



INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE LÁSER EN LA VELOCIDAD DE REGENERACIÓN EN TERAPIA ENDODÓNTICA REGENERATIVA DE DIENTES MADUROS

Trabajo de Investigación
requisito para optar al Título
de Cirujano Dentista

Alumnos: Paula Álvarez H.
Gonzalo Frez B.
Gabriela Gaete C.
Camila Gómez G.

Docente Guía: Dra. Alicia Caro
Cátedra de Endodoncia

Valparaíso – Chile

2016

DEDICATORIA

Mi eterna gratitud a mi familia por el apoyo incondicional, por siempre estar ahí, ayudándome en los momentos difíciles y compartiendo mis alegrías. A mis amigos que siempre tuvieron una palabra de aliento cuando lo necesite. Que el término de esta etapa sea el inicio de una mejor.

Paula Álvarez H.

Sin el apoyo de mi familia y dios, el cierre de esta etapa llena de penas y alegrías no hubiese sido posible. Hoy más que nunca comprendo la frase que repetí estos 8 años: "Sacrifica el hoy para el mañana". Por fin puedo decir que el "mañana" ha comenzado.

Gabriela Gaete C.

Quiero dedicar esta tesis a mi familia, sobre todo a mis padres, por todo el apoyo que me han entregado, por su paciencia y cariño cuando más lo necesitaba, ya que sin ellos el camino se habría hecho imposible.

Gracias a mis amigos, por su tiempo, por darme energía, y por tenerme paciencia. Por alegrar mis días más tristes y por celebrar las victorias conmigo.

A Camila, gracias por soportarme, por darme todo tu apoyo y paciencia, y por sostenernos, que sin ti no habríamos podido terminar esto.

Gonzalo Frez Barrera

A mis padres por acompañarme en este largo camino, mamá gracias por creer siempre en mí, papá gracias por seguir conmigo.

Al ángel que tengo en el cielo que sé que estuvo siempre aquí, te sentí a mi lado y demostrarme que a pesar de no estar en vida, estás en mi alma.

A mi padrino y su esposa, por hacerme sentir que podía contar con ellos ante cualquier eventualidad que se generara en este camino. Los llevo siempre conmigo.

Al amor de mi vida, Humberto, por jamás dejarme sola y apoyarme en la parte más tortuosa de este camino. Y por amarnos en las buenas y en las malas, estando incondicionalmente. Sin ti yo no.

A mi compañero Gonzalo, que contuvo cada uno de mis momentos más complejos durante esta carrera.

Camila Gómez González

AGRADECIMIENTOS

A nuestra docente guía Dra. Alicia Caro, por la disposición, conocimientos y paciencia para poder llevar a cabo la realización de todo lo que involucra nuevo tema.

Por su apoyo y buena disposición para ayudarnos a solucionar nuestros problemas y llevarnos por el camino correcto a:

Dr. Marcelo Gandarillas

Dra. Daniela Vergara

Dr. Carlos Marchant

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO.....	2
OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
RESULTADOS	35
DISCUSIÓN.....	43
LIMITACIONES Y SUGERENCIAS.....	49
CONCLUSIÓN.....	51
RESUMEN.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	57

INTRODUCCIÓN

Un diente con daño irreversible en su tejido pulpar o que se encuentre en necrosis tiene como alternativa de tratamiento la terapia endodóntica, que consiste en limpiar el conducto radicular, para luego realizar el reemplazo del tejido natural de la pulpa por un material exógeno, inerte y biocompatible. Una desventaja es que éste puede actuar como un cuerpo extraño, con el consecuente riesgo de provocar inflamación en el tejido periodontal e infección. Es por esto que se busca reemplazar este material por un tejido autógeno, logrando idealmente regenerar el tejido pulpar necrótico y así devolver la salud, funcionalidad y vitalidad de los dientes que están afectados. Esto se ha podido lograr gracias a la endodoncia regenerativa.

La endodoncia regenerativa o revascularización pulpar es un proceso que se encarga de reemplazar estructuras dañadas, incluyendo raíz dental, dentina y células del complejo dentino-pulpar. Para alcanzar esta regeneración funcional, se necesita de células madre, matriz de andamiaje y factores de crecimiento, logrando así la formación de dentina radicular de manera tridimensional, una constricción apical y tejido pulpar sano.

Actualmente ya está comprobada la capacidad de regenerar tejido pulpar en dientes con ápice inmaduro de pacientes jóvenes, sin embargo, las terapias endodónticas regenerativas en dientes con ápice cerrado de pacientes adultos tienen mayores dificultades, principalmente porque a medida que avanzamos en edad, menor y más lenta es la capacidad de regeneración de los tejidos, siendo también menor la cantidad de células madre.

Existen propuestas de tratamiento que activan o favorecen este procedimiento, siendo una de éstas el uso de láser, que se ha probado en tratamientos regenerativos de diversos tejidos y en tratamientos dentales, pero nunca en terapia regenerativa dental.

Se espera que con la aplicación de láser, los procedimientos regenerativos tengan una respuesta más rápida junto con un tratamiento más certero, asegurando su éxito y logrando mejorar el pronóstico del diente, ya que, a través de la utilización de la energía de luz, se puede mejorar la cicatrización, reducir edemas, limpiar y descontaminar el sistema de conductos radiculares, además de mejorar la cicatrización y promover la angiogénesis.

Debido a la información anteriormente expuesta, se sugiere que la aplicación complementaria de láser blando podría acelerar el proceso de recuperación en terapias endodónticas regenerativas de dientes maduros con necrosis pulpar, en comparación a dientes que reciben el mismo tratamiento sin la aplicación de láser.

MARCO TEÓRICO

COMPLEJO DENTINO-PULPAR

El eje estructural de cada diente está formado por dentina, tejido conectivo mineralizado que es cubierto en la zona coronal por un tejido duro denominado esmalte. Éste último posee un 95% de materia inorgánica y está constituido fundamentalmente por cristales de hidroxiapatita; mientras que la zona radicular está protegida por un tejido conectivo calcificado denominado cemento.

Dentro de la dentina se encuentra la cámara pulpar, espacio donde se aloja la pulpa dental, tejido conectivo laxo ricamente innervado e irrigado, constituido por distintas células, siendo la principal el odontoblasto. Se ubica en la periferia de la cavidad pulpar, adyacente a la pre-dentina y es el responsable de formar y reparar esta última al sintetizar su matriz orgánica, constituida por fibras colágenas y sustancia amorfa; también presenta fibroblastos que son precursores de las fibras colágenas, reticulares y elásticas, así como la sustancia fundamental de la pulpa.

Pulpa y dentina forman una unidad estructural y funcional denominada complejo dentino-pulpar.

En el foramen apical, la pulpa radicular se conecta directamente con el tejido periapical del ligamento periodontal a la altura del periápice. En esta área se localizan células mesenquimáticas de reserva multipotentes que se diferenciarán, según los requerimientos funcionales en distintos fenotipos celulares como fibroblastos, osteoclastos y cementoblastos.⁽¹⁾

TRATAMIENTO ENDODÓNTICO CONVENCIONAL

El objetivo de la endodoncia convencional es prevenir futuras lesiones pulpares y periodontales, y tratar las ya instauradas. Este procedimiento consiste en la extirpación de la pulpa presente en la cavidad dentaria cameral y canales radiculares, luego la desinfección y conformación de dichos canales, para finalmente ser rellenados con un material biocompatible e inerte, con el fin de mantener el diente en la cavidad oral. Es importante restaurarlo adecuadamente para asegurar su sellado coronal e impedir la filtración bacteriana.⁽²⁾

Este tratamiento se aplica en dientes que presenten alguno de los siguientes diagnósticos:

- Pulpitis Irreversible Sintomática.
- Pulpitis Irreversible Asintomática.
- Necrosis Pulpar.
- Periodontitis Apical Sintomática.
- Periodontitis Apical Asintomática.
- Absceso Apical Agudo.

- Absceso Apical Crónico.
- Osteítis Condensante ⁽³⁾.

A pesar de que el éxito de la endodoncia es alto, pudiendo llegar a un 97% ⁽⁴⁾, existe un porcentaje no menor en el que se requerirá retratamiento, cirugía apical o extracción debido al fracaso del tratamiento convencional. Un diente tratado endodónticamente tiene cambios estructurales en la dentina, pierde agua y presenta entrecruzamientos de fibras colágenas, lo que genera una mayor incidencia en fracturas dentales ⁽⁵⁾.

Es por lo anterior que nace la necesidad de buscar una alternativa de tratamiento para lograr conservar las características de un diente vital y asegurar su permanencia en boca.

ENDODONCIA REGENERATIVA

La endodoncia regenerativa o revascularización pulpar se define como un proceso basado en la biología, designado a reemplazar estructuras dañadas incluyendo dentina y raíz dental, así como también células del complejo dentino-pulpar ⁽⁶⁾. Esta terapia ha recibido varios nombres, como lo son revascularización, procedimientos regenerativos, entre otros, siendo actualmente la definición consensuada de terapia de regeneración.

Shan y cols. en el 2008, formula que es una nueva opción de tratamiento para restablecer la vitalidad de un diente no vital, que permite la reparación y regeneración de tejidos.

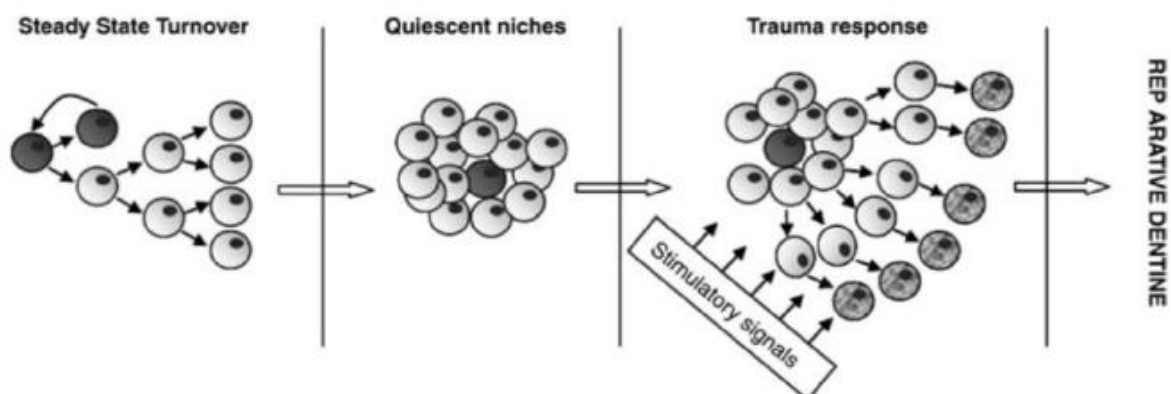
La regeneración pulpar es un procedimiento endodóntico aprobado por la AAE (Asociación Americana de Endodoncia), publicado y aceptado dentro de la práctica de la endodoncia a nivel mundial para dientes inmaduros, con una gran inversión en millones de dólares para la investigación en esta área ⁽⁷⁾.

Antes de la existencia de esta terapia, se utilizaba un procedimiento llamado Apexificación, que consiste en inducir una barrera calcificada en la raíz de un diente con ápice abierto en necrosis pulpar por medio de dos técnicas, utilizando Hidróxido de Calcio o MTA. Ambas ahora se encuentran obsoletas ⁽⁸⁾ ⁽⁹⁾ (ver anexo1).

La terapia endodóntica regenerativa consiste en la desinfección del tejido pulpar necrótico e infectado, para inducir la formación de un coágulo que favorezca el crecimiento de una nueva matriz junto con el sellado correcto del acceso a la corona.

La regeneración de una pulpa parcialmente necrótica en una raíz inmadura está basada en la presencia de células madre potenciales de la pulpa y células madre mesenquimáticas remanentes, localizadas a nivel de la papila apical que pueden sobrevivir a la necrosis pulpar aun en presencia de infección perirradicular.

Fig. 1: Proceso migración células madre ⁽¹⁰⁾.



Se ha demostrado con estudios de caso que luego de procedimientos endodónticos regenerativos hay curación de periodontitis apical, continuando el desarrollo del ápice de la raíz, aumentando el grosor de la pared del conducto radicular de los dientes inmaduros con necrosis pulpar, ápice abierto y paredes debilitadas ⁽⁶⁾.

Busca restaurar la función de la pulpa dañada mediante la neoformación de vasos sanguíneos o angiogénesis a nivel apical y dentro del conducto radicular, favoreciendo la formación de tejido pulpar funcional contribuyendo al proceso de formación radicular.

Los principales pasos que se han identificado como requerimiento para el brote angiogénico son:

1. Vasodilatación e incremento de la permeabilidad vascular.
2. Activación de las proteasas que llevan a la degradación de la membrana basal.
3. Incremento y proliferación de las células endoteliales.
4. Migración de células endoteliales.
5. Ensamblaje de células endoteliales para formar un túbulo con lumen permeable.
6. Selección de pericitos fuera de los capilares para formar vasos estables ⁽¹¹⁾.

Objetivos de la Terapia Endodóntica Regenerativa ⁽¹²⁾

- Eliminar signos y síntomas del daño periapical.
- Incrementar espesor y longitud del conducto radicular.
- Obtener una respuesta positiva a pruebas de sensibilidad.

Ventajas ⁽¹²⁾

- Crecimiento radicular tridimensional logrando cierre de foramen apical.
- El tejido de reparación se convierte en una parte integral del diente, evita microinfiltración bacteriana implicando el uso de sellos artificiales.
- Reforzamiento de las paredes laterales dentinarias por la aposición de dentina nueva y tejido duro, agrandando el ancho de las mismas.
- Tiempo operatorio más corto.

- No existe riesgo de rechazo por parte del sistema inmune.

Desventajas ⁽¹²⁾

- Pocos estudios de seguimiento y a largo plazo.
- Es posible que el conducto pueda calcificarse, comprometiendo estética y aumentando la dificultad para realizar procedimientos endodónticos futuros si fuese necesario.
- Necesidad de varios controles.
- Limitación en complicaciones sistémicas (alteración en coagulación, disfunción plaquetaria, tratamiento con AINE, etc.).

Para dientes inmaduros sometidos a terapias endodónticas regenerativas, la situación ideal es un paciente con diámetro apical igual o mayor a 1.1 mm., lo que permite la aposición de células madre dentro del conducto radicular para formar nuevos tejidos. La edad de los pacientes va de 8 a 16 años y no deben presentar alergia a los antibióticos utilizados en la terapia (Metronidazol, Minociclina, Moxifloxacino) ⁽¹³⁾.

Parámetros de Éxito de una Terapia Regenerativa

- Ausencia de dolor e inflamación de los tejidos observados antes de empezar el tratamiento.
- Resolución de radiolucidez apical (6 a 12 meses post-tratamiento).
- Aumento en el ancho de las paredes del conducto radicular, esto se observa antes del aumento de la longitud de la raíz (12 a 14 meses post-tratamiento).
- Aumento de la longitud de la raíz.
- Cierre apical.

Componentes de la Terapia Regenerativa

Dentro de este procedimiento se deben considerar al inicio pacientes idealmente jóvenes con pulpas necróticas, en donde haya una mínima o nula instrumentación de paredes dentinarias. Se coloca una pasta antibiótica intraconducto y luego se genera un coágulo de sangre o un andamiaje proteico en el canal para activar el proceso. Finalmente se busca lograr un sellado coronal efectivo ⁽¹⁴⁾.

Se requieren tres pilares fundamentales para llevar a cabo el procedimiento nombrado anteriormente:

- Células Madre.
- Matriz de Andamiaje.
- Factores de Crecimiento.

Células Madre

Son células no diferenciadas que tienen la capacidad de producir células del mismo tipo o diferenciadas, clasificándose en pluripotentes o multipotentes. Las pluripotentes son aquellas capaces de diferenciarse en células especializadas de las tres capas germinales. Otras se encuentran en adultos y están restringidas en su capacidad para diferenciar, denominándose multipotentes ^{(11) (10)}.

Los tejidos mesenquimales (hueso, pulpa dental, ligamento periodontal) parecen tener una población enriquecida de células madre adultas, siendo la mayoría de origen de la región oral de este origen. La capacidad multipotente de las células madre mesenquimales es la que forma la base de todos los procedimientos de endodoncia regenerativa. Pueden diferenciarse en odontoblastos, permitiendo la aposición de tejido dentinario y con ello, el término del desarrollo radicular del diente por lo que son prometedoras al hablar de regeneración del complejo dentino- pulpar. Debido a su migración desde la cresta neural, se cree que también son responsables de la regeneración nerviosa. Documentación demuestra que estas células madre permanecen vitales aun cuando existe un diagnóstico de necrosis pulpar o infección perirradicular ⁽¹¹⁾ ⁽¹⁰⁾.

Se considera que una de las propiedades más importantes de estas células es su capacidad de supervivencia en presencia de inflamación crónica, tejido pulpar necrótico y bacterias. Estas características permiten que posterior a la desinfección del canal, se consiga una repoblación de células diferenciadas, dando lugar a la reorganización, angiogénesis e inervación del lugar ⁽¹¹⁾.

En la pulpa existe un máximo de 1% de células madre. Se clasifican de acuerdo a su origen ⁽¹⁰⁾:

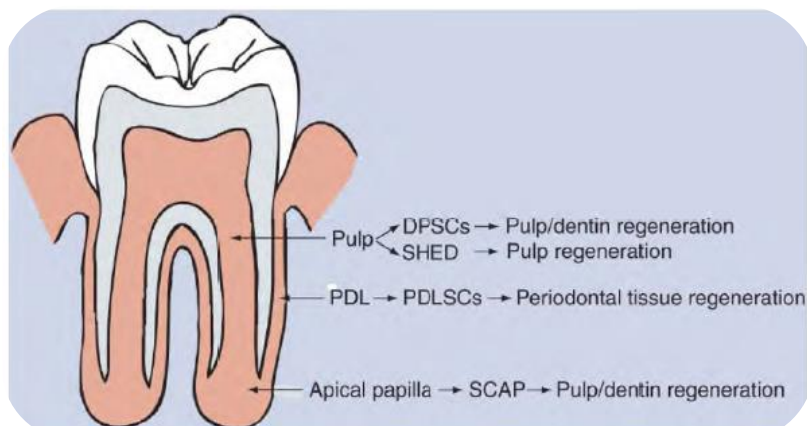
- Células autólogas: del mismo individuo.
- Células alogénicas: de otro individuo de la misma especie.
- Células xenogénicas: de individuos de otra especie.

En el diente y en sus tejidos vecinos podemos encontrar células autólogas en ⁽¹⁰⁾:

- Células de papila apical (SCAP).
- Células progenitoras inflamatorias periapicales (iPAPCs).
- Células pulpares dentales de dientes permanentes en terceros molares, supernumerarios y extraídos por ortodoncia (DPSC).
- Células pulpares de dientes temporales exfoliados humanos (SHDE).
- Células de ligamento periodontal (PDLSC).
- Células madre de la médula ósea (BMSC).
- Células del folículo dental (DFSCs).
- Célula de la pulpa dental natal (hNDP).
- Células progenitoras germinales dentarias (TGPC).
- Células madre de las glándulas salivales (SGSC).
- Células madre epiteliales orales (OESC).
- Células madre mesenquimales derivadas de tejido gingival (GMSC).
- Células madre derivadas del periostio (PSC).

Las células madre de SCAP son la principal fuente de odontoblastos responsables de continuar el desarrollo radicular y debido a su cercanía con el suplemento sanguíneo periodontal pueden sobrevivir frente a la necrosis pulpar incluso en infección al igual que las células PDLSC.

Fig.2: Fuente de células madre dentales y uso para regeneración de tejido dentario (10).



Las células autólogas se pueden cultivar, pero su principal inconveniente es que presentan una baja tasa de supervivencia y pueden migrar hacia otras localizaciones provocando la producción de una matriz de mineralización alterada. Por lo anterior se ha propuesto además el uso de una matriz de andamiaje (11).

Matriz de Andamiaje

Todos los organismos vivos multicelulares tienen andamios o andamiajes naturales que rodean las células y proporcionan un soporte estructural para la formación y mantenimiento de tejidos y órganos. Actúa como guía para el crecimiento celular, diferenciación y organización en un sitio específico, además de permitir la adherencia de las células.

Las funciones de esta matriz son la prestación de anclaje celular, el secuestro de factores de crecimiento y señales de migración celular para diferenciarse y proliferar a través de las vías de señalización mediada por receptores (11).

El andamiaje más antiguo utilizado en el campo de la endodoncia regenerativa es el propio coágulo de sangre. La limitación del uso de estos como andamiaje es que no proporciona una concentración celular predecible y la composición va en contra del principio básico de la ingeniería de tejidos. Se ha observado que los eritrocitos en un coágulo de sangre sufren degradación y adversamente afectan sus propiedades (11).

Existen 2 matrices de andamiaje en base a plaquetas:

1. Plasma Rico en Plaquetas (PRP): Primera Generación

Componente sanguíneo con alto contenido en plaquetas en un volumen limitado de plasma. Se obtiene mediante veno-punción del paciente que será intervenido y se almacena la sangre en un tubo con anticoagulante para evitar la activación plaquetaria (11).

2. Fibrina Rica en Plaquetas (FRP): Segunda Generación

Es un concentrado de plaquetas que ha evidenciado tener muchas ventajas sobre el PRP, siendo de fácil preparación y sin manipulación bioquímica de la sangre, vale decir, no se requiere ningún tipo de anticoagulante o trombina.

La FRP no se disuelve rápidamente después de la aplicación; la liberación de factores de crecimiento ocurre aproximadamente durante 4 a 7 días en comparación con PRP cuya liberación aproximada se da de 7 a 14 horas. Ha sido ampliamente utilizada para acelerar la cicatrización de tejido blando y duro.

Los factores de crecimiento liberados son: factores de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), el factor de crecimiento transformante (TGF-B), el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y el factor de crecimiento epidérmico (EGF).

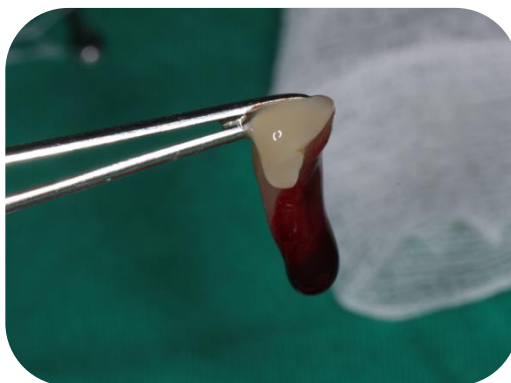
La FRP puede considerarse un biomaterial favorable para el desarrollo de una micro-vascularización, que es adicionalmente capaz de guiar la migración y actividad celular.

Durante cualquier fenómeno hemostático y de cicatrización, el coágulo de fibrina atrapa a las células madre que en la circulación son llevadas al sitio de la herida gracias a la neo-vascularización inicial. Sirve como una red para las células madre, especialmente cuando una neo-vascularización acelerada se desarrolla en la membrana de fibrina.

La diferenciación inicial de las células madre se produce necesariamente en una matriz cicatricial transitoria formada por fibrina y fibronectina. Esta es la razón por la cual la fibrina se utiliza preferentemente como matriz de soporte para el trasplante de estas células ⁽¹⁵⁾.

La toma de muestra se realiza mediante veno-punción del paciente. El manejo rápido y preciso permite obtener un coágulo adecuado con una cantidad de activación plaquetaria adecuada ⁽¹¹⁾.

Fig.3: FRP obtenido posterior a centrifugación de la sangre de un paciente (*Captura por Dr. Marcelo Gandarillas*).



Factores de Crecimiento

Los factores de crecimiento son polipéptidos que tienen la capacidad de unirse a receptores específicos en las células diana (en este caso células madre y otras células pulpares) y modulan o facilitan ciertas actividades como la migración, proliferación, diferenciación y apoptosis. A diferencia de las hormonas que actúan a nivel sistémico, los factores sistémicos tienen una acción local, juegan un papel importante en la atracción y diferenciación de células madre de la pulpa y canal radicular⁽¹¹⁾.

Los principales eventos y los factores de crecimiento que los causan son los siguientes⁽¹⁰⁾:

- Reparación y regeneración
 - PDGF: factor de crecimiento derivado de plaquetas.
 - TGF-B: factor de crecimiento transformante.
 - BMP: proteína morfogénica ósea
 - VEGF: factor de crecimiento vascular endotelial.
 - FGF: factor de crecimiento de fibroblastos.
 - IGF: factor de crecimiento similar a la insulina.
- Angiogénesis
 - FGF₂: crecimiento endotelial.
 - PDGF: derivado de plaquetas.
 - VEGF: endotelial vascular.
- Crecimiento neuronal
 - NGF: factor de crecimiento neuronal.
- Diferenciación
 - TGF-B
 - PDGF
 - FGF₂
 - BMP_{2,4,7,11}
 - IGF
 - NGF
- Proliferación
 - FGF₂
 - SDF₁
 - TGF-B₁
 - VEGF
 - PDGF
- Quimiotaxis
 - SDF₁
 - TGF-B₁
 - PDGF
 - FGF₂

Para la diferenciación odontoblástica son relevantes:

- Diferenciación y secreción de dentina
 - B₃
 - TGF-B₁
- Formación mayor y más homogénea de dentina reparativa
 - BMP

Protocolos de Endodoncia Regenerativa de acuerdo a su aplicación

Existen dos tipos de protocolos dependiendo del caso clínico y el tipo de diente a tratar:

1. Para dientes inmaduros: validados por AAE ⁽⁷⁾: Protocolo de endodoncia regenerativa utilizando coágulo de sangre y PRP.
2. Para dientes maduros: en este tipo de procedimientos sólo hay reportes clínicos en la literatura, aun no existen protocolos validados por la AAE. La Universidad de Valparaíso con dra. Alicia Caro y cols. plantean un protocolo de endodoncia regenerativa que se está aplicando y estudiando para ser validado.

Técnica Endodóntica Regenerativa aplicada a dientes Maduros

El tratamiento de endodoncia regenerativa clínica se ha centrado en dientes necróticos inmaduros y sólo hay reportes de caso para tratar de revascularizar la pulpa en la totalidad de los canales de la raíz de dientes necróticos maduros ⁽¹⁶⁾.

La indicación y el alcance de los procedimientos de endodoncia regenerativa se limitan actualmente a dientes inmaduros, pero deben extenderse a dientes maduros con ápice cerrado como una alternativa al tratamiento endodóntico convencional.

Desde la perspectiva de la ingeniería de tejidos, la regeneración de células en los dientes maduros ofrecería las siguientes ventajas:

- La reconstitución del sistema neuro-vascular en conductos radiculares por la regeneración de la pulpa, proporcionará tejidos con un sistema inmunológico que funcionará como la primera línea de defensa frente a la exposición microbiana.
- La ganancia de la función nerviosa en los tejidos proveerá un sistema de alarma durante la lesión de los tejidos y protegerá a la pulpa de un daño mayor.

La restauración del complejo pulpa-dentina puede lograrse después de la terapia de endodoncia regenerativa, además la dentina se puede depositar a lo largo de las paredes del canal de la raíz que se habían perdido durante la instrumentación mecánica después de la terapia mediante el uso de enfoques basados en la ingeniería tisular.

Se pensaba que la hemorragia producida a nivel apical, estimula la migración de células madre adultas en el conducto radicular. Es posible que haya población de células SCAP alrededor de ápices radiculares de dientes maduros, pero se cree que

células del ligamento periodontal, células madre mesenquimales de médula ósea y algunas células de la pulpa necesitan ser estimuladas para lograr participar en la regeneración de la pulpa. Se presume que un diente con pulpitis irreversible tiene una mayor fuente de células para migrar y proliferar en el espacio del conducto radicular que un diente con necrosis de la pulpa.

Ding sugiere que los procedimientos fallidos se atribuyen a la incapacidad de provocar un sangrado en el ápice del canal, sin embargo, Lovelace y cols. demuestran que en dientes inmaduros se produjo un aumento de hasta 600 veces en marcadores de células madre en la sangre del canal en comparación con la utilización de hidróxido de calcio sin sangrado inducido. Se demostró también que el EDTA promueve la supervivencia de éstas células en un 89%.

La evaluación del resultado de la terapia endodóntica regenerativa en dientes necróticos maduros se basa en la curación radiográfica de la lesión apical y síntomas clínicos. La supervivencia de los dientes maduros necróticos sin obturación del conducto radicular con terapia previa se basa en el engrosamiento a nivel radiográfico de dentina radicular en el tercio apical asociado con una respuesta positiva a pruebas de vitalidad pulpar.

La cicatrización radiográfica y la desaparición de signos y síntomas clínicos se sugieren para ser criterios de éxito con respecto a los resultados iniciales de la terapia endodóntica regenerativa antes de una respuesta positiva evidente a las pruebas de vitalidad pulpar.

Protocolo de Regeneración dentaria para dientes Maduros propuesto por dra. Alicia Caro en Universidad de Valparaíso

Para enfrentar los desafíos que conlleva realizar esta terapia y para futuros estudios clínicos, Caro y cols. planteó un protocolo durante el año 2015 con una serie de pasos para llevar a cabo el procedimiento:

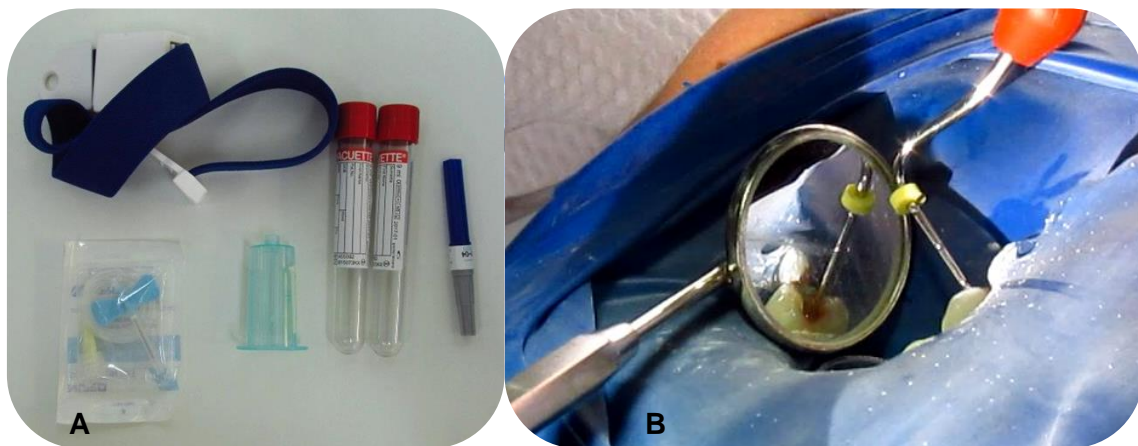
Primera Cita

1. Anestesia con Lidocaína al 2% y diente aislado.
2. Apertura oclusal, eliminación de caries y obturaciones metálicas.
3. Irrigación con Suero Fisiológico si el diente tiene diagnóstico de pulpitis irreversible. Cuando deja de sangrar se utiliza Hipoclorito al 1.5%.
4. Realización de Crown Down con limas Gates Glidden 3, 2, 1.
5. Determinación de LAI con LAE.
6. Apicoplastia: instrumentación mecánica del canal con limas Protaper Universal a + 3mm. de LTI hasta lima F5 (0.68 mm.). Irrigación con Hipoclorito de Sodio al 1.5%.
7. Se lava el hipoclorito con Suero Fisiológico, se aplica 1 ml. de EDTA al 10% y se vuelve a lavar con Suero Fisiológico.
8. Se seca con puntas de papel.
9. Medicación: pasta de hidróxido de calcio (Dental Terapéutica) colocada hasta el ápice de la raíz.
10. Sellado temporal con CIV.

Segunda Cita: Control con radiografía previa

1. Lidocaína al 3%, asilamiento y eliminación de restauración temporal.
2. Eliminación completa de Hidróxido de Calcio con irrigación de Suero Fisiológico.
3. Repaso PBM, irrigando con Hipoclorito de Sodio al 1.5% y se lava con Suero Fisiológico.
4. Irrigación con EDTA al 10% que se deja en el canal por 1 minuto y se seca con puntas de papel, se lava con Suero Fisiológico.
5. Se induce sangramiento a nivel apical pasando con lima F5 a 3mm. más allá del ápice.
6. Se agrega matriz de FRP extraída minutos antes al paciente.
7. Se agrega Biodentine 2 mm. a nivel de la unión cemento.
8. Restauración con CIV.
9. Radiografía de control.
10. Se cita a control clínico y radiográfico a los 2, 4, 6 meses y al año, para luego hacer controles anuales hasta los 5 años. A los 6 meses se realiza control además con Vitalómetro, Endo-Ice y Barra de Gutapercha.

Fig. 4: a: Materiales a utilizar para obtención de sangre de paciente a tratar. b: colocación de matriz FRP en diente maduro sometido a protocolo anteriormente expuesto. (*Fotos elaboración propia*).



Biodentine

Biodentine es un cemento de silicato de calcio con propiedades de biocompatibilidad y bioactividad que, en contacto directo con el tejido pulpar, induce el desarrollo de dentina reparativa y logra el mantenimiento de la vitalidad y función del tejido.

Entre sus componentes se encuentra una fase en polvo de silicato tricálcico con adición de carbonato de calcio como relleno, y óxido de zirconio como elemento de radiopacidad. Tiene también una fase líquida de cloruro de calcio, agua y un agente reductor. Se caracteriza por ser inorgánico y no metálico. Las principales propiedades del material se relacionan con mejores propiedades físicas y biológicas

como mejor manipulación, tiempo de fraguado rápido, resistencia a la compresión mayor, densidad incrementada, porosidad disminuida y síntesis temprana de dentina reparativa, cuando se ha comparado con el MTA.

Otras pruebas biológicas de este nuevo material no han reportado citotoxicidad, genotoxicidad o mutagenicidad, lo cual es de particular importancia clínica. Por sus propiedades bioactivas, el Biodentine podría promover la cicatrización y reparación pulpar.

Se ha observado que el Biodentine favorece la cicatrización cuando se aplica directamente sobre el tejido pulpar, pues aumenta la proliferación, migración y adhesión de las células madre pulpares.

Su mecanismo de acción es la estimulación del TGF- β a factor de crecimiento tumoral beta 1 (TGF- β 1), el cual puede inducir la modulación de las células del linaje odontoblastico y generar la dentinogénesis reparativa o estimulación directa de los odontoblastos para producir matriz extracelular y el depósito de nuevo mineral a través de una dentinogénesis reaccionaria⁽¹⁷⁾.

Dificultades de la Terapia Regenerativa en dientes Maduros

El tratamiento endodóntico regenerativo de dientes maduros probablemente se encontrará con más desafíos:

- Menos células madre progenitoras.
- Estrechas vías apicales para la migración de células madre progenitoras.
- Mayor dificultad en la desinfección de conductos radiculares⁽¹⁸⁾.

Estudios en animales han demostrado una reducción significativa de la capacidad de regeneración ósea con la edad. Una regulación de la respuesta inflamatoria resulta en un estado pro inflamatorio sistémico de bajo nivel y larga duración, lo que subyace en la mayoría de las enfermedades asociadas a la edad. Por lo tanto, un estado pro inflamatorio también puede retrasar la cicatrización ósea en personas mayores⁽¹⁶⁾.

Yu Wang plantea que las células madre mesenquimales de médula ósea y las colonias osteoprogenitoras de células madre mesenquimales disminuyen con la edad, por lo que no se sabe si la edad del paciente es un factor crítico en el éxito de la revascularización pulpar⁽¹⁸⁾.

Se necesita más investigación en esta área para determinar si el tamaño del foramen apical realmente influye en el resultado de los procedimientos de endodoncia regenerativa con ápice cerrado. Aun así de acuerdo a Wim, en un estudio realizado en perros sobre regeneración dentaria, el diámetro mucho menor a 1 mm., no impide la revascularización y el crecimiento de nuevo tejido vital⁽¹⁹⁾.

Por todo lo anterior, es que se han buscado formas de potenciar y favorecer las terapias regenerativas mejorando las condiciones de los tejidos a regenerar. Como tratamientos complementarios se encuentran el uso de ondas de choque y la utilización de aplicación de láser de baja potencia previo al procedimiento en los dientes a tratar.

TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO A TERAPIAS REGENERATIVAS: LÁSER

Qué es láser

El láser es un tipo de fuente de radiación electromagnética producida por el hombre, con propiedades particulares y exclusivas. La palabra láser es una abreviatura formada por la unión de las primeras letras de las palabras: Light Amplification by Stimulate Emission of Radiation (Amplificación de Luz por Emisión de Radiación). El crédito para el desarrollo del láser, se atribuye a Albert Einstein cuando por primera vez utilizó el término emisión estimulada.

Corresponde a un dispositivo que transforma la luz de diferentes frecuencias en una radiación cromática en las regiones visibles, infrarrojas y ultravioletas, con todas las ondas en fase capaz de movilizar calor y electricidad cuando se enfoca a corta distancia.

El tipo de láser de Rubí fue desarrollado por Maiman en 1960. Stern y Sognnaes en 1964 y Goldman y cols. en el mismo año fueron los primeros en investigar los usos potenciales del láser de rubí en Odontología, comenzando en tejido dental duro para reducir la desmineralización sub superficial⁽²⁰⁾.

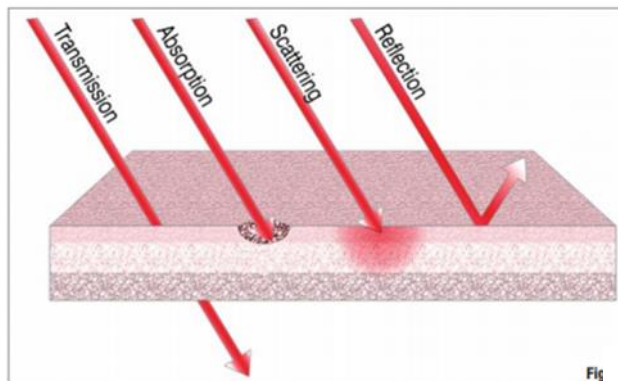
El primer láser usado en endodoncia se informó por Weichman y Johnson en 1971 al tratar de sellar el foramen apical in vitro por medio de un láser infrarrojo de CO₂ de alto poder.

La bioestimulación y el uso de láser sin efecto térmico se informaron por primera vez en 1967 por el profesor Mester, que demostró la estimulación celular en ratas al aplicar láser de rubí a 694 nm. Uno de los primeros efectos que llamó la atención de los investigadores fue el crecimiento rápido e inesperado de pelo en la piel de ratones irradiados con láser de baja intensidad⁽²⁰⁾.

En interacción con la materia, las propiedades que el láser presenta tienen los mismos principios que la luz ordinaria, estos son:

- Absorción: la energía incide sobre el tejido con cierta afinidad que es absorbida, ejerciendo de este modo sus efectos biológicos.
- Reflexión: fenómeno de un haz de luz que al golpear un objetivo, es reflejada por falta de afinidad. Se deben llevar gafas para que la luz que se refleja no perjudique a la vista.
- Transmisión: fenómeno por el cual el rayo láser es capaz de pasar a través del tejido sin afinidad y sin tener efecto.
- Difusión: fenómeno en que la luz incide a una profundidad de penetración de una manera no uniforme con respecto al punto de interacción, dando efectos biológicos a una distancia de la superficie.

Fig.5: Interacción de las distintas propiedades del láser con los tejidos ⁽²¹⁾.



La interacción de la luz láser con el tejido se produce cuando hay afinidad óptica entre ellos. Esta es específica y selectiva con las propiedades de Absorción y Difusión. Mientras haya menos afinidad, mayor será la reflexión y la transmisión ⁽²¹⁾.

La cavidad bucal contiene tejidos muy distintos entre sí, por lo tanto, las características ópticas de los tejidos que la conforman no van a tener el mismo comportamiento cuando sean irradiadas con la misma longitud de onda. Del mismo modo, diferentes láseres provocan distintos efectos sobre un mismo tejido.

Efectos de la luz láser sobre el tejido

La interacción del haz de láser sobre el tejido diana, crea efectos biológicos responsables de aspectos terapéuticos que se pueden resumir como efectos fototérmicos, fotomecánicos y fotoquímicos.

Existen muchas formas de clasificación de láser (ver figura 6), pero la más habitual es de acuerdo a la potencia a la cual van a ser usados existiendo:

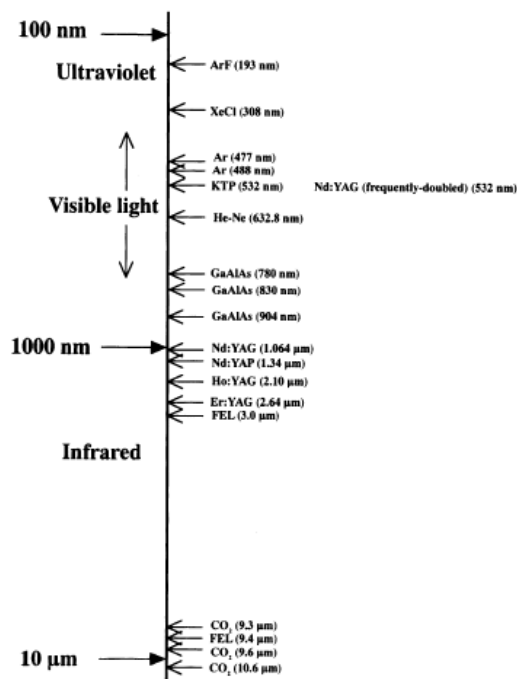
- Láser de Baja potencia: son aquellos utilizados principalmente por su acción bio-estimulante, analgésica y anti-inflamatoria. Los más conocidos son: As-Ga (Arseniuro de Galio), As-Ga-Al (Arseniuro de Galio y Aluminio) y He-Ne (Helio y Neón).
- Laser de Alta potencia: son aquellos que producen efectos físicos visibles y que se emplean como sustitutos del bisturí frío o del instrumental rotatorio convencional. Algunos de ellos son: Argón, Diodo, CO₂, etc.

Existen normas de bioseguridad en el uso de los distintos tipos de láser, ya que, por la radiación que emiten pueden afectar tanto la zona de la piel de la persona que lo aplica como su visión.

En los láseres de baja potencia el riesgo de quemaduras en la piel es limitada, pero puede existir el riesgo de daño al ojo por exposición directa. La Asociación Brasileña de Normas Técnicas clasifica los láseres de acuerdo al riesgo de lesiones que puede producir, de acuerdo a la Comisión Electrotécnica Internacional (ver anexo 2) ⁽²²⁾.

Se debe evaluar la fotosensibilidad del paciente causada por la medicación. Un ejemplo clásico es el Ketoprofeno, ampliamente utilizado como anti-inflamatorio que tiene como reacción adversa la fotosensibilidad de la piel, contraindicando en este caso la aplicación de fototerapia ⁽²²⁾.

Fig.6: Identificación de diferentes tipos de láseres dentales ⁽²⁰⁾.



Fundamentos de la terapia de Láser de Baja potencia

La energía de un fotón se puede utilizar en salud de dos formas básicas:

- Mediante el aumento de temperatura causando daño a los tejidos a través de métodos quirúrgicos para la ablación y coagulación.
- Absorción de energía del fotón por cromóforos que los absorben causando cambios fotoquímicos como bioestimulación.

Los fotorreceptores son capaces de almacenar la energía del fotón y lo transmiten a otras moléculas que generan el comienzo de una reacción bioquímica, siendo la dosimetría correcta crítica para el éxito clínico de la terapia de láser a baja potencia.

La dosis óptima debe determinarse en base a la absorción del tejido diana y, por lo tanto, la longitud de onda utilizada debe ser adecuada para la absorción en el área de destino.

Se puede hablar de biomodulación, al referirnos al estímulo producido con células si ésta está en fase de división, para lo que se requiere la energía obtenida a través de la producción de ATP. Una de las hipótesis de acción del láser, es que puede actuar

en la cadena respiratoria acelerando el transporte de electrones y de ese modo generar una mayor producción de ATP.

La terapia con láser de baja potencia no se basa en la generación de calor, pero sí en efectos fotofísicos y fotoquímicos en células y tejidos. El punto clave para tener un efecto estimulante en un tejido particular es la absorción de la radiación de una longitud de onda específica con poder propio, y esta cantidad de energía absorbida, debe ser eficaz para hacer que el tejido efectúe biomodulación.

Por lo tanto, los principios que guían la posibilidad de obtener efectos clínicos utilizando la terapia con láser sería la radiación que es absorbida por el tejido objetivo para producir un cambio físico o químico que resulta en una respuesta biológica, siendo el espectro de absorción de los tejidos de importancia fundamental para las aplicaciones de láser.

Los principales efectos de la radiación con láser de baja potencia tanto a nivel celular y molecular son:

- Efectos bioquímicos.
- Efectos bioenergéticos.
- Efectos bioeléctricos.

Estos efectos fisiológicos que se producen, traerán consigo efectos secundarios, tales como:

- Aumento del metabolismo celular.
- Aumento de síntesis de colágeno por fibroblastos.
- Estimulación de síntesis de ADN y ARN.
- Efectos locales en sistema inmunológico.
- Aumento en la formación de capilares por liberación de factores angiogénicos.
- Aumento en la actividad de células inmune.
- Transformación de fibroblastos en miofibroblastos.

Dosimetría de Láser

Deben conocerse varios parámetros con respecto a la dosimetría en la aplicación clínica, los que se expresan en la siguiente tabla:

Parámetros de dosimetría

Parámetro	Medida	Descripción
Energía	Joules (J)	Parámetro principal asociado a la fototerapia. Es el principio activo.
Densidad de Energía	J/cm ²	Es la cantidad de energía por unidad de área transferida al cuerpo. Dosis.
Cálculo del tiempo de Procesamiento	Segundos	Tiempo necesario para transferir una cierta energía al tejido con un cierto poder. La fórmula matemática que proporciona el tiempo de procesamiento es $T = DXA / P$, donde T es el tiempo en segundos de exposición, D es la dosis deseada, A es el área a ser tratada en cm ² y P es la potencia en el láser utilizado. Se debe dividir láser por 1000, ej.: láser 40mW se pone el 0,04W en la fórmula.
Densidad de Potencia	W/cm ²	Es la envergadura que está considerando la posibilidad de daños microtérmicos. Irradiación.
Longitud de Onda	nm	Los láseres en odontología ocupan las siguientes longitudes de onda: 660 nm (L ₁) a 780 nm y 808 (L ₂) nm rojo e infrarrojo.

Tabla I ⁽²²⁾

Se genera una ventana óptica, en donde los componentes básicos de tejidos tales como el agua, la hemoglobina y la melanina permiten una baja absorción por lo que la entrada de la radiación y su llegada se da en los tejidos diana.

Las lesiones superficiales requieren menos energía que las lesiones profundas; como el tejido diana es el primero en recibir la radiación, el haz para lesiones más profundas tendrá que pasar a través de capas de tejido y deberá someterse a reflexiones sucesivas, dispersando y reduciendo así la cantidad de energía al tejido diana. También se debe considerar que las lesiones agudas requieren menos energía en comparación con las lesiones crónicas.

En algunos casos, los tejidos no tienen la capacidad para metabolizar la energía si son tratados en un tiempo muy corto. Otro factor a considerar es la densidad o intensidad de los equipos, la que se considera como la relación entre la energía del equipo con el diámetro de la salida del haz, por lo que a mayor diámetro menor será la intensidad del rayo ⁽²²⁾.

Aplicaciones de láser en Odontología

La terapia con láser blando tiene múltiples usos, entre ellos podemos encontrar:

- Láser en traumatología ⁽²³⁾.
- Reducción de sensibilidad postoperatoria ⁽²³⁾.
- Reducción en la necesidad de medicación postoperatoria ⁽²³⁾.
- Alternativas potenciales para la remoción de caries y preparación cavitaria ⁽²⁴⁾.
- Mantenimiento de vitalidad pulpar posterior al trauma.

- Curación del trauma de tejidos blandos.
- Tratamiento y acortamiento de lesiones de tipo herpética.
- Pre-tratamiento de sitios quirúrgicos para reducir hemorragia postoperatoria.
- Alivio de lesión úlcero-aftosa.
- Acondicionador de esmalte.
- Pulpotomías.
- Contorneo gingival ⁽²⁵⁾.
- Osteítis alveolar ⁽²⁶⁾.
- Reducción de dolor e inflamación posterior a tratamiento endodóntico ⁽²⁶⁾.
- Herramienta diagnóstica en hiperemia pulpar ⁽²⁶⁾.
- Mucositis oral ⁽²⁶⁾.
- Implantes: disminución de dolor postoperatorio, aumento en la velocidad de integración del implante al hueso ⁽²⁶⁾.
- Periodoncia: estimulación de fibroblastos, analgesia y modulación de sustancias químicas inflamatorias que causan dolor ⁽²⁶⁾.
- Infección dental a nivel de nódulos linfáticos para aumentar el flujo linfático en esa área, reducir células inflamatorias y traer neutrófilos para sanación más rápida ⁽²⁶⁾.
- Dolor de ATM y orofacial ⁽²⁶⁾.
- Ortodoncia por activación de osteoclastos ⁽²⁶⁾.
- Efectos regenerativos ⁽²⁴⁾.
- Efecto analgésico pulpar disminuyendo la conducción de las fibras C de la pulpa, estimulando la liberación de endorfinas y serotoninas, aumentando también la oxigenación ⁽²⁶⁾.

Láser y su mecanismo de acción como complemento a terapias regenerativas

El láser se estableció clínicamente en odontología por sus efectos anti inflamatorios y regenerativos como también por su efecto de acondicionador de esmalte, sin aumentar la temperatura de los tejidos ^{(26) (24)}.

Las células madre dentales de humanos adultos (hDSCs) en la pulpa del diente expresan marcadores de superficie característicos de células madre y son capaces de diferenciarse en diferentes linajes, haciéndolas jugadoras claves en la regeneración dental ⁽²⁷⁾.

El láser blando o de baja potencia (LPL) es más biocompatible que el de alta potencia, siendo la interacción láser-tejido dependiente de la longitud de onda, tipo de tejido, potencia (incidencia de energía), y tiempo ⁽²⁶⁾.

Cuanto mayor es la proliferación de células madre mesenquimales, mayor es la capacidad de regeneración y curación de los tejidos que las residen. En este contexto, la irradiación con láser de baja potencia ha demostrado ser eficaz ejerciendo efectos biomoduladores positivos sobre las células madre mesenquimales. El espectro de luz visible que va desde 600 a 700 nm produce los resultados más eficaces en términos de proliferación y diferenciación celular ⁽²⁸⁾.

Su mecanismo de acción consiste en terapia de bioestimulación y terapia fotodinámica⁽²⁶⁾:

- Bioestimulación: se basa en el aumento selectivo de la actividad celular.
- Fotodinámica: es una reacción fotoquímica citotóxica. Esta reacción requiere oxígeno molecular, éter de dihematoporfirina (DHE), que se administra por vía intravenosa en casos de tumores malignos, y la luz del láser.

Se ha sugerido que la energía del láser es absorbida por cromóforos intracelulares y convertida en energía metabólica, la que es utilizada por la cadena respiratoria mitocondrial para la producción de ATP aumentando la actividad del ADN junto con la síntesis de ARN y de proteínas⁽²⁸⁾.

Longitudes de onda en el espectro rojo y cercano al infrarrojo pueden cambiar foto-receptores intra-celulares tales como complejos de factores de crecimiento endógenos, porfirinas, flavinas, receptores transmembrana de la superficie y la citocromo c oxidasa de la cadena respiratoria⁽²⁹⁾.

Varios estudios han sugerido que elementos en el sistema citocromo mitocondrial o porfirinas endógenas de la célula son los cromóforos que absorben dicha energía.

Lo anterior puede producir especies reactivas de oxígeno (ROS) y la liberación de óxido nítrico (NO), lo que conduce a la transcripción de genes a través de la activación de factores de transcripción⁽²⁶⁾.

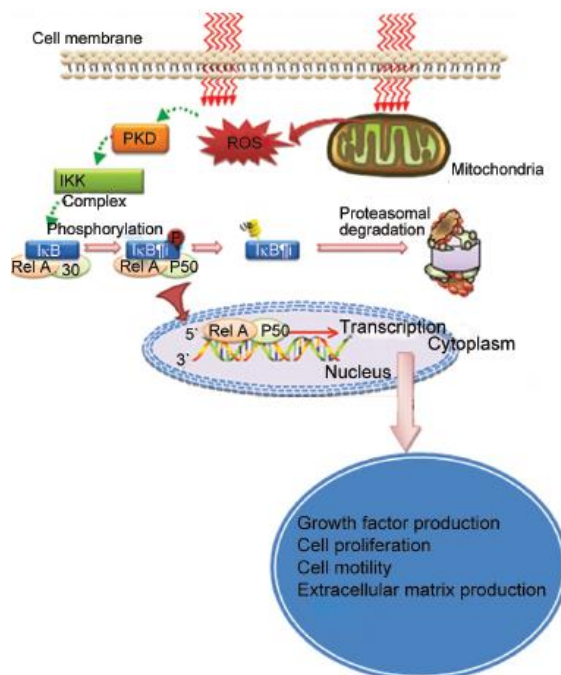
Entonces, la terapia con láser blando va a generar la producción de factores de crecimiento, proliferación celular, motilidad celular y producción de matriz extracelular a consecuencia de lo nombrado anteriormente⁽²⁸⁾ a dosis bajas, mientras que a dosis altas tendrá efectos supresivos.

La reología de la sangre y la distribución de los microvasos influyen notablemente en la distribución final de energía láser⁽³⁰⁾.

En un estudio de Praveen y cols., células madre tratadas con LPL mostraron un aumento en marcadores de diferenciación de odontoblastos en comparación con el grupo control sin LPL, incluyendo la proteína de matriz de dentina 1 (DMP), sialoproteína de dentina (DSP), osteopontina (OPN) y fosfatasa alcalina (ALP).

Se dieron cuenta que el tratamiento de LPL induce la diferenciación de la dentina, por la sobre regulación de la actividad de ALP y DMP₁ y la expresión de OPN. En conjunto, estas observaciones sugieren que el tratamiento de LPL dirige la diferenciación de dentina a través del eje ROS-TGF- β ⁽²⁷⁾.

Fig.7: Mecanismo y aplicación de láser de baja potencia.



El tratamiento de LPL no ionizante se puede utilizar como una herramienta mínimamente invasiva para activar el complejo del factor de crecimiento latente endógeno LTGF- β_1 en factor de crecimiento transformante (TGF- β_1), que posteriormente diferencia las células madre del huésped para promover la regeneración de tejidos.

Más aun, TGF- β_1 tiene un papel central en el desarrollo del diente, específicamente en la fisiopatología de pulpa-dentina, el que se utiliza como modelo experimental en este estudio es el TGF- β_1 , y está entre las señales más prometedoras para la endodoncia regenerativa.

El factor de crecimiento transformante (TGF- β_1), ha desentrañado una de las posibles vías moleculares para la fotobiomodulación. Es fundamental en los procesos biológicos tales como el desarrollo, la curación de heridas y enfermedades malignas, teniendo un rango de efectos sobre la base de su expresión espacio-temporal en una amplia gama de células tales como queratinocitos epiteliales, fibroblastos, células endoteliales, neurales y células inflamatorias. Juega un rol importante en la migración epitelial y la supervivencia, quimiotaxis de monocitos-macrófagos y en la homeostasis mecánica del medio de la matriz.

Una curación rápida mediante el uso de láser se correlaciona con un aumento en la expresión de TGF- β_1 inmediatamente posterior a la irradiación.

Varios métodos físico-químicos tales como calor, pH extremo, proteasas y especies reactivas de oxígeno (ROS) pueden inducir a cambios en la conformación del complejo latente secretado de forma natural causando disociación y, por lo tanto, la

activación del factor transformante TGF- β_1 . Es por esto que la capacidad de activar el complejo LTGF- β_1 proporcionaría una herramienta precisa y natural para explotar su papel en diversos procesos biológicos.

ROS individuales generados por LPL, superóxido, H₂O₂, y radicales hidroxilos, fueron evaluados por su habilidad para activar el LTGF- β_1 . Las 3 especies fueron generadas individualmente en un suero y fueron capaces de activar dicho complejo, a través de una metionina específica en el péptido asociado al factor en estado latente ⁽²⁷⁾.

Hunt y cols. al utilizar un sistema de suero libre de células y mediante la evaluación de un sistema de ensayo ELISA, demostraron la capacidad de LPL para activar los complejos TGF- β_1 latentes in vitro, con un rango de 10 (0,1J/cm²) a 600 segundos (6J / cm²). Con esto se llegó a la conclusión de que la activación de este factor podría contribuir a efectos biomoduladores, promovería la cicatrización de heridas orales, lo que conllevaría al aumento del tejido de granulación, epitelización temprana, aumento en la proliferación de fibroblastos, síntesis de matriz y aumento en la neo-vascularización.

Analgesia, dolor e inflamación

In vivo, la LPL inhibe selectivamente una serie de señales nociceptivas que surgen de los nervios periféricos, incluyendo las descargas neuronales producidas por pellizco, el frío, la estimulación de calor, y la irritación química. Existe algo de evidencia de que la irradiación con láser puede atacar selectivamente fibras de conducción a velocidades lentas, particularmente los axones aferentes de los nociceptores.

Algunos estudios sugieren que la LPL ayuda a reducir la inflamación inhibiendo la producción de ciclooxigenasa 2 y prostaglandina 2, potentes mediadores de la inflamación.

Al hablar de analgesia, la irradiación disminuye la conducción de fibras C de la pulpa y estimula la liberación de endorfinas y serotoninas, aumentando la oxigenación y el drenaje linfocitario, lo que resulta en una disminución de la sensación de dolor. El láser es aplicado sobre el ápice de cada diente para analgesia ⁽²⁶⁾.

Otros autores indican que la acción de este tipo de LPL se fundamenta en causar una interrupción en la acción de la bomba Na-K en la membrana celular, resultando en una pérdida de la conducción del impulso, y por lo tanto un efecto analgésico ⁽²⁴⁾.

Un efecto adicional que se ha observado in vivo es una mejora de la actividad fagocítica de los macrófagos durante las fases iniciales de la respuesta de reparación (6 horas después del trauma), lo que facilitaría el desbridamiento de heridas, y por lo tanto establecería las condiciones necesarias para la fase proliferativa en la respuesta de una curación inicial.

Se esperaría por otra parte, que la LPL en sitios de curación dentro del hueso, aumente la aposición de hueso y promueva la regeneración ósea.

Protocolo propuesto por Universidad de Valparaíso de dra. Alicia Caro para la utilización de Láser Blando como terapia complementaria al tratamiento de regeneración dentaria en dientes maduros

Se realizó una revisión de diversos protocolos establecidos a nivel mundial para el uso de láser blando en distintos tipos de tejidos centrándose específicamente en los de tipo óseo y nervioso, ya que la intensidad con la que se les aplica el láser, puede relacionarse con la profundidad que se necesita alcanzar en el ápice de los dientes maduros sometidos al tratamiento.

Protocolos para alveolitis, periimplantitis, post cirugía periapical fueron utilizados como guía para determinar la cantidad de longitud de onda, el tiempo de irradiación, punto de irradiación y cantidad de sesiones que podrían ser las adecuadas a la hora de establecer un protocolo nuevo de aplicación para la terapia regenerativa⁽²²⁾.

Este protocolo, establece una cantidad de sesiones en relación a la necesidad de generar un proceso de neoformación vascular en la zona en la que se aplica, siendo estímulos repetidos más eficientes que estímulos aislados.

En base a lo anterior se crea un protocolo nuevo, específico para complementar el tratamiento de regeneración dentaria en dientes maduros, aplicado en uno de los grupos de pacientes a evaluar, determinando número de sesiones, tiempo durante el que se irradia, punto de irradiación y la longitud de onda posiblemente adecuada:

- Las sesiones necesarias para un estímulo eficiente serán de 3 por paciente, realizándose 1 cada 7 días.
- El tiempo utilizado para la irradiación es de 30 segundos.
- El punto de irradiación es a nivel del ápice del diente, en fondo de vestíbulo.
- La longitud de onda utilizada es de 808 nm (L₂).

Protocolo para Regeneración Dentaria en dientes Maduros

Láser	Tiempo	Punto de Irradiación	Sesiones
L ₂	30 s.	Fondo de vestíbulo a nivel de ápice dentario	3 sesiones , 1 cada 7 días

Tabla II

Los resultados de este protocolo serán medidos con controles clínicos y radiográficos sistemáticos a los 2, 4 y 6 meses; siendo en ésta última instancia la oportunidad en donde se apliquen test pulpares para medir sensibilidad pulpar.

Fig.8: Aplicación de láser blando en zona de ápice dentario en fondo de vestíbulo (Foto elaboración propia).



PRUEBAS PULPARES

Debido a que la pulpa dental está normalmente rodeada por una pared calcificada de dentina, es imposible visualizar directamente su estado clínico. Por esto existen diferentes métodos de diagnóstico, como pruebas eléctricas, estimulación dentinaria directa y pruebas térmicas, usadas para evaluar la condición o estado pulpar. Dentro de éstas, las más usadas son las pruebas térmicas y eléctricas.

El mayor inconveniente de las pruebas o métodos de evaluación pulpares usados, es que monitorean indirectamente la vitalidad pulpar, ya que miden una respuesta neural y no la circulación vascular de la pulpa que es el medio más fiable de evaluación.

Dentro de las pruebas que miden indirectamente el estado pulpar, no se ha logrado un consenso en cuanto a qué método o combinación de métodos otorga la información más precisa⁽³¹⁾.

Dentro de estas podemos encontrar⁽³¹⁾:

- Test de sensibilidad pulpar: test térmicos, test eléctricos, test de cavidad.
- Test de vitalidad pulpar: flujometría de láser Doppler y oximetría de pulso.

En este estudio se utilizaron dos pruebas como método diagnóstico: una eléctrica (Vitalómetro) y una térmica (calor y frío).

Vitalómetro

El vitalómetro es ampliamente utilizado, funciona con batería o corriente continua y produce una corriente directa de alta frecuencia que puede ser variable. Un consenso es que este aparato va a determinar un nivel general de sensación, pero es importante mencionar que la reproducibilidad de las lecturas del vitalómetro será influida por la edad del paciente, capacidad mental, capacidad para lidiar con el estrés en el entorno dental e inhibiciones para responder a estímulos. El no

proporciona ninguna información sobre la integridad pulpar, sólo indica que hay fibras sensitivas en la pulpa ⁽³²⁾.

Quizás, el área más difícil de evaluar es la interpretación de los impulsos sensoriales de los pacientes, haciendo diferencia entre dolor y sensibilidad. El primero es una sensación molesta y aflictiva de una parte del cuerpo por causa interior o exterior (RAE), mientras que las pruebas de sensibilidad en los estudios en humanos se limitan al umbral o límite en que es tolerable pero no incómodo (umbral de "primer dolor") y se ha supuesto que tiene una asociación con la capacidad de percibir el dolor ⁽³³⁾.

En este estudio se empleará el vitalómetro Pulp tester DY310, el que por medio de corriente produce una estimulación del nervio dental, generando en el paciente un dolor severo, e indicando un valor numérico en la pantalla del aparato.

Los valores numéricos de la reacción del estímulo eléctrico fluctúan entre 0 y 80, clasificándose dentro de los siguientes rangos:

Rangos de Vitalómetro:

Valor	Dolor y anestesia	Sensibilidad
0-40	Si	Si
41-79	Si	Parcial
80	No	No

Tabla III ⁽³⁴⁾

Fig.9: Vitalómetro marca Pulp tester DY310 ⁽³⁴⁾.



Pruebas térmicas

Las pruebas térmicas han sido usadas por mucho tiempo como una ayuda muy eficiente para el diagnóstico de ciertos tipos de dolor pulpar que pueden ser inducidos o aliviados por estos estímulos.

La inervación de cualquier lugar del cuerpo tiene como finalidad proporcionar un aviso de daño actual o inminente. De acuerdo con ese principio, el dolor agudo, no persistente, con la aplicación de estímulos térmicos, es normal y forma parte de la defensa protectora del paciente. La respuesta sensorial a los estímulos térmicos se da incluso antes de que ocurra algún cambio de temperatura a nivel de la unión pulpo-dentina, donde se encuentran ubicadas las terminaciones nerviosas, por esto se cree que la respuesta no está iniciada por los cambios de temperatura en los receptores, sino porque los cambios de temperatura activan el movimiento de fluido dentro de los túbulos dentinarios, lo que excita las fibras nerviosas.

Los estímulos Fríos afectan a las fibras alfa de rápida conducción, produciendo un dolor agudo y localizado; mientras que en las pruebas de Calor se estimulan en mayor medida las fibras C de conducción lenta, localizadas en la zona más profunda de la pulpa, produciendo un dolor sordo y de mayor duración⁽³⁵⁾.

Se ha afirmado que las pruebas de frío, en general, son métodos de prueba pulpar más precisos que las prueba de calor. Sin embargo, se sugiere que las pruebas térmicas al no ser 100% precisas, se debe de confirmar el diagnóstico con otros métodos, como los eléctricos, uso de radiografías e idealmente el uso de oximetría de pulso, para que los resultados se puedan verificar.

Según un estudio realizado en las clínicas odontológicas de la Universidad Austral de Chile La sensibilidad para cada una de las pruebas de manera independiente, frío y calor, fue de 75,9%⁽³¹⁾.

Prueba de calor

Al aplicar calor se produce una respuesta similar a la producida por el frío, pero más tardía. Debido al calor aplicado, se genera una expansión de los fluidos, estimulando las fibras alfa. Su exactitud diagnóstica es baja, por lo que no debe ser utilizado de forma única. El más utilizado es el test en base a barras de gutapercha caliente (método de Grossman), que pueden alcanzar temperaturas entre los 90 y 140 °C. Se debe calentar la gutapercha hasta que se ablande y brille.

Según un estudio realizado por Petersson en 1999, esta presenta una sensibilidad del 0.86%, una especificidad del 0.41% y una precisión del 0.71%.

Prueba de Frío

Se ha determinado que los test fríos son más exactos como test pulpar que los de calor. Aquí podemos encontrar el etrafluoretano (TFE) disponible comercialmente como Endo Ice verde, el que puede alcanzar los -26,2°C.

Se aplica sobre una motita de algodón al tercio medio de la superficie vestibular de la corona. Se debe mantener en contacto con la superficie del diente por 5 segundos o hasta que el paciente comience a sentir dolor. Según un estudio realizado por Fuss en 1986, presenta una sensibilidad del 0,99⁽³⁵⁾.

Fig. 11: Endo Ice⁽³⁶⁾.



OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo General

Demostrar que la aplicación de láser blando en base a un protocolo definido, acelera el proceso de recuperación en terapias endodónticas regenerativas de dientes maduros con necrosis pulpar, en comparación a los dientes que reciben el mismo tratamiento sin aplicación de láser.

Objetivos Específicos

1. Comprobar que el uso de láser blando reduce la sintomatología en dientes maduros que la presenten inicialmente.
2. Demostrar que es posible obtener sensibilidad a partir de terapias endodónticas regenerativas en dientes maduros.
3. Corroborar mediante el análisis subjetivo visual, a través de radiografías, la disminución de lesiones apicales posterior a la terapia de endodoncia regenerativa.
4. Evaluar el protocolo de aplicación de láser propuesto por dra. Alicia Caro y cols.

Hipótesis

“La aplicación de láser blando en terapias endodónticas regenerativas de dientes maduros con necrosis pulpar, acelera la velocidad de respuesta en comparación a los dientes que reciben el mismo tratamiento sin aplicación de láser”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del Estudio

Analítico Experimental, Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado.

Determinación y Tamaño de la Muestra

Universo: Pacientes adultos que acuden a la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso para realizarse un tratamiento endodóntico en los periodos entre Noviembre del año 2015 y Abril del año 2016.

Población objetivo: Pacientes adultos que acuden a postgrado de endodoncia de la facultad de odontología de la universidad de Valparaíso para realizarse un tratamiento endodóntico y que cumplen con los criterios de inclusión.

Tamaño de la muestra: 18 personas calculadas según la fórmula de muestreo aleatorio simple. Esto se basa en el cálculo de la menor cantidad posible de datos a la vez sean representativas para estimar los valores de una población mayor. La fórmula esta desglosada en dos partes:

$$n_0 = \frac{z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Donde z es valor de tabla buscado en la distribución normal para la confianza deseada, en este caso se trabajara con 95% de confianza y el z toma el valor de 1,96; σ es la varianza de estudio se recomienda trabajar con el valor que maximiza la muestra para así tener el mejor valor de n_0 y este es 0,5; e se define como el error deseado, en este caso mediremos con un error de 0,2.

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

Donde N es el tamaño de la población objetivo en nuestro caso lo aproximamos a 70 personas.

Por lo tanto se tiene que:

$$n_0 = \frac{1,962 * 0,5^2}{0,2^2} = 24,01$$

$$n = \frac{24,01}{1 + (23,01:70)} = 18.07 \approx 18 \text{ personas}$$

Muestreo No Probabilístico por Agrupación Decisional: Se utilizará una técnica en donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados. Los elementos de la

muestra son seleccionados de una población por el investigador que usa su propio criterio para decidir cuáles son los informantes representativos.

Criterios de Inclusión

1. Sujetos que acepten firmar el consentimiento informado.
2. Pacientes con dientes que estén en necrosis pulpar con o sin lesión.
3. Sujetos con diente a tratar con ápice cerrado.
4. Pacientes que acepten realizar el tratamiento de terapia regenerativa.
5. Dientes unirradiculados.
6. Paciente ASA I o ASA II.
7. Rango etario 18 a 75 años.
8. Diente que no requieren ocupar el conducto para su rehabilitación.

Criterios de Exclusión

1. Pacientes que presenten enfermedad periodontal moderada a severa.
2. Sujetos que tengan diente con curvatura.
3. Pacientes con patologías óseas diferentes de periodontitis.
4. Embarazadas.
5. Dientes tratados previamente endodóticamente.
6. Dientes con reabsorción radicular de cualquier tipo.
7. Dientes multirradiculados.
8. Conducto con ápice no permeable.
9. Conducto abierto a cavidad bucal.

Criterios para considerar diagnóstico de Necrosis pulpar

Los pacientes al momento de ser evaluados, fueron sometidos a test pulpares para corroborar la no respuesta ante estos, determinando así el diagnóstico de necrosis pulpar.

Variables

1. Tiempo
 - a. Medida en base a controles - periodo.
 - b. Tipo de variable: cualitativa nominal.
 - c. Definición conceptual: Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo.
 - d. Definición operacional: Es la cantidad de meses que transcurren entre cada procedimiento y control.
2. Sensibilidad
 - a. Medida en base a Vitalómetro.
 - i. Tipo de variable: cualitativa ordinal.
 - ii. Definición conceptual: Habilidad para responder a un estímulo.

- iii. Definición operacional: Es la capacidad de respuesta de un diente, al ser estimulado con vitalómetro, cuando entregue un valor entre 0 y 79.
 - b. Medida en base a Endo-Ice.
 - i. Tipo de variable: cualitativa nominal.
 - ii. Definición conceptual: Habilidad para responder a un estímulo.
 - iii. Definición operacional: Es la capacidad de respuesta de un diente, al ser estimulado con frío.
 - c. Medida en base a barra de gutapercha.
 - i. Tipo de variable: cualitativa nominal.
 - ii. Definición conceptual: Habilidad para responder a un estímulo.
 - iii. Definición operacional: Es la capacidad de respuesta de un diente, al ser estimulado con gutapercha caliente.
- 3. Dolor
 - a. Medida en base a respuesta negativa o positiva.
 - b. Tipo de variable: cualitativa nominal.
 - c. Definición conceptual: sensación molesta y aflictiva por una parte del cuerpo por una causa interna o externa.
 - d. Definición operacional: percepción sensorial espontánea molesta en relación al diente en cuestión.
- 4. Lesión Periapical Radiográfica
 - a. Medida en base a aumento, mantención o disminución de la lesión en la radiografía.
 - b. Tipo de variable: cualitativa nominal.
 - c. Definición conceptual: Alteración de trabeculado óseo a nivel de periápice de diente compatible con alguna patología periapical.
 - d. Definición operacional: Apreciación visual subjetiva clínica general de radiolucidez apical en relación a diente.

Calibración

Se realizará calibración por concordancia en conformidad, ya que sólo un operador ejecutará los controles calibrándose con un gold standard (especialista en endodoncia Dra. Alicia Caro).

Forma de Recolección de los Datos

Se realizaron controles clínicos y radiográficos a pacientes que fueron sometidos a tratamiento endodóntico regenerativo desde el año 2015, con y sin laser como terapia coadyuvante, en la Escuela de Odontología de la Universidad de Valparaíso, durante el presente año.

El grupo de pacientes que tuvieron láser como coadyuvante, mantuvieron el protocolo establecido por dra. Caro y cols. controlándolos a los 6 meses de realizada la terapia, tanto clínica como radiográficamente, añadiéndoles los test pulpares. Sin embargo, dos pacientes que comenzaron el protocolo posterior a los mencionados anteriormente, fueron citados al control de los dos meses clínico y radiográfico, y

además a modo de prueba se les realizó test pulpares para evaluar una posible respuesta en esta instancia.

El grupo de pacientes sometidos a la terapia pero que no se les aplicó láser, fueron citados a los 2 meses para control clínico y radiográfico, sin embargo, también se les realizaron test pulpares para ver una posible respuesta.

Evaluación Clínica

Los parámetros evaluados son en base a los establecidos por la AAE para el éxito de la terapia regenerativa, siendo atingentes a este estudio: paciente sin sintomatología y respuesta positiva a pruebas pulpares.

Durante los controles, se pesquisó si los pacientes continuaban con sintomatología y se determinó si el o los dientes tratados presentaban sensibilidad.

Para evaluar la sintomatología se les preguntó a los pacientes si habían tenido alguna molestia o dolor espontáneo o provocado desde que fue terminada la terapia.

Para evaluar la sensibilidad se utilizaron tres pruebas pulpares:

- Vitalómetro Pulp Tester DY310: Se utilizó el que proporciona la clínica C, aplicándose a un diente control para establecer la comparación de sensibilidad con el diente de la terapia. El diente era secado, se colocaba una porción de pasta conductora y luego el vástago metálico del vitalómetro se acercaba a la cara vestibular del diente, utilizando el test eléctrico en modalidad alta tanto en el diente control como en el diente tratado. El comienzo del conteo numérico es automático al contacto con la pasta, por lo que el vástago era retirado cuando el paciente relataba la primera de sensación. El número que proporcionaba el vitalómetro se registraba posteriormente en la ficha clínica.
- Endo-Ice: Prueba de frío realizada igual que el test anterior, tanto a un diente control como al diente sometido a terapia. El procedimiento fue aplicar el producto sobre una mota de algodón, la cual inmediatamente se colocó sobre el diente a evaluar, en la cara vestibular en su tercio medio. Se registró el valor obtenido como positivo si el paciente respondió al estímulo y negativo si el paciente relata no sentir ninguna sensación durante la aplicación del frío.
- Barra de gutapercha: Prueba de calor en donde el operador calentó una barra de gutapercha con la ayuda de un mechero hasta lograr un punto de plastificación sin que esta se quemara. La aplicación se realizó en la cara vestibular del diente en su tercio medio. Se registró la respuesta obtenida como positiva si el paciente respondió al estímulo y negativo si el paciente relató no sentir ninguna sensación durante la aplicación del calor.

Evaluación Radiográfica

Se tomaron radiografías periapicales de control posterior al tratamiento de los dientes en cuestión y se realizó una comparación con la radiografía inicial previa a la terapia,

para determinar en forma clínica subjetiva general si la lesión apical, se encontraba aumentada, disminuida o mantenida.

Control de Sesgos

Control de Sesgos

1. *Sesgo por Atrición*: se refiere a cuando se pierden casos. Se deben mantener grupos comparables durante el tiempo, manteniendo hasta el final del estudio todos los casos. Esto se evita haciendo un seguimiento completo y acucioso.
2. *Sesgo de Evaluación*: para prevenirlo, sólo una persona realizará la evaluación por ser pocos pacientes, y se realizará calibración para realizar los controles a los pacientes con un gold estándar (especialista en endodoncia).

Consideraciones Éticas

La realización de este estudio contó con medidas de bioseguridad, sometido a todas las normas clínicas de atención de pacientes de nuestra facultad. En relación al procedimiento mismo se le explicó a los pacientes que es inocuo si no se obtienen los resultados esperados, sólo tardará más tiempo en ser terminado; cuenta además con la aprobación de la AAE en niños y jóvenes, tratando de ser validado en adultos a partir de este estudio.

Es necesario destacar que en ningún momento no se resolverá el motivo de consulta a los pacientes a tratar, se aplicará una terapia alternativa para revitalizar el diente que de no ser efectiva, se les realizaría el tratamiento de endodoncia convencional.

El valor social de este estudio es altísimo, ya que es un procedimiento que restituye la salud, funcionalidad y sensibilidad a un diente que la había perdido.

Requiere de un consentimiento informado de parte de los pacientes adultos que se sometan a este estudio, entregándoles toda la información con respecto al procedimiento y los distintos tratamientos disponibles (ver anexo 3).

Por último, todos los pacientes recibieron algún tipo de tratamiento, no hubo utilización de placebo.

Durante los controles, las pruebas aplicadas serán inocuas siguiendo las normas de bioseguridad establecidas por la Facultad.

Informe de Deserciones

Existieron 2 pacientes que fueron excluidos del estudio, ya que abandonaron el tratamiento al momento de comenzar la etapa de controles.

Análisis Estadístico

Se utilizó una estadística descriptiva con datos principalmente cualitativos y en un menor número cuantitativos.

Se utiliza MS Excel 2010 versión 14.0.4760.1000 (64 bits) para realizar frecuencias, porcentajes y gráficos. Se aplicarán medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y de dispersión.

No se utilizaron test de comprobación de hipótesis debido al reducido tamaño de la muestra, ya que los test se encuentran asociados a distintas distribuciones estadísticas (ejemplo distribución normal, exponencial, etc.) y estas exigen un mínimo número de datos.

Por todo lo anterior, no se puede asegurar un alto nivel de significancia debido a la baja cantidad de datos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se plantean mediante estadística descriptiva, relacionando las variables Sintomatología, Sensibilidad y Cambio Periapical con los grupos sometidos a tratamiento. Finalmente se analiza el Tiempo, comparándolo con todas las variables anteriormente nombradas.

Sintomatología

La variable Sintomatología se midió desde que se comenzaron las terapias regenerativas en ambos grupos hasta sus primeros controles.

Podemos observar en la tabla III que de los pacientes con láser, el 100% se presentó sintomático en la primera sesión de revascularización, cambiando al 100% asintomáticos en el primer control, condición que se mantenía desde la segunda sesión de revascularización.

Comparación de variable Sintomatología v/s Tipo de paciente

Tipo Paciente	Sintomatología	Procedimiento					
		1SRV	1SRV	2SRV	2SRV	1C	1C
Pacientes Láser	Asintomático		0%	2	100%	2	100%
	Sintomático	2	100%		0%		0%
Total		2	100%	2	100%	2	100%
Grupo Control	Asintomático	6	75%	5	62,5%	8	100%
	Sintomático	2	25%	3	37,5%		0%
Total		8	100%	8	100%	8	100%
Número total de pacientes		10	100%	10	100%	10	100%

Tabla IV: SRV: Sesión Revascularización / C: Control.

En el grupo control el 25% de los pacientes se presentó asintomático, aumentando al 37,5% en la segunda sesión de revascularización. Sin embargo, el 100% de los pacientes se encontraron asintomáticos al momento del primer control.

Al evaluar a todos los pacientes en su primer control, podemos ver que el 100% del total de pacientes se encuentra asintomático.

En la figura 12 se presenta un gráfico de barras en donde se puede visualizar de forma más clara la variación de la sintomatología de los pacientes en relación a los tipos de procedimientos que se fueron realizando.

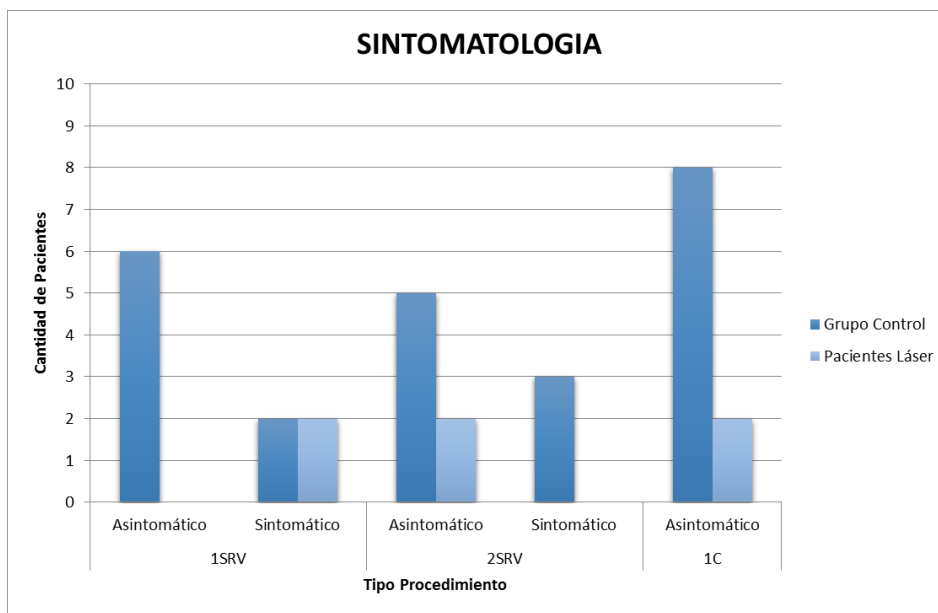


Fig. 12: Gráfica de procedimientos realizados de forma cronológica con la sintomatología por paciente de grupo control y láser.

Sensibilidad

Vitalómetro

Se registró el valor que este marcaba en los dientes sometidos a terapia. Los pacientes pertenecientes al grupo láser arrojaron valores de sensibilidad parcial en el rango de 41 – 60. Sin embargo, la variación numérica entre los pacientes del grupo control fue más amplia; el 50% presentó sensibilidad parcial, un 37.5% obtuvo sensibilidad total, mientras que el 12.5% de los pacientes del grupo control tuvo una sensibilidad nula.

Rangos de Sensibilidad otorgados por Vitalómetro

Rango Vitalidad	Tipo Paciente			
	Pacientes Láser		Grupo Control	
	Fr. 1C	% 1C	Fr. 1C	% 1C
Sensibilidad Nula		0%	1	12,5%
Sensibilidad Parcial	2	100%	4	50,0%
Sensibilidad Total		0%	3	37,5%
Total general	2	100%	8	100%

Tabla V: Sensibilidad nula: 80 / Sensibilidad parcial: 41 – 79 / Sensibilidad total: 0 – 40.

A continuación se muestra un gráfico de dispersión en donde se pueden ver los valores específicos por pacientes de su evaluación con Vitalómetro tanto del grupo control como del grupo láser.

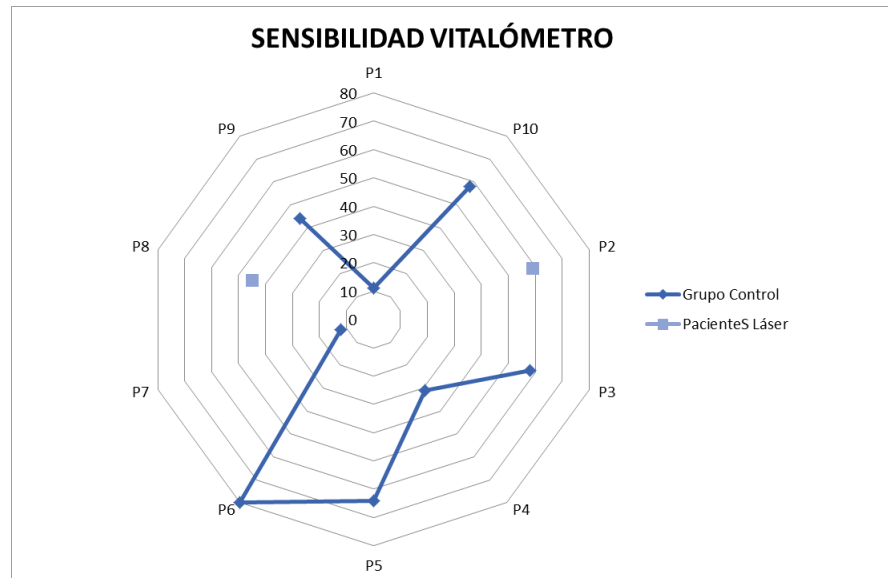


Fig. 13: Gráfico de dispersión de medidas de Vitalómetro.

En el histograma de frecuencias para ésta variable, se presentan los rangos numéricos para la sensibilidad de Vitalómetro incluyendo a todos los pacientes comparables. La mayor concentración de pacientes está en los rangos de 28 – 45.5 y 45.5 – 63, mientras que la menor cantidad se encuentra en niveles extremos.

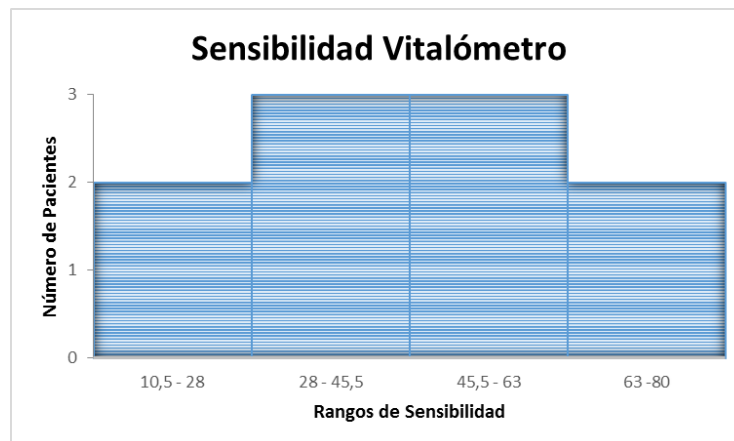


Fig. 14: Histograma de Frecuencias, Sensibilidad Vitalómetro.

Se puede establecer el promedio de la sensibilidad al Vitalómetro tanto para pacientes del grupo láser como para el grupo control.

Sensibilidad Vitalómetro	
Tipo Paciente	\bar{X}
Grupo Control	45
Pacientes Láser	52

Tabla VI: Promedio de Sensibilidad de Vitalómetro.

Test Térmicos

En la realización de test pulpares térmicos, se aplicó tanto frío como calor para presentar los resultados.

Respuesta a prueba de sensibilidad con Endo - Ice

Sensibilidad Test Endo-Ice	Tipo Paciente			
	Pacientes Láser		Grupo Control	
	Fr. 1C	% 1C	Fr. 1C	% 1C
NO		0%	5	62,5%
SI	2	100%	3	37,5%
Total general	2	100%	8	100%

Tabla VII: Fr.: Frecuencia.

Los pacientes de grupo láser presentaron un 100% de respuesta al test de Endo-Ice, a diferencia del grupo control en donde sólo el 37,5% presentó sensibilidad a éste test. Un 62.5% del grupo control no tuvo respuesta ante la realización de éste test.

Respuesta a prueba de sensibilidad con Barra Gutapercha

Sensibilidad Test Calor	Tipo Paciente			
	Pacientes Láser		Grupo Control	
	Fr. 1C	% 1C	Fr. 1C	% 1C
NO	2	100%	6	75%
SI		0%	2	25%
Total general	2	100%	8	100%

Tabla VIII: Fr.: Frecuencia

En el test pulpar térmico de calor, el 100% de los pacientes de grupo láser no tuvieron respuesta a éste test, mientras que el 75% del grupo control no tuvo respuesta. Un 25% del grupo control si obtuvo respuesta ante el test térmico de calor.

Cambio Periapical

Al analizar la variable Cambio Periapical, tenemos que el 100% de los pacientes con aplicación de láser mantuvieron su condición periapical comparando la radiografía previa al tratamiento versus la de control. En el grupo control sin aplicación de láser, nos encontramos con un 37,5% de pacientes que presentaron un aumento de radiolucidez en la zona periapical con respecto a la radiografía de inicio, mientras que un 25% tuvo una disminución de la lesión apical con respecto al inicio. Un 37,5% mantuvo su condición periapical con respecto al inicio del tratamiento.

Comparación variable Cambio Periapical v/s tipo de paciente

Cambio Periapical v/s Tipo de Paciente						
Tipo Paciente	Cambio periapical					
	Aumentó		Mantenida		Disminuyó	
	%	Fr.	%	Fr.	%	Fr.
Grupo Control	37,5%	3	37,5%	3	25,0%	2
Pacientes Láser	0%		100%	2	0%	
Total general	30%	3	50%	5	20%	2

Tabla IX: Fr.: Frecuencia.

A continuación se muestra un gráfico de barras con los valores expresados en la tabla en donde podemos ver que del total de pacientes, sólo tres presentaron un aumento de la lesión, mientras que el resto mantuvo su estado periapical o sufrió una disminución de la lesión apical que padecían.

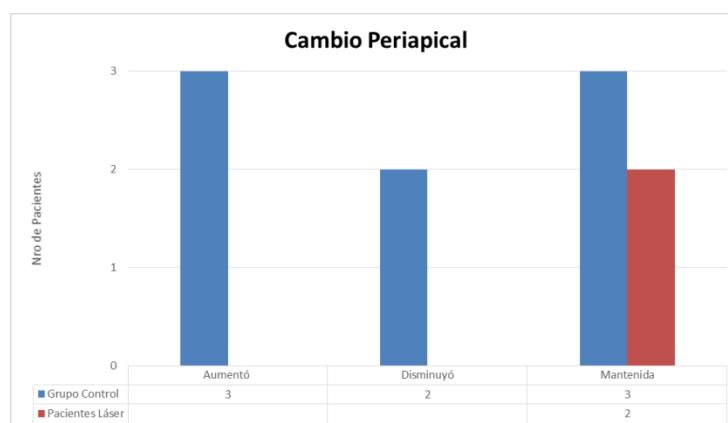


Fig.15: Gráfico de barras con comparación entre grupo láser y control para variable Cambio Periapical.

Pacientes con 6 meses de tratamiento

Los primeros pacientes tomados para comenzar con los tratamientos de terapia endodóntica regenerativa más láser, fueron controlados sólo a los 6 meses con las 3 variables que se están evaluando. Lo anterior hace que no sean comparables con el grupo control que fue evaluado a los 2 meses, sin embargo, se hará una descripción de los datos recabados, a modo de visualizar los posibles resultados a obtener en los controles posteriores de los pacientes ya comparados.

Sintomatología

Con respecto a la sintomatología, el 100% de los pacientes se encontró asintomático al control de los 6 meses.

Sensibilidad

Vitalómetro

A continuación se presenta una tabla con los rangos de sensibilidad arrojados por el Vitalómetro asociados a pacientes que pudieron controlarse a los 6 meses. El 100% de los pacientes obtuvo una sensibilidad total o parcial. El 0% de los pacientes tuvo una sensibilidad nula.

Pacientes con aplicación de Láser con 6 meses de control	Rango de Sensibilidad	Frecuencia	%
	Sensibilidad Total	3	50%
	Sensibilidad Parcial	3	50%
	Sensibilidad Nula	0	0%
	Total	6	100%

Tabla X.: Rangos de Sensibilidad. Total (0-39), Parcial (40-79), Nula (0).

Pruebas Térmicas

Podemos visualizar también que la totalidad de los pacientes respondió a la prueba de frío realizada con Endo – Ice y en la prueba de barra de gutapercha, sólo 1 paciente dio resultados positivos.

Pruebas Térmicas			
Procedimiento	Sintomatología	Sensibilidad Test Calor	Sensibilidad Test Endo-Ice
			SI
3C	Asintomático	NO	5
		SI	1
Total general			6

Tabla XI: C.: Control

Cambio periapical

El 50% de los pacientes tuvo una disminución de la lesión periapical que presentaban en un comienzo.

Cambio Periapical				
Procedimiento	Sintomatología	Cambio Periapical		
		Aumentó	Disminuyó	Mantenida
3C	Asintomático	1	3	2
Total general		1	3	2

Tabla XII: C.: Control

En el histograma de frecuencias, podemos ver que la mitad de los pacientes presentan una sensibilidad menor a 28, mientras que la otra mitad se distribuye en los rangos 28.5 – 45, 45.5 – 63 y 63 – 80.

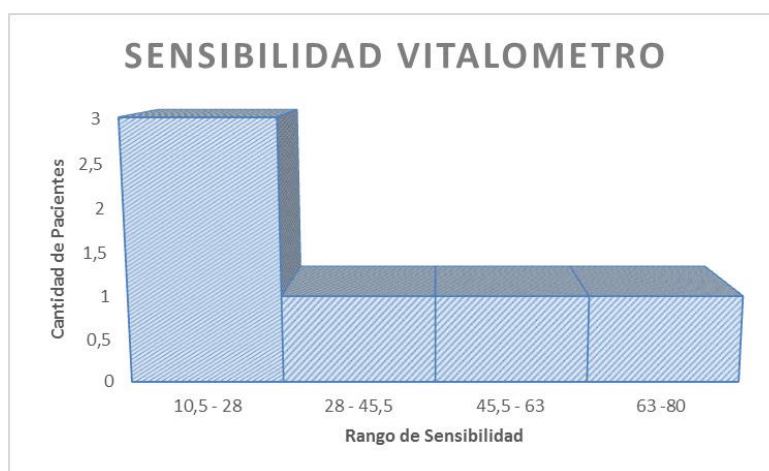


Fig. 16: Histograma de frecuencias para pacientes de control a los 6 meses.

Evaluación del tiempo en relación a variables

NÚMERO TOTAL DE PACIENTES	PACIENTES GRUPO LÁSER	1 SRV	1C
	Sintomatología (+)	100%	0%
	Sensibilidad (+)		<ul style="list-style-type: none"> • 100% • 100% • 0%
	<ul style="list-style-type: none"> • Vitalómetro • Endo-Ice • Barra Gutapercha 		
	Cambio Periapical	100% Sin lesión	100% Mantenido
	PACIENTES GRUPO CONTROL	1 SRV	1C
	Sintomatología (+)	25%	0%
	Sensibilidad (+)		<ul style="list-style-type: none"> • 87.5% • 37.5% • 25%
	<ul style="list-style-type: none"> • Vitalómetro • Endo-Ice • Barra Gutapercha 		
	Cambio Periapical	<ul style="list-style-type: none"> • 37.5% • 37.5% • 25% 	Aumento de la lesión Mantención de la lesión Disminución de la lesión

Tabla XIII. Relación entre variables

En el grupo de pacientes con aplicación de láser, en la primera sesión de revascularización un 100 % de ellos presenta sintomatología, la que desapareció en el primer control, encontrándose un 100% de los pacientes asintomáticos. Al realizar las pruebas de sensibilidad en el primer control, un 100% de los pacientes dio una respuesta positiva al vitalómetro, un 100% una respuesta positiva al Endo-Ice

y ningún paciente presentó sensibilidad con la barra de Gutapercha, obteniendo un 0% de los pacientes con respuesta al test de calor. Respecto a los cambios periapicales ningún paciente presentó lesión periapical en la primera sesión de revascularización, lo cual se mantuvo en el primer control, por lo que no se observaron cambios periapicales, manteniendo su estado periapical un 100 % de los pacientes.

En el grupo de pacientes de control, en la primera sesión de revascularización un 25% de los pacientes presentó sintomatología, y al realizar el primer control ningún paciente la presentó. En cuanto a la sensibilidad al realizar el primer control un 87,5% de los pacientes presentó una respuesta positiva al Vitalómetro, un 37,5% una respuesta positiva al Endo-Ice y un 25% una respuesta positiva a la barra de Gutapercha. En este grupo de pacientes si se presentaron cambios a nivel periapical, aumentó el tamaño de la lesión en un 37,5% de los pacientes; mantuvieron su estado periapical un 37,5% de los pacientes y disminuyó el tamaño de la lesión un 25% de los pacientes.

DISCUSIÓN

Hoy en día contamos con una amplia investigación sobre terapia endodóntica regenerativa aplicada a dientes inmaduros mediante protocolos validados por la AAE, sin embargo, buscamos que éstos sean aplicados a dientes maduros, ya que, la restitución del sistema neuro-vascular radicular nos ayudaría a devolver las funciones propias de un diente, es decir, que este cuente con sensibilidad y un sistema inmune latente ante daños, que otorgue protección pulpar; a diferencia de lo que ocurre mediante la obturación convencional a través de gutapercha, en donde se pierden dichas propiedades. Lo anterior puede ayudarse de una nueva tecnología en base a la aplicación de láser blando previo a la terapia regenerativa, que busca acelerar la respuesta frente a este tratamiento, mejorar la cicatrización y estimular la angiogénesis en la zona radicular para lograr un pronóstico más favorable y exitoso.

En nuestro estudio, al realizarse controles clínicos y radiográficos luego de ser instauradas las terapias en los pacientes reclutados con y sin aplicación de láser, el principal hallazgo fue la rapidez de respuesta pulpar ante las pruebas de sensibilidad aplicadas al grupo de estudio, en comparación con las respuestas obtenidas por el grupo control.

Fue creado un protocolo nuevo de terapia endodóntica regenerativa aplicada a dientes maduros por Dra. Alicia Caro y cols., junto con un protocolo de aplicación de láser blando previo a la terapia, para evaluar su efectividad en relación a la disminución en el tiempo de respuesta pulpar y sintomatología, junto con una remisión de lesiones apicales previamente instauradas.

Se eligieron para el análisis de los resultados a 16 pacientes en total que formaron tanto el grupo de estudio (8 pacientes) y el grupo control (8 pacientes) que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, seleccionados de forma aleatoria por la dra. a cargo del estudio. No obstante, se siguen reclutando pacientes que cumplan con los criterios especificados para ir ampliando el tamaño muestral.

Los pacientes fueron citados a control al primer mes posterior al tratamiento, para continuar realizando controles periódicos mes a mes (evaluación de dolor y control radiográfico), aplicándose a los 6 meses las pruebas de sintomatología clínica. Sin embargo, lo anterior fue modificado para pacientes que entraron posterior al estudio, ya que se les aplicaron pruebas de sintomatología clínica al primer mes para probar si existían resultados que pudiesen ser registrados, lo que fue corroborado por resultados positivos en pacientes del grupo de estudio, modificándose el protocolo para aplicar desde el primer control las pruebas de sensibilidad.

Los controles clínicos, que incluían las pruebas de sensibilidad y la evaluación dicotómica de dolor, más los controles radiográficos realizados fueron realizados por dos alumnos calibrados previamente con la dra. a cargo del estudio, especialista en Endodoncia calibración.

Las pruebas de sensibilidad aplicadas a los pacientes consistieron en la aplicación de tres test:

- Vitalómetro: indica la presencia de fibras sensitivas en la pulpa, sin embargo, no da información sobre la integridad pulpar. Los rangos utilizados para registrar los resultados fueron según el fabricante:

Valor	Dolor y anestesia	Sensibilidad
0-40	Si	Si
41-79	Si	Parcial
80	No	No

Tabla XIII

El instrumento era colocado en la porción más central de la cara vestibular de los dientes a consignar, sobre una pasta de dientes convencional utilizada como medio conductor. Fue realizado dos veces por control para verificar la veracidad del resultado numérico dado y aplicado tanto al diente tratado como al diente homólogo que se encontrara vital y sin restauraciones; en el caso de no cumplir lo anterior se buscaba el más cercano con estas condiciones.

Al paciente se le indicaba que ante cualquier tipo de estímulo que percibiera, levantara la mano para detener el conteo del Vitalómetro. Generalmente manifestaban una sensación de “corriente” en el diente control y una misma sensación pero de menor intensidad en el diente en estudio.

- Endo-Ice: prueba térmica de frío que estimula fibras de conducción rápida. Fue aplicado a los pacientes mediante una mota de algodón puesta en la porción más central de la cara vestibular de los dientes a consignar, tanto al diente en estudio como a un diente control. Se dejaba la mota por 15 segundos en espera de algún tipo de sensibilidad o molestia, si no se obtenía respuesta se consignaba sin respuesta a la prueba de sensibilidad.
- Barra de Gutapercha: prueba térmica de calor que estimula fibras de conducción lenta. Fue aplicada a los pacientes luego de calentarla con un mechero hasta que se ablandara y estuviera brillante, se colocó en la porción más central de la cara vestibular de los dientes a consignar, tanto al diente en estudio como a un diente control. Se esperaba 15 segundos en espera de algún tipo de sensibilidad o molestia, si no se obtenía respuesta se consignaba sin respuesta a la prueba de sensibilidad.

Los controles radiográficos fueron realizados cada mes, siendo comparadas las radiografías obtenidas con la radiografía de inicio del paciente, para evaluar si existía la aparición de alguna lesión apical nueva en alguno de los dientes tratados, o bien, para ver si las lesiones apicales que se encontraron en un inicio, habían remitido.

Los resultados son objetivados tanto desde el punto de vista de las pruebas clínicas de sensibilidad hechas con Vitalómetro, como con las pruebas radiográficas hechas en cada control, sin embargo, las radiografías no fueron estandarizadas y las pruebas térmicas se basaron en la percepción del paciente por lo que éstas últimas tienen algún carácter subjetivo dentro la exposición de los resultados.

Los resultados se presentan en base a comparación de dos grupos que mantuvieron los mismos periodos de tratamiento y control, mientras que sólo se describe a un grupo de pacientes con laserterapia que comenzaron antes el tratamiento con otros periodos de tiempo por lo que no pueden ser comparables.

Al exponer los resultados, la variable Sintomatología nos muestra que en pacientes que tuvieron un tratamiento previo con laserterapia, la disminución de la sintomatología se observa en un 100% de los pacientes en la segunda sesión de revascularización, vale decir, todos los pacientes se encontraban asintomáticos en esta instancia del tratamiento. Sin embargo, pacientes del grupo control pasaron de un 75 % asintomáticos en la primera sesión de revascularización a un 62.5 % de pacientes asintomáticos en la segunda sesión, lo que nos indica que existieron pacientes que asistieron con sintomatología dolorosa posterior a la terapia regenerativa ya instaurada. Aun así, el 100% de los pacientes tanto del grupo control como del grupo de estudio se mostraron asintomáticos al momento de realizar el primer control posterior a un mes de terminadas las terapias regenerativas con y sin aplicación de láser. Lo anterior significa que existe una reducción en la sintomatología posterior a la aplicación de la terapia endodóntica regenerativa en ambos grupos. Lo anterior podríamos compararlo con otro estudio que se realizó en pacientes con diagnóstico de pulpitis aguda, en donde el procedimiento consistió en realizar la apertura de la cavidad y remoción del tejido cariado para luego aplicar láser con parámetros de 25 mW, por 30 segundos (al igual que en nuestro estudio) a nivel de la cámara pulpar y el ápice, a diferencia de nuestra investigación en donde sólo se aplicó láser a nivel de ápice. La primera evaluación de la sintomatología la realizaron a los 30 minutos después de aplicado el láser, con un 75% de los pacientes asintomáticos, mientras que sólo un 25% persistieron con el dolor inicial. Luego se evaluó a las 48 horas posteriores y se vio que el 95% de los casos en estudio remitieron la sintomatología dolorosa.

A pesar de encontrar diferencias entre este estudio y nuestra investigación, como por ejemplo la diferencia entre los puntos de la aplicación de láser, ya que en un estudio eran dos puntos y en el nuestro uno, o el tiempo en el que se realizaron los controles; también encontramos similitudes siendo en ambos la aplicación de láser a nivel del ápice y por un tiempo 30 segundos.

En ambos estudios es posible ver que existe una disminución de la sintomatología dolorosa inicial significativa ⁽³⁷⁾. Esto se puede explicar dado que la radiación con terapia de laser de baja potencia posee propiedades físicas que producen efectos terapéuticos sobre el tejido vivo, como son la analgesia de la zona irradiada, pues interfiere en el mensaje eléctrico a nivel local para inhibir la transmisión del estímulo doloroso, equilibrando el potencial de membrana en reposo y evitando el descenso del umbral doloroso, además de su acción anti edematosa o antiinflamatoria ⁽³⁸⁾.

Se debe mencionar que en los pacientes que se pudieron controlar a los 6 meses de iniciada la terapia, el 100% se encuentran asintomáticos con una mantención de este estado desde su primer control.

La variable Sensibilidad fue medida a través de 3 pruebas, Vitalómetro, Endo-Ice y Barra de Gutapercha como fue descrito en el ítem de resultados.

En la sensibilidad medida con Vitalómetro, pacientes con láser presentan un 100% de sensibilidad parcial, con valores entre los rangos 40 y 79. Ésta sensibilidad parcial, descrita así por el fabricante, podría indicarnos que los tejidos que se están formando no están del todo desarrollados, existiendo pocos vasos sanguíneos y fibras nerviosas que estén percibiendo los estímulos de este instrumento. En pacientes del grupo control, el 87.5% de los pacientes obtuvo sensibilidad, dividiéndose en total (37.5%) y parcial (50%).

Al realizar el test de Endo-Ice, todos los pacientes del grupo láser tuvieron respuesta positiva, mientras que en el grupo control fue de un 38%.

Por otra parte al ser estimulados con la barra de Gutapercha, pudimos observar que el total de pacientes láser no tuvo sensibilidad, mientras que un 25% del grupo control, si tuvo respuesta.

Al analizar todos estos datos entregados, podemos observar que existe una gran variabilidad de respuesta frente a los distintos test, por ejemplo del grupo láser, el total de pacientes tuvo una respuesta positiva frente a los estímulos de Endo-Ice y Vitalómetro, pero no hubo respuesta alguna a la prueba de calor.

En cambio en el grupo control entre las pruebas térmicas existe más o menos una concordancia entre los resultados, no así entre la térmica y la prueba eléctrica.

Esto podría ser explicado por una parte por la variabilidad de respuesta que existe por cada paciente, y también por la especificidad que presentan estas pruebas, siendo la de frío mayor, con un 0.99%⁽³¹⁾.

Los resultados se pueden explicar dado que los efectos del láser de baja potencia radican en favorecer la microcirculación y el trofismo celular. En la microcirculación el láser actúa tanto a nivel del esfínter precapilar, provocando vasodilatación y reabsorción de los exudados, como del torrente sanguíneo, aumentando la velocidad de circulación y del sistema fibrinolítico y eliminando los microtrombos. Además, produce aumento de la fagocitosis por incremento del número de macrófagos y del oxígeno, y por tanto, normaliza los tejidos lesionados sin provocar deterioro de las áreas vecinas. Es por esto que aquellos dientes estimulados podrían tener una respuesta positiva antes que el grupo control, como se observa en los resultados obtenidos por el Vitalómetro⁽³⁸⁾.

Un punto importante a considerar dentro de este estudio, es el amplio rango etario que fue abarcado, siendo el paciente más joven de 21 años de edad y el mayor de 75 años. Esto se hizo con la finalidad de poner obtener la mayor cantidad de datos posibles, pues si se consideraba un rango etario menor, la muestra habría sido casi

nula. Se debería considerar la edad como una variable importante, dado que la respuesta frente a este tipo de tratamiento está condicionada por la edad.

Al analizar la variable Cambio Periapical, se observa que el 100% de los pacientes con aplicación de láser mantuvieron su condición periapical al comparar la radiografía inicial versus la de control. En el grupo control sin aplicación de láser, se muestra que un 37,5% de pacientes presentaron un aumento de radiolucidez en la zona periapical al control, un 25% tuvo una disminución de la lesión, y un 37,5% mantuvo su condición periapical con respecto al inicio del tratamiento.

Al analizar los pacientes que alcanzaron su control de los 6 meses, podemos ver que en 3 pacientes se disminuyó la radiolucidez, en 2 se mantuvo, pero en 1 paciente hubo un aumento de la lesión como puede observarse en la fig. 18, lo que podría explicarse como una reparación de ésta lesión en forma de cicatriz que no regeneró, ya que al momento de hacer el control clínico, el paciente se encuentra asintomático y con respuesta positiva a test frío. Esto se puede comprar con un estudio realizado en 13 ratas, a las que se les realizó una lesión estandarizada del hueso alveolar, se les sometió a un protocolo de irradiación de 6 J/cm², tres veces por semana durante cuatro semanas y se observó que existía un aumento en el número de osteonas en el grupo irradiado, por lo que los resultados sugieren que la terapia de laser de baja potencia favorece la respuesta del hueso alveolar dañado ⁽³⁹⁾, esto podría explicar que no existiera progresión de lesión en los pacientes que fueron sometidos a láser, dado que éste tiene un efecto bioestimulante basado en la hiperpolarización a nivel de la membrana celular, acelera los procesos metabólicos e incrementa el intercambio de sustancias nutritivas, lo que contribuye a fortalecer la acción de las células defensivas ⁽³⁸⁾.

En la Fig. 17 podemos ver una comparación entre las radiografías de inicio y control de pacientes que pudieron controlarse a los 6 meses, evidenciándose cambios periapicales.



Fig. 17: compara las radiografías de inicio con las de control de un paciente sometido a terapia de láser en controles posterior al tratamiento. Se observa de manera subjetiva que hay una evidente disminución de la lesión periapical.



Rx inicio

Rx Control 6 meses

Fig. 18: Comparación de radiografías en paciente que reparó lesión en forma de cicatrización.

Más allá de todos los resultados obtenidos respecto a la sensibilidad y al cambio radiográfico periapical, es importante destacar que todos los pacientes que recibieron la terapia de endodoncia regenerativa, con y sin láser, presentaron una buena evolución y no mostraron signos desfavorables que pudieran decir que el tratamiento fracasó y se necesite un retratamiento endodóntico convencional.

LIMITACIONES Y SUGERENCIAS

La principal limitación del presente trabajo de investigación, es el poco tiempo de evaluación posterior a la terapia y el bajo número de pacientes que formaron parte del estudio realizado hasta la fecha. Se sugiere para mejorar esta tesis, que se siga controlando a los pacientes que llevan dos o cuatro meses, para poder comparar con los pacientes del grupo láser que ya alcanzaron controles de seis meses y que todos los pacientes se sigan controlando a futuro, para tener una evaluación a más largo plazo. También se sugiere utilizar un número más grande de pacientes como muestra, que nos permita obtener resultados con una significancia estadística mayor.

Por otro lado no existe una estandarización para la aplicación del láser como coadyuvante para la terapia regenerativa, por lo que se utilizó una estimación cercana a las usadas actualmente en otras prácticas clínicas odontológicas. Sin embargo, en este estudio se plantea la validación de un protocolo nuevo para estandarizar la terapia.

Se propone realizar estudios que utilicen otros métodos de evaluación pulpar, que nos permitan determinar realmente la vitalidad, como lo es el Láser Doppler, o la Oximetría de Pulso para medir de esta manera la regeneración vascular, y no la sensibilidad, como se hace en el caso de este estudio en donde se utiliza Vitalómetro. Al controlar con este instrumento o cualquier otra medida de valoración pulpar, lo ideal es que se realice en varios dientes control, para que el paciente no esté consiente de cuál es el diente con el tratamiento de terapia.

Es importante que se realicen controles más frecuentes, ya que en este estudio, en relación a la revisión bibliográfica, se propuso que se realizaran controles con Vitalómetro a partir del sexto mes, ya que era en ese momento donde se comenzaban a observar cambios. Sin embargo, de acuerdo a lo obtenido en esta tesis en donde hubieron resultados positivos desde el segundo mes, se sugiere que se hagan controles más frecuentes para tener más datos comparables.

Una limitación de nuestro estudio es la dificultad en la medición del dolor, dada su naturaleza subjetiva y la variabilidad individual en el umbral y sensibilidad de éste. Es por esto que proponemos que se utilice la escala visual análoga (EVA), ya que ha demostrado ser un método confiable en la medición del dolor, para así medir la sintomatología del paciente desde antes de iniciar el tratamiento, y durante cada sesión, para tener de esta manera una mayor cantidad de datos y que sean lo más representativos posibles. Dado que la sintomatología de todos los pacientes es diferente, y muchos de ellos se encuentran en tratamientos endodónticos por más de un diente, se podría realizar un estudio en donde se utilice el láser como coadyuvante en un diente y en otro no, dentro del mismo paciente, para poder realizar mediciones más fidedignas en el tiempo, por lo ya mencionado anteriormente, que las percepciones sensoriales son variables entre cada pacientes.

Es necesario también que se realicen estudios posteriores, en donde se haga una aleatorización para la asignación de pacientes, con respecto al uso o no de terapia coadyuvante de láser, ya que esto nos permite balancear las diferencias entre los

grupos a comparar. En esta tesis, se realizó un estudio descriptivo, en donde se observaron todos los pacientes que ya habían sido divididos previamente.

Los resultados de este estudio piloto pueden ser útiles para establecer un protocolo de aplicación de láser y de regeneración en dientes maduros.

Se plantea que es relevante realizar estudios posteriores en donde se compare el uso de láser y de otros elementos de ayuda a la terapia de regeneración como lo son las ondas de choque.

CONCLUSION

El objetivo general del presente trabajo de investigación plantea probar la aplicación del láser blando como coadyuvante para acelerar el proceso de recuperación en dientes maduros con necrosis pulpar.

Los resultados de este estudio demuestran que no hay diferencia entre el uso de láser como coadyuvante en la terapia regenerativa con respecto a la sintomatología, ya que todos los pacientes se encontraban asintomáticos al primer control de los dos meses.

Al comparar los grupos que recibieron una terapia de endodoncia regenerativa, siendo uno con ayuda de láser, se concluye que este influye en la sensibilidad, dado que del total de pacientes del grupo control, un 90% tuvo sensibilidad al primer control, mientras que el 100% de los pacientes con láser respondieron al test de Vitalómetro. Con respecto al test con Endo Ice, el 100% de los pacientes con láser respondieron en forma positiva, mientras que los del grupo control tuvieron un 37,5% que respondió positivo a este test.

Se puede determinar que la terapia de endodoncia regenerativa conlleva a una disminución de la lesión apical radiográficamente, dado que el 25% del total de pacientes que se controló a los dos meses tuvo disminución de esta, mientras que los pacientes del grupo láser de los 6 meses se observó un 50% de disminución de la lesión.

RESUMEN

I. MARCO TEÓRICO

El tratamiento de primera elección para los dientes con pulpitis irreversible o necrosis pulpar es la endodoncia convencional, pudiendo tener diversas consecuencias negativas. Existe una alternativa de tratamiento que, a diferencia de la endodoncia convencional, busca reemplazar la dentina, raíz dental y células del complejo dentino-pulpar por células propias. Este tratamiento corresponde a la endodoncia regenerativa, la cual tiene tres pilares fundamentales que son células madre, matriz de andamiaje y factores de crecimiento. Se ha postulado que las células necesarias para llevar a cabo el procedimiento disminuyen con la edad, además de presentar estrechas vías apicales para la migración de estas células, y también una mayor dificultad en la desinfección de conductos radiculares, por lo que se ha buscado una forma de potenciar y favorecer la terapia regenerativa. Se propone el uso de láser de baja potencia, cuya radiación es absorbida por el tejido objetivo para lograr la bioestimulación, dado sus efectos como, el aumento del metabolismo celular, aumento de síntesis de colágeno por fibroblastos, una estimulación de síntesis de ADN y ARN, efectos locales en sistema inmunológico, aumento en la formación de capilares por liberación de factores angiogénicos, aumento en la actividad de células inmune, y transformación de fibroblastos en miofibroblastos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante consentimiento informado verbal y escrito, se sometieron 16 personas entre 21 y 75 años que acuden a la facultad de odontología UV, con dientes en estado de necrosis pulpar a un estudio descriptivo de corte transversal, en cual a 8 individuos previa terapia de regeneración se les aplicó tratamiento de láser ($L_2 \times 30$ seg cada 7 días por 3 semanas), mientras que el grupo control sólo recibió la terapia de regeneración pulpar. Se realizaron pruebas pulpares (Vitalómetro Pulp Tester DY310, Endo-Ice, barra gutapercha) y controles radiográficos a los 6 meses en el grupo láser y cada 2 meses en el grupo control, junto con 2 pacientes del grupo láser que partieron el protocolo posterior al resto.

III. RESULTADOS

Se utilizó una estadística descriptiva con datos principalmente cualitativos y en un menor número cuantitativos. El láser es efectivo como coadyuvante en la disminución de la sintomatología, aumenta de la sensibilidad y disminución de la lesión a nivel radiográfico evaluado subjetivamente.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demuestran que no hay diferencia entre el uso de láser como coadyuvante en la terapia regenerativa con respecto a la sintomatología, pero si afecta de manera positiva los resultados de sensibilidad, en cuanto a vitalómetro y test frío con Endo - Ice, a los pacientes sin láser.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez de Ferrari M.E. CA. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental. tercera ed.: Panamericana; 2009.
2. Rodríguez Cy. OG. Working Length Determination in Endodontics. Clinical Issues of Dental Root and Root Canal Systems Morphology. International Journal of Odontostomatology. 2014 Septiembre; 8(2).
3. Gerald N G. Consensus Conference on Diagnostic Terminology: Background and Perspectives. Journal of Endodontics. 2009 December; 35(12).
4. Salehrabi R RI. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. J Endod. 2004 Dec; 30(12).
5. Lapria AC SR. Endodontically treated teeth: Characteristics and considerations. Journal of Prosthodontic. 2011 August; 55(69-44).
6. Murray PE GGF. Regenerative Endodontics: a review of current status and a call for action. Journal of Endodontics. 2007 Abril; 33(4).
7. American Association of Endodontists. [Online].; 1995-2016 [cited 2016 Mayo 30. Available from: <https://www.aae.org/>.
8. M C. Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. I follow-up of periapical repair and apical closure of immature. Av Odontostomatology. ; 1972(23).
9. M G. Apexificación con hidróxido de calcio vs tapón apical MTA. .
10. C C. Protocolos de Revascularización utilizados desde el inicio a la actualidad.. Seminario. Valparaíso: Universidad de Valparaíso, Endodoncia; 2013.
11. Pankaj G H. Regenerative Endodontics: An Evidence Based Review. J Cont Med A Dent. 2015 Enero-Abril; 3(1).
12. M B. Regeneración Pulpar en Dientes Inmaduros. Tesis Grado. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Postgrado Odontología Infantil; 2010.
13. M T. Revitalization of tooth with necrotic pulp and open apex by using platelet-rich plasma: a case report. Journal of Endodontics. 2011 Febrero; 37(265-268).

14. Bidart C SC. Comparación de tres protocolos de centrifugación para la obtención de fibrina rica en plaquetas usado en Revascularización Pulpar utilizando la centrífuga Merckel VWR clinical 200. Tesis. Valparaíso: Universidad de Valparaíso, Endodoncia ; 2014.
15. Colombiana AO. Acta Odontológica Colombiana. [Online].; 2014 [cited 2016 Julio. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/>.
16. Khimiya P SK. Regenerative Endodontic Treatment of Permanent: Teeth after Completion of Root Development. Journal of Endodontics. 2013 Julio; 39(7).
17. Hincapié Narvárez S. VRA. Biodentine: A New Material for Pulp Therapy. Endodoncia, Terapia pulpar moderna y revolucionaria. 2015 Jul-Dic; 34(73).
18. Wang Y ZX. Pulp Revascularization on Permanent Teeth with Open Apices in a Middle-aged Patient. Journal of Endodontics. 2015; 1(5).
19. Wim L CA. The Critical Apical Diameter to Obtain Regeneration of the Pulp Tissue after Tooth Transplantation, Replantation, or Regenerative Endodontic Treatment. Journal of Endodontics. 2013 Junio; 39(6).
20. Kimura Y WP. Lasers in endodontics: a review. International Endodontics Journal. 2000 Abril; 33(173-185).
21. Olivi G CR. Láser in Endodontics Part I. Roots. 2011; 1.
22. D N. Protocolos de Laserterapia y Terapia Fotodinámica. Sao Carlos: MMO, Equipamientos Opto Electrónicos: Láser Duo; 2012.
23. Caprioglio C OG. Lasers in dental traumatology and low level laser therapy (LLLT). Eur Ach Paediatr Dent. 2011 Abril; 12(2).
24. Tanboga I EF. The effect of low level laser therapy on pain during dental tooth-cavity preparation in children. Eur Arch Paediatr Dent.. 2011 Abril; 12(2).
25. DSS LK. Lasers and Soft Tissue Treatments. Alpha Omegan. ; 101(3).
26. Meenu G SM. Low level laser Therapy in Dentistry. Int J Laser Dent. 2013; 3(3).
27. Arany P HT. Photoactivation of endogenous latent transforming growth factor- β 1 directs dental stem cell differentiation for regeneration. Sci Transl Med. 2014 Mayo; 28(6).

28. Galvao C GF. Low-level laser irradiation induces in vitro proliferation of mesenchymal stem cells. *Einstein (São Paulo)*. 2014 Enero-Marzo; 12(1).
29. Tristan H EH. Low-level lasertherapy-activated latent TGF- β 1. *C.E. article*. 2011; 2.
30. LJ W. The current status of low level laser therapy in dentistry. Part 1. Soft tissue applications. *Aust Dent J.* 1997 Agosto; 42(4).
31. Atala L AK. Validity of Applied Endodontic Diagnostic Tests for Undergraduate Students of a Chilean University. *Int. J. Odontostomat.* 2015 Diciembre; 9(3).
32. BENDER SY. La pulpa dental. In 4 , editor..; 2002.
33. Johnsen D HJ. Vitalometer testing of primary and permanent canine teeth. *PEDIATRIC DENTISTRY*. 1979; 1(1).
34. DY310 PT. Manual Vitalómetro Pulp Tester DY310..
35. C C. Test Pulpares. Seminario. Valparaíso: Universidad de Valparaíso, Endodoncia; 2013.
36. Dental P. Parkway Dental Pennsauken, NJ. [Online].; 2016 [cited 2016. Available from: <http://www.parkwaydentalsupply.com/>.
37. Fernandez Carmenate N. MRO. Effectiveness of laser in the treatment of serous acute pulpitis. *AMC*. 2011 Febrero; 15(1).
38. Hernández Díaz A. OMA. Low potency laser therapy in Cuban medicine. *Rev Cubana Med Gen Integr.* 2008 Abr-Jun; 24(2).
39. Landaeta Bendezú M. SGI. The Low Level Laser Therapy Effect on Alveolar Bone Damaged. *Int. J. Morphol.* 2008 Septiembre; 26(3).
40. Dávila L BD. Aesthetic and endodontic management of teeth with incomplete root formation. *Av Odontoestomatol.* 2013 jul./ago.; 29(4).
41. García F MP. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent. *Dental Traumatology*. 2011 Mayo; 1600.
42. M M. Anatomía Premolares. Valparaíso: Universidad de Valparaíso, Endodoncia; 2013.

43. Mohamed T RP. Treatment of a Large Cystlike Inflammatory Periapical Lesion Associated with Mature Necrotic Teeth Using Regenerative Endodontic Therapy. *Journal of Endodontics*. 2014 Diciembre; 40(12).

ANEXOS

Anexo 1

Técnicas de Apexificación

1. Aplicación de Hidróxido de Calcio: consiste en la aplicación de este material para favorecer la mineralización en la zona apical, logrando un tope que permita realizar el tratamiento endodóntico convencional. Este tratamiento implica varias sesiones para lograr la desinfección y calcificación deseada; es por lo anterior que fue reemplazada por la aplicación de MTA ⁽⁴⁰⁾.
2. Tapón apical de MTA (Agregado de Trióxido Mineral): técnica de un solo paso en donde se instrumentan los canales radiculares y se elimina el tejido necrótico para colocar MTA en el ápice del canal radicular, ya que induce la formación de cemento al activar los cementoblastos y forma una matriz para la cementogénesis, induciéndose de esta manera la formación de tejido apical ⁽⁴¹⁾.

Ambas técnicas se encuentran obsoletas por las desventajas que estas presentan:

Desventajas de Técnicas de Apexificación

Hidróxido de Calcio ⁽⁸⁾	MTA
Tiempo requerido para la formación de la barrera calcificada (3-24 meses).	No hay desarrollo tridimensional de la raíz.
Múltiples citas necesarias para la re-aplicación de hidróxido de calcio.	Relación corono-radicular no se ve beneficiada.
Efecto a largo plazo sobre las propiedades mecánicas de la dentina, por su efecto proteolítico hace que las paredes del conducto sean más frágiles, aumentando la incidencia de fracturas cervicales.	Dientes más vulnerables a fracturas radiculares y cervicales. ⁽⁸⁾
Debe ser usado sólo un par de semanas. ⁽⁹⁾	

Tabla XIV

Anexo 2

Clasificación de láseres de acuerdo al riesgo de lesiones a producir: (22).

Clase	Indicación
Clase 1	No emiten radiación a niveles peligroso.
Clase 1M	Seguros si se emplean adecuadamente, longitud de onda de 302 nm. a 400 nm.
Clase 2	Láseres visibles de baja intensidad, no suponen riesgo a los ojos. Longitud de onda de 400 a 700 nm.
Clase 3R	Emitir en la región de 300 nm. a 1 mm.
Clase 3B	Se consideran peligrosos para los ojos.
Clase 4	Dispositivos que ofrecen riesgo ocular en cualquier circunstancia.

Tabla XV

Para el uso seguro de los láseres en un entorno de oficina deben estar establecidas las normas técnicas por la ANVISA (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria). Además el operador debe ser informado acerca de los riesgos relacionados con el uso de este equipo, así como ofrecer protección del medio ambiente y personal. En cuanto a las gafas es importante tener en cuenta que proporcionan protección específica para diferentes longitudes de onda. El paciente debe ser protegido de manera adecuada con el uso de gafas por el simple acto de que pedir cerrar los ojos no ofrece seguridad, ya que en caso de molestias al paciente puede abrir los ojos y visualizar el haz lo que comprometería su seguridad.

Con respecto a los procedimientos que se realizaron:

1. Cartilla utilizada para registro de control de pacientes sometidos a terapia regenerativa con aplicación de láser. Dra. Alicia Caro

PROGRAMA DE APLICACIÓN DE LÁSER PARA REGENERACIÓN DENTARIA , UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO		
NOMBRE:.....		
Diente a tratar:		
1ª semana	fecha	Observaciones en la aplicación de láser
2ª semana		
3ª semana		
5ª semana 1era sesión Regeneración		
7ª semana 2ª sesión Regeneración		

2. Consentimiento Informado entregado a los pacientes de ambos grupos, sometidos a terapia regenerativa con y sin láser.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA REVASCULARIZACIÓN DE DIENTES MADUROS

La explicación del tratamiento, su objetivo, ventajas, complicaciones y alternativas de tratamiento ya han sido informados en forma verbal. Se requiere de su aceptación mediante la lectura y posterior firma de este documento. Le agradecemos su colaboración y cualquier duda, consúltenos.

Yo _____, R.U.T:

Domiciliado en _____

Declaro que:

He accedido a participar en el proyecto de investigación de "Regeneración de dientes maduros necrosados mediante el uso de Fibrina rica en Plaquetas activado por Ondas de Choque", con el fin de mejorar la sobrevida del (los) diente(s) afectado(s). Se me ha informado sobre los procedimientos clínicos necesarios, ventajas, alternativas de tratamiento y complicaciones. Los procedimientos y seguimientos serán realizados por Dra. Alicia Caro, Dr. Hernán Gandarillas y Dra. Daniela Vergara en las dependencias de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, Valparaíso.

El diente en tratamiento presenta el siguiente diagnóstico:

Se me ha explicado que la regeneración corresponde a todas aquellas terapias fundamentadas en conceptos biológicos que buscan reparar, recuperar o mantener estructuras que han sido dañadas o se han perdido del diente. Por otro lado, la aplicación de Ondas de Choque corresponde a una terapia complementaria de aplicación de ondas acústicas de alta energía que buscan mejorar la respuesta inflamatoria y posterior reparación de los tejidos.

Este procedimiento se realiza con anestesia local en 2 o 3 sesiones de tratamiento. En la segunda sesión, un profesional capacitado de la Facultad tomará una muestra de sangre de 10ml para la obtención de la Fibrina rica en Plaquetas. Una vez finalizado el tratamiento se realizarán sesiones de control clínico, radiográfico y fotográfico con el fin de controlar la evolución del proceso. Correspondientes a 1 mes, 3 meses, 6 meses, 12 meses, 18 meses y 1 vez al año hasta el 5 año. En cada sesión se obtendrán fotografías y radiografías del caso.

Se me han explicado las alternativas de tratamiento que corresponden a la endodoncia convencional o extracción de la pieza en cuestión.

Dentro de las posibles complicaciones se encuentran:

1. Aparición o aumento de los síntomas del proceso infeccioso: aumento de dolor, hinchazón de la cara, otros, que se alivian con analgésicos y antiinflamatorios y/o antibióticos. La manifestación de alguna de las anteriores no implica necesariamente el fracaso del tratamiento.
2. Cambio de coloración dentaria con posibilidades de corrección.
3. Fracaso del tratamiento y necesidad de repetición del procedimiento inicial u optar por alguno de los tratamientos alternativos.

He comprendido claramente las explicaciones que se me han entregado, y el profesional que me ha atendido me ha permitido realizar todas las consultas necesarias para aclarar las dudas planteadas. Comprendo riesgos y beneficios del tratamiento y, en tales condiciones, autorizo que se realicen los tratamientos respectivos, asumiendo las posibles complicaciones.

En caso de urgencia:

Ante la aparición de cualquiera de las complicaciones mencionadas anteriormente o para realizar consultas que no hayan sido respondidas en la cita, no dude en contactarse con nosotros. El número de contacto es el: _____ y el e-mail: _____.

Cuidados e instrucciones postoperatorios:

1. Debo ser cuidadoso hasta que haya pasado el efecto de la anestesia para evitar daños en los labios, lengua, mejilla o dientes.
2. Evitar aplicar fuerza excesiva o anormales sobre los dientes (morder lápices, uñas, hielo, comer alimentos pegajosos, otros.)
3. En caso de requerir algún medicamento, debo seguir exactamente las instrucciones de la prescripción entregada.
4. Me comprometo y comprendo la necesidad de asistir a todos los controles que sean necesarios para obtener un tratamiento lo más exitoso posible.
5. Entiendo que puedo pedir que se me expliquen nuevamente los procedimientos a seguir para tener mayor claridad.
- 6.

Firma Profesional Firma Paciente o Apoderado

Fecha de inicio de tratamiento: _____