

Ana Margarida Mateus Carrilho

O PAPEL DO LASER EM ENDODONTIA

Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2012

Ana Margarida Mateus Carrilho

O PAPEL DO LASER EM ENDODONTIA

Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2012

Ana Margarida Mateus Carrilho

O PAPEL DO LASER EM ENDODONTIA

“Trabalho apresentado à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de Mestrado
Integrado em Medicina Dentária”

RESUMO

Nas últimas duas décadas temos vindo a observar um crescente desenvolvimento da tecnologia Laser nas diversas áreas da saúde, inclusive na Medicina Dentária. Dentro destas aplicações, a associação das novas tecnologias às terapêuticas tradicionais na área da Endodontia tem sido alvo de interesse por parte dos investigadores.

Sabemos atualmente que um dos principais objectivos da Endodontia é o de devolver ao sistema de canais radiculares as condições ideais de assepsia, eliminando os microrganismos patogénicos, e restabelecendo a função do dente. Deste modo, o insucesso do tratamento Endodóntico atribui-se hoje em dia à permanência dos microrganismos no SCR, não só devido à possibilidade de ocorrer uma desinfeção deficitária, mas também devido à possível re-contaminação, durante o tratamento ou devido a um selamento coronário insuficiente.

Uma das principais utilizações dos Lasers na Endodontia prende-se com a eficácia comprovada dos Lasers como auxiliar na desinfeção dos canais radiculares, sendo que estudos científicos também revelam o seu desempenho noutras aplicações como os recobrimentos pulpares, obturação retrógrada, apicectomias e na obtenção do diagnóstico de vitalidade pulpar.

Pareceu-nos pertinente a realização deste trabalho tendo como objectivo avaliar a situação atual da aplicação dos Lasers em Endodontia, de forma a melhor conhecer o seu funcionamento, as suas principais aplicações e indicações bem como os benefícios e desvantagens da sua utilização.

A pesquisa bibliográfica deste trabalho foi realizada nas bibliotecas da Universidade Fernando Pessoa e Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto e nos motores de internet Pubmed, Science Direct e Scielo. Encontraram-se 732 artigos dos quais utilizamos 54. Como critérios de inclusão consideramos artigos escritos entre 2000 e 2012, em língua Portuguesa e Inglesa, que se encontrassem disponíveis publicamente. As palavras chave utilizadas foram “Laser”, “Endodontics”, “Root Canal Treatment”, “Desinfection”, “Apicectomy” e “Photodynamic Therapy”, “Laser em Endodontia”, que foram associadas de múltiplas formas.

Como principais conclusões deste trabalho podemos afirmar que a tecnologia Laser pode ser eficazmente utilizada em diversos tratamentos desta área como coadjuvante às técnicas convencionais.

ABSTRACT

In the past two decades there has been an increasing development of Laser technology in a several fields of healthcare, including Dentistry. Within these applications, combining new technologies with traditional therapies in Endodontics has been a matter of interest for many researchers.

It is now known that a major goal of Endodontic therapy is to return to the root canal system the ideal condition of asepsis, eliminating pathogenic microorganisms, and restoring the tooth function. Therefore, Endodontic treatment failure is nowadays attributed to microorganisms persisting in the RCS, not only because of the possibility of an inefficient disinfection, but also due to the possible re-contamination during treatment or due to an insufficient coronal sealing.

One of the highest uses of Lasers in Endodontics deals with the proven effectiveness of lasers to aid in the disinfection of root canals, and scientific studies also show its performance in other applications such as pulp coating, retrograde filling, apicoectomy and diagnosis.

It seemed appropriate to conduct this study to assess the current situation of Laser applications in the Endodontic field, in order to comprehend its operation, its main applications and indications as well as the benefits and disadvantages of its use.

A literature research was performed in the libraries of Universidade Fernando Pessoa e Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto and we used Pubmed, Science Direct and Scielo. There were found 732 articles of which 54 were chosen. Inclusion criteria considered articles written between 2000 and 2012 in Portuguese and English, which were publicly available. The key words were "Laser", "Endodontics", "Root Canal Treatment", "Desinfection", "Apicectomy" and "Photodynamic Therapy", "Laser em Endodontia", which have been linked in numerous ways.

As a main conclusion of this work it can be stated that the use of Laser technology is effective in several Endodontic treatments when used as an adjuvant to conventional techniques.

DEDICATÓRIA

Para o meu Pai, que sempre me irá acompanhar e para a minha Mãe e Avó Elisa, os meus pilares e as minhas fontes de inspiração em todos os momentos.

“Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive.”

Ricardo Reis

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao Dr. Luis França Martins, não só meu orientador mas amigo, por acreditar mais em mim do que eu própria;

Aos meus tios, que permitiram a concretização desta jornada;

Á Mariana, Márcia e Xana, as minhas amigas da Faculdade. Obrigada por estarem sempre comigo, em todos os momentos. E também á minha binómia Marta por me aturar durante estes cinco anos.

Ao meu melhor amigo e padrinho Tiago por me ter adoptado e protegido sempre.

Por fim, a todos os docentes desta casa que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento pessoal e profissional, inculindo-me o gosto pela Medicina Dentária e mostrando-me que se pode ir muito mais além do que se espera.

Índice Geral

Índice de figuras

Índice de siglas e abreviaturas

I. Introdução	1
II. Materiais e Métodos	2
III. Desenvolvimento	3
1. História do Laser	3
2. Características fundamentais do Laser	4
3. Classificação dos Lasers	6
3.1 Lasers de Alta Intensidade	7
3.2 Lasers de Média Intensidade	8
3.3 Lasers de Baixa Intensidade	8
4. Dosimetria e Normas de Segurança para a utilização do Laser	10
5. Efeitos dos Lasers nos Tecidos	11
5.1 Interações Fotoquímicas	12
5.2 Interações Foto térmicas	13
5.3 Interações Fotomecânicas e Foto Elétricas	13
6. Aplicações Clínicas em Endodontia	13
6.1 Diagnóstico da Vitalidade Pulpar	14
6.2 Recobrimento Pulpar	15
6.3 Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico	15
6.3.1 Limpeza e conformação dos canais radiculares	15

6.3.2	Desinfecção	21
6.3.2.1	Terapia Fotodinâmica	27
6.3.3	Obturação	29
6.3.4	Retratamentos e Remoção de Obstáculos	30
6.4	Tratamento Endodôntico Cirúrgico	31
7.	Benefícios dos Lasers	33
8.	Desvantagens dos Lasers	34
IV.	Conclusão	35
V.	Bibliografia	36

Índice de Figuras

Figura 1- Onda Electromagnética _____	4
Figura 2- Decomposição da luz branca e monocromaticidade da luz laser _____	5
Figura 3- Lasers no espectro electromagnético _____	6
Figura 4- Aparelho de Laser de Diodo _____	9
Figura 5- Irradiação com Laser Diodo _____	9
Figura 6- Interação Laser-tecidos _____	11
Figura 7- Observação no SEM da superfície de dentina irradiada com Er:YAG ____	17

Índice de Siglas e Abreviaturas

Ø – Diâmetro

λ – Comprimento de onda

% – Por cento

° C – Graus Celsius

μm – Micrómetros

Å – Angstroms

AM – Azul de Metileno

AT – Azul de Toluidina

AsGaAL – Arsenieto de Gálio e Alumínio

AsGa – Arsenieto de Gálio

Ca(OH)₂ – Hidróxido de Cálcio

Cm² – Centímetros quadrados

CO₂ – Dióxido de Carbono

Er-Cr-YSGG – Érbio-Cromio-Ítrio-Escândio-Gálio-Granada

EDTA – Ácido Etilenodiaminotetracético

EDTAC – Ácido Etilenodiaminotetracético + Cetavlon

E. faecalis – Enterococcus faecalis

Er:YAG – Érbio-Ítrio-Alumínio-Granada

He-Ne – Hélio-Neónio

Ho:YAG – Hólmio-Ítrio-Alumínio-Granada

Hz – Hertz

J – Joules

Km/s – Quilómetros por segundo

Laser – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificação da luz por emissão estimulada de radiação)

m – Metros

NaOCl – Hipoclorito de Sódio

Nd:YAG – Neodímio-Ítrio-Alumínio-Granada

Nd:YAP – Neodímio-Ítrio-Alumínio-Perovisquite

nm – Nanómetros

Pps – Pulsos por segundo

SCR – Sistema de Canais Radiculares

SEM – Scanning Electron Microscope

TFD – Terapia Fotodinâmica

TENC – Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

VSP – Variable Square Pulse

RCS – Root Canal System

RTENC – Retratamento Endodôntico Não Cirúrgico

W – Watts

I. INTRODUÇÃO

A Endodontia é a ciência que estuda a morfologia da câmara pulpar, a fisiologia e patologia da polpa bem como a prevenção, tratamento e recuperação das suas implicações nos tecidos periapicais (Soares & Goldberg, 2003).

Um dos principais fundamentos desta arte, consiste na correta conformação do sistema de canais radiculares e sua total desinfecção a fim de obter um ambiente livre de bactérias, as principais responsáveis pela dor e doença pulpo-periapical (Cohen, 2007).

As técnicas utilizadas convencionalmente recorrem a instrumentos mecânicos ou manuais e irrigantes químicos para esta finalidade. No entanto, apresentam falhas devido à complexidade dos sistemas de canais, à presença de smear-layer mesmo após a instrumentação dos canais e ao fraco efeito antimicrobiano da medicação intracanal utilizada (Gutknecht, 2008).

A procura constante de novos instrumentos ou tecnologias que melhorem as condições de instrumentação, desinfecção e obturação a fim de maximizar a qualidade e viabilidade dos tratamentos é um dos desafios constantes da investigação nesta área. (Gutknecht, 2008).

Nas últimas décadas, assistiu-se a uma evolução nas aplicações médicas dos aparelhos a Laser, tendo estes sido introduzidos em Medicina Dentária sendo que a sua aplicação tem vindo a ser sugerida para as mais diversas áreas (Walsh, 2003).

Também na Endodontia os Lasers têm vindo a ser objecto de investigação, procurando, através da sua utilização nos tratamentos Endodônticos, ultrapassar as dificuldades que conduzem geralmente ao seu insucesso (Walsh, 2003).

Neste contexto, o objectivo do presente trabalho foi, através de uma revisão da literatura científica existente, realizar uma compilação das principais aplicações Lasers atualmente nesta área e quais as tendências futuras.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a concretização da presente monografia foi realizada uma revisão bibliográfica no presente ano, recorrendo-se à biblioteca da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto e a diversos motores de busca online, nomeadamente, Pubmed, Scielo, Mesh Database e Science Direct, utilizando como palavras chave: “Laser”, “Endodontics”, “Root Canal Treatment”, “Desinfection”, “Apicectomy” e “Photodynamic Therapy”, “Laser em Endodontia”, que foram associadas de múltiplas formas.

Dos 732 artigos encontrados, foram selecionados 54 que correspondiam aos critérios de inclusão por nós estabelecidos, sendo estes a data de publicação entre 2000 e 2012 e nos idiomas inglês e português. Os critérios de exclusão determinados foram artigos pagos, publicados fora do limite de data especificado e noutros idiomas.

Foram ainda consultados 2 trabalhos monográficos e 4 livros.

III. DESENVOLVIMENTO

1. História do Laser

No ano de 1903, Dr. Niels Ryberg Finsen recebeu o Prémio Nobel da Fisiologia e Medicina pela utilização das ondas ultravioletas emitidas da radiação solar no tratamento de pacientes com Lúpus vulgar. Esta foi a primeira vez que foi aplicada uma energia luminosa com finalidades terapêuticas, abrindo assim portas para uma nova área de desenvolvimento das Ciências Médicas (Genovese, 2007).

Em 1890, Plank propõe a teoria Quântica que discute a relação entre a quantidade de energia libertada pelo processo atómico. Com esta teoria como base, Einstein introduz, em 1916, o conceito de transições quânticas de absorção e emissão espontânea e estimulada de energia. Foi este o impulso necessário para a criação do primeiro MASER (**M**icrowave **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation), precursor do Laser, desenvolvido em 1954 pelos norte-americanos Gordon, Zeiger e Townes (George R., 2009).

O primeiro Laser operacional foi construído em 1960 por Theodore Maiman, que utilizou como núcleo central um rubi. Desde esse momento, vários tipos de Laser foram sendo desenvolvidos, utilizando diferentes elementos como núcleo. A palavra LASER é um acrónimo para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Os diversos tipos de Lasers usados em Medicina Dentária são denominados a partir do núcleo que é estimulado, podendo este ser composto por gases e cristais sólidos ou líquidos (Mathew, Thangaraj 2010).

Podemos encontrar Lasers de gás ativo de argónio (Ar) e dióxido de carbono (CO₂). Os semicondutores sólidos são geralmente feitos de metais como o gálio (Ga) e o alumínio (Al), podendo ser adicionados elementos extra como o crómio (Cr), érbio (Er), neodímio (Nd) e hólmio (Ho). (Mathew, Thangaraj 2010).

O primeiro estudo envolvendo o uso da tecnologia Laser em Medicina Dentária pertenceu a Stern e Sogannaes (1964) que aplicaram o Laser de rubi em dentes “*in vitro*” e observaram que este tipo de Laser formava uma cavidade e desenvolvia a fusão entre o esmalte e a dentina. A dentina exposta ao Laser de rubi apresentava cavidades e

O Papel do Laser em Endodontia

tecido queimado, tal como alterações na temperatura dos tecidos irradiados (George R., 2009)

Goldman *et al.* (1965) realizaram a primeira aplicação de Laser de rubi num dente “in vivo” sobre um dente do seu irmão, relatando que o paciente não sentiu dor nem durante nem após o ato operatório. (George R., 2009)

Desde a sua descoberta até à atualidade, os Lasers têm sofrido um grande desenvolvimento tanto a nível de equipamento como na sua aplicabilidade nas diferentes áreas da Medicina Dentária. Diversos estudos continuam a ser realizados de forma a que sejam cada vez mais eficazes como coadjuvantes às técnicas convencionais. (Mathew, Thangaraj 2010).

2. Características fundamentais do Laser

Existem alguns conceitos fundamentais para uma melhor compreensão da aplicação e funcionamento dos Lasers. As ondas eletromagnéticas são perturbações que são transmitidas através do vácuo num determinado meio (gasoso, líquido ou sólido) levando energia de um ponto ao outro. As suas principais características são a frequência, a amplitude e o comprimento de onda. A velocidade de propagação é constante, sendo aproximadamente 300.000 km/s (Niemz, 2003).

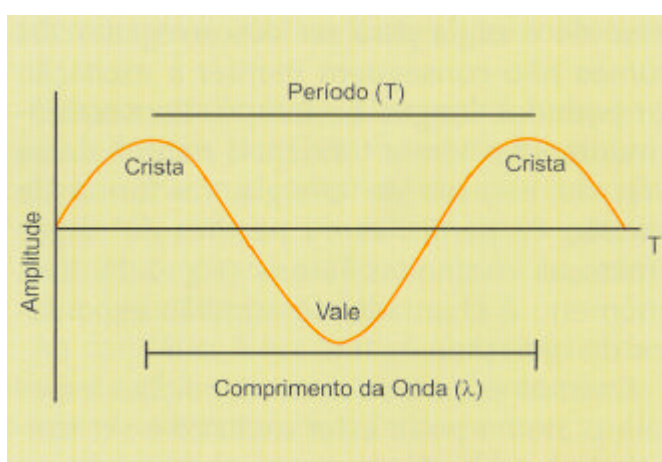


Fig. 1- Onda eletromagnética (Genovese, 2007)

A frequência das ondas eletromagnéticas é medida pelo número de cristas ou ciclos que

O Papel do Laser em Endodontia

passam por um ponto estacionário num segundo e é inversamente proporcional ao seu comprimento, sendo expressa em Hertz (Hz) ou ciclos/pulsos por segundo (pps) (Niemz, 2003).

A amplitude de uma onda eletromagnética é a altura do topo da crista até à parte côncava da onda seguinte, e é a medida que nos indica a sua força. Amplitudes elevadas significam altos índices de energia (Niemz, 2003).

O comprimento de onda é a distância entre duas cristas sucessivas do espectro eletromagnético sendo medido em metros (m), milímetros (mm), micrómetros (μm), angstroms (\AA) ou nanómetros (nm) (Genovese, 2007).

A luz Laser possui propriedades únicas que a diferenciam de outras fontes luminosas sendo estas as seguintes:

- Monocromaticidade: a luz Laser é composta por fótons, todos da mesma cor e com o mesmo comprimento de onda, sendo considerada uma luz pura. Por este motivo, apresenta uma absorção seletiva nos tecidos humanos (Fig. 2) (Genovese, 2007).

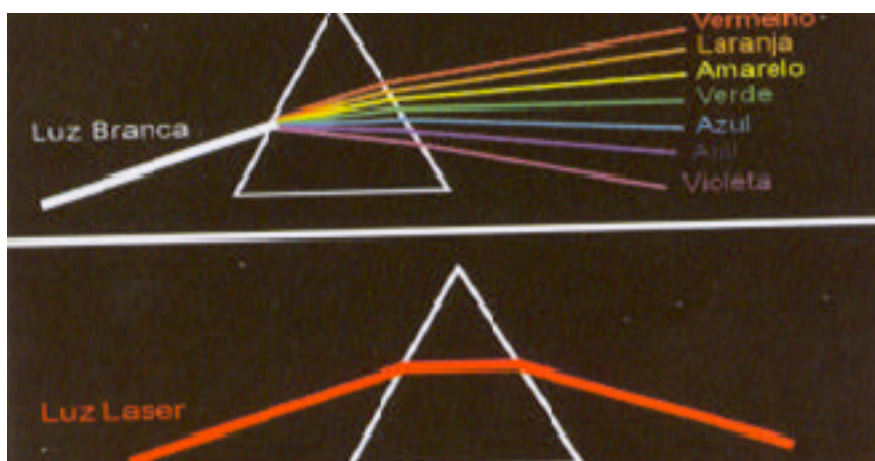


Figura 2 – Decomposição luz branca e monocromaticidade da luz Laser (Genovese 2007)

- Coerência no tempo e no espaço: as ondas viajam ordenadamente em relação ao tempo e suas amplitudes são iguais, mantendo coerência ao longo do tempo e do espaço (Fig. 3) (Genovese, 2007).

O Papel do Laser em Endodontia

- Colimação ou direccionalidade: a luz Laser é unidireccional e paralela ao eixo do tubo que produz este tipo de energia. A pequena divergência permite que, por meio de um sistema de lentes, se possa concentrar toda a energia do laser de forma precisa num ponto focal, obtendo-se maior concentração de energia ou brilho (Fig. 4) (Genovese, 2007).

3. Classificação dos Lasers

Os aparelhos de Laser são constituídos por um meio ativo que pode ser sólido (Rubi), gasoso (é o mais comum, como exemplo o CO₂, He-Ne, Ar), semiconductor (Diodo – AsGaAl, AsGa), semi- sólido (Nd:YAG, Er:YAG, YAP), Excimero (KrF e Cl) ou líquido (rodamine e cumarina) (George R., 2009).

Cada elemento fornece uma variedade diferente de emissões no espectro, que atualmente cobrem a faixa espectral do ultravioleta ao infravermelho. Uma das classificações possíveis prende-se com a forma como o Laser realiza essas emissões, podendo-se distinguir entre Lasers pulsáteis e Lasers contínuos. As suas potências podem variar bastante, desde miliwatts até kilowatts em modo contínuo, podendo chegar a megawatts em modo pulsátil (Niemz, 2003).

Os Lasers também são classificados de acordo com a potência da emissão de radiação podendo assim o Laser ser de alta, média ou baixa potência (Sousa, 2008).

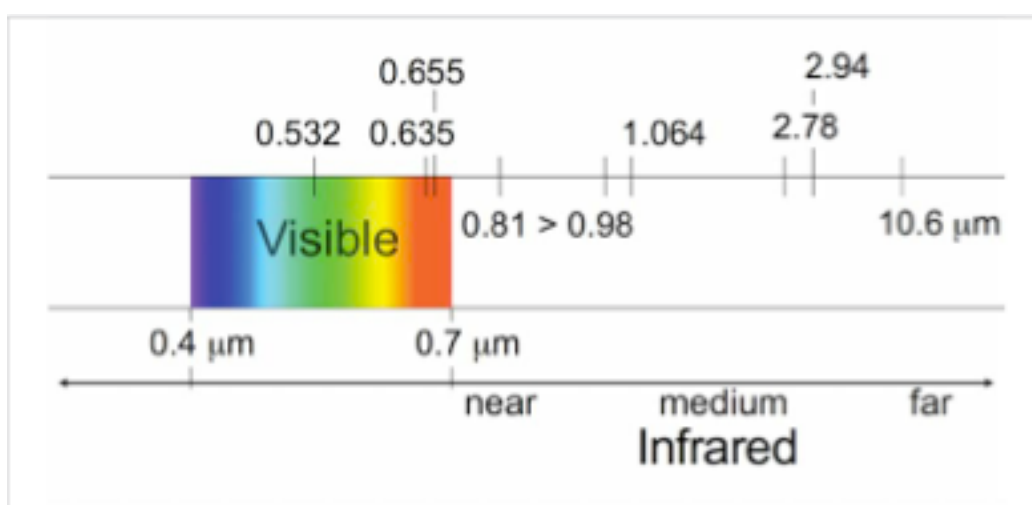


Fig. 3 – Lasers no espectro eletromagnético (Olivi, 2011)

O Papel do Laser em Endodontia

3.1 Laser de alta intensidade (LAI)

O LAI é também conhecido como Laser cirúrgico ou “hard Laser”, emitindo uma radiação de alta potência que apresenta um potencial destrutivo, sendo utilizado para viabilizar cirurgias ou na remoção de tecido cariado. Os principais meios elementos são o Argônio, Excímero, Rubi, Família YAG (ítrio-alumínio-granada) e CO₂ (George R., 2009).

Um dos Lasers de alta intensidade mais utilizados na área da Endodontia é o da família YAG, que trabalha próximo do espectro infravermelho. O transporte do feixe de luz é feito por fibras ópticas e em alguns casos por braços articulados (Laser de alta energia pulsada) (Stabholz, 2004).

Os mais utilizados deste tipo são:

- Nd:YAG: Utiliza os íons de neodímio com comprimento de onda de 1.060 nm e possui boa capacidade de corte, vaporização e coagulação, atuando de forma efetiva na esterilização de canais radiculares. Está situado fora da faixa visível do espectro eletromagnético, na faixa infravermelha e com uma potência que varia entre os 4 e 10 Watts (Bach, 2006).
- Er:YAG: Os íons utilizados são de érbio e apresentam um comprimento de onda de 2.940 nm (Sousa, 2008) e possuem uma grande afinidade para com os tecidos dentários, tendo sido aprovado em 1997 para utilização em Medicina Dentária, sendo as suas indicações na Endodontia a preparação de canais radiculares e apicectomias. A luz Laser em si não interage diretamente, sendo que o processo de ablação é desenvolvido através da energia libertada pela interação da luz Laser e da molécula de água, gerando micro explosões responsáveis pela remoção de pequenas porções de tecido duro. A potência dos aparelhos pode variar de 4 a 12 Watts (Laser pulsado) e o sistema de distribuição é feito através de uma fibra óptica flexível (Schoop et al., 2007).
- Er-Cr-YSGG: O seu λ é de 2780 nm. Apresenta um meio ativo de um cristal

O Papel do Laser em Endodontia

sólido de Ítrio, Escândio, Gálio e Granada que é excitado com érbio e cromo, sendo uma variante do Er:YAG, com comprimento de onda menor. Está situado próximo à faixa do infravermelho e o sistema de entrega é semelhante ao do Er:YAG (Schoop et al., 2007).

- Nd:YAP (Ítrio-Alumínio-Perovisquite): Um cristal sintético serve como hospedeiro aos íons de neodímio, produzindo uma radiação com λ 1.340 nm, sendo excitados por lâmpada de flash. Estes Lasers trabalham no espectro do infravermelho e o transporte do feixe é feito através de fibra óptica de sílica. A sua potência varia entre 5 a 10 Watts (Armengol, Jean, Marion, 2000).
- CO₂ (Dióxido de Carbono): O meio excitado é uma mistura de gases incluindo o N₂ (nitrogênio), He (Hélio) e CO₂ (dióxido de carbono) e sua forma de excitação é por via de uma descarga elétrica. A molécula de CO₂ é excitada pelo choque mecânico dos elétrons com as moléculas de N₂ e He. O comprimento de onda é de 10.600 nm, situando-se na faixa do infravermelho. São Lasers eficientes, de simples manuseamento em virtude do seu baixo consumo e pequena manutenção (Bach, 2006).
- Diodo de alta potência: É um Laser semiconductor em estado sólido que utiliza uma combinação de alumínio, gálio e arsenieto para transformar a energia elétrica em energia luminosa. O comprimento de onda para uso na Medicina Dentária varia entre os 800 e os 980 nm. A distribuição da energia é feita por meio de uma fibra óptica de modo contínuo ou pulsado, sendo aplicado em contato com o tecido. É um instrumento de tamanho reduzido, portátil, compacto e atualmente é um dos Lasers de preço mais baixo no mercado (Bach, 2006).

3.2 Laser de média intensidade (LMI)

Também chamados de Mid-Laser, são radiações emitidas com potências medianas, sem poder destrutivo. Os principais são os Lasers de Hélio-Neônio (He-Ne), Arsenieto de

Gálio (AsGa) (George R., 2009).

3.3 Laser de baixa intensidade (LBI)

Os Lasers de baixa intensidade, também denominados Laser terapêutico ou soft-Laser, emitem radiações de baixas potências, sem potencial destrutivo e possuem uma ação essencialmente fotoquímica de analgesia, anti-inflamatória e bio estimulação tecidual (Genovese, 2007).

Cada vez mais, estes Lasers têm vindo a ser aplicados na Endodontia por também exibirem um potencial poder de desinfecção, particularmente quando em associação com determinados agentes. Entre os Lasers de baixa intensidade encontram-se os Lasers He-Ne (Hélio-Neónio) e díodos do tipo Arsenieto de gálio (AsGa) e Arsenieto de gálio e alumínio (AsGaAl) (Genovese, 2007).

- Laser de Hélio-Neónio (He-Ne): É composto por uma mistura destes dois gases nobres com o predomínio do Hélio (90%) em relação ao neónio (10%), o que possibilita uma radiação visível de coloração vermelha e com um comprimento de onda de 632,8 nm. Este tipo de laser tem mostrado grande poder terapêutico para lesões superficiais e profundas (Genovese, 2007).
- Laser Semicondutor – Diodo – Arsenieto de Gálio (AsGa); Arsenieto de Gálio e Alumínio (AsGaAl); Fosfeto de Índio-Gálio-Alumínio (InGaAlP): O Laser de diodo é uma radiação obtida a partir da estimulação de um diodo semicondutor formado por cristais de arsenieto de gálio, arsenieto de gálio e alumínio e fosfeto de índio-gálio-alumínio. Substâncias semicondutoras são aquelas que, sem serem isolantes, possuem condutividade muito inferior aos metais. Os comprimentos de onda destes Lasers podem variar entre os 635 e 950 nm, consoante os semicondutores (Bach, 2006).

O Papel do Laser em Endodontia



Fig. 4 e 5 – Aparelho de Laser de Díodo; Irradiação com Laser Díodo. (Camargo 2012)

4. Dosimetria e Normas de Segurança para a utilização do Laser

Neves et al. (2005) (*cit in* Sousa, 2008) relataram que a dosimetria consiste na relação entre a energia transmitida por um emissor Laser e a superfície de irradiação do raio de luz, podendo ser expressa em joules por centímetro quadrado (j/cm^2). Esta expressão é utilizada quando se fala em dose de tratamento e tem em conta o tempo (expresso em segundos), a energia em joules e a área em centímetros quadrados, originando o conceito de densidade energética. (Sousa, 2008)

$$\text{Densidade energética} = \text{Energia (j)} / \text{Superfície (cm}^2\text{)}$$

Dado que os Lasers são formas altamente concentradas de energia, as exposições acidentais podem resultar em complicações para o paciente, para o profissional e/ou para o pessoal auxiliar, sendo necessário tomar medidas de segurança antes de utilizar estes aparelhos. Os vários tipos de Lasers possuem normas de segurança preconizadas por fabricantes e pesquisadores, que devem ser rigorosamente observadas para evitar acidentes (Barrows e Grove, 2011).

As áreas mais afetadas pelo Laser são a pele e os olhos. Os efeitos nocivos na pele podem causar pigmentação melânica, levando ao seu envelhecimento, dermatite e

O Papel do Laser em Endodontia

queimaduras. Ao incidirem nos olhos, podem atingir a córnea, o cristalino e a retina e, dependendo do seu comprimento de onda, potência de emissão e intensidade, causam efeitos e danos diferentes, desde conjuntivite e fotofobia a cataratas, trauma da retina e até queimaduras (Barrows e Grove, 2011).

No que diz respeito às normas de segurança, os aparelhos de Laser dividem-se conforme o seu espectro eletromagnético e os seus riscos em provocar lesões oculares, classificando-se em:

- . a) luz visível - pode provocar lesões na retina ;
- .
- . b) infravermelho - pode causar lesões na córnea e cristalino;
- .
- . c) ultravioleta - pode levar a alterações celulares no citoplasma e no núcleo, podendo provocar queimaduras ou cancro (Barrows e Grove, 2011).

Portanto, torna-se indispensável a utilização de óculos de proteção pelo profissional, auxiliar e paciente, sendo que para cada comprimento de onda existe um tipo de óculos de proteção específico (Barrows e Grove, 2011).

Um outro cuidado que se deve tomar quando se utiliza o Laser é o de nunca permitir a entrada de qualquer pessoa no ambiente com o aparelho ligado e em funcionamento, pois o operador pode desviar a sua atenção, provocando um acidente; nas portas de acesso aos ambientes com Laser devem constar sempre avisos sobre o comprimento de onda que está a ser utilizado (Mastis, 2011)

5. Efeitos dos Lasers nos tecidos

A interação dos Lasers com os tecidos rege-se pelas leis da física: a luz pode ser refletida, absorvida, difundida ou transmitida, dependendo das propriedades do tecido (Olivi et al., 2011).

O Papel do Laser em Endodontia

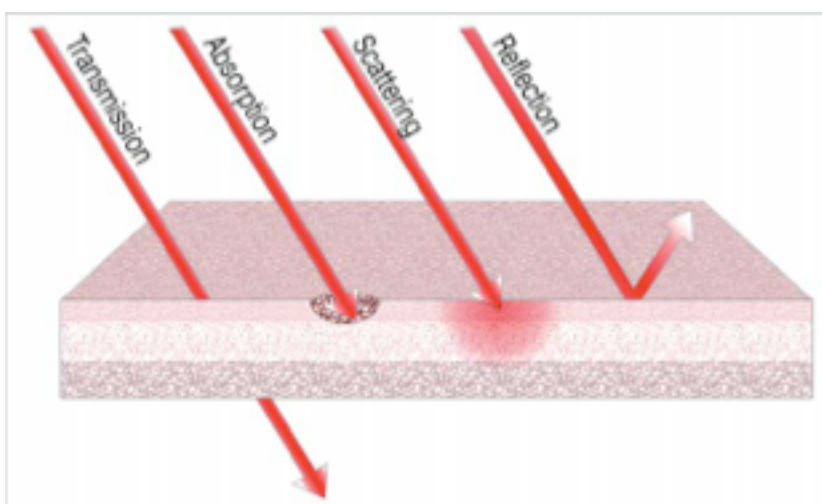


Fig.6 – Interação Laser-Tecidos (Olivi, 2011)

A reflexão consiste no feixe de luz redirecionar-se sozinho ao atingir a superfície do tecido, não surtindo nenhum efeito. Absorção é o fenómeno da energia incidente no tecido com o qual tem afinidade ser absorvida, exercendo os seus efeitos biológicos, sendo desejável que ocorra e dependente das características do tecido. Na difusão a energia incide de forma não uniforme, enfraquecendo á medida que penetra o tecido, tendo os seus efeitos biológicos diminuídos á distância da superfície. Por fim, na transmissão há penetração do tecido pela luz, atravessando-o sem produzir qualquer efeito. (Olivi et al., 2011).

As interações do Laser no tecido alvo, quer por fenómenos de absorção quer de difusão, criam efeitos biológicos que podem ser sumarizados em fotoquímicos, foto térmicos, fotomecânicos e fotelétricos (Niemz 2003).

5.1 Interações Fotoquímicas

O principio básico do processo fotoquímico prende-se pela capacidade dos comprimentos de onda específicos da luz Laser serem absorvidos pelos cromóforos capazes de induzir determinadas reações bioquímicas. Por exemplo, compostos fotossensíveis podem produzir radicais livres de oxigénio quando expostos ao Laser, o que é útil na desinfeção dos canais radiculares como será explicado mais á frente (Mathew, Thangaraj 2010).

O Papel do Laser em Endodontia

5.2 Interações Foto térmicas

Ao ser absorvida pelas substâncias presentes no tecido para o qual tem afinidade, a energia radiante é transformada em energia térmica causando assim o seu efeito no tecido. Estes representam cerca de 80% das aplicações médico-cirúrgicas dos Lasers, sendo eles a hipertermia (45 – 60° C), a coagulação e a volatilização. Em tecidos com elevadas percentagens de água, como os tecidos moles, se elevados a uma temperatura de 100° C podemos observar no tecido um processo designado ablação. Se continuarmos o aumento da temperatura até aos 200° C o tecido é totalmente desidratado e depois queimado, sendo carbonizado e causando um trauma térmico a toda a área circundante (Niemz 2003).

5.3 Interações Fotomecânicas e Foto elétricas

Dentro destas interações podemos encontrar fenómenos de foto disrupção, na qual ocorre uma ruptura do tecido por ação de forças mecânicas e de foto acústica, na qual há formação de ondas de choque que podem promover a quebra de estruturas celulares. Na interação foto elétrica dá-se a foto plasmólise na qual o tecido é removido pela formação de iões e partículas eletricamente carregadas (Niemz 2003).

6. Aplicações clínicas em Endodontia

A primeira vez que foi reportada a utilização de Lasers na área da Endodontia foi em 1971 por Weichman e Johnson ao tentarem selar o foramen apical externamente recorrendo a um laser de CO₂. Desde essa data, tornou-se frequente a procura de aplicação dos lasers na Endodontia, tendo revolucionado alguns aspetos do tratamento convencional (Miglani et al. 2011).

Sendo a Endodontia uma ciência complexa, podemos dividir as áreas de investigação das aplicabilidades do Laser em cinco aspetos: diagnóstico da vitalidade pulpar, recobrimento pulpar, analgesia, Tratamentos Endodônticos Não-Cirúrgicos (instrumentação e desinfecção) e Tratamentos Endodônticos Cirúrgicos (Mathew, Thangaraj 2010).

6.1 Diagnóstico da Vitalidade Pulpar

O correto diagnóstico da patologia pulpar que estamos a tratar é fundamental para o sucesso do tratamento Endodôntico. Os métodos convencionais utilizados passam pela avaliação da história dentária e da dor, provas de percussão, palpação, mobilidade, exame periodontal, exames radiológicos, testes de cavidade e transiluminação. (Cohen, 2007).

Com os avanços tecnológicos, foi desenvolvido por Morikawa et al. em 1971, e posteriormente aplicado à Endodontia por Edwall et al., um aparelho que permite detetar a existência de circulação sanguínea intra pulpar, conhecido como Laser Doppler Flowmeter (Paiva et al. 2007).

O funcionamento deste aparelho consiste em direcionar um raio Laser de baixa energia por uma fibra ótica para a porção coronária do dente sendo que parte da radiação que chega até à polpa coronária é espalhada pelas células sanguíneas em movimento, sofrendo uma alteração do comprimento de onda (efeito Doppler). Esta fração de radiação é coletada por uma outra fibra ótica e produz um sinal de fluxo no ecrã (Cadioli, 2010). Assim sendo, no estabelecimento do diagnóstico de dentes que tenham sofrido traumatismo, a avaliação com este método é mais precoce e confiável do que quando comparada com testes térmicos convencionais (Paiva et al. 2007).

Outro laser utilizado para confirmar a vitalidade pulpar é o Laser Nd:YAG, uma vez que os potenciais efeitos secundários produzidos nos testes térmicos, são menores aos que poderão ocorrer quando utilizado um instrumento de bola aquecido ou gutta-percha. (Matsumoto, 2000).

Foi relatado por Mathew e Thangaraj (2010) que a estimulação com o Laser Nd:YAG também pode ser utilizada para realizar o diagnóstico diferencial de pulpite. Ao estimular uma polpa sã com este Laser (2 W, 20 pps.) a 10 mm do dente, é produzida uma reação dolorosa após 20 a 30 segundos, que cessa imediatamente quando retirado o Laser. Nas mesmas condições de exposição, um dente com pulpite vai apresentar uma dor imediata que persiste durante cerca de 30 segundos após retirado o estímulo. No

O Papel do Laser em Endodontia

entanto, mais estudos são necessários para comprovar esta aplicação clínica. (Mathew e Thangaraj, 2010)

6.2 Recobrimento pulpar

O objetivo do recobrimento pulpar direto consiste na proteção da área exposta de polpa dentária com um material que possibilite a nova formação de tecido mineralizado e preserve a vitalidade e função normal do dente (Pretel, 2008).

Para esse efeito, diversos materiais têm sido sugeridos e experimentados, desde os ionómeros de vidro ao óxido de zinco e eugenol sendo que o mais indicado para esta situação é o hidróxido de cálcio (Pretel, 2008).

Matsumoto et al. (1997) demonstraram que se for aplicada a radiação Laser conjuntamente com o hidróxido de cálcio em situações de exposição pulpar acidental há uma reação anti-inflamatória e evidências histológicas de reparação tecidual, demonstrando que a bio estimulação com luz Laser pode ser útil nestes casos (Paiva 2007).

Vários estudos têm sido feitos para comprovar esta situação. Num estudo de Crisci (2008) foi demonstrado que a utilização de Laser díodo de baixa intensidade obtém uma melhor resposta pulpar, especialmente quando utilizado em associação do hidróxido de cálcio, confirmando os efeitos anti-inflamatórios do Laser.

6.3 Tratamento Endodôntico Não-Cirúrgico

6.3.1 Limpeza e conformação dos canais radiculares

Sabe-se que o sucesso do TENC depende maioritariamente da eliminação dos microrganismos do sistema de canais radiculares conseguida através de uma instrumentação químico-mecânica. No entanto, diversos estudos demonstraram já que a sua remoção total é impossível (Stabholz, 2004).

O Papel do Laser em Endodontia

A smear layer foi primeiramente descrita por McComb e Smith, como sendo uma camada de detritos resultante da instrumentação endodôntica, criando lascas de dentina que são compactadas contra as paredes do canal pelos movimentos (Castelucci, 2005).

É constituída essencialmente por partículas inorgânicas de tecido calcificado e matéria orgânica (restos pulpares vitais ou necróticos e processos odontoblásticos). Pode ser dividida em duas camadas: uma camada superficial, fracamente aderida à camada subjacente e fácil de remover, e uma camada mais profunda, fortemente aderida à dentina e que se projeta para o interior dos túbulos dentinários (Castelucci, 2005).

DiVito et al. (2010) defendem que a remoção e limpeza dos canais é a chave de sucesso para o tratamento e, a menos que os detritos remanescentes sejam eficazmente removidos, pode ocorrer um comprometimento das etapas posteriores, nomeadamente a obturação.

Segundo a tendência verificada na literatura científica atual este tema é cada vez mais debatido verificando-se alguns autores que, inclusive, defendem a não remoção da smear layer, de forma a aumentar ou melhorar a adesividade, ou forças adesivas na obturação Endodôntica (Timpawat, 2001).

Todos os sistemas de instrumentação conhecidos até à data produzem smear layer e deixam restos de detritos ao longo do canal. O uso de ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA) a 17% ou ácido cítrico a 10% tem sido protocolado como auxiliar na remoção destes resíduos mas diversos estudos realçam a sua limitada eficácia no que respeita especialmente as faces internas de canais com uma anatomia complexa (DiVito et al. 2010).

Por outro lado, diferentes estudos têm vindo a demonstrar que mais de 35% das áreas de superfície dos canais permanecem inalteráveis ou intocados pelos instrumentos, após a preparação com técnicas que utilizam instrumentos de Ni-Ti (Stabholz 2003).

Apesar da utilização dos Lasers na Endodontia remontar à década de setenta a sua aceitação tem vindo a ser lenta, especialmente devido aos riscos de lesões térmicas, associadas à elevada energia utilizada. (DiVito et al. 2010).

O Papel do Laser em Endodontia

A utilização do Laser pode ser uma ferramenta poderosa para a eficaz remoção da smear layer durante o TENC. Desde a sua aprovação pela FDA para limpeza e conformação dos canais radiculares, alguns estudos foram surgindo que comprovam a eficácia dos Lasers Er,Cr:YSGG e Er:YAG na preparação e alargamento dos mesmos (Olivi et al. 2011).

Na tentativa de ultrapassar as limitações da instrumentação mecânica, Shoji et al. desenvolveram uma ponta de formato cônico de dispersão lateral para aplicação da luz Laser no canal, emitindo 80% da energia lateralmente e 20% na ponta, testando assim o efeito do Laser Er:YAG no alargamento e debriamento dos canais. Foram utilizados entre 10 a 40 mJ de energia a 10 pps, obtendo no final superfícies dentinárias mais limpas do que com técnicas rotatórias (Shoji et al. 2000).

Num estudo preliminar, Kesler et al. (2002) utilizaram um Laser Er:YAG com uma microsonda de emissão de diâmetro entre os 200 a 400 µm em 28 incisivos centrais de raízes estreitas, recentemente extraídos. Nas observações com o SEM pode verificar-se os canais uniformes, livres de debris e smear layer, túbulos dentinários abertos e diferentes níveis de alargamento ao longo do canal, demonstrando que este Laser tem uma boa capacidade de conformação dos canais, de uma forma mais rápida e eficaz que os sistemas tradicionalmente utilizados (Kesler et al. 2002).

A procura por uma ponta Endodôntica emissora de luz que permitisse chegar a todo o sistema de canais tem sido constante. Stabholz et al. (2003) desenvolveram a Endolase que emite a radiação do Laser Er:YAG lateralmente através de umas espirais que se encontram ao longo da zona de contacto com os canais. Tem a sua extremidade apical selada de modo a prevenir a passagem de radiação além do foramen apical. A análise no SEM de canais instrumentados previamente com sistemas rotatórios e posteriormente com este sistema de aplicação do Laser Er:YAG revelam paredes de canais limpas e livres de smear layer, demonstrando a sua eficácia.

O Laser de Díodo foi testado por Wang et al. (2005) na instrumentação de dentes uni radiculares, *in vitro*, revelando nos resultados a preservação do calibre apical retentivo e

O Papel do Laser em Endodontia

o desaparecimento de resíduos das paredes do canal, deixando desobstruídos os túbulos dentinários.

Num estudo de Matsuoka et al. (2005) concluiu-se que a irradiação com Laser era eficaz apenas em dentes com curvaturas inferiores a 10 graus, ao preparar com Laser Er,Cr:YSGG molares de curvaturas acentuadas, superiores a 10 graus, nos quais se pode observar posteriormente perfurações e transporte dos canais.

Em 2006, Chen apresentou estudos de casos clínicos que haviam sido tratados unicamente com o Laser ErCr:YSGG, o primeiro a receber a aprovação da FDA. O diâmetro das pontas utilizadas esteve entre os 400 e os 200 μm , usadas sucessivamente após a técnica de crown-down e sempre na presença de água, alternando com jactos de ar.

Inamoto et al. (2009) avaliou tridimensionalmente a habilidade de corte e os efeitos morfológicos da radiação do Er:YAG de 30 mJ. Assim sendo, concluiu-se que a velocidade de irradiação é um factor fundamental na ablação da dentina sendo proposta para uso clínico uma constante de 1mm/s e propôs-se a utilização de repetições de 25 pps, sendo que esta última necessita mais estudos que a suportem. Por fim, suporta a eficácia deste Laser na remoção de detritos e smear layer, ressaltando o facto de ser necessário estabelecer ainda sob que condições clínicas o utilizar.

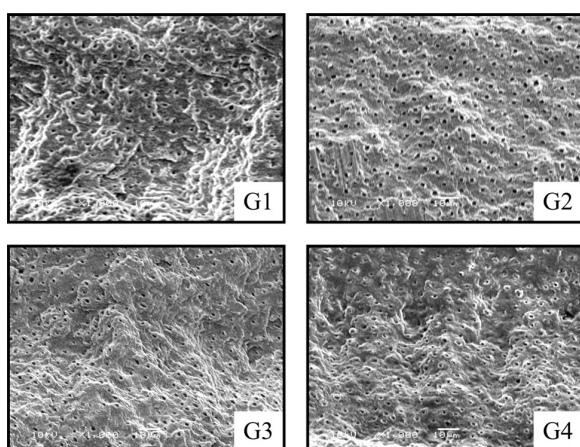


Fig. 7 – Observação no SEM da superfície de dentina irradiada com Er:YAG. Note-se os túbulos dentinários limpos e abertos. (Inamoto et al., 2009)

Também DiVito et al. (2010) demonstra que o Laser Er:YAG é uma potencial e melhorada alternativa no que respeita a limpeza do sistema de canais radiculares de uma forma minimamente invasiva.

O Papel do Laser em Endodontia

Num estudo que visa a utilização do Laser Nd:YAG na preparação endodôntica, Moogi e Rao (2010) descrevem a formação de plasma proveniente da ionização das moléculas, transformando essas zonas de dentina num gás ionizado, responsável pela ausência de detritos na superfície das paredes ao serem analisadas.

Uma das principais questões aquando da utilização dos Lasers para a preparação dos canais prende-se com o aumento de temperatura associado e a possibilidade de ocorrerem danos irreversíveis nas paredes dentinárias. Os efeitos morfológicos do Laser nas paredes radiculares têm vindo a ser descritos como efeitos colaterais da limpeza e descontaminação dos canais com diferentes tipos de Lasers. Quando utilizados a seco, tanto os de baixa como média intensidade produzem efeitos térmicos característicos indesejáveis como queimaduras, degraus e transporte dos canais (Olivi et al. 2011).

A água presente nas soluções irrigadoras limita a interação térmica entre o Laser e as paredes dentinárias. A morfologia produzida após irrigação com NaOCl e clorohexidina é de túbulos fechados e presença de smear layer, tendo-se obtido os melhores resultados ao nível das paredes quando utilizado o Laser juntamente com EDTA, com superfícies limpas e sem vestígios de danos térmicos (Olivi et al. 2011).

Como conclusão dos seus estudos, Yamazaki et al. (2001) e Kimura (2002) afirmam que a presença de água é fundamental para evitar lesões térmicas especialmente nos Lasers de érbio.

George et al.(2008) publicou o primeiro estudo que demonstra a capacidade dos Lasers de potenciarem a ação dos agentes irrigadores. examinou a capacidade de pontas com fibras ópticas de forma cónica com emissões laterais na remoção de camadas espessas de smear layer, propositadamente criadas para o efeito. Utilizou os Lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG, que não revelaram qualquer diferença entre si. A ação da luz Laser potenciou a atuação do EDTAC utilizado, obtendo assim uma remoção total da smear layer e demonstrou-se que as fibras cónicas obtêm uma melhor ação do que as lisas. Por outro lado, Peeters e Suardita (2011) obtiveram canais totalmente livres de detritos até ao ápice com a utilização de fibras ópticas lisas que produziam a cavitação do EDTA, em dentes com canais rectos.

O Papel do Laser em Endodontia

Segundo De Moore et al. (2010) a emissão unidirecional da luz Laser é a outra desvantagem significativa pois não permite a remoção a 100% de smear layer de todas as superfícies e as alternativas encontradas necessitam ainda alguma investigação antes de poderem ser utilizadas clinicamente, propondo também como melhor alternativa a irrigação ativada por Lasers.

A irrigação ativada por Laser (LAI) baseia-se no conceito de cavitação, ou seja, consiste na interação dos líquidos com ondas mecânicas, que produzem bolhas de vapor, sofrendo uma expansão volumétrica e aumento de pressão. No que concerne à remoção da smear-layer, esta técnica realizada com Lasers de érbio aparenta ser eficaz, obtendo no entanto os mesmo efeitos que a irrigação ultrassônica, sendo apenas mais rápida (De Moore et al. 2010).

De Groot et al. (2009) também confirma a eficácia da LAI e os seus melhores resultados quando comparada com a irrigação ultrassônica passiva e irrigação manual, salientando o conceito de circulação de fluxo devido ao colapso das moléculas de água presentes nos irrigantes.

No estudo de Wang et al. (2005) constata-se que uma das principais preocupações na utilização do Laser é o sobreaquecimento do osso alveolar e tecidos circundantes. De acordo com Eriksson (cit in Wang et al., 2005) a temperatura mínima á qual o osso demonstra sensibilidade ao calor é cerca de 47°C, o que representa aproximadamente um aumento de 10°C por minuto. Acima dos 53° ocorre necrose óssea. Neste estudo, o aumento de temperatura máximo atingido com a utilização do Laser diodo foi de 8,1°C, abaixo do limite que causa danos aos tecidos e sugerindo assim que este Laser poderá ser útil na realização do TENC.

Os Lasers de diodo com comprimentos de onda de 940 e 980 nm são também eficazes na indução de bolhas de cavitação em água e peróxido de hidrogénio, tendo um elevado potencial na remoção da smear layer. No entanto são necessários mais estudos para explorar a sua eficácia e segurança (Hmud et al., 2010).

O Papel do Laser em Endodontia

DiVito et al. (2011), realizaram um estudo no qual foi utilizada a ponta do Laser Er:YAG de baixa energia e pulso curto apenas dentro da porção coronal do sistema de canais em sinergia com o EDTA obteve-se um efeito melhorado e sem efeitos térmicos prejudiciais. Ao analisar no SEM, a superfície da dentina e suas matrizes de colagénio e hidroxiapatite aparecem essencialmente intactas e limpas. Os autores postulam que a camada de detritos e smear layer não foi removida por vaporização térmica mas sim a partir do fluido de irrigação ativado através do laser. Propõem para descrever este fenómeno a sigla PIPS (Photon-Induced Photoacoustic Streaming), ou seja, fluxo de fótons induzido por foto-acústica. Estes resultados aparentam ser bastante promissores, estando a ser cuidadosamente investigados (DiVito et al., 2011).

Num estudo de Radatti et al. (2006) foi demonstrado que canais tratados com o Laser Er,Cr:YSGG apresentavam mais detritos que os instrumentados com limas de níquel-titânio. Além disso, estes instrumentos aparentavam ser mais eficazes uma vez que a instrumentação através do uso de Lasers requeria o dobro do tempo para ser efectuada.

Outros problemas como a criação de degraus entre outras irregularidades nas paredes dentinárias levaram ao bloqueio de alguns canais submetidos ao Laser, enquanto que a anatomia dos canais nos quais foram utilizados instrumentos rotatórios permaneceu intacta. Assim, estes autores sugerem a utilização dos Lasers apenas como coadjuvante aos instrumentos mecanizados (Radatti et al., 2006).

6.3.2 Desinfecção

A eliminação da microbiologia patogénica existente no sistema de canais radiculares é um dos principais objectivos do TENC. À proliferação microbiana é atualmente atribuído um papel fundamental no desenvolvimento de patologias pulpo-periradiculares como necroses pulpares e lesões periapicais (Garcez, et al. 2008).

As infecções endodônticas distinguem-se entre primárias e secundárias, ou persistentes, consoante as suas características e as bactérias que as promovem. Uma infecção endodôntica primária é geralmente polimicrobiana, predominando as bactérias

O Papel do Laser em Endodontia

anaeróbias gram negativas, tais como as pertencentes aos géneros *Fusobacterium*, *Phorphyromonas*, *Prevotella* e *Campylobacter* (Chávez, 2007).

Por sua vez, uma infecção endodôntica persistente pode dever-se à contaminação dos canais durante o decorrer, ou entre sessões, do tratamento; ser associada a procedimentos de desinfecção dos canais radiculares insuficientes durante a preparação biomecânica, ou ainda causada por um deficiente selamento coronal após a finalização do TENC. Assim, estas infecções são geralmente caracterizadas pela presença de bactérias resistentes e persistentes, que não foram possíveis de eliminar com os procedimentos de desinfecção e descontaminação habitualmente realizados durante o TENC (Siqueira, Rôças 2009). As bactérias presentes nestas condições são por sua vez gram positivas anaeróbias facultativas, predominando os *Enterococcus*, *Actinomyces*, *Eubacterium* e *Pseudoramibacter* (Chávez, 2007).

Zenhder (*cit. in* Young, 2007) sugere como protocolo de irrigação durante a preparação biomecânica o uso copioso do NaOCl e, uma vez terminado o preparo, a utilização de 5-10 ml de um agente quelante, EDTA ou ácido cítrico, deixado no canal por um minuto. Após a remoção da *smear layer*, a irrigação final deve ser realizada de novo com NaOCl. Um preparo radicular de maior conicidade e uma irrigação frequente e abundante com substâncias antimicrobianas maximizam a eficácia da preparação químico-mecânica. No entanto, apesar das técnicas de instrumentação e protocolos de irrigação utilizados, a maioria dos canais ainda apresenta bactérias viáveis no momento da obturação, o que confirma a falha na penetração e contacto de instrumentos e irrigantes em certas áreas do SCR (Young, 2007).

Uma das bactérias mais frequentemente associada às infecções endodônticas persistentes é o *E. faecalis*, uma espécie bacteriana gram-positiva anaeróbia facultativa (Siqueira, Rôças 2009). Esta bactéria é dotada de uma série de mecanismos e características que lhe garantem a capacidade de subsistir em condições impossíveis para outras bactérias, conferindo-lhe assim uma maior resistência às defesas do organismo bem como às tentativas de eliminação (Chávez, 2007).

A característica mais importante do *E. Faecalis* prende-se com os seus factores de sobrevivência, que lhe permite resistir e persistir no SCR. Igualmente importantes são

O Papel do Laser em Endodontia

também os seus factores de resistencia, tornando esta bactéria altamente resistente aos meios convencionais que visam a sua eliminação (Haapasalo, 2005).

A principal aplicação do Laser Nd:YAG na Endodontia centra-se na eliminação de microrganismos do SCR (Camargo, 2012). Rooney, J.; Midda, M.; Leeming, J. 1994 (*cit in.* Stabholz 2004) demonstraram a propriedade antibacteriana do Laser de Nd:YAG, para além da atividade de limpeza do canal radicular, tornando o seu uso potencialmente promissor na área da desinfecção Endodôntica.

Ainda em 1994, Hardee et al. (*cit in.* Kimura, Wilder-Smith e Matsumoto, 2000) avaliaram o poder bactericida da irradiação intracanal do Laser de Nd:YAG com os parâmetros de 3W, tempo de irradiação de 1 e 2 minutos através de uma fibra de 320 µm no sentido do ápice para a coronal, comparando-o à solução de NaOCl a 0,5%. Os autores utilizaram no seu estudo espora de *Bacillus stearothermophilus*. Apesar da redução das colónias, em nenhum grupo ocorreu a esterilização dos canais radiculares.

Moshonov et al. 1995 (*cit in.* Haapasalo, 2005) analisaram o poder antimicrobiano do Laser de Nd:YAG de 4,5 W de potência comparativamente ao NaOCl a 1,0%, utilizando uma cultura de *E. faecalis*. Enquanto que o Laser reduziu significativamente o número de bactérias, a irrigação com hipoclorito de sódio proporcionou a eficaz desinfecção dos canais.

Fegan e Steiman 1995 (*cit in.* Stabholz, 2004), utilizaram *Bacillus stearothermophilus*, para avaliar a eficácia do laser de Nd:YAG de 3 W, 20 Hz, durante 1 minuto, em canais preenchidos com água destilada ou NaOCl a 5,25%. Os resultados demonstraram que nos grupos que utilizaram NaOCl no preenchimento dos canais a eliminação do bacilo foi bem sucedida e que o laser de Nd:YAG foi eficaz na inibição do seu crescimento.

Gutknecht et al. 1996 (*cit in.* Stabholz, 2004), realizaram a irradiação da bactéria Gram-positiva *E. faecalis*, em dentes extraídos, com laser pulsado de Nd:YAG de potência máxima de 10 W. Durante a irradiação os autores utilizaram 15 Hz, 100 mJ, 1,5 W, quatro vezes, durante 10 segundos em cada, obtendo como resultado médio 99,91% de eliminação de microrganismos.

O Papel do Laser em Endodontia

Conforme referido anteriormente, uma das características do *E. Faecalis* é a sua capacidade de permanecer dentro dos túbulos dentinários. Kolnick (2010) refere que podem ser encontradas colónias desta bactéria até 1000 µm de profundidade na dentina intratubular. Os irrigantes como o hipoclorito de sódio apresentam um efeito limitado perante estas bactérias, tendo uma penetração de apenas 100 µm na dentina. (Kolnick, 2010).

Diversos estudos têm vindo a ser realizados, conseguindo melhorar o efeito de penetração do NaOCL através do aumento da temperatura, concentração e tempo de exposição. Zou et al. (2010) obteve um resultado de 300 µm de penetração do NaOCL na dentina intratubular com uma concentração de 6% durante 20 minutos a 45°C. (Zou et al., 2010).

Vários investigadores desenvolveram diferentes modelos *in vitro* que pretendem simular os organismos presentes em dentes não-vitais. Em suma, a irradiação com Nd: YAG possui um efeito antibacteriano na dentina a uma profundidade de 1000 µm, eficaz contra as seguintes espécies: *Bacillus stearotherophilus*, *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Prevotella intermedia* e também *Enterococcus faecallis*. (Camargo, 2012)

Modelos histológicos foram também desenvolvidos a fim de avaliar a resposta dos tecidos periapicais após a aplicação deste Laser. Maresca et al., 1996 (cit in. Camargo 2012) utilizou em dentes humanos indicados para cirurgia apical a irradiação com Nd: YAG 100mJ/ 30 pps (pulsos por segundo) durante 30 segundos, demonstrando ser seguro quer para os tecidos circundantes como para a raiz. Koba et al. (1999) analisou da resposta inflamatória após o uso do Nd: YAG em cães com 1 e 2 W obtendo uma redução significativa quatro e oito semanas após o tratamento, comparativamente com o grupo não irradiado. (Camargo, 2012)

Estudos clínicos publicados na literatura confirmam os benefícios da irradiação intracanal com Laser de Nd: YAG. Em 1993, Eduardo et al. (cit in Camargo, 2012) publicaram um caso de sucesso clínico em que, associando o tratamento endodôntico convencional com o uso do laser Nd: YAG em casos de retratamento, periodontite apical, abscesso agudo e perfuração se obteve, clínica e radiograficamente, cura completa após seis meses (Camargo, 2012).

O Papel do Laser em Endodontia

Os Lasers díodo de alta intensidade têm sido testados com efeitos promissores no que respeita à desinfecção canalar, nomeadamente devido as suas propriedades e baixo custo, quando comparado a outros lasers utilizados na medicina dentária (De Souza et al., 2008).

Segundo De Souza et al., este Laser reduz a permeabilidade dentinária apesar de não apresentar o efeito do laser Nd:YAG ao nível das paredes de dentina.

Quando utilizado para as superfícies canulares com túbulos dentinários fechados, foram observadas alterações morfológicas na parte apical da raiz após a irradiação com Laser díodo, indicando fusão e recristalização. Em geral, perto dos comprimentos de onda infravermelhos, como 1064 nm e 980 nm, promove-se a fusão e recristalização da superfície da dentina, fechando os túbulos dentinários. (Camargo, 2012)

O consenso aparente é que o Laser de díodo tem um potencial efeito antibacteriano, mesmo na eliminação do *E. Faecalis*. Estudos demonstram que geralmente este efeito está diretamente relacionado com a quantidade de energia fornecida (Camargo, 2012).

Num estudo comparativo desenhado por Gutknecht et al. (1997) (*cit in*. Camargo, 2012), um Laser de díodo de 810 nm foi capaz de reduzir a contaminação por bactérias até 88,38%. Um Laser de díodo de 980 nm tem um efeito antibacteriano eficiente em canais contaminados com *Enterococcus faecalis* em média de 77 a 97%, sendo a sua eficiência diretamente relacionada com a quantidade de energia fornecida e a espessura de dentina presente.

Em 1999, Mehl et al. (*cit in*. Stabholz, 2004) investigaram o efeito bactericida do Laser de Er:YAG nos canais radiculares. Utilizaram para o efeito 50 mJ de energia, 10 Hz de frequência, durante 15 ou 60 segundos. Os resultados demonstraram que o grupo com 60 segundos apresentou melhores resultados do que o grupo irradiado por 15 segundos, confirmando que o Laser Er:YAG apresenta capacidades antimicrobianas muito eficazes consoante o tempo de irradiação.

Moritz et al.1999 (*cit in*. Camargo 2012) compararam a efetividade bacteriana intracanal dos lasers de Nd:YAG, Ho:YAG e Er:YAG inoculando *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis* em lâminas de dentina e irradiando as amostras com os diferentes

O Papel do Laser em Endodontia

lasers. A população bacteriana diminuiu com o uso dos três diferentes comprimentos de onda. Com potência média de 1,5 W, os melhores resultados obtidos foram de 99,64% de redução bacteriana com o Laser de Er:YAG, seguido pelo Laser de Nd:YAG (99,16%) e pelo Laser de Ho:YAG (99,05%).

Moritz et al. (2000) avaliaram o efeito específico da irradiação na dentina em bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, levando em consideração a sua estrutura celular. Amostras de dentina estéril e de tamanho padronizado foram divididas em duas partes, sendo a primeira inoculada com a bactéria Gram-negativa *E. coli* e a segunda, com a bactéria Gram-positiva *E. faecalis*. As amostras foram irradiadas no lado livre de bactérias em contato com a fibra de Nd:YAG e posteriormente desidratadas e analisadas sob microscopia eletrônica. Os resultados obtidos demonstraram diferentes efeitos da irradiação do Laser nos representantes dos dois principais grupos de bactérias, constatando-se que a constituição da parede celular é crucial na sensibilidade para estes tratamentos.

Num trabalho publicado em 2007, Schoop et al. avaliaram os efeitos morfológicos, bactericidas e térmicos do Laser ErCr:YSGG de pontas com dispersão lateral num estudo *ex vivo*. A eliminação de bactérias da família *E. coli* foi completa em todas as amostras quando irradiados os dentes a uma potência de 0.9W enquanto que os dentes colonizados com *E. Faecalis* e irradiados com a mesma potência apresentaram um resultado ligeiramente inferior quando comparado com a irradiação com pontas convencionais de 300 µm de diâmetro (Schoop et al., 2007)

Tem vindo a ser abordado na literatura que a necessidade de tirar partido dos efeitos térmicos do Laser para uma eficaz erradicação das bactérias resulta geralmente em alterações que podem ser nefastas para os tecidos vitais vivos. Particularmente aquando da utilização de Lasers de grandes potências, sabendo-se que a potência de emissão da radiação tem efeitos térmicos associados, podem ocorrer lesões no periodonto, fusão do cimento, anquilose radicular, absorção radicular ou até necrose dos tecidos periradiculares (Bergmans et al., 2008).

Desta forma, torna-se importante considerar os melhores parâmetros na utilização da tecnologia Laser e explorar novas técnicas que permitam a redução do efeitos

indesejáveis (Olivi et al. 2011).

6.3.2.1 Terapia Fotodinâmica

Uma de várias metodologias de emprego dos Lasers para erradicar os microrganismos do SCR é da Terapia Fotodinâmica. Esta, pode ser definida como sendo “um método de desinfetar ou esterilizar um tecido duro ou parte do tecido mole por aplicação tópica de um composto de fotosensibilização para o local, seguindo-se da irradiação com luz Laser de comprimento de onda absorvido pelo composto usado, destruindo os microrganismos aí presentes” (Hamblin e Hasan 2004).

Quando comparada esta técnica com a irradiação direta com Laser, os Lasers de baixa potência utilizados para conduzir as reações fotoquímicas parecem reduzir a tendência da energia laser direta para causar fissuras, formação de degraus e carbonização das paredes dentinários do canal radicular (Anic et al., 1998 *cit in*. Stabholz 2004).

As reações fotoquímicas resultantes da interação entre a absorção da luz pelo composto fotosensibilizante fazem com que esta seja elevada a um estado de alta energia, conduzindo à transferência de energia para uma molécula de oxigénio, podendo levar à formação de radicais livres de oxigénio ou reagir com o oxigénio molecular criando espécies de oxigénio secundárias reativas como o dioxigénio singuleto e o peróxido de hidrogénio, que são altamente letais para praticamente todas as espécies de bactérias que estão presentes na cavidade oral (Souza et al. 2010).

A fonte de Laser mais utilizada nesta técnica geralmente emite luz espectral vermelha. Enquanto a energia do Laser de baixa potência, por si só geralmente não é suficiente para eliminar todas as bactérias, determinadas bactérias Gram-negativas anaeróbias podem ser particularmente sensíveis à luz Laser emitida nos comprimentos de onda média vermelhos (Lee et al., 2004). Esta técnica tem o potencial de ser altamente eficaz na erradicação das bactérias em infecções endodônticas primárias.

A predominância de espécies anaeróbias estritas como *Fusobacterium*, *Prevotella*, e *Phorphyromonas* nestas torna possível a sua eliminação uma vez que as bactérias Gram-negativas anaeróbias, quer obrigatórias, quer facultativas, são extremamente

O Papel do Laser em Endodontia

sensíveis aos efeitos tóxicos de compostos de oxigénio (Lee et al., 2004). Embora eficaz contra bactérias Gram-negativas, as bactérias Gram-positivas parecem não ser tão vulneráveis a este tipo de desinfeção, uma vez que a maioria das espécies não possuem compostos fotosensibilizantes endógenos, tornando-os muito resistentes à aplicação isolada desta luz. O uso de um corante fotosensibilizante adequado, permitiria matar a maior parte, se não todos, espécies de bactérias, desde que ocorra a ligação às membranas celulares das bactérias (Silbert et al., 2000).

Alguns fotosensibilizadores, como o azul de toluidina (AT) e o azul de metileno (AM), têm sido testados ao longo dos últimos anos, em associação com Lasers de baixa intensidade com o objectivo de promover o efeito bactericida (Garcez *et al.*, 2008a).

Estes fotosensibilizadores são corantes fenotiazínicos que têm uma absorção de comprimento de onda máximo de 656nm (AM) e 625nm (AT). Porém, a eficácia antibacteriana da terapia fotodinâmica também pode depender da concentração do fotosensibilizador (Souza *et al.*, 2010). A concentração necessária do fotosensibilizador para eliminar microrganismos, depende dos parâmetros de irradiação e do género de bactérias. Normalmente, as concentrações dos fotosensibilizadores variam de 5-200 mol / L, dependendo da susceptibilidade das bactérias e das condições de irradiação (Garcez *et al.*, 2008a).

No entanto, a eficácia desta técnica pode ser limitada contra bactérias que persistem no interior dos canais radiculares após o TENC podendo levar ao insucesso da terapia endodôntica. Embora haja estudos que nos demonstrem que a adição de um fotosensibilizante pode tornar até as bactérias mais resistentes, susceptíveis à terapia fotodinâmica, estas devem estar em contacto direto com o corante, de modo a permitir a ligação do corante às suas membranas. Tal facto nem sempre pode ser garantido devido à complexa anatomia do SCR (Lee et al. , 2004). A presença de bolhas no interior da solução de corante fotosensibilizante podem também interferir com a ligação às membranas de células bacterianas (Lee et al., 2004).

Num estudo *in vivo*, Garcez et al. (2008b) utilizaram uma fibra óptica para fazer chegar a energia do Laser de diodo utilizado (660 nm de luz com total de 40 W) ao lúmen dos canais radiculares, obtendo resultados muito satisfatórios e superiores ao de alguns

O Papel do Laser em Endodontia

estudos *in vitro* no que respeita à eliminação de *E. Faecalis*. Como explicação para estes resultados propõe o uso da fibra óptica que proporciona uma distribuição mais homogênea da luz dentro do canal, garantido uma melhor foto-reação bem como a aplicação desta com uma técnica de movimentos helicoidais. (Garcez et al. 2008b).

Por outro lado, Souza et al. (2010), ao avaliar os efeitos antibacterianos da TFD como suplemento à instrumentação e irrigação de canais infectados com *E. faecalis*, não obteve resultados estatisticamente significativos no que respeita à desinfecção.

Martins L.F. (2012) demonstrou que, quando empregues em associação, o NaOCl pode ser utilizado em concentrações mais reduzidas (0,5%) e o Laser em potências mais baixas (2W) sem qualquer comprometimento do seu efeito bactericida e sem a utilização de corantes fotosensibilizadores. Este protocolo, quando utilizado, visa uma grande melhoria no que respeita à biosegurança, quer para o clínico como para o paciente, durante a consulta de Endodontia além de evitar os efeitos secundários produzidos pelas substâncias fotosensibilizadoras como, por exemplo, a coloração dentária (Martins L.F., 2012).

Mais estudos e possivelmente alguns ajustes terão de ser efectuados aos protocolos de TFD antes de se proceder a recomendações clínicas para a sua utilização (Camargo, 2012).

6.3.3 Obturação

Relativamente à obturação dos canais radiculares, diversos estudos têm analisado a influência do uso dos aparelhos de Lasers sobre a qualidade do selamento e sobre a adesividade dos materiais endodônticos obturadores (Paiva, 2007).

Sousa-Neto et al. (2000) avaliaram “*in vitro*” o efeito da irradiação do Laser de Er:YAG sobre a dentina, tendo em consideração a adesividade de diferentes cimentos obturadores, mostrando que a utilização de cimentos à base de óxido de zinco e eugenol sobre a dentina, tratada ou não com Laser, não apresentava diferença estatística significativa no que respeita à adesão. Por outro lado, os resultados mostraram que a aplicação do Laser Er:YAG na dentina aumentou a adesão dos cimentos obturadores à

O Papel do Laser em Endodontia

base de resina epóxica (Sousa-Neto et al. 2000).

Pécora (2001) avaliaram a adesividade de seis cimentos à base de resina epóxica em canais submetidos a irradiação com Laser Er:YAG. Os resultados obtidos sugeriram que, nos canais submetidos à irradiação a adesividade dos cimentos foi superior aos que haviam sido tratados apenas com a utilização de EDTAC.

Wang et al. (2005) concluíram que o Laser díodo com 980 nm de comprimento de onda era eficaz na redução da microinfiltração apical após obturação num estudo *in vitro*.

Em 2006, Medina et al. realizaram um estudo *in vitro* cujo objectivo era a avaliação do selamento apical nos canais submetidos a irradiação com Laser Er:YAG, concluindo que a sua aplicação não é eficaz na prevenção da microinfiltração apical.

6.3.4 Retratamentos e Remoção de Obstáculos

A utilização dos Lasers tem vindo a ser testada na remoção de obturadores endodônticos como o óxido de zinco e a gutta-percha.

Suda et al. (2003) demonstrou pela primeira vez a eficácia do Nd:YAG na remoção de gutta-percha e obstruções dos canais tal como espigões e postes. No entanto, no que diz respeito a limas fracturadas o Laser não se apresentou com resultados totalmente satisfatórios pela dificuldade de manipulação do laser na porção apical. (Suda et al., 2003).

Em 2010, Tachinami e Katsuumi avaliaram a eficácia do Laser Er:YAG na realização de retratamentos, concluindo que, com uma energia de 40 mJ, a remoção do material obturador (gutta-percha) foi eficaz, sem ocorrência de perfurações ou excessiva ablação de dentina.

Segundo a literatura atual, a remoção de materiais obturadores com Lasers pulsados Nd:YAG, Er:YAG e Er,Cr:YSGG é simples e eficaz bem como a remoção de espigões ou limas fracturadas em dentes pouco curvados e com canais amplos. Em canais com curvaturas acentuadas foram descritos alguns casos em que a ponta do Laser causou a perfuração da parede do canal (Mathew e Thangaraj, 2010).

O Papel do Laser em Endodontia

6.4 Tratamento Endodôntico Cirúrgico

O objectivo da cirurgia endodôntica é o de eliminar a patologia apical e prevenir a sua reincidência, sendo apenas considerada quando um melhor resultado não consegue ser obtido através do tratamento não cirúrgico (Cohen, 2007)

O extravasamento de irrigantes do SCR para os tecidos periapicais é considerado uma das causas principais de insucesso da apicectomia e obturação retrógrada, assumindo-se que estes penetram por entre o material obturador e a dentina (Stabholz et al., 2004). Outro motivo é a permeabilidade da dentina exposta pela apicectomia, que permite a contaminação bacteriana. Consequentemente, têm vindo a ser estudadas várias formas de melhorar a adaptação dos materiais á dentina (Mathew e Thangaraj 2010).

As vantagens da aplicação do Laser nestes procedimentos passam pela maior capacidade de precisão no corte, esterilização do campo cirúrgico, coagulação, vaporização e a redução do desconforto e dor pós-operatória (Pozza, 2005).

Em 1998, Miserendino (*cit in.* Stabholz et al., 2004) mostrou a recristalização da dentina na porção apical em dentes extraídos, com a aplicação de Laser de CO₂ diminuindo a permeabilidade dentinária. No entanto, num estudo *in vivo*, o uso deste laser não melhorou a taxa de sucesso pós-operatória (Stabholz et al. 2004).

Estudos *in vitro* têm vindo a demonstrar que o Laser Nd:YAG reduz a penetração de bactérias pelas raízes dissecadas. Apesar das análises no SEM revelarem recristalização e solidificação do tecido duro após aplicação do laser, estas alterações não se apresentaram uniformes, pensando-se ser a causa pela qual a permeabilidade dentinária ficar diminuída mas não totalmente evitada (Stabholz et al., 2004).

A utilização do Laser Er:YAG na preparação de cavidades para obturação retrógrada não obteve qualquer diferença quando comparadas com outras, preparadas com ultrassons, uma vez que este Laser não é eficaz no selamento dos túbulos dentinários (Stabholz et al. 2004).

O Papel do Laser em Endodontia

Segundo Karlovic et al. (2005), preparações de cavidades para obturação retrógrada realizadas com Laser Er:YAG equipado com tecnologia VSP obtiveram melhores resultados que as preparações com ultrassons quando comparada a microinfiltração. Esta tecnologia permite um controlo electrónico da duração das pulsações e amplitudes do Laser, potenciando pulsações muito curtas que melhoram a eficácia da ablação dos tecidos duros.

Pozza et al. (2005) demonstraram que os Lasers Er:YAG e CO₂ requerem apenas mais alguns segundos na realização de apicectomias que as técnicas convencionais que utilizam brocas diamantadas, constatando que os três métodos promovem o corte apical com rapidez e eficácia, porém de maneiras próprias e diferenciadas. O Laser Er:YAG corta a dentina por foto-ablação por micro- explosões; o Laser CO₂, por meio de foto-ablação por vaporização tecidual; e a ponta diamantada por desgaste da dentina. Assim sendo, a escolha do método de corte utilizado nestas cirurgias deve basear-se na experiência profissional e nas facilidades de disponibilidade dos equipamentos.

Lesões periapicais com imagens radiográficas de tamanhos variados foram tratadas cirurgicamente, com o auxílio do Laser CO₂, obtendo-se uma taxa de sucesso de 98% tendo em conta a formação óssea no local pelo aumento da radiopacidade e a ausência de sintomatologia clínica, avaliadas após 2 e 6 meses (Pozza et al. 2005).

7. Benefícios dos Lasers

Como tem vindo a ser descrito, são várias as vantagens da utilização de aparelhos de laser como adjuvantes nos tratamentos endodônticos. Mathew e Thangaraj (2010) descrevem como principais a seletividade para os tecidos dentários e precisão durante o tratamento bem como a diminuição considerável de patógenos orais no campo cirúrgico, a melhor hemostasia e ainda a diminuição da sensação dolorosa para o paciente.

Uma vez que os principais insucessos do TENC resultam da permanência de bactérias nos canais radiculares, uma das principais vantagens da utilização dos Lasers é a desinfecção por estes conseguida, bem como a melhor limpeza e remoção de smear layer, permitindo que as paredes dentinárias fiquem lisas e uniformes em menos tempo que na instrumentação convencional (Stabholz, 2004; Paiva, 2007; Gutknecht 2008; Olivi et al., 2011; Camargo, 2012).

A redução da permeabilidade e microinfiltração apical também têm vindo a ser apontadas como um dos benefícios da utilização destes instrumentos. A redução ou mesmo eliminação do uso de solventes tóxicos nos tratamentos endodônticos é também uma das principais vantagens quer para o paciente quer para o Médico-Dentista (Gutknecht, 2008).

O Papel do Laser em Endodontia

8. Desvantagens dos Lasers

São ainda muitos os inconvenientes da utilização dos Lasers na área da Endodontia. Um dos principais encontra-se no preço elevado do aparelho e a necessidade do operador possuir alguns conhecimentos específicos para a sua correta utilização, que requerem geralmente algum tempo de aprendizagem.

Não obstante, o facto de haver necessidade de ajustar os comprimentos de onda consoante os tratamentos efectuados e a inexistência de protocolos universalmente aceites apresentam-se como um inconveniente ao seu uso. Ainda contra a sua utilização encontra-se a dificuldade de acesso á área cirúrgica e, mais importante, as divergências relativas ao aumento de temperatura dos tecidos pela emissão da luz Laser (Mathew e Thangaraj, 2010).

Outra desvantagem ainda, é a sua ineficácia em dentes que apresentem canais curvos (Matsuoka, 2005).

IV. CONCLUSÃO

Sabe-se já que um dos principais focos do tratamento endodôntico não cirúrgico reside na eliminação das bactérias presentes nos canais radiculares, sendo os prognósticos mais favoráveis quanto maior o grau de desinfecção do canal antes da obturação.

Hoje em dia, o potencial efeito antibacteriano da irradiação a Laser já é aceite e as pesquisas têm vindo cada vez mais a suportar a sua integração nos protocolos de TENC. A utilização dos Lasers nesta área traz benefícios acrescidos ao tratamento convencional como a diminuição da infiltração apical, a ação eficaz contra microrganismos resistentes e um aumento da reparação do tecido periapical. Estudos clínicos demonstram os benefícios da sua utilização como adjuvante às técnicas e irrigantes utilizados, utilizando parâmetros de energia adequados. O selamento adequado do canal bem como a restauração coronária são no entanto indispensáveis para o sucesso do TENC.

A técnica de irradiação deve seguir sempre os princípios básicos, tendo os canais de se encontrar sempre húmidos e os movimentos helicoidais rotatórios efectuados de acordo com as normas descritas. As definições da energia utilizada devem estar de acordo com os comprimentos de onda escolhidos para cada procedimento.

A revisão de literatura demonstra que os Lasers de Nd:YAG, díodos de alta e baixa potencia, Er:YAG, Er:Cr:YSGG e CO₂ podem ser utilizados na Endodontia para diferentes procedimentos com resultados aceitáveis. O desenvolvimento de sistemas de emissão dos Lasers bem como a crescente compreensão da relação Laser-tecidos tem vindo a aumentar as suas indicações e aplicações na área da Endodontia. É no entanto importante realçar a necessidade de efetuar mais estudos *in vivo* a fim de comprovar efetivamente os resultados obtidos até á data.

V. BIBLIOGRAFIA

Armengol, V., Jean, A., Marion, D. (2000). *Temperature Rise during Er:YAG and Nd:YAP Laser ablation of dentin. Journal of Endodontics*, 26 (3), pp. 138-142.

Barrows, T. e Grove, M. (2011). *Laser eye protection for the dental professional. Journal of Laser Dentistry*, 19 (2), pp. 240-241.

Bach, G. (2006). *Use of Laser Systems in Endodontics. Roots International Magazine of Endodontology*, 1, pp. 53-57.

Bergmans, L., P. Moisiadis, et alii. (2008). *Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. International Endodontics Journal*, 41(3), pp. 227-239.

Cadioli, I. et alii. (2010). *Use of laser Doppler flowmetry in traumatized primary teeth. RGO*, 58 (2), pp. 263-268.

Camargo, S. (2012). *The Antibacterial effects of lasers in Endodontics. Roots International Magazine of Endodontology*, 8 (1) , pp. 32-43.

Castellucci, A. (2005). *Endodontics, Volume 2*. Florence, Il Tridente.

Chávez, P. L. (2007). *Redefining the Persistent Infection in Root Canals: Possible Role of Biofilm Communities. Journal of Endodontics*, 33, pp. 652-662.

Chen, W. (2006). *Why the Er,Cr:YSGG Laser is Attractive to Dental Clinicians. US Dentistry 2006*, pp. 33-34.

Cohen, S. e Hargreaves K. (2007). *Pathways of the pulp*. St. Louis, Mosby Elsevier, 9ª edição.

De Groot, S. et alii. (2009). *Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. International Endodontic Journal*, 42, pp.1077–1083.

O Papel do Laser em Endodontia

De Moor, R. et alii. (2010). *Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. Journal of Endodontics*, 36 (1), pp.1580-1583.

DiVito, E., Peters, A., Olivi, G. (2010). *Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. Lasers in Medical Science*, 27 (2), pp. 273-280.

DiVito, E. et alii. (2011). *The Photoacoustic Efficacy of an Er:YAG Laser with Radial and Stripped Tips on Root Canal Dentin Walls: An SEM Evaluation. Journal of Laser Dentistry*, 19 (1), pp.156-161.

Garcez, A.S. et alii. (2007). *Antimicrobial photodynamic therapy combined with conventional endodontic treatment to eliminate root canal biofilm infection. Lasers in Surgery and Medicine Journal*, 39, pp. 59-66.

Garcez A.S. et alii (2008a). *Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. Journal of Endodontics*, 34 (2) Feb, pp.138–142.

Garcez, A., Nez S., Ribeiro M. (2008b). *Antimicrobial comparison on effectiveness of endodontic therapy and endodontic therapy combined with photo-disinfection on patients with periapical lesion: a 6 month follow-up. [Em linha]. Disponível em <http://spiedigitallibrary.org/proceedings/resource/2/psisdg/6846/1/68460G_1?isAuthorized=no>. [Consultado em 26/07/12].*

Genovese, W. J. (2007). *Laser de baixa intensidade: aplicações terapêuticas em odontologia*. São Paulo, Editora Santos.

George, R., Meyers, I., Walsh, L. (2008). *Laser Activation of Endodontic Irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. Journal of Endodontics*, 34 (12), pp. 1524-1527.

O Papel do Laser em Endodontia

George, R. (2009). *Laser in Dentistry – Review. International Journal of Dental Clinics*, 1(1), pp. 13-19

Gutknecht, N. (2008). *Lasers in Endodontics. Journal of the Laser and Health Academy*, 4, pp. 1-5.

Haapasalo, M. et alii. (2005). *Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions, Endodontic Topics*, 10, pp. 77–102.

Hamblin, M.R., Hasan, T. (2004). *Photodynamic therapy: a new antimicrobial approach to infectious disease? Photochemistry Photobiology Science*, 3, pp. 436–50.

Humd, R. et alii. (2009) *Cavitation effects in aqueous endodontic irrigants generated by near-infrared lasers. Journal of Endodontics*, 36 (2), pp. 275-278

Inamoto, K. Et alii. (2009) *Possibility of root canal preparation by Er:YAG laser. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 107 (1), pp. 47-55.

Karlovic, Z. et alii. (2005). *Erbium:YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. Journal of Endodontics*, 31(11), pp. 821-823

Kesler, G. et alii. (2002). *Histological and scanning electron microscope examination of root canal after preparation with Er:YAG laser microprobe: a preliminary in vitro study. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 20 (5), pp. 269-277.

Kimura, Y. Wilder-Smith, P.; Matsumoto, K. (2000). *Lasers in endodontics: a review. International Endodontics Journal*, 33, 3, pp.173-185.

Kimura, Y. et alii. (2002) *Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. Journal of Endodontics*, 28, pp. 76-78

Kolnick, J. (2010). *The clinical use of the Er,Cr:YSGG laser in endodontic*

O Papel do Laser em Endodontia

therapy. International Magazine of Laser Dentistry, 2(3), pp. 24-27.

Lee, M.T., Bird, P.S., Walsh, L.J. (2004) *Photo-activated disinfection of the root canal: A new role for lasers in endodontics. Australian Endodontics Journal*, 30, pp. 93-98.

Martins, L.F. (2012). *Avaliação quantitativa da descontaminação bacteriana intracanal mediante o uso de protocolos de irrigação com NaOCL e de laser diodo de GaAlAs*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Mastis, R. (2011). *Signs of Change. Journal of Laser Dentistry*. 19 (3), pp. 301-302

Mathew, S. e Thangaraj D. (2011). *Lasers in Endodontics. Journal of Indian Academy of Dental Specialists*, 1 (1), pp. 31-37.

Matsuoka, E., Jayawardena, J.A. e Matsumoto, K. (2005). *Morphological study of the Er:Cr:YSGG Laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. Photomedicine and Laser Surgery*. 23(5), pp. 480-484.

Matsumoto, K. (2000). *Lasers in endodontics. Dental Clinics of North America*, 44 (4), pp. 889-906.

Medina, F.V. et al. (2006). *In vitro study of the effect of Er: YAG laser irradiation on the apical sealing of different root canal sealers. J. Appl. Oral Sci.* 14 (4), pp. 260-263.

Miglani, R. et alii. (2011). *Lasers in Restorative Dentistry. Journal of the Indian Dental Association*, 5 (1), pp. 66-68.

Moogi, P., Rao, R. (2010). *Cleaning and shaping the root canal with Nd:YAG laser beam: A comparative study. Journal of Conservative Dentistry*, 13 (2), pp. 84-88.

Moritz, A. et alii. (2000). *Morphologic changes correlating to different sensitivity of Escherichia coli and Enterococcus faecalis to Nd:YAG laser irradiation through dentin.*

O Papel do Laser em Endodontia

Lasers in Surgery and Medicine Journal, 26, pp. 250-261.

Niemz, M.H. (2003). *Laser-Tissue Interactions: Fundamentals and Applications*, New York, Springer, 3ª edição.

Olivi, G. et alii. (2011). *Laser in Endodontics (Part I)*. *Roots International Magazine of Endodontology*, 7 (1), pp. 6-9.

Olivi, G. et alii. (2011). *Laser in Endodontics (Part II)*. *Roots International Magazine of Endodontology*, 7 (2), pp. 6-12.

Paiva, et alii. (2007). *Aplicação clínica do laser em endodontia*. *RFO*, 12, pp. 84-88.

Peeters, H. e Suardita, K. (2011). *Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and Erbium, Chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet laser*. *Journal of Endodontics*, 37 (11), pp.1585-1589.

Pécora, J.D. et al. (2001). *Evaluation of Er:YAG Laser and EDTAC on Dentin Adhesion of Six Endodontic Sealers*. *Brazilian Dentistry Journal*. 12 (1),pp. 27-30.

Pozza et al. (2005). *Comparative analysis of time spent in the apicoectomy using diamond tips, CO2 and Er:YAG lasers*. *Clinica de Pesquisa Odontológica*, Curitiba, 2 (2), pp. 97-102.

Shoji, S., Hariu, H., Horiuchi, H. (2000) *Canal enlargement by Er:YAG laser using a cone-shaped irradiation tip*. *Journal of Endodontics*, 26, pp. 454-458.

Schoop, U. et alii .(2007). *The impact of an erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment*. *Lasers in Medical Science*. 22 (3), pp. 175-182.

Siqueira, J.F.Jr. e Rôças I.N. (2009). *Diversity of Endodontic Microbiota Revisited*, *Journal of Dental Research*, 88, pp. 969 -998.

O Papel do Laser em Endodontia

Sousa-Neto, M. D.; Brugnera, A. (2001). *Evaluation of Er:YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. Brazilian Dentistry Journal*, 12 (1), pp.27-30.

Sousa, T. (2008). *Aplicações clínicas do laser na Ortodontia*. Tese de Especialização em Ortodontia. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Vale do Rio Doce.

Souza, L.C. et alii. (2010). *Photodynamic Therapy with two different photosensitizers as a supplement to instrumentation/irrigation procedures in promoting intracanal reduction of Enterococcus Faecalis. Journal of Endodontics*. 36 (2), pp. 292-296.

Stabholz, A. (2003). *The Role of laser technology in modern endodontics. International Congress Series*. 1248, pp. 21-27.

Stabholz, A., Sahar-Helft, S. e Moshonov, J. (2004). *Lasers in Endodontics. The Dental Clinics of North America*, 48 (4), pp. 809-832.

Suda, H. et alii (2003). *Use of high-power pulsed Nd:YAG laser in endodontics. International Congress Series*, 1248, pp. 9-12

Tachinami, H. e Katsumi, I. (2010). *Removal of root filling materials using Er:YAG laser irradiation. Dental Materials Journal*, 29 (3), pp. 246-252.

Timpawat, S.; Vongsavan, N.; Messer, H.H. (2001). *Effect of Removal of the Smear Layer on Apical Microleakage. Journal of Endodontics*, 27 (5), pp. 351-353.

Walsh, L.J. (2003). *The current status of laser applications in dentistry. Australian Dental Journal*. 48 (3), pp. 146-155.

Wang, X. Et alii. (2005). *Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. Photomedicine and Laser Surgery*, 23 (6), pp. 575-581.

O Papel do Laser em Endodontia

Yamazaki, R. et alii. (2001). *Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. Journal of Endodontics*, 27, pp. 9-12.

Young, GR., Parashos, P., Messer, H.H. (2007). *The principles of techniques for cleaning root canals, Australian Dental Journal Supplement*, 52 (1), pp. 52-63.

Zou, L. et alii. (2010). *Penetration of sodium hypochlorite into dentin. Journal of Endodontics*, 36 (5), pp. 793-796.