basis for revising the graphic rating scale for pain. Pain. 1984;19:153-61.
- 148 Reznik DS, Jeske AH, Chen JW, English J. Comparative efficacy of 2 topical anesthetics for the placement of orthodontic temporary anchorage devices. Anesth Prog. 2009;56:81-5.
- 149 Trelles MA, Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low power laser. Lasers Surg Med. 1987;7:36-45.
- 150 Shimizu N, Yamaguchi M, Goseki T, Shibata Y, Takiguchi H, Iwasawa T, Abiko Y. Inhibition of prostaglandin E2 and interleukin 1-beta production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. J Dent Res. 1995;74:1382-8.
- 151 Bernhart MK, Southard KA, Batterson KD, Logan HL, Baker KA, Jakobsen JR . The effect of preemptive and/or postoperative ibuprofen therapy for orthodontic pain. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001;120:20-27.

---

*BIBLIOGRAFIA*

## ***10.ANEXOS***

---

---

ANEXO

ANEXO


 Universitat  
 Internacional  
 de Catalunya

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
 Comisión científica

La comisión de doctorado del Departamento de Odontología de la Universitat Internacional de Catalunya, CERTIFICA que

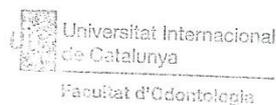
El presente proyecto de Tesis Doctoral titulado: “Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia”, cuyo director es el Dr. Andreu Puigdollers Pérez y cuyo investigador principal es la doctorando Montserrat Artés Ribas

ha sido evaluado satisfactoriamente y es apto para entrar en el programa de doctorado.

Firmado en Sant Cugat del Vallès, a 28 de febrero del 2011.



**Dr Lluís Giner Tarrida**  
 Director de la comisión de doctorado de Odontología


 Universitat Internacional  
 de Catalunya  
 Facultat d'Odontologia

Título:	Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia
Investigador principal:	Montserrat Artés Ribas
Director de la tesis:	Dr. Andreu Puigdollers Pérez
Número de estudio:	ORT-ECL-2011-04-NF

ANEXO



Barcelona, 29 de mayo de 2013

Sra. Montserrat Artés Ribas  
Sta. Juana De Arco, 50-52, 2º 1ª  
08032 Barcelona

Estimada Sra.

Por la presente, le comunico que la Comisión Académica del Doctorado en Ciencias de la Salud, en la su sesión del 17 de mayo de 2013, ha sido informada por la Comisión de Calidad de Tercer Ciclo que:

Que en su sesión del 25 de abril acordó aprobar las modificaciones solicitadas en la dirección de su proyecto de tesis de la siguiente forma:

Proyecto: "Eficacia Analgésica del Láser de Baja Potencia en Ortodoncia"  
Doctoranda: Montserrat Artés Ribas  
Director: Andreu Puigdollers Pérez  
Co-director: Josep Arnabat Domínguez

Aprovecho la oportunidad para saludarla cordialmente,

Jaime Oliver Serrano  
Secretario Comisión Académica  
Doctorado en Ciencias de la Salud

ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

**CARTA APROVACIÓ ESTUDI PEL CEIC**

Número de l'estudi: F-07-APP-10  
Versió del protocol:1.1  
Data de la versió:03/05/2010  
Títol:"Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia"

Sant Cugat del Vallès, 10 de maig de 2010

**Dr. Andreu Puigdollers**

**Referència: "Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia"**

Benvolgut Doctor,

Els membres del CEIC de la Clínica Universitària d'Odontologia, els hi agraeixen l'aportació científica en el camp de la investigació i la presentació del Protocol en aquest Comitè per a la seva avaluació.

Valorades les noves aportacions realitzades a l'estudi, sol·licitades pel nostre CEIC, el passat dia 03 de maig de 2010, li comuniquem que el dictamen final ha sigut FAVORABLE.

Quedem a la seva disposició per a qualsevol dubte o aclaració al respecte.

Atentament,

**Sra. Imma Puga**  
**Presidenta CEIC**

ANEXO

**Universitat Internacional de Catalunya  
COMUNICAT INTERN**

Dr. Andreu Puigdollers  
Investigador Principal/Cap d'Àrea

CEIC  
Ref.43/2010

Comitè Ètic d'Investigació Clínica

El Comitè Ètic d'Investigació Clínica en sessió del dia 03 de maig de 2010 va adoptar, entre d'altres, el següent acord:

S'aprova l'estudi número F-07-APP-10 "Eficàcia analgèsica del làser de baixa potència en ortodòncia" de l'àrea d'Ortodòncia (Investigador Principal: Dr. Andreu Puigdollers/Investigador Secundari: Dra. Montse Artés).

Atentament,

Debořah Violant  
10 de maig de 2010

A/c.: Dr.Miquel Cortada, Dr. Lluís Giner, Imma Puga, Montse Artés.

ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

**7a. CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Número del estudio: F – 07 – APP -10  
Versión del protocolo: 1.0  
Fecha de la versión: 12 – 4- 2010  
Fecha de presentación: 12 -4 - 2010  
Título: Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia

Investigador/a principal: Dr. Andreu Puigdollers Pérez  
Investigador/a secundario/a (alumno/a): Montserrat Artés Ribas  
Tutor/a / Monitor/a: Andreu Puigdollers Pérez  
Departamento: Ortodoncia  
Línea de investigación: Dolor y analgesia en ortodoncia  
Título de la investigación: Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia

Yo, Sr./Sra.: .....

- He recibido información verbal acerca del estudio y he leído la información escrita que se adjunta, de la que he recibido una copia.
- He comprendido lo que se me ha explicado.
- He podido comentar el estudio y realizar preguntas al profesional responsable.
- Doy mi consentimiento para tomar parte en el estudio y asumo que mi participación es totalmente voluntaria.
- Entiendo que podré retirarme en cualquier momento sin que ello afecte a mi futura asistencia médica.

Mediante la firma de este formulario de consentimiento informado, doy mi consentimiento para que mis datos personales se puedan utilizar como se ha descrito en este formulario de consentimiento, que se ajusta a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

Entiendo que recibiré una copia de este formulario de consentimiento informado.

\_\_\_\_\_  
Firma del paciente o la paciente  
N.º de DNI

\_\_\_\_\_  
Fecha de la firma

**DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR O LA INVESTIGADORA**

El paciente o la paciente que firma esta hoja de consentimiento ha recibido, por parte del profesional, información detallada de forma oral y escrita del proceso y naturaleza de este estudio de investigación, y ha tenido la oportunidad de preguntar cualquier duda en cuanto a la naturaleza, los riesgos y las ventajas de su participación en este estudio.

\_\_\_\_\_  
Firma del investigador o investigadora  
Nombre:

\_\_\_\_\_  
Fecha de la firma

Página 2 de 2

ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

## 6. DOCUMENTO DE INFORMACIÓN AL PACIENTE PARTICIPANTE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

Número del protocolo de investigación: F-07 –APP -10  
Versión del protocolo: 1.1  
Fecha de la versión del protocolo: 3- 5 -2010  
Fecha de la presentación del protocolo: 3- 5 -2010  
Título del estudio: Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia

Investigador/a principal: Andreu Puigdollers Pérez  
Investigador/a secundario/a (alumno/a): Montserrat Artés Ribas  
Tutor/a / Monitor/a: Andreu Puigdollers Pérez  
Departamento: Ortodoncia  
Línea de investigación: Dolor y analgesia en ortodoncia  
Título de la investigación: Eficacia analgésica del láser de baja potencia en ortodoncia

Se ha solicitado vuestra participación en un estudio de investigación. Antes de decidir si deseáis participar, es importante que comprendáis los motivos por los que se lleva a cabo la investigación: cómo se va a utilizar vuestra información, en qué consistirá el estudio y los posibles beneficios, riesgos y molestias que pueda conllevar.

En el caso de que participéis en algún otro estudio, lo deberéis de comunicar al responsable para valorar si podéis participar en éste.

## ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

**¿CUÁLES SON LOS ANTECEDENTES Y EL OBJETIVO DE ESTE ESTUDIO?**

En una investigación previa realizada en el departamento de ortodoncia de la UIC, se investigó la eficacia analgésica del láser Er: Cr: YSGG, que es un láser de alta potencia utilizado a la menor potencia posible. Los resultados aunque no estadísticamente significativos, mostraban una eficacia analgésica cuando se comparaba con el placebo. Sin embargo, este tipo de láser no es el que se emplea habitualmente en los estudios de dolor odontológico. Los láseres utilizados por sus características para el tratamiento del dolor, entre otras muchas aplicaciones, son los denominados láseres de baja potencia o "LLLT".

Se ha estudiado que los pacientes sometidos a la colocación de elásticos (gomas) de separación presentan grados de dolor variable según el tiempo transcurrido después de su colocación.

El objetivo del presente estudio es el de evaluar la eficacia analgésica del láser de baja potencia en los pacientes de ortodoncia, tras la colocación de separadores elásticos entre molares y premolares.

**¿TENGO OBLIGACIÓN DE PARTICIPAR?**

La decisión sobre participar o no en la investigación os corresponde a vosotros, (es decir es voluntario). En el caso de no querer participar o bien querer abandonar, la calidad de la asistencia que recibiréis, no quedará afectada y se seguirán los protocolos médicos habituales de cada departamento. Si decidís participar, se os entregará el formulario de consentimiento informado para que lo firméis.

Asimismo, el doctor/a que se encarga de dirigir el estudio (Dr. Andreu Puigdollers) podrá valorar que vuestra participación ya no os puede reportar ningún tipo de beneficio y se optará por retiraros de este. En caso de no seguir las instrucciones del doctor/a del estudio, ó por cualquier otro motivo justificado, se dará por concluida vuestra participación sin la necesidad de vuestro consentimiento.

Finalmente, una vez haya concluido vuestra participación, deberéis de seguir los procedimientos indicados por el doctor/a para garantizar vuestra seguridad.

## ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

**¿QUÉ PASARÁ SI ACEPTO PARTICIPAR?**

Que formarás parte de un estudio de investigación, de manera voluntaria .

**¿CÚALES SON MIS OBLIGACIONES?**

Rellenar los formularios que les proporcionaremos en los momentos indicados y entregarlos en la visita siguiente.

**¿CÚALES SON LOS POSIBLES EFECTOS SECUNDARIOS, RIESGOS Y MOLESTIAS ASOCIADOS A LA PARTICIPACIÓN?**

En pacientes predispuestos se puede producir un ligero enrojecimiento gingival y molestias controlables con el fármaco de rescate.

**¿CÚALES SON LOS POSIBLES BENEFICIOS DE PARTICIPAR?**

El beneficio inmediato de participar en el estudio, es vuestra contribución en el conocimiento y desarrollo científico.

**¿CÓMO SE VAN A UTILIZAR MIS DATOS DEL ESTUDIO?**

Según el art. 3.6 del RD 223/2004, de 6 de febrero, por el que se regulan los ensayos clínicos con medicamentos, el tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de los sujetos participantes en el ensayo, se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

El doctor/a del estudio utilizará vuestros datos personales para la administración y dirección del estudio, la investigación y los análisis estadísticos.

Se ha de poner en conocimiento del Ministerio Fiscal, los ensayos clínicos que incluyen a menores, por tanto, es posible que el Ministerio Fiscal se ponga en contacto con ustedes a fin de obtener información sobre la evolución del estudio.

ANEXO

**CEIC** Comitè Ètic  
d'Investigació Clínica  
Clínica Universitària d'Odontologia  
Universitat Internacional de Catalunya

**¿CÓMO PUEDO ESTABLECER CONTACTO SI NECESITO OBTENER MÁS INFORMACIÓN O AYUDA?**

Cualquier consulta referente al estudio o molestia que se pueda presentar realizarla a Dra. Montserrat Artés Ribas, e-mail: [martes@csc.uic.es](mailto:martes@csc.uic.es)

Las consultas serán respondidas en un plazo máximo de 24 horas

Mediante la firma de este formulario, ustedes asienten que han estado informados de las características del estudio, han entendido la información y el doctor/a ha clarificado todas sus dudas.

En caso de sufrir un daño relacionado con el estudio o para obtener respuesta a cualquier pregunta que pueda surgir durante la investigación, poneros en contacto con la Dra. Rosario Cedeño, responsable de los estudios de investigación Clínica.

Dra. Rosario Cedeño

Coordinadora de Investigación Clínica

Universitat Internacional de Catalunya

Dirección: C/ Josep Trueta, s/n, 08195, Sant Cugat del Vallès

N.º de teléfono: 93 504 20 00

---

ANEXO

TABLA GRUPO 1 – Láser 830 nm

### Tabla de Randomización

de

<http://www.randomization.com>

1. Derecha \_\_\_\_\_
2. Derecha \_\_\_\_\_
3. Izquierda \_\_\_\_\_
4. Derecha \_\_\_\_\_
5. Izquierda \_\_\_\_\_
6. Izquierda \_\_\_\_\_
7. Derecha \_\_\_\_\_
8. Derecha \_\_\_\_\_
9. Izquierda \_\_\_\_\_
10. Derecha \_\_\_\_\_
11. Derecha \_\_\_\_\_
12. Izquierda \_\_\_\_\_
13. Izquierda \_\_\_\_\_
14. Derecha \_\_\_\_\_
15. Izquierda \_\_\_\_\_
16. Derecha \_\_\_\_\_
17. Derecha \_\_\_\_\_
18. Izquierda \_\_\_\_\_
19. Izquierda \_\_\_\_\_
20. Izquierda \_\_\_\_\_

---

ANEXO

TABLA GRUPO 2 – Láser 660 nm

### Tabla de Randomización

de

<http://www.randomization.com>

1. Izquierda \_\_\_\_\_
2. Izquierda \_\_\_\_\_
3. Izquierda \_\_\_\_\_
4. Izquierda \_\_\_\_\_
5. Derecha \_\_\_\_\_
6. Derecha \_\_\_\_\_
7. Izquierda \_\_\_\_\_
8. Derecha \_\_\_\_\_
9. Izquierda \_\_\_\_\_
10. Derecha \_\_\_\_\_
11. Derecha \_\_\_\_\_
12. Derecha \_\_\_\_\_
13. Derecha \_\_\_\_\_
14. Izquierda \_\_\_\_\_
15. Izquierda \_\_\_\_\_
16. Izquierda \_\_\_\_\_
17. derecha \_\_\_\_\_
18. Derecha \_\_\_\_\_
19. Derecha \_\_\_\_\_
20. Izquierda \_\_\_\_\_

ANEXO

**FORMULARIO DE RECOGIDA DE DATOS**

**Nombre:** .....

**Edad:** .....años

**Escala Analógica Visual**

Haga una pequeña marca sobre la línea horizontal para indicar la intensidad del dolor. Siendo 0 “no dolor” y 10 el “máximo dolor imaginable”. Diferenciando lado derecho y lado izquierdo.

T1 - Antes de colocar gomas

Derecha

0 \_\_\_\_\_ 10

Izquierda

0 \_\_\_\_\_ 10

T2 - 5 minutos después de gomas

Derecha

0 \_\_\_\_\_ 10

Izquierda

0 \_\_\_\_\_ 10

ANEXO

T3 - 6 Horas

Derecha

0 \_\_\_\_\_ 10

Izquierda

0 \_\_\_\_\_ 10

Ha necesitado tomar algún tipo de analgésico Si No

Nombre del analgésico y dosis .....

T4 - 24 Horas

Derecha

0 \_\_\_\_\_ 10

Izquierda

0 \_\_\_\_\_ 10

Ha necesitado tomar algún tipo de analgésico Si No

Nombre del analgésico y dosis .....

ANEXO

T5 - 48 Horas

Derecha

0 \_\_\_\_\_ 10

Izquierda

0 \_\_\_\_\_ 10

Ha necesitado tomar algún tipo de analgésico    Si    No

Nombre del analgésico y dosis .....

T6 - 72 Horas

Derecha

0 \_\_\_\_\_ 10

Izquierda

0 \_\_\_\_\_ 10

Ha necesitado tomar algún tipo de analgésico    Si    No

Nombre del analgésico y dosis .....

## ANEXO

## TABLA GRUPO 1

## Descriptiva. sf3 - página 1

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR mm	RESIDUALS
1	1	DE	1	SI	0	-1,96667
2	1	DE	2	SI	1	-2,29167
3	1	DE	3	SI	4	2,13333
4	1	DE	4	SI	2	1,15833
5	1	DE	5	SI	3	0,383333
6	1	DE	6	SI	2	0,583333
7	1	IZQ	1	NO	0	1,96667
8	1	IZQ	2	NO	2	2,29167
9	1	IZQ	3	NO	9	-2,13333
10	1	IZQ	4	NO	8	-1,15833
11	1	IZQ	5	NO	6	-0,383333
12	1	IZQ	6	NO	2	-0,583333
13	2	DE	1	SI	0	-0,3
14	2	DE	2	SI	9	-0,125
15	2	DE	3	SI	35	-2,2
16	2	DE	4	SI	41	1,325
17	2	DE	5	SI	49	2,05
18	2	DE	6	SI	60	-0,75
19	2	IZQ	1	NO	0	0,3
20	2	IZQ	2	NO	9	0,125
21	2	IZQ	3	NO	52	2,2
22	2	IZQ	4	NO	50	-1,325
23	2	IZQ	5	NO	52	-2,05
24	2	IZQ	6	NO	66	0,75
25	3	DE	1	NO	0	2,05
26	3	DE	2	NO	0	1,875
27	3	DE	3	NO	8	-0,55
28	3	DE	4	NO	9	-1,075
29	3	DE	5	NO	0	-1,8
30	3	DE	6	NO	0	-0,5
31	3	IZQ	1	SI	0	-2,05
32	3	IZQ	2	SI	0	-1,875
33	3	IZQ	3	SI	0	0,55
34	3	IZQ	4	SI	3	1,075
35	3	IZQ	5	SI	0	1,8
36	3	IZQ	6	SI	0	0,5
37	4	DE	1	SI	0	-1,46667
38	4	DE	2	SI	2	-1,29167
39	4	DE	3	SI	6	1,63333
40	4	DE	4	SI	5	2,15833
41	4	DE	5	SI	5	-0,116667
42	4	DE	6	SI	2	-0,916667
43	4	IZQ	1	NO	0	1,46667
44	4	IZQ	2	NO	2	1,29167
45	4	IZQ	3	NO	13	-1,63333
46	4	IZQ	4	NO	10	-2,15833
47	4	IZQ	5	NO	10	0,116667
48	4	IZQ	6	NO	6	0,916667
49	5	DE	1	NO	0	-0,533333
50	5	DE	2	NO	8	-1,70833
51	5	DE	3	NO	39	0,366667
52	5	DE	4	NO	47	5,84167
53	5	DE	5	NO	18	-1,38333
54	5	DE	6	NO	2	-2,58333
55	5	IZQ	1	SI	0	0,533333
56	5	IZQ	2	SI	10	1,70833
57	5	IZQ	3	SI	24	-0,366667
58	5	IZQ	4	SI	22	-5,84167
59	5	IZQ	5	SI	12	1,38333
60	5	IZQ	6	SI	1	2,58333
61	6	DE	1	NO	0	-1,78333
62	6	DE	2	NO	9	-9,95833
63	6	DE	3	NO	47	6,61667
64	6	DE	4	NO	29	2,59167
65	6	DE	5	NO	30	1,86667
66	6	DE	6	NO	24	0,666667
67	6	IZQ	1	SI	0	1,78333
68	6	IZQ	2	SI	25	9,95833

## ANEXO

## Descriptiva. sf3 - página 2

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR mm	RESIDUALS
69	6	IZQ	3	SI	17	-6,61667
70	6	IZQ	4	SI	8	-2,59167
71	6	IZQ	5	SI	15	-1,86667
72	6	IZQ	6	SI	14	-0,666667
73	7	DE	1	SI	0	-0,466667
74	7	DE	2	SI	19	-3,79167
75	7	DE	3	SI	7	-4,36667
76	7	DE	4	SI	3	4,65833
77	7	DE	5	SI	2	2,38333
78	7	DE	6	SI	4	1,58333
79	7	IZQ	1	NO	0	0,466667
80	7	IZQ	2	NO	26	3,79167
81	7	IZQ	3	NO	28	4,36667
82	7	IZQ	4	NO	5	-4,65833
83	7	IZQ	5	NO	4	-2,38333
84	7	IZQ	6	NO	5	-1,58333
85	8	DE	1	SI	0	3,53333
86	8	DE	2	SI	0	-0,291667
87	8	DE	3	SI	39	-3,86667
88	8	DE	4	SI	49	-5,34167
89	8	DE	5	SI	34	2,38333
90	8	DE	6	SI	14	3,58333
91	8	IZQ	1	NO	0	-3,53333
92	8	IZQ	2	NO	8	0,291667
93	8	IZQ	3	NO	67	3,86667
94	8	IZQ	4	NO	79	5,34167
95	8	IZQ	5	NO	44	-2,38333
96	8	IZQ	6	NO	19	-3,58333
97	9	DE	1	NO	0	-0,783333
98	9	DE	2	NO	12	3,04167
99	9	DE	3	NO	14	-3,88333
100	9	DE	4	NO	30	0,0916667
101	9	DE	5	NO	18	2,36667
102	9	DE	6	NO	7	-0,833333
103	9	IZQ	1	SI	0	0,783333
104	9	IZQ	2	SI	4	-3,04167
105	9	IZQ	3	SI	7	3,88333
106	9	IZQ	4	SI	16	-0,0916667
107	9	IZQ	5	SI	4	-2,36667
108	9	IZQ	6	SI	2	0,833333
109	10	DE	1	SI	0	-1,38333
110	10	DE	2	SI	0	-3,20833
111	10	DE	3	SI	2	1,71667
112	10	DE	4	SI	0	2,74167
113	10	DE	5	SI	0	-0,0333333
114	10	DE	6	SI	0	0,166667
115	10	IZQ	1	NO	0	1,38333
116	10	IZQ	2	NO	4	3,20833
117	10	IZQ	3	NO	9	-1,71667
118	10	IZQ	4	NO	4	-2,74167
119	10	IZQ	5	NO	5	0,0333333
120	10	IZQ	6	NO	2	-0,166667
121	11	DE	1	SI	0	-1,13333
122	11	DE	2	SI	12	-0,458333
123	11	DE	3	SI	22	0,466667
124	11	DE	4	SI	6	-2,00833
125	11	DE	5	SI	6	2,21667
126	11	DE	6	SI	4	0,916667
127	11	IZQ	1	NO	0	1,13333
128	11	IZQ	2	NO	11	0,458333
129	11	IZQ	3	NO	32	-0,466667
130	11	IZQ	4	NO	20	2,00833
131	11	IZQ	5	NO	7	-2,21667
132	11	IZQ	6	NO	5	-0,916667
133	12	DE	1	NO	0	-3,7
134	12	DE	2	NO	0	-5,375
135	12	DE	3	NO	24	1,7
136	12	DE	4	NO	27	2,675

## ANEXO

## Descriptiva. sf3 - página 3

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR_mm_	RESIDUALS
137	12	DE	5	NO	21	1,95
138	12	DE	6	NO	19	2,75
139	12	IZQ	1	SI	0	3,7
140	12	IZQ	2	SI	3	5,375
141	12	IZQ	3	SI	0	-1,7
142	12	IZQ	4	SI	2	-2,675
143	12	IZQ	5	SI	2	-1,95
144	12	IZQ	6	SI	1	-2,75
145	13	DE	1	NO	0	-0,2
146	13	DE	2	NO	0	-0,375
147	13	DE	3	NO	9	-2,3
148	13	DE	4	NO	12	-0,325
149	13	DE	5	NO	14	0,45
150	13	DE	6	NO	13	2,75
151	13	IZQ	1	SI	0	0,2
152	13	IZQ	2	SI	0	0,375
153	13	IZQ	3	SI	0	2,3
154	13	IZQ	4	SI	0	0,325
155	13	IZQ	5	SI	5	-0,45
156	13	IZQ	6	SI	2	-2,75
157	14	DE	1	SI	0	-1,63333
158	14	DE	2	SI	12	-1,45833
159	14	DE	3	SI	35	-1,53333
160	14	DE	4	SI	26	2,49167
161	14	DE	5	SI	11	1,21667
162	14	DE	6	SI	11	0,916667
163	14	IZQ	1	NO	0	1,63333
164	14	IZQ	2	NO	12	1,45833
165	14	IZQ	3	NO	48	1,53333
166	14	IZQ	4	NO	30	-2,49167
167	14	IZQ	5	NO	13	-1,21667
168	14	IZQ	6	NO	11	-0,916667
169	15	DE	1	NO	0	2,46667
170	15	DE	2	NO	2	3,29167
171	15	DE	3	NO	4	-2,13333
172	15	DE	4	NO	5	-2,15833
173	15	DE	5	NO	0	-1,38333
174	15	DE	6	NO	0	-0,0833333
175	15	IZQ	1	SI	0	-2,46667
176	15	IZQ	2	SI	0	-3,29167
177	15	IZQ	3	SI	0	2,13333
178	15	IZQ	4	SI	2	2,15833
179	15	IZQ	5	SI	0	1,38333
180	15	IZQ	6	SI	0	0,0833333
181	16	DE	1	SI	0	-1,21667
182	16	DE	2	SI	2	-1,04167
183	16	DE	3	SI	9	2,38333
184	16	DE	4	SI	13	2,90833
185	16	DE	5	SI	13	-0,366667
186	16	DE	6	SI	9	-2,66667
187	16	IZQ	1	NO	0	1,21667
188	16	IZQ	2	NO	2	1,04167
189	16	IZQ	3	NO	15	-2,38333
190	16	IZQ	4	NO	17	-2,90833
191	16	IZQ	5	NO	19	0,366667
192	16	IZQ	6	NO	17	2,66667
193	17	DE	1	SI	0	-1,71667
194	17	DE	2	SI	7	-1,54167
195	17	DE	3	SI	12	2,38333
196	17	DE	4	SI	13	1,90833
197	17	DE	5	SI	9	-1,86667
198	17	DE	6	SI	0	0,833333
199	17	IZQ	1	NO	0	1,71667
200	17	IZQ	2	NO	7	1,54167
201	17	IZQ	3	NO	17	-2,38333
202	17	IZQ	4	NO	18	-1,90833
203	17	IZQ	5	NO	17	1,86667
204	17	IZQ	6	NO	0	-0,833333

## ANEXO

## Descriptiva. sf3 - página 4

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR_mm	RESIDUALS
205	18	DE	1	NO	0	-3,53333
206	18	DE	2	NO	4	-3,70833
207	18	DE	3	NO	26	0,866667
208	18	DE	4	NO	29	1,84167
209	18	DE	5	NO	25	3,61667
210	18	DE	6	NO	15	0,916667
211	18	IZQ	1	SI	0	3,53333
212	18	IZQ	2	SI	4	3,70833
213	18	IZQ	3	SI	4	-0,866667
214	18	IZQ	4	SI	6	-1,84167
215	18	IZQ	5	SI	3	-3,61667
216	18	IZQ	6	SI	1	-0,916667
217	19	DE	1	NO	0	-0,783333
218	19	DE	2	NO	12	-1,95833
219	19	DE	3	NO	20	-1,88333
220	19	DE	4	NO	30	2,09167
221	19	DE	5	NO	21	1,86667
222	19	DE	6	NO	9	0,666667
223	19	IZQ	1	SI	0	0,783333
224	19	IZQ	2	SI	14	1,95833
225	19	IZQ	3	SI	9	1,88333
226	19	IZQ	4	SI	12	-2,09167
227	19	IZQ	5	SI	8	-1,86667
228	19	IZQ	6	SI	1	-0,666667
229	20	DE	1	NO	0	-0,95
230	20	DE	2	NO	4	-0,625
231	20	DE	3	NO	25	-0,05
232	20	DE	4	NO	24	0,425
233	20	DE	5	NO	18	0,7
234	20	DE	6	NO	10	0,5
235	20	IZQ	1	SI	0	0,95
236	20	IZQ	2	SI	3	0,625
237	20	IZQ	3	SI	10	0,05
238	20	IZQ	4	SI	9	-0,425
239	20	IZQ	5	SI	7	-0,7
240	20	IZQ	6	SI	2	-0,5

ANEXO

TABLA GRUPO 1

Tabla de Medias por mínimos cuadrados para DOLOR\_mm\_ con 95,0 Intervalos de confianza

Nivel	Frecuencia	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior	
Media Total	240	10,925				
LASER						
NO	120	14,1417	0,346581	13,4536	14,8297	
SI	120	7,70833	0,346581	7,02028	8,39639	
TIEMPO						
1	40	0,0	0,600296	-1,19174	1,19174	
2	40	6,525	0,600296	5,33326	7,71674	
3	40	18,7	0,600296	17,5083	19,8917	
4	40	18,025	0,600296	16,8333	19,2167	
5	40	13,25	0,600296	12,0583	14,4417	
6	40	9,05	0,600296	7,85826	10,2417	
paciente						
1	12	3,25	1,09599	1,07419	5,42581	
2	12	35,25	1,09599	33,0742	37,4258	
3	12	1,66667	1,09599	-0,509144	3,84248	
4	12	5,08333	1,09599	2,90752	7,25914	
5	12	15,25	1,09599	13,0742	17,4258	
6	12	18,1667	1,09599	15,9909	20,3425	
7	12	8,58333	1,09599	6,40752	10,7591	
8	12	29,4167	1,09599	27,2409	31,5925	
9	12	9,5	1,09599	7,32419	11,6758	
10	12	2,16667	1,09599	-0,00914389	4,34248	
11	12	10,4167	1,09599	8,24086	12,5925	
12	12	8,25	1,09599	6,07419	10,4258	
13	12	4,58333	1,09599	2,40752	6,75914	
14	12	17,4167	1,09599	15,2409	19,5925	
15	12	1,08333	1,09599	-1,09248	3,25914	
16	12	9,66667	1,09599	7,49086	11,8425	
17	12	8,33333	1,09599	6,15752	10,5091	
18	12	9,75	1,09599	7,57419	11,9258	
19	12	11,3333	1,09599	9,15752	13,5091	
20	12	9,33333	1,09599	7,15752	11,5091	
LASER según TIEMPO						
NO	1	20	0,0	0,848947	-1,68538	1,68538
NO	2	20	6,7	0,848947	5,01462	8,38538
NO	3	20	25,3	0,848947	23,6146	26,9854
NO	4	20	24,15	0,848947	22,4646	25,8354
NO	5	20	17,1	0,848947	15,4146	18,7854
NO	6	20	11,6	0,848947	9,91462	13,2854
SI	1	20	0,0	0,848947	-1,68538	1,68538
SI	2	20	6,35	0,848947	4,66462	8,03538
SI	3	20	12,1	0,848947	10,4146	13,7854
SI	4	20	11,9	0,848947	10,2146	13,5854
SI	5	20	9,4	0,848947	7,71462	11,0854
SI	6	20	6,5	0,848947	4,81462	8,18538
LASER según paciente						
NO	1	6	4,5	1,54996	1,42294	7,57706
NO	2	6	38,1667	1,54996	35,0896	41,2437
NO	3	6	2,83333	1,54996	-0,243727	5,91039
NO	4	6	6,83333	1,54996	3,75627	9,91039
NO	5	6	19,0	1,54996	15,9229	22,0771
NO	6	6	23,1667	1,54996	20,0896	26,2437
NO	7	6	11,3333	1,54996	8,25627	14,4104
NO	8	6	36,1667	1,54996	33,0896	39,2437
NO	9	6	13,5	1,54996	10,4229	16,5771
NO	10	6	4,0	1,54996	0,922939	7,07706
NO	11	6	12,5	1,54996	9,42294	15,5771
NO	12	6	15,1667	1,54996	12,0896	18,2437
NO	13	6	8,0	1,54996	4,92294	11,0771
NO	14	6	19,0	1,54996	15,9229	22,0771
NO	15	6	1,83333	1,54996	-1,24373	4,91039
NO	16	6	11,6667	1,54996	8,58961	14,7437
NO	17	6	9,83333	1,54996	6,75627	12,9104
NO	18	6	16,5	1,54996	13,4229	19,5771
NO	19	6	15,3333	1,54996	12,2563	18,4104
NO	20	6	13,5	1,54996	10,4229	16,5771

ANEXO

SI	1	6	2,0	1,54996	-1,07706	5,07706
SI	2	6	32,33333	1,54996	29,2563	35,4104
SI	3	6	0,5	1,54996	-2,57706	3,57706
SI	4	6	3,33333	1,54996	0,256273	6,41039
SI	5	6	11,5	1,54996	8,42294	14,5771
SI	6	6	13,1667	1,54996	10,0896	16,2437
SI	7	6	5,83333	1,54996	2,75627	8,91039
SI	8	6	22,66667	1,54996	19,5896	25,7437
SI	9	6	5,5	1,54996	2,42294	8,57706
SI	10	6	0,333333	1,54996	-2,74373	3,41039
SI	11	6	8,33333	1,54996	5,25627	11,4104
SI	12	6	1,33333	1,54996	-1,74373	4,41039
SI	13	6	1,16667	1,54996	-1,91039	4,24373
SI	14	6	15,8333	1,54996	12,7563	18,9104
SI	15	6	0,333333	1,54996	-2,74373	3,41039
SI	16	6	7,66667	1,54996	4,58961	10,7437
SI	17	6	6,83333	1,54996	3,75627	9,91039
SI	18	6	3,0	1,54996	-0,0770608	6,07706
SI	19	6	7,33333	1,54996	4,25627	10,4104
SI	20	6	5,16667	1,54996	2,08961	8,24373
TIEMPO según paciente						
1	1	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	2	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	3	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	4	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	5	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	6	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	7	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	8	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	9	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	10	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	11	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	12	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	13	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	14	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	15	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	16	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	17	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	18	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	19	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
1	20	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
2	1	2	1,5	2,68461	-3,82963	6,82963
2	2	2	9,0	2,68461	3,67037	14,3296
2	3	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
2	4	2	2,0	2,68461	-3,32963	7,32963
2	5	2	9,0	2,68461	3,67037	14,3296
2	6	2	17,0	2,68461	11,6704	22,3296
2	7	2	22,5	2,68461	17,1704	27,8296
2	8	2	4,0	2,68461	-1,32963	9,32963
2	9	2	8,0	2,68461	2,67037	13,3296
2	10	2	2,0	2,68461	-3,32963	7,32963
2	11	2	11,5	2,68461	6,17037	16,8296
2	12	2	1,5	2,68461	-3,82963	6,82963
2	13	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
2	14	2	12,0	2,68461	6,67037	17,3296
2	15	2	1,0	2,68461	-4,32963	6,32963
2	16	2	2,0	2,68461	-3,32963	7,32963
2	17	2	7,0	2,68461	1,67037	12,3296
2	18	2	4,0	2,68461	-1,32963	9,32963
2	19	2	13,0	2,68461	7,67037	18,3296
2	20	2	3,5	2,68461	-1,82963	8,82963
3	1	2	6,5	2,68461	1,17037	11,8296
3	2	2	43,5	2,68461	38,1704	48,8296
3	3	2	4,0	2,68461	-1,32963	9,32963
3	4	2	9,5	2,68461	4,17037	14,8296
3	5	2	31,5	2,68461	26,1704	36,8296
3	6	2	32,0	2,68461	26,6704	37,3296
3	7	2	17,5	2,68461	12,1704	22,8296
3	8	2	53,0	2,68461	47,6704	58,3296
3	9	2	10,5	2,68461	5,17037	15,8296
3	10	2	5,5	2,68461	0,170374	10,8296
3	11	2	27,0	2,68461	21,6704	32,3296

ANEXO

3	12	2	12,0	2,68461	6,67037	17,3296
3	13	2	4,5	2,68461	-0,829626	9,82963
3	14	2	41,5	2,68461	36,1704	46,8296
3	15	2	2,0	2,68461	-3,32963	7,32963
3	16	2	12,0	2,68461	6,67037	17,3296
3	17	2	14,5	2,68461	9,17037	19,8296
3	18	2	15,0	2,68461	9,67037	20,3296
3	19	2	14,5	2,68461	9,17037	19,8296
3	20	2	17,5	2,68461	12,1704	22,8296
4	1	2	5,0	2,68461	-0,329626	10,3296
4	2	2	45,5	2,68461	40,1704	50,8296
4	3	2	6,0	2,68461	0,670374	11,3296
4	4	2	7,5	2,68461	2,17037	12,8296
4	5	2	34,5	2,68461	29,1704	39,8296
4	6	2	18,5	2,68461	13,1704	23,8296
4	7	2	4,0	2,68461	-1,32963	9,32963
4	8	2	64,0	2,68461	58,6704	69,3296
4	9	2	23,0	2,68461	17,6704	28,3296
4	10	2	2,0	2,68461	-3,32963	7,32963
4	11	2	13,0	2,68461	7,67037	18,3296
4	12	2	14,5	2,68461	9,17037	19,8296
4	13	2	6,0	2,68461	0,670374	11,3296
4	14	2	28,0	2,68461	22,6704	33,3296
4	15	2	3,5	2,68461	-1,82963	8,82963
4	16	2	15,0	2,68461	9,67037	20,3296
4	17	2	15,5	2,68461	10,1704	20,8296
4	18	2	17,5	2,68461	12,1704	22,8296
4	19	2	21,0	2,68461	15,6704	26,3296
4	20	2	16,5	2,68461	11,1704	21,8296
5	1	2	4,5	2,68461	-0,829626	9,82963
5	2	2	50,5	2,68461	45,1704	55,8296
5	3	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
5	4	2	7,5	2,68461	2,17037	12,8296
5	5	2	15,0	2,68461	9,67037	20,3296
5	6	2	22,5	2,68461	17,1704	27,8296
5	7	2	3,0	2,68461	-2,32963	8,32963
5	8	2	39,0	2,68461	33,6704	44,3296
5	9	2	11,0	2,68461	5,67037	16,3296
5	10	2	2,5	2,68461	-2,82963	7,82963
5	11	2	6,5	2,68461	1,17037	11,8296
5	12	2	11,5	2,68461	6,17037	16,8296
5	13	2	9,5	2,68461	4,17037	14,8296
5	14	2	12,0	2,68461	6,67037	17,3296
5	15	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
5	16	2	16,0	2,68461	10,6704	21,3296
5	17	2	13,0	2,68461	7,67037	18,3296
5	18	2	14,0	2,68461	8,67037	19,3296
5	19	2	14,5	2,68461	9,17037	19,8296
5	20	2	12,5	2,68461	7,17037	17,8296
6	1	2	2,0	2,68461	-3,32963	7,32963
6	2	2	63,0	2,68461	57,6704	68,3296
6	3	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
6	4	2	4,0	2,68461	-1,32963	9,32963
6	5	2	1,5	2,68461	-3,82963	6,82963
6	6	2	19,0	2,68461	13,6704	24,3296
6	7	2	4,5	2,68461	-0,829626	9,82963
6	8	2	16,5	2,68461	11,1704	21,8296
6	9	2	4,5	2,68461	-0,829626	9,82963
6	10	2	1,0	2,68461	-4,32963	6,32963
6	11	2	4,5	2,68461	-0,829626	9,82963
6	12	2	10,0	2,68461	4,67037	15,3296
6	13	2	7,5	2,68461	2,17037	12,8296
6	14	2	11,0	2,68461	5,67037	16,3296
6	15	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
6	16	2	13,0	2,68461	7,67037	18,3296
6	17	2	0,0	2,68461	-5,32963	5,32963
6	18	2	8,0	2,68461	2,67037	13,3296
6	19	2	5,0	2,68461	-0,329626	10,3296
6	20	2	6,0	2,68461	0,670374	11,3296

## ANEXO

## TABLA GRUPO 2

## Descriptiva. sf3 - página 1

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR mm	RESIDUALS
1	1	DE	1	NO	0	0,4625
2	1	DE	2	NO	2	0,4375
3	1	DE	3	NO	9	0,0125
4	1	DE	4	NO	8	-0,4125
5	1	DE	5	NO	2	-0,5125
6	1	DE	6	NO	0	0,0125
7	1	IZQ	1	SI	0	-0,4625
8	1	IZQ	2	SI	2	-0,4375
9	1	IZQ	3	SI	7	-0,0125
10	1	IZQ	4	SI	7	0,4125
11	1	IZQ	5	SI	2	0,5125
12	1	IZQ	6	SI	0	-0,0125
13	2	DE	1	NO	0	-1,7875
14	2	DE	2	NO	4	-1,8125
15	2	DE	3	NO	30	6,7625
16	2	DE	4	NO	20	1,8375
17	2	DE	5	NO	1	-2,7625
18	2	DE	6	NO	0	-2,2375
19	2	IZQ	1	SI	0	1,7875
20	2	IZQ	2	SI	4	1,8125
21	2	IZQ	3	SI	10	-6,7625
22	2	IZQ	4	SI	10	-1,8375
23	2	IZQ	5	SI	1	2,7625
24	2	IZQ	6	SI	0	2,2375
25	3	DE	1	SI	0	-0,7125
26	3	DE	2	SI	1	-0,6875
27	3	DE	3	SI	7	0,7375
28	3	DE	4	SI	5	0,6625
29	3	DE	5	SI	0	0,2625
30	3	DE	6	SI	0	-0,2625
31	3	IZQ	1	NO	0	0,7125
32	3	IZQ	2	NO	1	0,6875
33	3	IZQ	3	NO	7	-0,7375
34	3	IZQ	4	NO	5	-0,6625
35	3	IZQ	5	NO	0	-0,2625
36	3	IZQ	6	NO	0	0,2625
37	4	DE	1	NO	0	-1,12083
38	4	DE	2	NO	13	-1,14583
39	4	DE	3	NO	21	1,42917
40	4	DE	4	NO	26	0,504167
41	4	DE	5	NO	2	-1,09583
42	4	DE	6	NO	6	1,42917
43	4	IZQ	1	SI	0	1,12083
44	4	IZQ	2	SI	13	1,14583
45	4	IZQ	3	SI	13	-1,42917
46	4	IZQ	4	SI	20	-0,504167
47	4	IZQ	5	SI	0	1,09583
48	4	IZQ	6	SI	0	-1,42917
49	5	DE	1	SI	0	3,2875
50	5	DE	2	SI	10	3,3125
51	5	DE	3	SI	34	1,7375
52	5	DE	4	SI	10	-5,3375
53	5	DE	5	SI	11	-2,2375
54	5	DE	6	SI	11	-0,7625
55	5	IZQ	1	NO	0	-3,2875
56	5	IZQ	2	NO	10	-3,3125
57	5	IZQ	3	NO	40	-1,7375
58	5	IZQ	4	NO	30	5,3375
59	5	IZQ	5	NO	24	2,2375
60	5	IZQ	6	NO	20	0,7625
61	6	DE	1	SI	0	0,204167
62	6	DE	2	SI	3	0,229167
63	6	DE	3	SI	3	0,654167
64	6	DE	4	SI	2	0,0791667
65	6	DE	5	SI	0	-0,320833
66	6	DE	6	SI	0	-0,845833
67	6	IZQ	1	NO	0	-0,204167
68	6	IZQ	2	NO	3	-0,229167

ANEXO

Descriptiva. sf3 - página 2

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR_mm	RESIDUALS
69	6	IZQ	3	NO	5	-0,654167
70	6	IZQ	4	NO	5	-0,0791667
71	6	IZQ	5	NO	3	0,320833
72	6	IZQ	6	NO	3	0,845833
73	7	DE	1	NO	0	0,629167
74	7	DE	2	NO	2	0,604167
75	7	DE	3	NO	11	-0,320833
76	7	DE	4	NO	11	-0,745833
77	7	DE	5	NO	5	-0,345833
78	7	DE	6	NO	0	0,179167
79	7	IZQ	1	SI	0	-0,629167
80	7	IZQ	2	SI	2	-0,604167
81	7	IZQ	3	SI	10	0,320833
82	7	IZQ	4	SI	11	0,745833
83	7	IZQ	5	SI	5	0,345833
84	7	IZQ	6	SI	0	-0,179167
85	8	DE	1	SI	0	2,0375
86	8	DE	2	SI	0	1,5625
87	8	DE	3	SI	26	1,4875
88	8	DE	4	SI	27	2,9125
89	8	DE	5	SI	5	-10,4875
90	8	DE	6	SI	0	2,4875
91	8	IZQ	1	NO	0	-2,0375
92	8	IZQ	2	NO	1	-1,5625
93	8	IZQ	3	NO	30	-1,4875
94	8	IZQ	4	NO	28	-2,9125
95	8	IZQ	5	NO	32	10,4875
96	8	IZQ	6	NO	0	-2,4875
97	9	DE	1	NO	0	0,4625
98	9	DE	2	NO	1	0,4375
99	9	DE	3	NO	25	-0,4875
100	9	DE	4	NO	21	-0,4125
101	9	DE	5	NO	4	-0,0125
102	9	DE	6	NO	0	0,0125
103	9	IZQ	1	SI	0	-0,4625
104	9	IZQ	2	SI	1	-0,4375
105	9	IZQ	3	SI	24	0,4875
106	9	IZQ	4	SI	20	0,4125
107	9	IZQ	5	SI	3	0,0125
108	9	IZQ	6	SI	0	-0,0125
109	10	DE	1	SI	0	-1,04583
110	10	DE	2	SI	0	-1,02083
111	10	DE	3	SI	12	2,40417
112	10	DE	4	SI	6	0,329167
113	10	DE	5	SI	0	-0,0708333
114	10	DE	6	SI	0	-0,595833
115	10	IZQ	1	NO	0	1,04583
116	10	IZQ	2	NO	0	1,02083
117	10	IZQ	3	NO	8	-2,40417
118	10	IZQ	4	NO	6	-0,329167
119	10	IZQ	5	NO	0	0,0708333
120	10	IZQ	6	NO	0	0,595833
121	11	DE	1	SI	0	0,870833
122	11	DE	2	SI	30	0,895833
123	11	DE	3	SI	52	-3,67917
124	11	DE	4	SI	5	-1,25417
125	11	DE	5	SI	0	1,84583
126	11	DE	6	SI	0	1,32083
127	11	IZQ	1	NO	0	-0,870833
128	11	IZQ	2	NO	30	-0,895833
129	11	IZQ	3	NO	64	3,67917
130	11	IZQ	4	NO	12	1,25417
131	11	IZQ	5	NO	0	-1,84583
132	11	IZQ	6	NO	0	-1,32083
133	12	DE	1	SI	0	-0,4625
134	12	DE	2	SI	2	-0,4375
135	12	DE	3	SI	9	-0,0125
136	12	DE	4	SI	10	0,4125

## ANEXO

## Descriptiva. sf3 - página 3

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR_mm_	RESIDUALS
137	12	DE	5	SI	2	0,5125
138	12	DE	6	SI	0	-0,0125
139	12	IZQ	1	NO	0	0,4625
140	12	IZQ	2	NO	2	0,4375
141	12	IZQ	3	NO	11	0,0125
142	12	IZQ	4	NO	11	-0,4125
143	12	IZQ	5	NO	2	-0,5125
144	12	IZQ	6	NO	0	0,0125
145	13	DE	1	SI	0	-0,795833
146	13	DE	2	SI	2	-0,770833
147	13	DE	3	SI	14	1,15417
148	13	DE	4	SI	11	0,579167
149	13	DE	5	SI	3	0,179167
150	13	DE	6	SI	0	-0,345833
151	13	IZQ	1	NO	0	0,795833
152	13	IZQ	2	NO	2	0,770833
153	13	IZQ	3	NO	13	-1,15417
154	13	IZQ	4	NO	11	-0,579167
155	13	IZQ	5	NO	3	-0,179167
156	13	IZQ	6	NO	0	0,345833
157	14	DE	1	NO	0	0,7125
158	14	DE	2	NO	2	0,6875
159	14	DE	3	NO	20	-0,2375
160	14	DE	4	NO	19	-0,6625
161	14	DE	5	NO	17	-0,7625
162	14	DE	6	NO	4	0,2625
163	14	IZQ	1	SI	0	-0,7125
164	14	IZQ	2	SI	2	-0,6875
165	14	IZQ	3	SI	19	0,2375
166	14	IZQ	4	SI	19	0,6625
167	14	IZQ	5	SI	18	0,7625
168	14	IZQ	6	SI	4	-0,2625
169	15	DE	1	NO	0	1,37917
170	15	DE	2	NO	7	1,35417
171	15	DE	3	NO	40	-1,07083
172	15	DE	4	NO	46	-0,495833
173	15	DE	5	NO	20	-2,09583
174	15	DE	6	NO	4	0,929167
175	15	IZQ	1	SI	0	-1,37917
176	15	IZQ	2	SI	7	-1,35417
177	15	IZQ	3	SI	42	1,07083
178	15	IZQ	4	SI	47	0,495833
179	15	IZQ	5	SI	25	2,09583
180	15	IZQ	6	SI	4	-0,929167
181	16	DE	1	NO	0	-0,120833
182	16	DE	2	NO	2	-0,145833
183	16	DE	3	NO	20	0,929167
184	16	DE	4	NO	15	1,00417
185	16	DE	5	NO	4	-1,09583
186	16	DE	6	NO	0	-0,570833
187	16	IZQ	1	SI	0	0,120833
188	16	IZQ	2	SI	2	0,145833
189	16	IZQ	3	SI	15	-0,929167
190	16	IZQ	4	SI	10	-1,00417
191	16	IZQ	5	SI	4	1,09583
192	16	IZQ	6	SI	0	0,570833
193	17	DE	1	SI	0	0,0375
194	17	DE	2	SI	7	0,0625
195	17	DE	3	SI	30	-1,0125
196	17	DE	4	SI	27	0,4125
197	17	DE	5	SI	15	0,0125
198	17	DE	6	SI	2	0,4875
199	17	IZQ	1	NO	0	-0,0375
200	17	IZQ	2	NO	7	-0,0625
201	17	IZQ	3	NO	35	1,0125
202	17	IZQ	4	NO	29	-0,4125
203	17	IZQ	5	NO	17	-0,0125
204	17	IZQ	6	NO	2	-0,4875

## ANEXO

## Descriptiva. sf3 - página 4

	paciente	zona	TIEMPO	LASER	DOLOR_mm_	RESIDUALS
205	18	DE	1	SI	0	-0,295833
206	18	DE	2	SI	4	-0,270833
207	18	DE	3	SI	25	0,654167
208	18	DE	4	SI	27	-0,420833
209	18	DE	5	SI	2	0,179167
210	18	DE	6	SI	0	0,154167
211	18	IZQ	1	NO	0	0,295833
212	18	IZQ	2	NO	4	0,270833
213	18	IZQ	3	NO	26	-0,654167
214	18	IZQ	4	NO	30	0,420833
215	18	IZQ	5	NO	3	-0,179167
216	18	IZQ	6	NO	0	-0,154167
217	19	DE	1	SI	0	-0,795833
218	19	DE	2	SI	3	-0,770833
219	19	DE	3	SI	15	0,654167
220	19	DE	4	SI	13	0,579167
221	19	DE	5	SI	8	0,679167
222	19	DE	6	SI	0	-0,345833
223	19	IZQ	1	NO	0	0,795833
224	19	IZQ	2	NO	3	0,770833
225	19	IZQ	3	NO	15	-0,654167
226	19	IZQ	4	NO	13	-0,579167
227	19	IZQ	5	NO	7	-0,679167
228	19	IZQ	6	NO	0	0,345833
229	20	DE	1	NO	0	1,7125
230	20	DE	2	NO	1	1,6875
231	20	DE	3	NO	35	-2,2375
232	20	DE	4	NO	33	-1,6625
233	20	DE	5	NO	19	-0,7625
234	20	DE	6	NO	0	1,2625
235	20	IZQ	1	SI	0	-1,7125
236	20	IZQ	2	SI	1	-1,6875
237	20	IZQ	3	SI	40	2,2375
238	20	IZQ	4	SI	37	1,6625
239	20	IZQ	5	SI	22	0,7625
240	20	IZQ	6	SI	0	-1,2625

ANEXO

TABLA GRUPO 2

Tabla de Medias por mínimos cuadrados para DOLOR<sub>mm</sub> con 95,0 Intervalos de confianza

Nivel	Frecuencia	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite Superior	
Media Total	240	8,82917				
LASER						
NO	120	9,54167	0,246356	9,05259	10,0307	
SI	120	8,11667	0,246356	7,62759	8,60575	
TIEMPO						
1	40	0,0	0,426701	-0,84711	0,84711	
2	40	4,825	0,426701	3,97789	5,67211	
3	40	21,8	0,426701	20,9529	22,6471	
4	40	17,575	0,426701	16,7279	18,4221	
5	40	7,275	0,426701	6,42789	8,12211	
6	40	1,5	0,426701	0,65289	2,34711	
paciente						
1	12	3,25	0,779045	1,7034	4,7966	
2	12	6,66667	0,779045	5,12006	8,21327	
3	12	2,16667	0,779045	0,620063	3,71327	
4	12	9,5	0,779045	7,9534	11,0466	
5	12	16,6667	0,779045	15,1201	18,2133	
6	12	2,25	0,779045	0,703397	3,7966	
7	12	4,75	0,779045	3,2034	6,2966	
8	12	12,4167	0,779045	10,8701	13,9633	
9	12	8,25	0,779045	6,7034	9,7966	
10	12	2,66667	0,779045	1,12006	4,21327	
11	12	16,0833	0,779045	14,5367	17,6299	
12	12	4,08333	0,779045	2,53673	5,62994	
13	12	4,91667	0,779045	3,37006	6,46327	
14	12	10,3333	0,779045	8,78673	11,8799	
15	12	20,1667	0,779045	18,6201	21,7133	
16	12	6,0	0,779045	4,4534	7,5466	
17	12	14,25	0,779045	12,7034	15,7966	
18	12	10,0833	0,779045	8,53673	11,6299	
19	12	6,41667	0,779045	4,87006	7,96327	
20	12	15,6667	0,779045	14,1201	17,2133	
LASER según TIEMPO						
NO	1	20	0,0	0,603446	-1,19799	1,19799
NO	2	20	4,85	0,603446	3,65201	6,04799
NO	3	20	23,25	0,603446	22,052	24,448
NO	4	20	18,95	0,603446	17,752	20,148
NO	5	20	8,25	0,603446	7,05201	9,44799
NO	6	20	1,95	0,603446	0,752006	3,14799
SI	1	20	0,0	0,603446	-1,19799	1,19799
SI	2	20	4,8	0,603446	3,60201	5,99799
SI	3	20	20,35	0,603446	19,152	21,548
SI	4	20	16,2	0,603446	15,002	17,398
SI	5	20	6,3	0,603446	5,10201	7,49799
SI	6	20	1,05	0,603446	-0,147994	2,24799
LASER según paciente						
NO	1	6	3,5	1,10174	1,31277	5,68723
NO	2	6	9,16667	1,10174	6,97944	11,3539
NO	3	6	2,16667	1,10174	-0,0205609	4,35389
NO	4	6	11,3333	1,10174	9,14611	13,5206
NO	5	6	20,6667	1,10174	18,4794	22,8539
NO	6	6	3,16667	1,10174	0,979439	5,35389
NO	7	6	4,83333	1,10174	2,64611	7,02056
NO	8	6	15,1667	1,10174	12,9794	17,3539
NO	9	6	8,5	1,10174	6,31277	10,6872
NO	10	6	2,33333	1,10174	0,146106	4,52056
NO	11	6	17,6667	1,10174	15,4794	19,8539
NO	12	6	4,33333	1,10174	2,14611	6,52056
NO	13	6	4,83333	1,10174	2,64611	7,02056
NO	14	6	10,3333	1,10174	8,14611	12,5206
NO	15	6	19,5	1,10174	17,3128	21,6872
NO	16	6	6,83333	1,10174	4,64611	9,02056
NO	17	6	15,0	1,10174	12,8128	17,1872
NO	18	6	10,5	1,10174	8,31277	12,6872
NO	19	6	6,33333	1,10174	4,14611	8,52056
NO	20	6	14,6667	1,10174	12,4794	16,8539

ANEXO

SI	1	6	3,0	1,10174	0,812772	5,18723
SI	2	6	4,16667	1,10174	1,97944	6,35389
SI	3	6	2,16667	1,10174	-0,0205609	4,35389
SI	4	6	7,66667	1,10174	5,47944	9,85389
SI	5	6	12,6667	1,10174	10,4794	14,8539
SI	6	6	1,33333	1,10174	-0,853894	3,52056
SI	7	6	4,66667	1,10174	2,47944	6,85389
SI	8	6	9,66667	1,10174	7,47944	11,8539
SI	9	6	8,0	1,10174	5,81277	10,1872
SI	10	6	3,0	1,10174	0,812772	5,18723
SI	11	6	14,5	1,10174	12,3128	16,6872
SI	12	6	3,83333	1,10174	1,64611	6,02056
SI	13	6	5,0	1,10174	2,81277	7,18723
SI	14	6	10,3333	1,10174	8,14611	12,5206
SI	15	6	20,8333	1,10174	18,6461	23,0206
SI	16	6	5,16667	1,10174	2,97944	7,35389
SI	17	6	13,5	1,10174	11,3128	15,6872
SI	18	6	9,66667	1,10174	7,47944	11,8539
SI	19	6	6,5	1,10174	4,31277	8,68723
SI	20	6	16,6667	1,10174	14,4794	18,8539
TIEMPO según paciente						
1	1	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	2	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	3	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	4	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	5	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	6	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	7	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	8	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	9	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	10	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	11	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	12	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	13	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	14	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	15	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	16	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	17	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	18	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	19	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
1	20	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
2	1	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
2	2	2	4,0	1,90826	0,211611	7,78839
2	3	2	1,0	1,90826	-2,78839	4,78839
2	4	2	13,0	1,90826	9,21161	16,7884
2	5	2	10,0	1,90826	6,21161	13,7884
2	6	2	3,0	1,90826	-0,788389	6,78839
2	7	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
2	8	2	0,5	1,90826	-3,28839	4,28839
2	9	2	1,0	1,90826	-2,78839	4,78839
2	10	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
2	11	2	30,0	1,90826	26,2116	33,7884
2	12	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
2	13	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
2	14	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
2	15	2	7,0	1,90826	3,21161	10,7884
2	16	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
2	17	2	7,0	1,90826	3,21161	10,7884
2	18	2	4,0	1,90826	0,211611	7,78839
2	19	2	3,0	1,90826	-0,788389	6,78839
2	20	2	1,0	1,90826	-2,78839	4,78839
3	1	2	8,0	1,90826	4,21161	11,7884
3	2	2	20,0	1,90826	16,2116	23,7884
3	3	2	7,0	1,90826	3,21161	10,7884
3	4	2	17,0	1,90826	13,2116	20,7884
3	5	2	37,0	1,90826	33,2116	40,7884
3	6	2	4,0	1,90826	0,211611	7,78839
3	7	2	10,5	1,90826	6,71161	14,2884
3	8	2	28,0	1,90826	24,2116	31,7884
3	9	2	24,5	1,90826	20,7116	28,2884
3	10	2	10,0	1,90826	6,21161	13,7884
3	11	2	58,0	1,90826	54,2116	61,7884

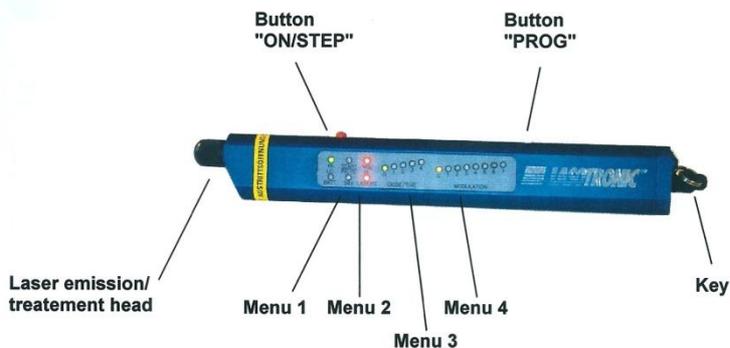
ANEXO

3	12	2	10,0	1,90826	6,21161	13,7884
3	13	2	13,5	1,90826	9,71161	17,2884
3	14	2	19,5	1,90826	15,7116	23,2884
3	15	2	41,0	1,90826	37,2116	44,7884
3	16	2	17,5	1,90826	13,7116	21,2884
3	17	2	32,5	1,90826	28,7116	36,2884
3	18	2	25,5	1,90826	21,7116	29,2884
3	19	2	15,0	1,90826	11,2116	18,7884
3	20	2	37,5	1,90826	33,7116	41,2884
4	1	2	7,5	1,90826	3,71161	11,2884
4	2	2	15,0	1,90826	11,2116	18,7884
4	3	2	5,0	1,90826	1,21161	8,78839
4	4	2	23,0	1,90826	19,2116	26,7884
4	5	2	20,0	1,90826	16,2116	23,7884
4	6	2	3,5	1,90826	-0,288389	7,28839
4	7	2	11,0	1,90826	7,21161	14,7884
4	8	2	27,5	1,90826	23,7116	31,2884
4	9	2	20,5	1,90826	16,7116	24,2884
4	10	2	6,0	1,90826	2,21161	9,78839
4	11	2	8,5	1,90826	4,71161	12,2884
4	12	2	10,5	1,90826	6,71161	14,2884
4	13	2	11,0	1,90826	7,21161	14,7884
4	14	2	19,0	1,90826	15,2116	22,7884
4	15	2	46,5	1,90826	42,7116	50,2884
4	16	2	12,5	1,90826	8,71161	16,2884
4	17	2	28,0	1,90826	24,2116	31,7884
4	18	2	28,5	1,90826	24,7116	32,2884
4	19	2	13,0	1,90826	9,21161	16,7884
4	20	2	35,0	1,90826	31,2116	38,7884
5	1	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
5	2	2	1,0	1,90826	-2,78839	4,78839
5	3	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
5	4	2	1,0	1,90826	-2,78839	4,78839
5	5	2	17,5	1,90826	13,7116	21,2884
5	6	2	1,5	1,90826	-2,28839	5,28839
5	7	2	5,0	1,90826	1,21161	8,78839
5	8	2	18,5	1,90826	14,7116	22,2884
5	9	2	3,5	1,90826	-0,288389	7,28839
5	10	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
5	11	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
5	12	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
5	13	2	3,0	1,90826	-0,788389	6,78839
5	14	2	17,5	1,90826	13,7116	21,2884
5	15	2	22,5	1,90826	18,7116	26,2884
5	16	2	4,0	1,90826	0,211611	7,78839
5	17	2	16,0	1,90826	12,2116	19,7884
5	18	2	2,5	1,90826	-1,28839	6,28839
5	19	2	7,5	1,90826	3,71161	11,2884
5	20	2	20,5	1,90826	16,7116	24,2884
6	1	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	2	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	3	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	4	2	3,0	1,90826	-0,788389	6,78839
6	5	2	15,5	1,90826	11,7116	19,2884
6	6	2	1,5	1,90826	-2,28839	5,28839
6	7	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	8	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	9	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	10	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	11	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	12	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	13	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	14	2	4,0	1,90826	0,211611	7,78839
6	15	2	4,0	1,90826	0,211611	7,78839
6	16	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	17	2	2,0	1,90826	-1,78839	5,78839
6	18	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	19	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839
6	20	2	0,0	1,90826	-3,78839	3,78839

ANEXO

3

1.2. Overview and Descriptions



1.3. Technical Data with NOHD (Nominal Ocular Hazard Distance)

Model	Wavelength in nm	Red	I.R.	Output Power in mW +/- 20 %	Laser-Class
MED-200duo	660 & 830	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R: 30, IR: 150	3b
MED-200duo	660 & 830	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R:50, IR: 150	3b

- Laser Medium:** Diode-laser infrared: Ga Al As  
 Diode-laser red: In Ga Al P
- Laser class:** 3b
- Med. Prod. Class:** IIa
- Safety distance:** NOHD 27 cm (with all accessories)
- Beam divergence:** 4° resp. 14°
- Housing:** Aluminum, anodized
- Dimensions:** Length: 220 mm / Width: 30 mm / Height: 15 mm Weight: 130 g
- Batteries:** 3x1,5 Volt Alcaline AAA
- Accuracy:** Energy (Joule) +/- 20% (int. calibration)
- Minimal radius of flex. Fiber optics:** bigger or equal 5cm
- Température de fonctionnement :** -10 ° und +32 °C
- beam guidance:**



## ANEXO

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341  
DOI 10.1007/s10103-012-1135-y

## ORIGINAL ARTICLE

## Analgesic effect of a low-level laser therapy (830 nm) in early orthodontic treatment

M. Artés-Ribas · J. Arnabat-Domínguez · A. Puigdollers

Received: 18 February 2012 / Accepted: 31 May 2012 / Published online: 21 July 2012  
© Springer-Verlag London Ltd 2012

**Abstract** The aim of this study was to evaluate the pain sensation that orthodontic patients experience when elastic separators are placed between molars and premolars and to determine the degree of analgesic efficacy of low-level laser therapy (LLLT) compared to a placebo treatment. The study was conducted with 20 volunteers who were fitted with elastic separators between the maxillary molars and premolars. One quadrant was randomly chosen to be irradiated with an 830-nm laser, 100 mW, beam diameter of 7 mm, 250 mW/cm<sup>2</sup> applied for 20 s per point (5 J/cm<sup>2</sup>). Three points were irradiated in the buccal face and three were irradiated in the palate. The same procedure was applied in the contralateral quadrant with a placebo light. A visual analogue scale was used to assess pain 5 min, 6 h, 24 h, 48 h, and 72 h after placement of the separators. Maximum pain occurred 6–24 h after placement of the elastic separators. Pain intensity was significantly lower in the laser-treated quadrant (mean, 7.7 mm) than in the placebo-treated quadrant (mean, 14.14 mm;  $p=0.0001$ ). LLLT at these parameters can reduce pain in patients following placement of orthodontic rubber separators.

M. Artés-Ribas  
Dental School, International University of Catalunya,  
Campus Sant Cugat, Josep Trueta s/n,  
08195—St. Cugat del Vallès,  
Barcelona, Spain

J. Arnabat-Domínguez  
Laser Dentistry Master Program, European Program EMDOLA,  
University of Barcelona,  
Barcelona, Spain

A. Puigdollers (✉)  
Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics,  
Dental School, International University of Catalunya,  
Campus Sant Cugat, Josep Trueta s/n,  
08195—St. Cugat del Vallès,  
Barcelona, Spain  
e-mail: andreop@uic.es

**Keywords** Low-power laser · LLLT · Orthodontics · Pain

### Introduction

Despite the recent progress that has been made in the area of orthodontics, patients still associate orthodontic treatments with pain [1]. Most orthodontists use analgesics or nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) to reduce pain in adult patients [2]. Adult patients often exhibit a great degree of discomfort and pain during treatment, and in some cases, the fear of pain may even discourage them from seeking treatment at all [3, 4].

The mechanism that induces tooth movement is related to the release of inflammatory mediators. These mediators have been shown to be associated with pain and discomfort by orthodontic patients [5]. The type of pain that occurs during orthodontic treatment is an inflammatory type of pain, not an infection-related pain; it is localized and of short duration. For this reason, some authors have recommended the use of local analgesic therapy in order to avoid drug regimens.

One local treatment that has been proposed for pain control by various authors is low-level laser therapy (LLLT) [6–10]. Since Mester discovered laser biostimulation in 1967 [11], this approach has been used in many different medical fields to regenerate tissue and reduce inflammation, and as an analgesic. LLLT is used in dentistry after third molar surgery [12], craniomandibular disorders [13], dentin hyperesthesia [14], sensory disturbances of the inferior alveolar nerve [15], and chemotherapy-induced mucositis [16]. Its effects in orthodontics as an analgesic and as an accelerator of orthodontic movement have also been studied [17].

There are two different reasons as to why low-power laser irradiation can alter pain perception and induce an

## ANEXO

336

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341

analgesic effect. Honmura et al. have shown that LLLT can modulate the inflammatory process and thus reduce pain [18]. Another hypothesis is that LLLT alters nerve conduction and excitation in peripheral nerves [19, 20], and the third view suggests that LLLT may stimulate and activate the production of endogenous endorphins [21].

LLLT appears to produce photobiomodulation in the body (including cell function regulation) without inducing any direct thermal effects in the area where it was applied. According to Tiina Karu, lasers that can provide this type of effect are within the wavelength range of 600–1000 nm [22]. However, some high-power lasers (CO<sub>2</sub>, Er:YAG), when not used in proper focus (broadening the area of irradiation), can also behave like a low-level laser [23].

Intracellular effects in the cytoplasm due to photochemical changes have been attributed to visible laser effects, whereas effects at the level of cellular membranes due to physical changes have been attributed to infrared-range wavelengths [24]. The primary effects produced by low-level lasers are related to intracellular activity, such as increases in ATP levels, DNA, redox reactions, and oxygen exchange [25]. From these primary effects, other secondary effects are induced in target tissues, such as reduced pain, accelerated healing, vasodilation, reduction of edema, and hyperemia in inflammatory processes [25].

Low-level laser effects on cells are related to various parameters, such as wavelength, pulse frequency, power density, and time. According to the Arndt-Schulz law [26], the light stimulus will be insufficient to trigger the target functions if it is delivered below the recommended doses, and it may inhibit activation of these functions if a dose higher than indicated is given. Studies examining the analgesic effects of LLLT have suggested that one should use a somewhat higher total dose to achieve an inhibitory effect [26].

Confirmation that implementation of a low-level laser can reduce pain in orthodontic patients would make it a viable alternative to the drug regimens that are usually recommended. Furthermore, if the efficacy of LLLT is confirmed, then prescribing NSAIDs [27], which are widely known to slow down tooth movement, could be avoided. Hence, the aim of this study was to evaluate pain sensations in orthodontic patients after placement of elastic separators and to determine the degree of analgesic efficacy of a low-power 830-nm laser vs. placebo.

#### Materials and methods

##### Patients

This study was conducted with 20 volunteers, 18 years of age or older (6 men, 14 women) with a mean age of 26.4 years (range, 19–33.8). The following inclusion criteria

were adhered to: written informed consent, absence of acute or chronic dental disease, absence of periodontal or gum disease, free from severe systemic disease, no fixed orthodontic retainer in the dental arcade, no ankylosis or tooth implants in the arcade, and no consumption of analgesic drugs during the 48 h preceding the test. The study was approved by the Ethics Committee of the International University of Catalunya (study F-07-APP-10).

##### Laser and parameters

Following the guidelines of the Jenkins and Carroll report, we present our data in a tabular format in order to improve the standardization and the reproducibility methods [28] (Tables 1 and 2). Before each laser irradiation, we checked the laser power output through a POW-105 power meter (Lasotronic GmbH, Hengersberg, Germany).

##### Irradiation procedure

All patients were given separator elastics GAC® (ref-radiopaque separators 34-000-10) in the mesial and distal premolars of the maxilla (Fig. 1). Five minutes following placement of elastic separators, patients were treated with the laser application and placebo procedure. At the time of laser irradiation, both the patient and orthodontist used goggles designed to block the wavelength of the laser used in accordance with safety standards. The patient was also fitted with an opaque mask beneath the glasses to obscure his or her vision. A randomization number table was used to determine which quadrant in each patient would be irradiated and which (the contralateral) would serve as the control.

Three points were irradiated in the vestibular zone (two points in the third cervical, mesial, or distal regions and one in the apical third), and three points were irradiated in the palatal zone in the experimental quadrant (Fig. 2). The total energy released in all laser-treated teeth was 12 J (vestibular area, 6 J, and palatal area, 6 J). The laser was applied in such a way that it was in direct contact with the mucosa without any pressure.

The same procedure was repeated in the contralateral quadrant, but with a placebo light (polymerizing light with a similar fiber diameter of 0.7 cm) (Fig. 3) and emitted the same whistle sound that a laser emits to reproduce the exact

**Table 1** Device information

Manufacturer	Lasotronic (GmbH, Hengersberg, Germany)
Model identifier	MED 200-duo
Number of emitters	1
Lasing medium	GaAlAs
Beam delivery system	Light guide

## ANEXO

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341

337

**Table 2** Irradiation and treatment parameters

	Value	Unit	Measurement method or information source
Center wavelength	830	nm	
Operating mode	CW		
Average radiant power	100	mW	Lasotronic POW-105 power meter
Beam area	0.4	cm <sup>2</sup>	
Irradiance at target	250	mW/cm <sup>2</sup>	
Beam shape	?	mm	Round
Exposure duration	20	s	
Energy per point	2	J	
Energy density per point	5	J/cm <sup>2</sup>	
Total energy per tooth	12	J	
Number of points irradiated	6		3 points in the vestibular area and 3 in the palatal area
Application technique			Contact

conditions and thus prevent the subject from discerning whether the laser or placebo was being applied. A single operator placed the elastic separators and applied the laser and placebo light.

**Pain assessment**

A visual analogue scale (VAS), 10 cm in length (0=no pain, 10=worst pain imaginable), for each of the quadrants was used. Patients were trained to assess pain in the following periods: T1, before placing the rubber separator; T2, 5 min after placement of elastic separators (when the laser or placebo light was applied); T3, 6 h post-treatment; T4, 24 h post-treatment; T5, 48 h post-treatment, and T6, 72 h post-treatment. Each patient was required to indicate whether she had taken any rescue analgesic in any of the periods recorded. Four days after the treatment, the questionnaires were collected and the separators were removed.

**Statistical analysis**

Microsoft Excel<sup>®</sup> Software was used for data collection. Statistical analysis was performed using Statgraphics<sup>®</sup> Plus,

version 5.1. Multivariate analysis of variance of three factors (pain, treatment, and time) was applied on data collected from 20 patients. A *p* values less than 0.05 was considered statistically significant.

**Results****Pain perception of the experimental side vs. placebo side**

The level of pain in the quadrant where the laser was applied was lower than the one reported for the control side. As shown in Fig. 4, the mean VAS pain level reported for the experimental laser side (7.7083 mm) was significantly less than that reported for the control placebo side (14.1417 mm; *p*=0.0001).

**Progression of pain**

A significant time–laser interaction was observed (*p*<0.0001). As shown in Fig. 5, the quadrant exposed to placebo light was associated with higher pain scores than the laser-irradiated quadrant at all experimental time points. The progression of pain in relation to time is summarized in



Fig. 1 Elastic separators placed in an arcade



Fig. 2 Laser application sites

ANEXO

338

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341



Fig. 3 Laser and polymerizing light (control) application tips with similar diameters (0.7 cm)

Fig. 6. During the 72-h experimental period, the presence of pain was first reported at 5 min (T2), with pain intensity peaking between 6 and 24 h (T3–T4) and then decreasing thereafter at the 48- and 72-h time points.

Analgesic need

None of the 20 volunteer subjects required pharmacological analgesia (rescue medication) during the study period.

Discussion

This study investigated the efficacy of LLLT in the prevention of pain following the placement of elastic separators during early orthodontic treatment. It was found that the laser-irradiated quadrant presented with less pain compared with the control quadrant in all cases studied.

The forces applied to produce orthodontic movements almost always generate a certain degree of discomfort or pain, and the intensity of that pain varies among patients. Achieving an effective method of pain control without

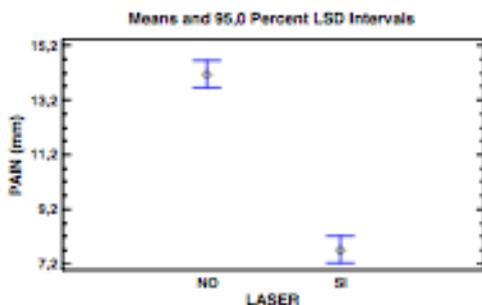


Fig. 4 Pain-laser interaction. Overall mean pain on the placebo side (14.1417) was greater than that on the laser side (7.7083 mm)

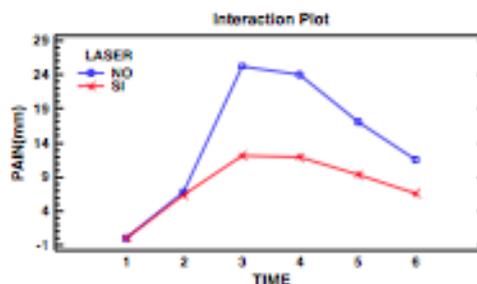


Fig. 5 Pain-time interaction. Mean VAS data are shown for T1 (prior to placement of elastic separators), T2 (5 min after placement and laser irradiation), T3 (6 h after treatment), T4 (24 h after treatment), T5 (48 h after treatment), and T6 (72 h after treatment)

administration of drugs is a common research goal in all areas of the health sciences [29].

The present clinical study was performed with volunteers who were all young adults not in need of orthodontic treatment and in good health. This experimental group was chosen over patients undergoing orthodontic treatment to prevent the anxiety component that may come with the initiation of treatment [2, 30]. The study was performed with a “split mouth” design, allowing for within-subject controls. This method is very well suited for the study of pain because it nullifies the effect of inter-individual variation in pain perception [10].

Although the VAS pain assessment is a subjective method in which there is great variability across individuals, it is one of the best methods available for pain studies [13, 30–32]. In this study, VAS data were collected at multiple time points: time of separator placement and 5 min later (at the time of irradiation), as well as 6, 24, 48, and 72 h post-treatment. Similar studies that have also assessed pain intensity over time have shown that pain onset occurs 2 h after placement of orthodontic appliances [10].

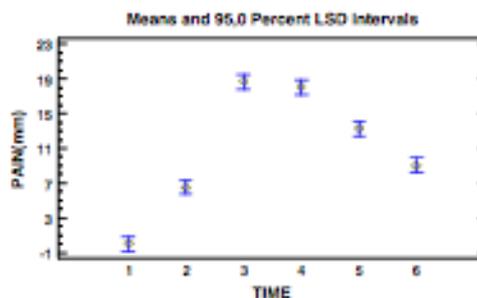


Fig. 6 Summary of pain progression of overall pain in the whole study sample over time

## ANEXO

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341

339

Several prior studies in different fields of, have demonstrated LLLT to be effective in reducing pain. Several hypotheses proposed for the mechanism by which LLLT reduces pain have been proposed. In one hypothesis, LLLT is suggested to interfere with the modulation of inflammation in a manner that results in reduced levels of cytokines and COX-2 mRNA levels, which then results in reduced pain [33–35]. According to another hypothesis, LLLT irradiation results in an alteration in the conduction of action potentials in peripheral nerves. In support of this notion, it has been shown that 830-nm lasers can produce varicosities at the axon level [36]. These varicosities slow the velocity of fast axonal flow and decrease mitochondrial membrane potentials, thereby resulting in a reduced availability of ATP and neurotransmission failure in nociceptive A $\delta$  and C fibers. Finally, a third hypothesis posits that LLLT can stimulate a reduction in endogenous endorphins as described by Cabot and Laasko [21] in reports of experiments performed with a 780-nm laser at a dose of 2.5 J/cm<sup>2</sup>.

Different wavelengths can be used in LLLT. The most commonly used are 632.8-, 660-, 780-, 810-, 830-, 904-, and 980-nm lasers. The type of laser used in this study was chosen based on a careful literature review through which it was determined that the 830-nm diode laser appeared to be the one with the greatest analgesic capacity. Meta-analysis results by Enwemeka [37] showed that the 830-nm laser has a robust analgesic efficacy, and this finding was corroborated by both clinical and *in vitro* studies, including the noteworthy studies performed by Chow et al. [28]. Other wavelengths (e.g., 670-nm diode laser) have also been used to achieve pain reduction after multiband placement [8].

Yamaguchi et al. [38] showed that during orthodontic movement, 8–72 h post-treatment, there is an increase in crevicular fluid, prostaglandin, and interleukin levels. The present pain reduction findings fit well with prior work showing phototherapy can induce inhibition of inflammatory mediators such as prostaglandin E2 and interleukin 1- $\beta$  [39, 40].

Other types of lasers, such as CO<sub>2</sub> and Er, Cr:YSGG lasers, have also been used to obtain an analgesic effect, but with mixed results. While Fujiyama et al. [23] obtained good results with a CO<sub>2</sub> laser in unfocused mode, no other significant improvements have been found. However, there appears to be an analgesic trend when an Er, Cr:YSGG laser is used [41].

The dose used in this study was chosen based on the advice and recommendations of various studies. Harazaki et al. [7] determined that the minimum time of application for LLLT to be effective should be 2–3 min per tooth, with three applications in the palate and three applications in the buccal zone (one cervical, one in the middle, and one in the apical region). In this study, the laser was applied for 20 s on the mesial, distal, and apical regions of the palatal and

vestibular face with a total irradiation time of 2 min per tooth and a dose of 5 J/cm<sup>2</sup> per site. We used a total dose of 12 J, which fits with that described in Bjordal et al.'s systematic review [42] wherein it was advised that the total dose used should be in the range of 6–10 J to achieve anti-inflammatory effects with an 830-nm laser.

The progression of pain during orthodontic movement has been described in several studies. Furstman and Bernick [43] concluded that pain usually occurs approximately 2 h after the placement of orthodontic appliances. According to Ngan et al., perceived discomfort peaked 4–24 h after insertion of separators [2]. In another study, pain was reported to be shown between 3 and 24 h after placement of the first arches for orthodontic movements [44]. Our finding of pain peaking between 6 and 24 h after the treatment is consistent with these studies. Clinically, it may be necessary to recommend an analgesic regimen during the first 24 h of orthodontic treatment. Our patients reported less pain in the laser-treated than in the contralateral quadrant where placebo was applied, and this difference was greatest 6 and 24 h after LLLT.

Pain is a complex phenomenon with immense individual variability in perception that can be influenced by many external factors, such as the degree of anxiety prior to orthodontic treatment [2–4]. Some of the volunteers reported that they perceived more of a discomfort than a sharp pain, as evidenced by the fact that none of them needed to take drugs for pain. However, at all times, they reported feeling less pain or discomfort on the side where the laser had been applied than on the control side. This study showed that pain on the laser-irradiated side was significantly less than that on non-irradiated side. It is also worth noting that the LLLT resulted in favorable pain reduction, as indexed by the VAS scale, without producing any secondary effects in any of the 20 cases.

Orthodontic patients are sometimes given NSAIDs to reduce pain, but these drugs have been shown to decrease the rate of tooth movement [45]. Use of low-laser power density treatments (i.e., phototherapy, LLLT) in orthodontic treatments can reduce pain and discomfort in a noninvasive manner, removing the need for anti-inflammatory drugs.

## Conclusions

The results of this study demonstrate that application of a low-power laser at 830 nm with the parameters specified herein is an effective method of pain control in orthodontic patients after elastic separator placement. Pain intensity was significantly lower in the laser-treated quadrant than in the control side. Peak discomfort was documented 6–24 h after elastic separator placement, and pain intensity began to be reduced 48 h post-treatment.

## ANEXO

340

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341

## References

- Brown DE, Moerenhout RG (1991) The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of preadolescents, adolescents, and adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 100:349–356
- Ngan P, Kess B, Wilson S (1989) Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 96:47–53
- Oliver RG, Knapman YM (1985) Attitudes to orthodontic treatment. *Br J Orthod* 12:179–188
- Tayer BH, Burck MJ (1981) A survey of adults' attitudes toward orthodontic therapy. *Am J Orthod* 79:305–315
- Gianopoulos C, Dadić A, Kiliaridis S (2006) Pain discomfort and circulatory fluid changes induced by orthodontic elastic separators in children. *J Pain* 7(5):367–376
- Youssef M, Ashkar S, Hamade E, Gafkrecht N, Lampert F, Mir M (2008) The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci* 23:27–33
- Harazaki M, Ishiki Y (1998) Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 39:95–101
- Tarhani D, Scherias M, Kapral D, Benesch T, Jonke E, Bartleon HP (2006) Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 130:371–377
- Lim HM, Lew KK, Tay DK (1995) A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic post-adjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 108:614–622
- Tortamano A, Lenzi D, Haddad AC, Bettino MC, Dominguez G, Vigorito JW (2009) Low-level laser therapy for pain caused by placement of the first orthodontic archwire: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 136:662–667
- Mester E, Saende B (1967) Influence of laser on hair growth of mice. *Kisefel Orvostud* 19:628–631
- Amarillas-Escobar ED, Toranzo-Fernández JM, Martínez-Rider R, Noyola-Frias MA, Hidalgo-Hurtado JA, Serma VM, Gordillo-Moscoso A, Pozos-Guillén AJ (2010) Use of therapeutic laser after surgical removal of impacted lower third molars. *J Oral Maxillofac Surg* 68(2):319–324
- Shirani AM, Gafkrecht N, Taghizadeh M, Mir M (2009) Low-level laser therapy and myofascial pain dysfunction syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* 24:715–720
- Brugnara A, Garrini dos Santos AL, Donnamaria E, Pinheiro TCH (2006) Atlas of laser therapy applied to clinical dentistry. Ed Quintessence, São Paulo
- Ozen T, Oehan K, Genar I, Ozturk A (2006) Efficacy of low level laser therapy on neurosensory recovery after injury to the inferior alveolar nerve. *Head Face Med* 2:3
- Sirnos A, Ekdardo FP, Luiz AC, Carrpos L, Sa PH, Cristofano M et al (2009) Laser phototherapy as topical prophylaxis against head and neck cancer radiotherapy-induced oral mucositis: comparison between low and high power lasers. *Lasers Surg Med* 41:264–270
- Oltra-Arimón D, España-Tost AJ, Berini-Ayats L, Gay-Escoda C (2004) Aplicaciones del láser de baja potencia en Odontología. *RCOE* 9(5):517–524
- Hozumura A, Yanase M, Obata J, Haruki E (1992) Therapeutic effect of Ga-Al-As diode laser irradiation on experimentally induced inflammation in rats. *Lasers Surg Med* 12(4):441–449
- Chow R, Armati F, Laakso EL, Bjordal JM, Baxter GD (2011) Inhibitory effects of laser irradiation on peripheral mammalian nerves and relevance to analgesic effects: a systematic review. *Photomed Laser Surg* 29(6):356–381
- Basford JR, Hallman HO, Matsumoto JY, Moyer SK, Buss JM, Baxter GD (1993) Effects of 830 nm continuous wave laser diode irradiation on median nerve function in normal subjects. *Lasers Surg Med* 13(6):597–604
- Laakso EL, Cabot PJ (2005) Nociceptive scores and endorphin-containing cells reduced by low-level laser therapy (LLLT) in inflamed paws of Wistar rat. *Photomed Laser Surg* 23(1):32–35
- Karu TM (1988) Molecular mechanism of the therapeutic effect of low intensity laser radiation. *Laser Life Sci* 2:53–74
- Fujiyama K, Deguchi T, Munkami T, Fujii A, Kushima K, Yamamoto TT (2008) Clinical effect of CO<sub>2</sub> laser in reducing pain in orthodontics. *Angle Orthod* 78(2):299–303
- Tunér J, Hode L (1999) Low level laser therapy—clinical practice and scientific background, 1st edn. Prima Books, Sweden
- Karu T (1999) Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol Biol* 49:1–17
- Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR (2009) Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response* 7(4):358–383
- Zhan D, Hughes B, King GJ (1997) Histomorphometric and biomechanical study of osteoclasts at orthodontic compression sites in the rat during indomethacin inhibition. *Arch Oral Biol* 42:717–726
- Jenkins PA, Carroll J (2011) How to report low-level laser therapy (LLLT) (photomedicine dose and beam parameters in clinical and laboratory studies. *Photomed Laser Surg* 29(12):1–4
- Chow R, Johnson M, Lopes-Martins R, Bjordal J (2009) Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomized placebo or active-treatment controlled trials. *Lancet* 374:1877–908
- Firestone AR, Scheurer AP, Bargin WB (1999) Patient's anticipation of pain and pain-related side effects, and their perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 21:387–396
- Dundar U, Evcik D, Samli F, Pasak H, Kavuncu V (2007) The effect of gallium arsenide aluminum laser therapy in the management of cervical myofascial pain syndrome: a double blind, placebo-controlled study. *Clin Rheumatol* 26:930–934
- Kreidler MB, Haj HA, Noroozi N, Willershausen B (2004) Efficacy of low level laser therapy in reducing postoperative pain after endodontic surgery—a randomized double blind clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 33:38–41
- Albertini R, Villaverde AB, Airbire F, Salgado M, Bjordal JM, Alves LP, Mizin E, Costa MS (2007) Anti-inflammatory effects of low-level laser therapy (LLLT) with two different red wavelengths (660 nm and 684 nm) in carrageenan-induced rat paw edema. *Journal of Photochemistry and Photobiology Biology* 89:50–55
- Albertini R, Villaverde AB, Airbire F, Bjordal J, Brugnara A, Mittmann J, Silva JA, Costa M (2008) Cytokine mRNA expression is decreased in the subplantar muscle of rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg* 26(1):19–24
- Albertini R, Airbire F, Villaverde AB, Silva JA Jr, Costa MS (2007) COX-2 mRNA expression decreases in the subplantar muscle of rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low level laser therapy. *Inflamm Res* 56(6):228–229
- Chow RT, David MA, Armati PJ (2007) 830 nm laser irradiation induces varicosity formation, reduces mitochondrial membrane potential and blocks fast axonal flow in small and medium diameter rat dorsal root ganglion neurons: implications for the analgesic effects of 830 nm laser. *J Peripher Nerv Syst* 12(1):28–39
- Enweremeka CS, Parker JC, Dowdy DS, Harkness EE, Sanford LE, Woodruff LD (2004) The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomed Laser Surg* 22(4):323–329
- Yamaguchi M, Yoshii M, Kasai K (2006) Relationship between substance P and interleukin-1 B in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement in adults. *Eur J Orthod* 28:241–246

## ANEXO

Lasers Med Sci (2013) 28:335–341

341

39. Trellies MA, Mayayo E (1987) Bone fracture consolidates faster with low power laser. *Lasers Surg Med* 7:36–45
40. Shimizu N, Yamaguchi M, Goseki T, Shibata Y, Takiguchi H, Iwasawa T, Abiko Y (1995) Inhibition of prostaglandin E2 and interleukin 1-beta production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. *J Dent Res* 74(7):1382–1388
41. Duran Fernandez-Fejo M (2008) Efecto analgésico del laser Erbium,Cromium: Yttrium-Selenium-Gallium-Garnet en Ortodoncia. Tesina Doctoral, Universidad Internacional de Catalunya. Julio
42. Bjordal JM, Johnsen MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RA (2006) Photoradiation in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. *Photomed Laser Surg* 24:158–168
43. Furstman L, Bernick S (1972) Clinical considerations of the periodontium. *Am J Orthod* 61(2):138–155
44. Harazaki M, Takahashi H, Isshiki Y (1997) Soft laser irradiation induced pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 38:291–295
45. Bernhart MK, Southard KA, Batterson KD, Logan HL, Baker KA, Jakobsen JR (2001) The effect of preemptive and/or postoperative ibuprofen therapy for orthodontic pain. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 120:20–27