UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

JULIANA MOURA STORNILO DE SOUZA

**Avaliação da influência do laser de baixa intensidade na
movimentação ortodôntica e supressão da dor**

BAURU
2014

JULIANA MOURA STORNILO DE SOUZA

**Avaliação da influência do laser de baixa intensidade na
movimentação ortodôntica e supressão da dor**

Tese apresentada a Faculdade de Odontologia
de Bauru da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutora em Ciências no
Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas,
na área de concentração Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Versão Corrigida

BAURU
2014

Souza, Juliana Moura Storniolo de

So89a Avaliação da influência do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica e supressão da dor. / Juliana Moura Storniolo de Souza – Bauru, 2014.

146 p. : il. ; 30 cm.

Tese. (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Nota: A versão original desta tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Comitê de Ética da FOB-USP
Número 087/2010
Data: 29/09/2010

Juliana Moura Storniolo de Souza

23 de março de 1984
Bauru - SP

Nascimento

Filiação

Emilio Carlos Valentim Storniolo
Maria Helena Sales Moura Storniolo

2003 – 2006

Curso de Odontologia pela Faculdade de
Odontologia de Bauru da Universidade de
São Paulo

2007 – 2010

Curso de Especialização em Ortodontia
pela Funbeo - Fundação Bauruense de
Estudos Odontológicos

2009 – 2010

Curso de Pós-Graduação em Ortodontia,
em nível de Mestrado, pela Faculdade de
Odontologia de Bauru – Universidade de
São Paulo

2011-2014

Curso de Pós-Graduação em Ortodontia,
em nível de Doutorado, pela Faculdade de
Odontologia de Bauru – Universidade de
São Paulo

Dedico este trabalho ...

Aos meus queridos pais Emílio e Maria Helena, que me ensinaram o amor, o respeito, a gratidão e a nunca desistir dos sonhos sem lutar. Agradeço por todo esforço financeiro e emocional que fizeram para que eu pudesse alcançar esta etapa. Vocês são exemplos de força e dedicação. Agradeço todos os dias a Deus por ter permitido nascer de pais tão maravilhosos. Obrigada por todos os momentos dedicados a mim, pelas palavras, pelos conselhos, pelo amor, pela honestidade, pelo afeto, pela amizade.

*A vocês, que me deram a vida
e me ensinaram a vivê-la com dignidade,
não bastaria um obrigado.
A vocês, que iluminaram os caminhos
obscuros com afeto e dedicação
para que o trilhasse sem medo e
cheio de esperança,
não bastaria um muito obrigado.
A vocês, que se doaram inteiros e renunciaram
aos seus sonhos, para que, muitas vezes,
pudessem realizar os meus.
A vocês, pais por natureza,
por opção e amor, não bastaria dizer,
que não tenho palavras para agradecer tudo isso.
Mas é o que me acontece agora,
quando procuro arduamente
uma forma verbal de exprimir uma emoção ímpar.
Uma emoção que jamais seria traduzida por palavras.*

Amo vocês!

A Deus

Senhor meu Deus e meu Pai. Eu te agradeço por tudo que tens feito em minha vida: pela alegria de viver, por minha família, pelos meus amigos, pelos dons que me deste e pelos relacionamentos que possibilitam que eu cresça a cada dia. Por tuas promessas e tudo o que és. Eu quero te agradecer, com todo o meu ser.

Ao meu marido Freddi

Agradeço a Deus por cada momento que passo com você. Agradeço a Deus por amar e sonhar a cada momento que passamos juntos, a cada momento que parecia ser eterno, pois estava contigo.

Agradeço por existir em minha vida. Por todo seu amor, carinho e paciência, muita paciência. Por me ensinar a ver que os pequenos detalhes e pequenos atos de nossas vidas são os que nos fazem felizes. Eu te Amo!

Ao meu irmão - Guilherme

Irmãos são presentes que Deus nos deu. São amigos para nos acompanhar por toda a vida. Agradeço todos os dias por ter esse presente. Obrigada por tudo.

A minha avó - Ruth

Que desde o início também não mediu esforços para que eu chegasse até aqui, me incentivando a estudar e a buscar sempre mais. Muito obrigada, te amo para sempre.

À minha tia, Ana Maria (in memoriam)

Que sempre me deu forças nos momentos mais difíceis e que não me deixou desistir, sendo um exemplo de garra, perseverança e alegria. Sempre haverá entre nós muito amor, pois não importa onde estamos e de onde esse amor venha, basta que ele exista e lá estaremos nós, pois o amor une as pessoas para sempre.

Ao meu orientador,

Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Agradeço ao meu orientador e não porque amigo Dr. Arnaldo. Exemplo de mestre, exemplo de dedicação e vontade de ensinar. Muitas vezes não compreendido, mas sempre admirado.

Aproveito esse espaço para agradecer toda a dedicação e confiança em mim prestada. Obrigada por cada correção, por cada puxão de orelha e por todo ensinamento.

Através dos erros nos tornamos melhores, aprendemos e evoluímos, mas se temos alguém ao nosso lado com disposição para nos ajudar e nos incentivar, isso torna os nossos erros mais fáceis e com um aprendizado maior.

*“Mestre é aquele que caminha com o tempo,
Propondo paz, fazendo comunhão,
Despertando sabedoria.
Mestre é aquele que estende a mão,
Inicia o diálogo e encaminha
Para a aventura da vida.
Não é o que ensina fórmulas, regras,
Raciocínios, mas o que questiona
E desperta para a realidade.”*

Aos Professores

Dr. Fernando Obrigada pela dedicação como professor e pela alegria e entusiasmo ao ensinar. O senhor é uma lição de conduta profissional.

Dr. Marcos agradeço por todo ensinamento transmitido, ensinando o lado prático da Ortodontia. O senhor é um exemplo de como um professor pode ser competente e acessível aos seus alunos através da simplicidade.

Dr. Guilherme agradeço pela atenção e dedicação ao ensino. Obrigada por ensinar aos seus alunos a determinação e a despertar o lado crítico. O senhor é um exemplo de dedicação à carreira e à profissão.

Dra. Daniela que com sua delicadeza e competência encanta a todos. A sua dedicação e todo seu conhecimento científico são inspiradores. Obrigada por todo conhecimento transmitido e pela amizade com todos.

Dr. Renato agradeço pela sabedoria e conhecimentos transmitidos, durante as conversas no departamento. Mesmo sem tanto convívio percebemos o seu carinho em ensinar Ortodontia.

Aos funcionários e amigos da disciplina de Ortodontia

Sérgio, sempre me lembrarei de você como um amigo. Pois só um amigo é capaz de ter paciência e ensinar os primeiros passos. Obrigada por ensinar o mais simples com a maior competência. Você foi uma das pessoas que me ensinou os primeiros passos dentro da Ortodontia mesmo quando eu ainda nem fazia o curso de especialização. Você faz parte da minha história. Muito Obrigada!

Verinha, você é uma pessoa admirável, pois sabe ser eficiente e exigente, sem perder o bom humor. Obrigada por tudo mesmo!!!

Wagner, obrigada pela sua alegria e disposição. Você foi uma das pessoas essenciais para a conclusão deste trabalho, pois ajudou na confecção dos aparelhos me salvando sempre de um dia para o outro. Obrigada por toda ajuda no laboratório sempre prestativo e atencioso. Obrigada pela sua amizade e dedicação.

Cléo, obrigada por todos os momentos de descontração na clínica. Obrigada por sua paciência mesmo quando passávamos do horário. Sua organização e seu jeito prestativo na clínica deixa tudo mais fácil. Obrigada.

Ao técnico de informática Daniel Boné

Por todos os momentos que me salvou (que foram muitos). Por tornar tudo mais fácil com sua alegria, suas piadas e por toda disposição, bom humor e paciência com que sempre me recebeu. Obrigada!

Aos meus amigos do doutorado

Carol Menezes, você é um exemplo de luta e dedicação que levarei para sempre em meu coração. É admirável sua capacidade em administrar tantos afazeres e ainda enfrentar com coragem as peças que a vida lhe pregou. Quero agradecer por toda sua atenção, ensinamento e paciência.

Daniel, pelo incentivo e por me ajudar nos primeiros passos como cirurgiã-dentista, vindo posteriormente mostrar o mundo fascinante da Ortodontia. Sempre guardarei os momentos da Acopen em que me ensinou muito a prática ortodôntica.

Fran, aquela que encanta a todos com sua doçura. Sempre paciente e delicada. Agradeço por me ajudar com o scanner e por todos os chocolates das aulas de artigo.

Manu, um exemplo de amor à família. É admirável ver a gratidão e amor que você tem com ela. Um exemplo de dedicação, competência e simplicidade.

Marcão, um exemplo de profissional. Obrigada por todo o ensinamento dedicado. Sempre me lembrarei de suas dicas que me ajudaram muito.

Patrícia, minha salvadora! Nunca vou esquecer sua paciência. Obrigada por todo ensinamento a mim transmitido. Seus alunos tem muita sorte por ter você como mestre, uma profissional com muita dedicação, sabedoria e cheia de entusiasmo em ensinar. Obrigada por tudo.

Roberto Bombonati, sempre calmo, paciente e generoso. Admiro sua competência e dedicação.

Beto Grec, um poço de mansidão. Obrigada por toda ajuda na clínica, pela paciência e por ser o melhor representante do mês!!! Que Deus abençoe sempre você e sua família.

Su, obrigada por ter sido minha parceira neste trabalho. Obrigada não só pelos momentos de trabalho que compartilhamos, mas principalmente pelo seu bom humor que tornou tudo mais agradável. Deus abençoe seu caminho. Estarei sempre torcendo por você.

Marinês

Não tenho palavras para agradecer tudo o que fez por mim. Este trabalho é graças à sua dedicação e colaboração. Conheço poucas pessoas com sua garra e entusiasmo com o saber. Você é um exemplo de profissional, amiga, mãe e família. Você traz consigo uma luz que ilumina o caminho de todos, que acalma os corações e traz esperança sempre.

Sempre disposta a ajudar e ensinar. Muito, Muito Obrigada!!! Você estará sempre em minhas orações.

*“Especial é usado para definir algo lindo
Uma pessoa que transmite o amor
Especial é quem age com o coração puro
E mantém na mente os corações de outros
Especial é a palavra que tenho para descrever
Você.”*

Aos colegas do mestrado e nova turma de doutorado, obrigada pelos momentos de convívio e trocas de experiências.

Agradeço o departamento de cirurgia da FOB- USP na pessoa do Prof. Dr. Osny Ferreira Junior e Prof. Dr. Eduardo Sant'ana que permitiram que as extrações dentárias de todos os pacientes da pesquisa fossem realizadas na clínica deste departamento.

À técnica de laboratório do departamento de Estomatologia disciplina cirurgia FOB-USP, Josieli Aparecida Trípodí (Jose), sempre muito atenciosa e prestativa que ajudou também no agendamento de todos os pacientes, o meu muito obrigada!

Agradeço à disciplina de radiologia da FOB- USP que forneceu todas as radiografias dos pacientes da pesquisa.

Agradeço ao professor Heitor Marques Honório do departamento de Odontopediatra, Ortodontia e Saúde Coletiva, disciplina de Metodologia de Pesquisa e Estatística. Muito obrigada por me receber com toda dedicação e paciência. Agradeço toda a atenção e ensinamento prestado.

À minhas amigas

Por todo carinho, paciência, dedicação e compreensão. Por me encorajarem nos momentos difíceis e por permitir que fizesse parte da vida de vocês. “Tenho amigos que não sabem o quanto são meus amigos. Não percebem o amor que lhes devoto e a absoluta necessidade que tenho deles.

A amizade é um sentimento mais nobre do que o amor. Eis que permite que o objeto dela se divida em outros afetos, enquanto o amor tem intrínseco o ciúme, que não admite a rivalidade. E eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos! Até mesmo aqueles que não percebem o quanto são meus amigos e o quanto minha vida depende de suas existências...” (Vinícius de Moraes)

Aos meus queridos pacientes

Agradeço a confiança em mim depositada. Agradeço a colaboração e ao carinho que sempre tiveram comigo. Agradeço algumas mensagens e lágrimas que recebi de alguns pais devido ao tratamento realizado em seus filhos. Tenham a certeza que levarei cada um em minha lembrança, pois vocês foram essenciais nesta etapa da minha vida.

Agradeço ainda...

Aos funcionários da biblioteca, por toda competência em manter este ambiente tão organizado e agradável.

Aos funcionários da pós-graduação pela dedicação e competência.

A Prof. Dra. Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado e Dr. Carlos Ferreira dos Santos diretora e vice-diretor da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP.

Ao Prof. Dr. Guilherme Janson, presidente da Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante o curso de doutorado.

RESUMO

Analizou-se a velocidade de movimentação ortodôntica e sensibilidade dolorosa de caninos superiores e inferiores submetidos à irradiação com o laser de baixa intensidade (LBI) em dose única mensal, comparados aos caninos contralaterais não irradiados (controle). Foram selecionados 11 indivíduos, portadores de má oclusão de Classe I com indicação de extração dos primeiros pré-molares superiores e inferiores. O laser de baixa intensidade foi aplicado após a ativação da retração inicial dos caninos, realizada através de mola Niti com uma força de 150g. A aplicação do laser foi realizada em 10 pontos (5 por vestibular e 5 por lingual) nos caninos superiores e inferiores, utilizando o seguinte protocolo: Canino inferior por vestibular e lingual e canino superior por vestibular: Potência de 40mW; densidade de energia de 10J/cm²; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J, uma energia total de aplicação de 4J para o canino inferior e 2J por vestibular dos caninos superiores e para o canino superior por palatino o protocolo foi: Potência de 70mW; densidade de energia de 35J/cm²; 20 segundos por ponto; 1,4J de energia por ponto, energia total de 7J. A retração durou 3 meses, num total de 3 aplicações de laser. Foi obtido um par de modelo de gesso inicial após as extrações dentárias e mensalmente antes da aplicação do laser que posteriormente foram escaneados com *scanner* "3Shape Ortho System™" (3Shape™ – Copenhagen, Dinamarca) e as imagens tridimensionais avaliadas por meio do software OrthoAnalyzer (3Shape) para mensuração da quantidade de movimentação dos caninos retraídos. Os pacientes preencheram uma escala visual após 12, 24, 48 e 72 horas da ativação da retração inicial dos caninos para avaliação da sensibilidade dolorosa. Para comparação da velocidade da movimentação ortodôntica e o nível de dor entre os lados irradiado e não irradiado nos três períodos avaliados, foi utilizado a Análise de Variância a um critério de medidas repetidas. Em todos os testes adotou-se nível de significância de 5%. Os resultados demonstraram diferença estatisticamente significativa entre a quantidade de retração dos caninos irradiados comparados aos caninos não irradiados somente para os caninos inferiores no primeiro mês de aplicação do LBI. Em relação à sensibilidade dolorosa o LBI não foi efetivo em nenhum dos tempos avaliados. Concluiu-se assim que o LBI no protocolo utilizado só foi eficiente na aceleração da movimentação dentária dos caninos inferiores no primeiro mês de aplicação, porém não gerou redução da dor experimentada pelos pacientes frente às forças ortodônticas.

Palavras-chave: Terapia a Laser de Baixa Intensidade. Movimentação Dentária. Analgesia.

ABSTRACT

Influence of low-level laser irradiation on orthodontic movement and pain level

It was analyzed the orthodontic tooth movement and painful sensibility of maxillary and mandibular canine teeth submitted to irradiation with low-level laser (LLL) in an only monthly dose, compared to the non-irradiated contralateral canines (control). Eleven individuals with Class I malocclusion with indication of extraction of the first maxillary and mandibular premolars were selected. The low-level laser was applied after the activation of initial retraction of the canine teeth, performed with Niti coil springs with force of 150g. The laser application was performed in 10 points (5 buccal and 5 lingual) in the maxillary and mandibular canines, using the following protocol: Mandibular canine buccal and lingual and maxillary canine buccal: 40mW power; an energy density of 10 J/cm²; 10 seconds per point; energy per point 0,4J, a total energy of 4J applying to the mandibular canine and 2J the buccal of the maxillary canines and maxillary canine palatally: 70mW of power; an energy density of 35J/cm²; 20 seconds per point; 1,4J energy per point, the total energy 7J. The retraction lasted three months, a total of three laser applications. It was obtained a couple of dental casts after dental extractions and monthly model before applying the laser which were subsequently scanned with scanner "3Shape's Ortho System™" (3Shape™ - Copenhagen, Denmark) and three-dimensional images evaluated through OrthoAnalyzer software (3Shape) to measure the amount of movement of canines retracted. Patients completed a visual scale after 12, 24, 48 and 72 hours of initial activation of canine retraction for evaluation of pain sensitivity. To compare the speed of orthodontic tooth movement and the level of pain between the irradiated and non-irradiated sides at the three movement stages, repeated measures one-way analysis of variance was used. In all tests we adopted a significance level of 5%. The results showed statistically significant difference between the amount of retraction of the irradiated canines compared to the non-irradiated ones only for the mandibular canines in the first month of application of LLL. Regarding the soreness LLL was not effective in anytime evaluated. It was therefore concluded that LLL in the protocol used was effective only in the acceleration of tooth movement of the mandibular canines in the first month of application, but it did not cause reduction of pain experienced by patients ahead to orthodontic forces.

Keywords: Laser Therapy, Low-Level. Tooth Movement. Analgesia

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURAS

Figura 1	- Dois modelos de aparelhos vibratórios. A) Dental masseuse B) AcceleDent.....	47
Figura 2	- Fotos extrabucais frontal, sorrindo e lateral de um paciente selecionado para a amostra.....	66
Figura 3	- Fotos intrabucais lateral direita, frontal, lateral esquerda, oclusal superior e oclusal inferior de um paciente selecionado para a amostra.....	66
Figura 4	- Pontos de aplicação do LBI.....	70
Figura 5	- Distância Papila Canino (DPC). A)arco superior, B)arco inferior.....	72

- GRÁFICOS

Gráfico 1	- Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior no primeiro mês avaliado.	80
Gráfico 2	- Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior no segundo mês avaliado.	80

Gráfico 3	- Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior no terceiro mês avaliado.	80
Gráfico 4	- Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco inferior no primeiro mês avaliado.	81
Gráfico 5	- Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco inferior no segundo mês avaliado.	81
Gráfico 6	- Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco inferior no terceiro mês avaliado.	81
Gráfico 7	- Valores obtidos no tempo de 12 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.	82
Gráfico 8	- Valores obtidos no tempo de 24 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.	82
Gráfico 9	- Valores obtidos no tempo de 48 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.	82
Gráfico 10	- Valores obtidos no tempo de 72 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.	82
Gráfico 11	- Valores obtidos no tempo de 12 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.	83

Gráfico 12 - Valores obtidos no tempo de 24 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.....	83
Gráfico 13 - Valores obtidos no tempo de 48 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.....	83
Gráfico 14 - Valores obtidos no tempo de 72 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.....	83

LISTA DE TABELAS E QUADROS

- TABELAS

- Tabela 1 - Erro do método nos modelos - teste “t” pareado e fórmula de Dahlberg.....77
- Tabela 2 - Distância papila-canino (DPC), do lado irradiado e não irradiado, nos tempos inicial (T0) e decorridos 30 (T1), 60(T2) e 90(T3) dias do início da retração dos caninos, em mm.77
- Tabela 3 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T0, T2-T1 e T3-T2) para o arco superior.78
- Tabela 4 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T0, T2-T1 e T3-T2) para o arco inferior.78
- Tabela 5 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior e inferior no primeiro mês avaliado.79
- Tabela 6 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior e inferior no segundo mês avaliado.....79
- Tabela 7 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior e inferior no terceiro mês avaliado.79

- QUADRO

- Quadro 1 - Período experimental68
-
-

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

t	Tempo
nm	Nanômetros
mW	Miliwatts
E	Energia
DE	Densidade de Energia
LILT	Low Intensity Laser Therapy
He-Ne	Hélio-Neônio
AsGa	Arseneto de Gálio
E total	Energia total
DP	Densidade de Potência
AsGaAl	Arseneto de Gálio e Alumínio
ATP	Adenina Trifosfato
LBI	Laser em Baixa Intensidade
LT	Laserterapia
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
RNA	Ácido Ribonucleico
PG	Prostaglandinas
λ	Comprimento de onda
I- β (IL-1B)	Interleucina
VAS	Escala Visual Analógica
PGs	Prostaglandinas
TXs	Tromboxanas
LTs	Leucotrienos
PGE1	Prostaglandina E1
PGE2	Prostaglandina E2
IL-1 beta	Interleucina 1 beta
GLA	Ácido Linolénico Gama
LA	Ácido Linolénico
DGLA	Ácido di-homo linolélénico y
PTH	Hormônio da Paratireoide
MC	Metilcelulose
PDL ou LP	Ligamento Periodontal
CAS	Corticotomias Alveolares
CI I	Classe I
NiTi	Nitinol
I	Irradiado
NI	Não Irradiado
DPC	Distância Papila Canino
FG	Fluido gengival
BTP	Barra Transpalatina
ALN	Arco Lingual de Nance
AEB	Aparelho Extrabucal
DAD	Distração Dento Alveolar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	Movimentação ortodôntica.....	29
2.2	Mecanismos utilizados para a aceleração da movimentação ortodôntica.....	34
2.2.1	Administração local de substâncias químicas	34
2.2.1.1	Prostaglandinas.....	34
2.2.1.2	Hormônios	39
2.2.2	Técnicas cirúrgicas	41
2.2.3	Estimulação mecânica e elétrica	45
2.3	Influência do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica.....	47
2.4	A dor durante a movimentação ortodôntica e efeitos do laser de baixa Intensidade na supressão da sensibilidade dolorosa.....	52
3	PROPOSIÇÃO	59
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	63
4.1	Material.....	65
4.1.1	Amostra	65
4.2	Métodos.....	66
4.2.1	Tratamento Ortodôntico.....	66
4.2.2	Aplicação do laser	68
4.2.3	Escaneamento dos modelos	71
4.2.4	Mensuração dos modelos.....	71
4.2.5	Análise da sensibilidade dolorosa.....	72
4.2.6	Análise dos Dados.....	73
5	RESULTADOS.....	75

6	DISCUSSÃO	85
6.1	Seleção da amostra.....	87
6.2	Técnica Ortodôntica adotada e Metodologia empregada	89
6.3	Erro do Método	93
6.4	Movimentação Ortodôntica X Aplicação do Laser de Baixa Intensidade	94
6.5	Efeitos do LBI na movimentação ortodôntica	96
6.6	Efeitos do LBI na supressão da dor.....	100
6.7	Considerações Clínicas e sugestões para trabalhos futuros	104
7	CONCLUSÕES	107
	REFERENCIAS	111
	APÊNDICE	129
	ANEXOS	141

1 Introdução e Justificativa

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A utilização da luz para cura de determinadas doenças vem desde a antiguidade. Em 1400 A.C os indianos utilizaram a luz para promover um efeito terapêutico no tratamento do vitiligo utilizando uma pomada capaz de absorver luz solar. A utilização da luz como meio para promover a cura de determinadas doenças foi estudada e aprimorada ao longo dos anos. Niels Ryberg Finsen recebeu o prêmio nobel em medicina, em 1903, ao tratar uma forma de tuberculose na pele por meio da luz solar (BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991).

Uma forma de luz utilizada atualmente é o laser que significa ampliação da luz por ação estimulada de radiação (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation). A utilização do laser na área médica teve início por volta de 1961, quando foi realizada uma cirurgia para a remoção de um pequeno tumor de retina. Em 1965, Sinclair e Knoll desenvolveram o laser terapêutico, não mais com o efeito de corte, mas de bioestimulação dos tecidos (BRUGNERA; ZANIN, 2001; BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991; GENOVESE, 2007).

O efeito de biomodulação do laser de baixa intensidade (LBI) favorece sua utilização na área médica e odontológica promovendo diminuição ou inibição da sensibilidade dolorosa e também a estimulação do metabolismo celular (BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991).

O mecanismo de fotobioestimulação promovido pelo laser de baixa intensidade promove um aumento do metabolismo celular, traduzido pelo aumento da produção de ATP pelas mitocôndrias. Assim pode-se gerar um maior aproveitamento dos nutrientes, uma melhor eliminação de toxinas, maior aceleração da divisão celular e aumento da síntese proteica (BRUGNERA; ZANIN, 2001; BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991; GENOVESE, 2007).

Na ortodontia a laserterapia tem se mostrado eficiente no controle da analgesia e biomodulação tecidual. A utilização do laser na aceleração da movimentação ortodôntica atua na capacidade do laser em interferir no metabolismo celular, acelerando o processo de reabsorção e neoformação óssea e vem sendo utilizada devido aos benefícios que ela pode promover como diminuição do tempo

de tratamento e custos por parte do paciente. Muitos estudos (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013; SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008) revelam a aplicação do laser mais de uma vez por mês para promover essa aceleração, porém o ideal seria ter a aplicação do laser somente no momento da ativação do aparelho ortodôntico fixo diminuindo o número de visitas do paciente ao consultório odontológico. Orlando (2010), observou a aceleração da movimentação ortodôntica na retração inicial de caninos fazendo a aplicação do laser somente no momento da ativação da retração, porém a dose utilizada promoveu aceleração da movimentação dentária somente para os caninos inferiores, não sendo adequada para os caninos superiores.

A dor por ser um dos principais motivos por parte do paciente em não iniciar ou mesmo desistir do tratamento ortodôntico também é motivo de estudos (ARTES-RIBAS; ARNABAT-DOMINGUEZ; PUIGDOLLERS, 2013; BERGIUS; BERGGREN; KILIARIDIS, 2002; LIM; LEW; TAY, 1995; OLIVER; KNAPMAN, 1985; SCHEURER; FIRESTONE; BURGIN, 1996; TURHANI et al., 2006; YOUSSEF et al., 2008). O uso de analgésicos e anti-inflamatórios ainda são os principais meios para controle da sensibilidade dolorosa, porém podem causar alguns efeitos colaterais (RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005; TURNER et al., 1995; WONG; REYNOLDS; WEST, 1992).

Desta forma, diante de uma possível aceleração da movimentação ortodôntica buscou-se no presente estudo avaliar por meio de modelos digitais a velocidade de movimentação ortodôntica dos caninos no momento de sua retração inicial em decorrência da aplicação do laser de baixa intensidade, com protocolos de aplicação específicos para mandíbula e maxila e em aplicação mensal única e também avaliar a possível redução da sensibilidade dolorosa.

***2** Revisão de Literatura*

2 REVISÃO DE LITERATURA

A Revisão de literatura foi dividida em quatro partes distintas para um melhor entendimento:

2.1 Movimentação ortodôntica

2.2 Mecanismos utilizados para a aceleração da movimentação ortodôntica

2.2.1 Administração local de substâncias químicas

2.2.1.1 Prostaglandinas

2.2.1.2 Hormônios

2.2.2 Técnicas cirúrgicas

2.2.3 Estimulação mecânica e elétrica

2.3 Influência do laser de baixa Intensidade na movimentação ortodôntica

2.4 A dor durante a movimentação ortodôntica e efeitos do laser de baixa Intensidade na supressão da sensibilidade dolorosa

2.1 Movimentação ortodôntica

O primeiro registro de movimentação dentária foi dado por Aurélio Celsus quando descreveu no século I a utilização da pressão dos dedos para promover o alinhamento do incisivo superior de um garoto (DAVIDOVITCH, 1991).

O conceito de movimentação dentária é movimentar o dente dentro do tecido ósseo, incluindo as estruturas periodontais, sendo que o êxito do tratamento ortodôntico depende da compreensão da biologia do periodonto de sustentação.

Reitan e Rygh (1996) sugerem a existência de dois mecanismos responsáveis pela movimentação ortodôntica: a teoria da pressão-tensão e a teoria bioelétrica.

A teoria da pressão-tensão descreve que a aplicação de uma força ortodôntica sobre um dente promove alterações que remodelam os tecidos dentários e periodontais. O movimento ortodôntico promove regiões de pressão e tensão no

ligamento periodontal que podem ocorrer lentamente ou rapidamente, dependendo das características físicas da força aplicada e da quantidade de resposta biológica do ligamento periodontal (CONSOLARO, 2012; KRISHNAN; DAVIDOVITCH, 2006). A raiz comprime o ligamento periodontal por um intervalo de tempo e o osso alveolar é reabsorvido, no lado de pressão, e deposita-se novo osso no lado onde o ligamento está sendo tracionado pela raiz, lado de tensão (PROFFIT, 1995; REITAN; RYGH, 1996). Estes fenômenos se dão pelo desencadeamento de uma cascata de mediadores químicos responsáveis pela inflamação dos tecidos periapicais após a aplicação de forças ortodônticas sobre o elemento dental (PROFFIT, 1995).

O fenômeno da bioeletricidade está relacionado à deformação óssea, onde a distorção das células e da matriz extracelular seria associado à alteração e formação de um potencial elétrico. A deformação mecânica da estrutura cristalina da hidroxiapatita e do colágeno induz a migração de elétrons que produzem campos elétricos locais, conhecidos por piezoeletricidade, ou seja, um aumento do fluxo de íons através das membranas celulares. Esta influência mecânica também apresenta certo controle sobre a aposição e reabsorção óssea (RYGH; MOYERS, 1991).

A fase inicial do movimento ortodôntico que se dá aproximadamente até o segundo dia após a aplicação da força é caracterizada por um processo inflamatório agudo sendo predominantemente exsudativo, no qual o plasma e leucócitos deixam os capilares em áreas do ligamento periodontal (LP). Após esse período a fase aguda da inflamação é substituída por um processo crônico que é principalmente proliferativo, envolvendo fibroblastos, células endoteliais, osteoblastos e células osteoprogenitoras (KRISHNAN; DAVIDOVITCH, 2006).

O início da movimentação dentária dá-se a partir do estresse celular, que é a quebra da homeostasia. No movimento ortodôntico, as forças aplicadas sobre a coroa dental são transmitidas ao periodonto através da raiz, com a consequente compressão dos vasos do ligamento periodontal, gerando hipóxia, e causando deformação celular (CONSOLARO, 2005).

Quando as alterações na circulação local resultam em hipóxia, ocorrem degeneração e morte celular e a matriz extracelular passa por alterações bioquímicas e organizacionais com formação de áreas de hialinização. A

compressão mecânica do aparelho ortodôntico é responsável pela deformação do citoesqueleto, o que resulta na liberação de mediadores que induzem fenômenos como a diferenciação ou proliferação celular, síntese de colágeno e de matriz orgânica. O objetivo destes eventos é eliminar a força, dissipando-a através da remodelação do osso alveolar, com consequente mudança da posição dental (REITAN; RYGH, 1996).

As células só exercem sua função mediante os mediadores químicos que interagem com os receptores de membrana de outra célula, transmitindo a mensagem sequencialmente. Quando uma célula está em equilíbrio iônico, libera quantidades moderadas de mediadores químicos. Em situações de hipóxia, compressão mecânica ou numa hiperfunção, há uma liberação excessiva destes mediadores. Dentre eles estão as citocinas, os fatores de crescimento, os produtos do ácido araquidônico e outros, como o estrógeno, etc... (RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005).

Krishnan e Davitovitch (2006) descrevem que as alterações na remodelação dos tecidos periodontais são essenciais para o movimento ortodôntico. O estiramento tecidual produz alterações locais nos vasos sanguíneos bem como na reorganização das matrizes celulares e extracelulares, levando à síntese e liberação de vários neurotransmissores, citocinas, fatores de crescimento, fatores estimuladores de colônia (granulócitos, macrófagos e outros tipos celulares relacionados à remodelação óssea) e metabolismo do ácido araquidônico.

O ácido araquidônico, quando liberado, não tem ação anti-inflamatória, entretanto, os produtos de sua degradação, formados através das enzimas denominadas cicloxigenase e lipoxigenase, são mediadores químicos fundamentais para o desenvolvimento do processo inflamatório. A quebra do ácido araquidônico pelas cicloxigenases origina as prostaglandinas (PGs) e tromboxanas (TXs). Enquanto a quebra do ácido araquidônico pelas lipoxigenase origina os leucotrienos (LTs) e lipoxinas (CONSOLARO, 2005; RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005).

A reação inflamatória local, as modificações no citoesqueleto das células, a geração de potenciais elétricos e as respostas celulares frente a esses estímulos fazem parte da série de eventos que promovem reabsorção e aposição óssea para o movimento dentário (RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005).

Uma força aplicada no ligamento periodontal promove o estresse celular gerando proteínas livres no meio intersticial por destruição de algumas células. Esta força também promove uma compressão nos vasos sanguíneos, gerando hipóxia ou anóxia, que também podem gerar proteínas livres devido à destruição celular ou desorganização da matriz extracelular (DAVIDOVITCH, 1991). Estas proteínas liberadas promovem degranulação dos mastócitos, liberando a histamina e promovendo a síntese de neuropeptídeos pelas terminações nervosas livres. Em consequência ocorre a vasodilatação e aumento da permeabilidade vascular liberando líquido para os tecidos carregando assim uma grande quantidade de macromoléculas e proteínas livres (CONSOLARO, 2005; DAVIDOVITCH, 1991). Aproximadamente 90 minutos após a aplicação de uma força ortodôntica estará caracterizado o início do infiltrado inflamatório no ligamento periodontal. Os macrófagos dominam a região entre 24 e 72 horas após a aplicação da força e exercem papel fundamental, pois produzem citocinas, fatores de crescimento e produtos do ácido araquidônico além de fagocitarem restos celulares e teciduais durante o processo de reorganização do ligamento periodontal (CONSOLARO, 2005).

A aplicação de uma força ortodôntica promove um processo inflamatório na região, pois trata-se de um mecanismo natural frente ao estímulo biológico local. A movimentação dentária, realizada através de forças leves e controladas, vai gerar reabsorção óssea local gerando movimentação dentária. Já a utilização de forças intensas e não controladas caracterizam-se como uma agressão ao organismo gerando reabsorções dentárias e ósseas à distância do local onde foram aplicadas (CONSOLARO, 2005).

As forças ortodônticas podem ser classificadas em leves e pesadas. Reitan (1964) definiu que a força ortodôntica ótima é aquela suficiente apenas para aumentar a atividade celular nos tecidos circundantes ao elemento dentário e permitir movimento, não gerando reabsorção dentária.

Storey e Smith (1952) estudando o movimento ortodôntico dos caninos, durante sua distalização, sugeriram que há um intervalo ideal de força que varia de 150 a 200g na interface do osso alveolar com o ligamento periodontal. Uma força abaixo deste valor mínimo não produziu movimentação dos caninos, e com uma

força acima da ideal, a taxa de movimentação dentária decresceu e chegou a zero em uma semana. Para Mao, Wang e Kopher (2003) deve-se utilizar uma força de 50 a 250g por dente para se conseguir uma movimentação dentária que promova alterações adaptativas e remodelação dos tecidos periodontais.

Ramalho e Bozzo (1990) realizaram um estudo experimental em ratos, para avaliar ao nível de movimentação ortodôntica, a cronologia das alterações do sistema periodontal após a aplicação de forças e interpretar biologicamente os padrões de mobilidade horizontal e suas consequências sobre as estruturas periodontais. A força ortodôntica foi aplicada utilizando um fio de aço colocado no ponto de contato entre primeiro e segundo molares inferiores esquerdos, ficando o lado direito para controle. Os animais foram sacrificados após 30 minutos, 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72, 96, e 168 horas após a aplicação de forças. Ao exame das lâminas, observaram intensa atividade metabólica em todos os períodos analisados, com uma evolução gradual dos fenômenos da remodelação óssea. Nos períodos iniciais após a aplicação de forças – 30 e 60 minutos – houve rompimento das fibras colágenas do ligamento, desencadeando uma readaptação do periodonto a nova situação. Após 2 horas, acentuaram-se os processos de pequenas zonas de hialinização e acúmulo de novas células conjuntivas, indicando o início da remodelação óssea. Entre 6 e 12 horas, constatou-se maior atividade osteoclástica – reabsorção óssea – e entre 24 e 48 horas ocorreram mais remodelações com formação de novos capilares. Nos últimos períodos, de 72, 96 e 168 horas ocorreu uma substituição tecidual demonstrando o processo de reparação do tecido ósseo. As alterações do lado de pressão mostraram-se mais lentas, com degenerações localizadas (reabsorção) e necrose, enquanto no lado de tensão as estruturas periodontais responderam dentro dos limites fisiológicos com intensificação dos fenômenos formativos (neoformação).

A força ideal deve promover a movimentação dentária com o mínimo de injúria para os tecidos relacionados. Ren, Maltha e Kuijpers-Jagtman (2003) descrevem a força ideal como um estímulo mecânico extrínseco, que evoca uma resposta celular que objetiva restaurar o equilíbrio da área por meio da remodelação periodontal. Esse conceito significa que há uma força de certa magnitude e características temporais, capaz de produzir o máximo de movimento dentário, sem prejuízos aos tecidos e conforto para o paciente. De acordo com esse conceito a

força ideal pode ser diferente para cada dente e para cada paciente devendo ser avaliada clinicamente de forma individual.

As reações celulares e moleculares em resposta às forças ortodônticas são as bases biológicas do movimento dentário induzido.

2.2 Mecanismos utilizados para a aceleração da movimentação ortodôntica

Nos dias atuais onde a estética está tomando conta do mercado e influenciando jovens e adultos, tornou-se maior a procura por tratamento ortodôntico para o alinhamento dos dentes e correção das más oclusões (CAPELLOZZA et al., 2001). Porém um fator determinante muitas vezes para a realização do tratamento é o fator tempo, principalmente para os pacientes adultos que desejam que este seja o menor possível.

O movimento dentário, durante o tratamento ortodôntico, é uma resposta a uma força aplicada que gera remodelação do tecido periodontal, principalmente do osso alveolar. Pesquisas tentam assim, acelerar o processo de remodelação óssea para diminuir o tempo de tratamento ortodôntico.

As tentativas para diminuir o tempo necessário para a movimentação dentária podem ser divididas em três categorias: (1) administração local de substâncias químicas; (2) estimulação mecânica ou física do osso alveolar, tais como o uso de correntes elétricas diretas ou de magnetos; e (3) intervenções cirúrgicas, incluindo distração dentária e corticotomias alveolares (MOSTAFA et al., 2009).

2.2.1 Administração local de substâncias químicas

2.2.1.1 Prostaglandinas

As prostaglandinas são um dos mediadores químicos do processo inflamatório que ocorre durante a remodelação óssea; são derivados do ácido araquidônico e ácido graxos poli-insaturados e são responsáveis por estimular a

ação dos osteoclastos (MOSTAFA; WEAKS-DYBVIG; OSDOBY, 1983; NORRDIN; JEE; HIGH, 1990; SANDY; FARNDAL; MEIKLE, 1993; YAMASAKI; MIURA; SUDA, 1980). Classificam-se em várias classes diferentes (A, B, C, D, E e F) e são identificadas por subscritos (1, 2 ou 3). As prostaglandinas estão sendo utilizadas no intuito de promover a aceleração na movimentação ortodôntica (ARAUJO; PRIETSCHE, 2000).

Yamasaki, Shibata e Fukuhara (1982) realizaram administração local de prostaglandina E1 e E2 durante a movimentação ortodôntica de retração de caninos em macacos (*Macaca Fuscata*). Observaram uma maior movimentação dentária no lado de aplicação da prostaglandina quando comparado ao lado controle, provando a importância da prostaglandina que é um mediador do processo inflamatório gerado para promover a movimentação dentária. Posteriormente os mesmos autores associados a outros também verificaram em pacientes ortodônticos até o dobro da movimentação dentária em áreas onde foram realizadas administração local de prostaglandina (PGE₁) (YAMASAKI et al., 1984).

Foi observado um grande interesse em verificar a atuação da prostaglandina no processo de reabsorção óssea e vários estudos foram realizados para este fim (CHAO et al., 1988; GRAZIANI; ZELEN; PELLICIONI, 1991; LEE, 1990; MOSTAFA; WEAKS-DYBVIG; OSDOBY, 1983; SAITO et al., 1991; STANFELD et al., 1986). Sabendo do efeito da aplicação da prostaglandina em aumentar o processo de reabsorção óssea causando um aumento da movimentação dentária Lee (1990) decidiu testar se havia diferença no grau de reabsorção óssea comparando aplicação local e sistêmica de prostaglandina (PGE₁) em ratos. Após a indução do movimento mesial do primeiro molar superior foi observado um aumento do número de osteoclastos em ambos os grupos quando comparados com o grupo controle, porém em comparação com a administração local, a administração sistêmica de PGE₁ demonstrou um efeito mais acentuado na reabsorção óssea.

Chumbley e Tuncay (1986) avaliaram a influência da indometacina que é um medicamento do tipo anti-inflamatório não esteróide que inibe a produção de prostaglandina, sendo por isso indicado para o alívio da dor, febre e inflamação. Administraram esta droga por via oral em 6 gatos e compararam com um grupo controle. Após 21 dias de ativação de uma mola entre caninos e pré-molares

observaram que o grupo experimental apresentou metade da movimentação que o grupo controle. Assim os autores concluem que a administração dessas drogas como a aspirina pode influenciar na taxa de movimentação dentária. Giunta et al. (1995) também administraram indometacina em porcos para avaliar sua influência sobre a movimentação dentária. Foram instaladas molas de expansão entre os incisivos centrais através de um arco segmentado e o grupo experimental recebeu a droga por 39 dias. Os resultados demonstram um menor grau de reabsorção óssea nas áreas de pressão do grupo experimental quando comparado ao controle. Embora tenha ocorrido uma diferença no grau de remodelação óssea não alterou a taxa de mineralização óssea. Estes autores e outros estudos (KEHOE et al., 1996; KYRKANIDES; O'BANION; SUBTELNY, 2000; TYROVOLA; SPYROPOULOS, 2001; WALKER; BURING, 2001; ZHOU; HUGHES; KING, 1997; ARIAS; MARQUEZ-OROZCO, 2006; GURTON et al., 2004; KARTHI et al., 2012; LIU et al., 2006; SARI; OLMEZ; GURTON, 2004; SHETTY et al., 2013; SODAGAR et al., 2013; TUNCER et al., 2013) também alertam para o uso das drogas inibidoras da prostaglandina durante a movimentação dentária por diminuir a taxa de reabsorção óssea.

Também com o objetivo de analisar a influência do ácido acetilsalicílico (um inibidor da prostaglandina) em retardar a movimentação ortodôntica Wong, Reynolds e West (1992) administraram oralmente em porcos 65 mg/Kg por dia em três doses divididas de aspirina com o intuito de inibir a síntese de prostaglandina ao nível dos bronquíolos. Porém os autores não observaram uma influência em inibir o movimento dentário, concluindo nessas condições experimentais não ser a prostaglandina o único mediador responsável pela reabsorção óssea associada ao movimento dentário induzido. Jungkeit e Chole (1991) também observaram os mesmos resultados quando realizaram a administração em ratos de ibuprofeno, que também é um anti-inflamatório não esteroideal inibidor da prostaglandina. Esta droga produziu menor grau de atividade e número de osteoclastos diminuindo a taxa de movimentação dentária.

Grieve et al. (1994) avaliaram através do fluido gengival humano os níveis dos mediadores prostaglandina (PGE) e interleucina-1 beta (IL-1 beta) na taxa de reabsorção óssea durante a movimentação dentária. Os autores obtiveram o fluido gengival nas áreas de compressão dentária antes e após 1, 24, 48 e 168 horas da

ativação do aparelho. Após 1 e 24 horas a taxa de IL-1 beta foi maior no grupo experimental e o de prostaglandina foi maior em 24 e 48 horas.

Alguns trabalhos também demonstram que a taxa de presença dos mediadores como a prostaglandina e interleucina-6 responsáveis pelo grau de movimentação dentária são maiores em jovens do que em adultos, concluindo um menor nível de movimentação dentária nos adultos (REN et al., 2002; CHIBEBE; STAROBINAS; PALLOS, 2010).

Kale et al. (2004) através de um estudo em ratos compararam o efeito da administração local de PGE₂ e 1,25-DHCC (Vitamina D) na movimentação ortodôntica durante o movimento distal dos incisivos superiores por 9 dias. Não observaram diferença na velocidade de movimentação ortodôntica entre os grupos, porém, quando comparados com o grupo controle observou-se uma velocidade maior da movimentação ortodôntica nos grupos experimentais. O número de lacunas de Howship e capilares foram significativamente maiores no lado de pressão para o grupo PGE₂, porém o número de osteoblastos na superfície externa do lado de pressão foi significativamente maior no grupo 1,25-DHCC mostrando assim ser mais efetivo por proporcionar maior equilíbrio no processo de reabsorção e formação óssea durante a movimentação ortodôntica.

O GLA (ácido linolénico gama) é encontrado em suplementos contendo óleos (óleo de Prímula, borragem e groselha) utilizados para combater sintomas de várias desordens como artrite. O GLA é um ácido graxo poliinsaturado de 18 carbonos, um metabolito de ácido linoleico (LA), a partir da qual o ácido di-homo-linolénico γ (DGLA) e Prostaglandina E₁ (PGE1) são sintetizados. Sabendo da relação da prostaglandina na remodelação óssea e sendo essa um metabólito do GLA, Taweechaisupapong et al. (2005) testaram o efeito da administração de suplementos contendo óleo de prímula na movimentação dentária. Utilizaram 48 ratas divididas em dois grupos: experimental e controle. O grupo experimental recebeu óleo de prímula através de intubação gástrica por 20 dias antes de aplicar uma força para mesialização dos primeiros molares e o grupo controle recebeu água. Após 0, 3, 7 e 14 dias 6 animais de cada grupo foram sacrificados. Os resultados demonstraram um maior número de osteoclastos no lado em que estava a mola do grupo experimental no dia 3 quando comparado ao grupo controle e no

dia 7 o lado onde não estava a mola do grupo experimental apresentou um incremento de osteoclastos quando comparado ao grupo controle. Assim, os autores concluíram que a administração de óleo de prímula pode acelerar o movimento dentário.

Chung, Baik e Soma (2007) testaram a ação de um agonista do receptor EP4. Induziram a movimentação ortodôntica de molares de 25 ratas durante um período de 7 dias sendo injetado neste período uma droga agonista ao receptor EP4 no lado de tensão entre primeiro e segundo molar. As mesmas ratas receberam a injeção da mesma droga, porém em um local onde não foi induzida a movimentação dentária. Os resultados demonstraram que apenas a administração de um agonista do EP4 não foi capaz de produzir alterações no peso, estrutura e volume ósseo comparado com o grupo controle, porém associada à movimentação dentária induzida proporcionou incremento da movimentação e volume ósseo na face de tensão em comparação aos ratos que só receberam solução salina (controle).

Para verificar se há diferença na ação da prostaglandina em relação ao meio de administração Caglaroglu e Erdem (2012) utilizaram molas entre os incisivos de coelhos e administraram prostaglandina E2 (PGE₂) por via intravenosa, submucosa e interligamentar nos dias 1, 3, 7 e 14 após a ativação da mola. No dia 21 todos os coelhos foram sacrificados e avaliados histologicamente. Em relação ao aumento da movimentação ortodôntica o meio interligamentar mostrou-se mais efetivo.

Observa-se que tanto as formas de administração local ou sistêmica mostraram-se eficazes (DUDIC et al., 2006; GURTON et al., 2004; KALE et al., 2004; MAYAHARA et al., 2012; SANUKI et al., 2010; SEKHAVAT et al., 2002), porém a administração local embora seja dolorida, é preferencial, pois quando administra-se sistemicamente pode ter o seu efeito generalizado ocasionando a perda de ancoragem indesejável em alguns elemento dentários. Existe ainda o risco de aumento na taxa de reabsorções dentarias (BOEKENOOGEN et al., 1996; BRUDVIK; RYGH, 1991; SEIFI; ESLAMI; SAFFAR, 2003).

2.2.1.2 Hormônios

Após o estudo de Kamata (1972) que observou uma redução na formação de osteoclastos no lado de pressão durante a movimentação dentária após a remoção da paratireóide e que houve recuperação destas células após injeção de hormônio da paratireoide, Soma et al. (1999) realizaram um estudo com intuito de avaliar um possível aumento na taxa de reabsorção do osso alveolar com consequente aumento da taxa de movimentação dentária após infusão deste hormônio. Utilizaram separadores elásticos por 3 dias entre primeiro e segundo molar de ratas para avaliar o grau de movimentação dentária. Observaram um incremento de 50% da distância entre os molares de um grupo que foi administrado por meio de infusão contínua de hormônio da paratireoide (10mg/100g de peso) em relação ao controle. A inserção do elástico separador associado à administração deste hormônio gerou um aumento do número de osteoclastos na região comparado ao grupo controle. Também observaram um aumento da mesialização do molar quando foi aplicada uma força através de uma mola entre a região dos incisivos e primeiro molar no grupo onde foi aplicado este hormônio. Não observaram alteração sistêmica na qualidade mineral dos ossos devido à infusão deste hormônio na região do molar. Porém, observaram que, enquanto a infusão contínua sistêmica do hormônio da paratireóide (PTH) acelerou o movimento dentário ortodôntico, a injeção sistêmica, mas intermitente de PTH não aumentou a taxa de movimentação dentária.

Para avaliar se a aplicação local do hormônio da paratireóide (PTH) promoveria alguma alteração na taxa de movimentação dentária Soma et al. (2000) realizaram um estudo em ratos com a aplicação local de PTH na região méso palatina do primeiro molar superior que recebia uma força de mesialização através de uma mola ligada à região dos incisivos centrais. Em um grupo foi utilizado metilcelulose (MC) em gel associado ao PTH para gerar uma liberação lenta do hormônio por mais de 72 horas, e no outro não. A injeção era aplicada a cada dois dias. Injeção de PTH - MC causou um aumento de 1,6 vezes na taxa de movimento do molar. A aceleração do movimento dentário por injeção PTH -MC foi marcado nos dias 6, 9 e 12, já a injeção de PTH dissolvido em solução salina sem MC não promoveu aumento na taxa de movimentação dentária a partir do sexto dia. O estudo concluiu

que a injeção local de PTH numa formulação de libertação lenta, é aplicável ao tratamento ortodôntico.

A relaxina é um hormônio endógeno encontrado em homens e mulheres, cujas concentrações aumentam durante a gestação como um mediador adaptativo, diminuindo a resistência vascular sistêmica e aumentando o débito cardíaco e o fluxo sanguíneo renal. Além disso, esse hormônio apresenta propriedades anti-inflamatórias, anti-isquêmicas e anti-fibróticas. Madan et al. (2007) avaliaram se a administração de relaxina poderia aumentar a quantidade e a taxa de movimentação dentária através do seu efeito sobre as fibras do ligamento periodontal (PDL). Aparelhos ortodônticos bilaterais foram instalados em 96 ratos para promover a mesialização de molares. O movimento dentário foi medido cefalometricamente. Também foi analisado a organização das fibras PDL nos locais de tensão em cortes histológicos. Observaram que ambos os grupos tiveram movimentação dentária estatisticamente significativa em função do tempo e assim a relaxina não estimulou significativamente maior ou mais rápido o movimento dentário. Em relação à organização das fibras periodontais foi observado uma diminuição, um aumento no grau de mobilidade dos molares e diminuição da resistência mecânica.

Alguns estudos demonstram a ação do estrogênio sobre o ligamento periodontal. Os autores afirmam que este hormônio regula a remodelação dos ossos alveolares, a composição e degradação das fibras colágenas, promove a formação óssea e inibe a reabsorção (ARSLAN et al., 2007; CUZZOCREA et al., 2003; LEWKO; ANDERSON, 1986; MORISHITA; SHIMAZU; IWAMOTO, 1999; TYROVOLA; SPYROPOULOS, 2001; YAMASHIRO; TAKANO-YAMAMOTO, 2001).

Xu et al. (2010) sugerem que altos níveis de estrogênio inibem a movimentação dentária pela deposição óssea aumentada enquanto baixos níveis deste hormônio diminuem os níveis de osteoblastos e não inibe a ação dos osteoclastos. Assim, a movimentação ortodôntica poderia ser planejada de acordo com o ciclo menstrual nas mulheres, pois como o nível de estrogênio baixo após 2-3 dias da ovulação aplicando-se a força ortodôntica neste período teria-se uma maior movimentação dentária.

Para Gimenez et al. (2007) as alterações que ocorrem no tecido ósseo sofrem influências de fatores sistêmicos e locais, e devem ser consideradas no

planejamento ortodôntico, em pacientes que apresentam doenças metabólicas ósseas, ou fazem uso de medicação crônica. Fatores hormonais como o aumento dos níveis de paratormônio, induzem ao aumento do número de osteoclastos e consequentemente estimula a reabsorção óssea. Já a tireoide produz a calcitonina que inibe a atividade osteoclastica e, consequentemente, diminui a reabsorção óssea. Os hormônios sexuais como testosterona e estrógeno em excesso podem influenciar na movimentação dentária como estimuladores da neoformação óssea. Os fatores nutricionais são importantes, pois a movimentação ortodôntica depende diretamente da remodelação óssea e trocas metabólicas sendo de extrema importância o balanço dietético de cálcio e vitamina D. Quanto aos fatores vitamínicos salienta-se que a vitamina A influencia na atividade dos osteoblastos e osteoclastos, consequentemente influenciando no equilíbrio de aposição e reabsorção óssea. Ainda a vitamina C influencia na síntese de colágeno podendo sua carência acarretar na diminuição da deposição óssea, por fim, a vitamina D é responsável pela absorção de cálcio a nível intestinal.

2.2.2 Técnicas cirúrgicas

Outro recurso utilizado para acelerar a movimentação ortodôntica são as corticotomias alveolares (CAS) que são intervenções cirúrgicas realizadas na cortical do osso alveolar. Realizam-se perfurações na camada cortical com o mínimo de penetração no osso medular (OLIVEIRA, 2006).

A corticotomia para auxiliar a movimentação dentária foi primeiramente descrita por LC Bryan em 1893 (AMIT et al., 2012). No entanto, foi introduzido pela primeira vez por Kole (1959) que utilizou corticotomias inter-radiculares e osteotomias supra-apicais na tentativa de aumentar a velocidade da movimentação ortodôntica, porém as osteotomias supra-apicais ofereciam grande risco para o periodonto e a vitalidade pulpar dos dentes próximos e fez com que a técnica fosse pouco utilizada.

Duker (1975) realizou o primeiro estudo em animais utilizando a técnica descrita por Kole e anos depois as osteotomias supra-apicais foram substituídas pelos cortes limitados à porção cortical do osso alveolar surgindo as corticotomias

como técnica para auxiliar e potencializar a movimentação dentária (DUKER, 1975; GENERSON et al., 1978).

A técnica melhorou e ficou mais popular a partir de 2001 com os irmãos Wilcko que percorriam os congressos divulgando casos clínicos com diminuição de metade a um terço do tempo de tratamento. A técnica descrita por esses autores foi nomeada Ortodontia Osteogênica Acelerada (Accelerated Osteogenic Orthodontics - AOO) (WILCKO et al., 2001) e, posteriormente, renomeada para Ortodontia Osteogênica Acelerada Periodontalmente (Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics - PAOO) (AMIT et al., 2012; WILCKO et al., 2009). A terapia envolve a combinação da cirurgia de corticotomia ao enxerto alveolar. Vários relatos indicam que esta técnica é segura, extremamente previsível, gera menos reabsorção radicular e reduz o tempo de tratamento, e pode reduzir a necessidade de cirurgia ortognática em determinados casos (AMIT et al., 2012; OZTURK et al., 2003; SCHILLING et al., 1998; WILCKO et al., 2001).

Atualmente sabe-se que a eficiência da corticotomia em potencializar o movimento dentário se dá pelo aumento do metabolismo causado pelo trauma cirúrgico diferentemente do que se pensava antigamente que o movimento maior se dava pela maior facilidade em se movimentar os blocos ósseos limitados pelas corticotomias (MOSTAFA et al., 2009; OLIVEIRA, 2006).

Ren et al. (2007) avaliaram a influência da cirurgia alveolar na movimentação ortodôntica em beagles. Foi realizado extração dos segundos pré-molares e distalização dos primeiros. No lado experimental foi realizada cirurgia alveolar para diminuir a resistência periostal na face mesial da extração e no lado controle apenas a extração. Observaram um movimento mais acelerado no lado experimental quando comparado ao controle. A avaliação histológica apresentou reabsorção óssea ativa e extensa na área de compressão e deposição óssea na área de tensão no lado experimental. Cho et al (2007) também avaliaram em um experimento com beagles que a movimentação ortodôntica é maior quando realizada a corticotomia, porém após seis meses o número de células e a atividade celular no tecido periodontal circundante diminuiu.

Kurt, Iseri e Kisnisci (2010) para demonstrar a eficácia da DAD (distração dento alveolar) em diminuir o período do tratamento ortodôntico, narraram um caso

clínico em um paciente de 15 anos de idade, CL II de canino e de molar bilateral que foi tratado utilizando o DAD. Foi feita a extração dos primeiros pré-molares e não usaram ancoragem intra ou extra oral. Um distrator foi instalado e em seguida foi realizado o procedimento cirúrgico com incisão de canino a segundo pré-molar na altura da gengiva inserida. Depois de rebater o retalho foram feitas perfurações com brocas esféricas em torno de toda volta da raiz do canino até a mesial do segundo pré-molar. Essas perfurações posteriormente foram interligadas formando canaletas. A extração do primeiro pré-molar foi feita conjuntamente com a tabua óssea vestibular preocupando-se em remover todo o impedimento ósseo, mas não comprometendo o teto da cavidade sinusal. A distração completa se deu em 12 dias e assim que a distal do canino encostou na mesial do segundo pré-molar começou a retração do segmento anterior segundo o protocolo normal de tratamento ortodôntico. O tratamento por completo levou 6 meses, metade do tempo de um tratamento convencional sem qualquer injúria aos tecidos radicular e periodontal.

Bath, Singh e Bath (2012) selecionaram 6 pacientes com má oclusão de Classe I com extração dos primeiros pré-molares. Foi realizado a corticotomia associada ao enxerto ósseo. A média de tratamento foi de 17,4 meses com a distalização dos caninos completada em 8,5 meses. Os autores descrevem o aumento da velocidade da movimentação dentária e boa aceitação pela técnica.

Segundo Patil et al. (2012) as distrações podem acelerar o tratamento ortodôntico e classificam-se em dois tipos: distração periodontal e distração dento-alveolar. As indicações dessas técnicas são para casos de bi protrusão maxilar, mordida cruzada anterior, má oclusão classe II divisão I. As distrações ósseas anteriormente eram realizadas com grandes retiradas de tecido ósseo para favorecer a movimentação do canino. Após realizarem as perfurações ao longo de toda a raiz do canino e na região interdental de 1º e 2º pré-molares, um sulco transversal ligava as duas corticotomias feitas na distal de caninos e região interdental de pré-molares e o 1º pré-molar era removido com toda essa tabua óssea. Depois essa técnica tornou-se menos invasiva, as perfurações foram feitas ao longo da raiz do 1º pré-molar como no canino e o elemento foi extraído conjuntamente com a tabua óssea vestibular. Essa manobra diminuía o trauma e consequentemente o pós-operatório, que se apresentava menos dolorido sem riscos de lesionar o teto da cavidade sinusal.

Através de um caso clínico Prabhat et al. (2012) demonstram como a distração do ligamento periodontal pode provocar rapidamente a retração do canino. Nesse caso, a paciente apresentava CL I de Angle com biprotrusão maxilar, foi feita a extração do 1º pré-molar e foram feitas osteotomia interceptais vestibulares e linguais verticalmente e obliquamente no osso adjacente ao dente canino para que ocorresse o enfraquecimento da resistência óssea. Um aparelho foi pré-planejado e instalado nos caninos e nos molares e a ativação do aparelho foi feita em seguida. O resultado foi que a retração do canino ocorreu em duas semanas e a retração dos anteriores também foi rápida facilitada pelo osso fibroso deixado pelo canino. Devido a esse processo ser mais ágil, o tratamento pode ser acelerado de dois a três meses sem injúrias ao tecido radicular.

Alikhani et al. (2013) avaliaram a influência das micro perfurações ósseas sobre a taxa de movimentação dentária e a expressão de mediadores inflamatórios. Para esse objetivo selecionaram 20 adultos com má oclusão de Classe II Divisão 1 dividindo-os em grupo experimental (realizaram as micro perfurações) e controle. Após a extração dos primeiros pré-molares os caninos foram retraídos e o movimento avaliado após 28 dias. Observaram uma taxa de movimentação dentária de 2 a 3 vezes maior no grupo experimental que foi acompanhado por aumentos significativos nos níveis de marcadores inflamatórios.

Teng e Liou (2014) também observaram uma maior taxa de movimentação dentária quando realizada osteotomia interdental.

Hoje, dois protocolos cirúrgicos de corticotomia são mencionados: no primeiro, é feita a incisão na altura da gengiva inserida, o retalho é rebatido e realizam-se as corticotomias verticais inter-radiculares tanto lingual quanto vestibular, através de perfurações produzidas por broca esférica e posteriormente interligadas formando canaletas, ao longo das raízes (ANDRADE; SIERRA; HERNANDEZ, 2011).

Essa técnica tem como vantagem a boa visibilidade do processo cirúrgico, porém se mostra muito dolorida e o tempo cirúrgico muito longo. Já na outra técnica, as incisões verticais interdentais são realizadas com lâmina de bisturi, sem que haja necessidade de levantar o retalho e posteriormente o osso exposto pelas incisões

sofrem aprofundamento igual a 3 mm através de um bisturi piezoelétrico (ANDRADE; SIERRA; HERNANDEZ, 2011).

Assim os estudos relatam as técnicas cirúrgicas como promissora e com muitas aplicações na ortodontia em adultos, já que ajuda a superar algumas limitações atuais, incluindo a longa duração do tratamento, as possíveis complicações periodontais, a falta de metabolismo ósseo e o limite de movimento dentário.

2.2.3 Estimulação mecânica e elétrica

Sinais elétricos que podem iniciar o movimento dentário foram descritos como correntes piezoelétricas. A Piezoeletricidade é uma característica observada em vários materiais cristalinos, nos quais uma deformação do cristal produz um fluxo de corrente elétrica, onde elétrons são deslocados de uma parte da estrutura cristalina para outra (DIBART; SEBAOUN; SURMENIAN, 2009).

O efeito da pressão ou tensão sobre o osso, durante a movimentação ortodôntica, e sua capacidade de liberar cargas elétricas (efeito piezoelétrico), é de fundamental importância no desencadeamento da sequência de alterações teciduais. No tecido ósseo, cristais de hidroxiapatita podem gerar por compressão ou tração modificações eletromagnéticas ao seu redor. Essas modificações são bem vindas à área do tecido periodontal durante a movimentação ortodôntica, pois esses estímulos acabam gerando estresse nas células havendo acúmulo de mediadores da remodelação óssea na área periodontal (CONSOLARO, 2012). A resposta piezoelétrica do osso pode ser estimulada através de mecanismos externos como: energia elétrica, magnética e mecânica (MOSTAFA; WEAKS-DYBVIK; OSDOBY, 1983).

Proffit (1995) relatou a Teoria da Bioeletricidade onde existem dois elementos de controle do movimento dentário ortodôntico: a eletricidade biológica ou piezeletricidade e a pressão-tensão sobre o ligamento periodontal, afetando o fluxo sanguíneo. Os sinais elétricos são produzidos quando o osso flexiona e se dobra.

Davidovitch et al. (1980) avaliaram os efeitos da descarga elétrica nos tecidos periodontais. Utilizaram uma corrente elétrica de 15 microampères nos

caninos de gatos. Observaram aumento da reabsorção óssea no lado de pressão e formação óssea no lado de tensão. Os resultados sugerem que o estímulo elétrico aumenta a atividade enzimática celular dos tecidos periodontais, acelerando a atividade óssea alveolar.

Tengku et al (2000) avaliaram a influência do campo eletromagnético na movimentação ortodôntica. Utilizaram em uma hemiarcada uma mola fechada presa entre molares e incisivos de ratos com um ímã distando 4,5mm aproximadamente da distal do primeiro molar e a outra hemiarcada ficou livre da aparatologia. Outro grupo de ratos recebeu um peso igual ao ímã colocado na mesma posição. Os animais foram sacrificados no primeiro, terceiro, sétimo e decimo quarto dias após a ativação. Os resultados mostraram que o campo magnético estático produziu efeitos na atividade celular, particularmente com respeito a atividade enzimática, relacionado com fatores do crescimento envolvidos na remodelação óssea garantindo o movimento dentário.

Considera-se que a energia mecânica do ultrassom pode estimular também o efeito piezelétrico no osso, assim algumas técnicas associadas demonstram resultados satisfatórios na movimentação ortodôntica (KIM et al., 2013).

Pietro, Dainese e Kawauchi (2005) falaram sobre a influência que o ultrassom possui na transformação óssea. Para isto fizeram um experimento, onde animais receberam aparatologia e aplicação do ultrassom. O que se observou foi que houve aceleração no processo de reparação tecidual resultando numa resposta mais rápida. Houve ainda aumento da vascularização assim como a neoformação celular. A disposição de fibras colágenas mais organizadas foi notada, e a predominância de atividade osteoblástica foi constatada nos animais que receberam as aplicações de ultrassom.

Para uma estimulação mecânica Bosio e Liu (2010), descrevem que a movimentação dentária ocorre mais biologicamente mediante a forças leves e intermitentes, devido a este fato, fizeram um estudo com um aparelho removível que aplica forças leves e movimentos vibratórios (*accele-dent*) em 14 pacientes num período de 6 meses com utilização de 20 minutos diários. Os resultados demonstraram que houve uma aceleração na movimentação dentária maior quando

comparado com os métodos tradicionais com uso de braquetes. Novos estudos estão sendo realizados.

Figura 1: Dois modelos de aparelhos vibratórios. A) Dental masseuse B) AcceleDent. BOSIO, J. A. e LIU D. (2010) Moving teeth faster , better and painless. Is it possible? Rev Dental Press Journal Orthod.2010;15(6):14-7.

Podemos também citar os estudos que avaliam diferentes braquetes, fios, atrito, tratamentos com e sem extração, tipos de aparelho, tipos de forças mas que não serão abordados neste trabalho. Assim são vários meios existentes para a tentativa de acelerar a movimentação ortodôntica.

2.3 Influência do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica

O primeiro estudo realizado em humanos para avaliar a influência do laser de baixa intensidade na velocidade de movimentação ortodôntica foi realizado por Cruz et al. (2004). Avaliaram por 2 meses, 11 pacientes sendo realizado a retração dos caninos superiores após alinhamento e nivelamento dos dentes. Um lado do pacientes aplicou-se o laser e o outro foi considerado controle. O laser utilizado foi o de diodo com comprimento de onda 780nm, potência de 20mW, densidade de potência de $5\text{J}/\text{cm}^2$. O laser foi aplicado de forma pontual e por contato em 10 pontos (5 por vestibular e 5 por lingual) por um período de 10 segundos cada aplicação, resultando numa energia de 0,2J por ponto e energia total por dente de 2,0J. As aplicações foram realizadas no primeiro dia após ativação do aparelho e nos dias subsequentes: 3º, 7º e 14º por 2 meses. Os resultados sugeriram o laser como um bom recurso para diminuir o tempo de tratamento.

Linpanuchkul et al. (2006) testaram a hipótese de que as forças mecânicas combinadas com uma laserterapia de baixa intensidade podem aumentar a velocidade de movimentação dentária ortodôntica. Para isto utilizaram uma amostra de 12 pacientes adultos jovens, os quais necessitavam de extração dos primeiros pré-molares superiores com consequente retração dos caninos do mesmo arco. A retração dos caninos foi realizada com molas de NiTi utilizando uma força de 150g e a aplicação do laser de baixa intensidade foi realizada em um canino tendo o contralateral como controle e com os seguintes parâmetros: aparelho GaAlAs, cujo comprimento de onda era 860nm, potência de 100mW e ponteira de aplicação com uma área de 0,09cm². Foi aplicada uma dose de 25 J/cm² divididos em oito pontos, com 23 segundos de irradiação em cada ponto. O laser foi aplicado imediatamente após a ativação da mola e nos dois dias seguintes durante mais 3 meses. Foram realizadas moldagens no final do primeiro, segundo e terceiro mês para avaliar a quantidade de movimentação, e os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre os caninos irradiados e não irradiados em nenhum dos períodos avaliados. Os autores concluíram que a dose aplicada no trabalho provavelmente tenha sido muito baixa para que o laser expressasse efeito estimulante da movimentação ortodôntica.

Sousa et al (2011) avaliaram o efeito do laser de baixa intensidade na velocidade de movimentação ortodôntica de caninos superiores e inferiores submetidos à retração inicial. Um dos caninos do arco superior e inferior foi irradiado com laser de diodo com o protocolo de aplicação de 780nm/20mW/5Jcm²/0,2J por ponto, Energia total de 2J nos dias 0, 3 e 7 após a ativação, sendo o canino contralateral considerado placebo. O laser foi aplicado em 5 pontos por vestibular e 5 por lingual por 10 segundos cada ponto. O estudo teve um total de nove aplicações de laser (3 cada mês). Os autores observaram um aumento significativo na velocidade de movimentação ortodôntica comparados com o grupo controle em todos os tempos avaliados.

Youssef et al. (2008) avaliaram a influência do laser de baixa intensidade (GaAlAs) na movimentação de caninos superiores e inferiores durante fase de retração e também a influência na sensibilidade dolorosa. O lado direito (superior e inferior) recebeu a irradiação do laser e o lado esquerdo foi considerado controle. O protocolo utilizado foi: comprimento de onda de 809nm, potência de 100mW, energia

total ao redor dos caninos de 8J, 40s divididos em 3 pontos (cervical, médio e apical da raiz). Obteve-se um total de 6 pontos pois foram irradiadas a face vestibular e lingual. O ponto cervical e apical foram irradiados por 10 segundos (1J de energia por ponto vestibular e lingual) e o ponto médio foi irradiado por 20 segundos (2J por ponto, vestibular e lingual). Após 4 aplicações por mês (dias 0, 3, 7 e 14) o total de energia totalizou 32J. O estudo mostrou uma maior velocidade da movimentação ortodôntica e redução da dor no lado irradiado quando comparado ao controle.

Os estudos comprovam a efetividade do laser de baixa intensidade para o aumento da velocidade de movimentação dentária durante o tratamento ortodôntico, porém com o intuito de utilizar aplicação única mensal evitando o retorno do paciente ao consultório para nova aplicação do laser no mesmo mês, Orlando (2010) observou a aceleração da movimentação ortodôntica na retração inicial de caninos fazendo a aplicação do laser somente no momento da ativação da retração. O laser foi aplicado nos caninos superiores e inferiores após a ativação da retração, sendo novamente realizada após período de 30 dias. Em cada arco dentário havia um canino que sofria aplicação do laser e o outro era o controle. O protocolo de aplicação do laser compreendeu um comprimento de onda de 780nm, potência de 40mW, com densidade de energia de $10\text{J}/\text{cm}^2$, durante 10 segundos por ponto (5 pontos por vestibular e 5 por lingual) e energia total de 0,4J/ponto. A Análise dos dados foi realizada através de tomografia computadorizada obtida no início e no final da retração dos caninos. Os resultados demonstraram que a dose utilizada promoveu aceleração da movimentação dentária somente para os caninos inferiores, não sendo adequada para os caninos superiores, assim, o autor sugere a necessidade de determinar a dosimetria adequada para a movimentação ortodôntica de forma distinta para o arco dentário superior e inferior.

Lages (2011) utilizou a mesma amostra de Orlando (2010), porém avaliou os dados através de modelos digitais. Os modelos de gesso foram obtidos durante todos os meses da pesquisa, a cada retorno dos pacientes para a reativação das molas utilizadas para retração dos caninos, para se mensurar a movimentação dos caninos durante sua retração. Desta forma, foram obtidos pares de modelos referentes às fases inicial (T0), um mês (T1), dois meses (T2), três meses (T3) e quatro meses (T4) após o início da retração dos caninos e posteriormente os mesmos foram digitalizados. Os resultados demonstraram que não houve diferença

estatisticamente significativa entre a quantidade de retração dos caninos irradiados comparados aos não irradiados diferentemente de Orlando (2010) que observou aceleração dos caninos inferiores irradiados em comparação ao contralateral não irradiado. O autor justifica a diferença nos resultados devido a utilização da tomografia computadorizada por Orlando (2010) que permite traçar planos a partir de estruturas anatômicas, podendo mensurar apenas a movimentação no sentido sagital dos caninos em relação a estes planos de referência e em modelos de gesso, esta peculiaridade não é permitida, visto que a retração dos caninos foi avaliada diretamente pela distância do ponto da papila interincisiva às pontas das cúspides dos caninos, consistindo em uma diagonal, o que muitas vezes pode mascarar a quantidade de retração dos caninos por uma aproximação dos mesmos às papilas interincisivas, quando estes se encontravam vestibularizados inicialmente.

O único trabalho que fez aplicação de laser em todos os dentes durante a movimentação ortodôntica foi o de Camacho; Cujar (2010). Selecionaram 50 pacientes com oclusão semelhante e os dividiram em grupo laser e grupo controle. Após cada troca dos arcos o laser era aplicado com o protocolo de DE: $80\text{J}/\text{cm}^2$, P:100mW, t:22s, Energia/ponto de 2,2J (dois pontos por dente) e energia por dente de 4,4J até o fim do tratamento. Houve uma redução de 30% do tempo total do tratamento no grupo laser quando comparado ao grupo controle.

Vinte pacientes com indicação para extração dos primeiros pré-molares foram utilizados para avaliar a influência do laser de baixa intensidade (LBI) na movimentação ortodôntica por Doshi-Mehta e Bhad-Patil (2012). Os autores utilizaram o laser de diodo com comprimento de onda de 800nm, potência de 0,25mW para o efeito de bioestimulação e para o efeito de analgesia utilizaram uma potência de 0,7mW. A aplicação do laser para efeito analgésico foi realizado no mesmo dia da ativação da mola com duas aplicações por vestibular e lingual no centro da raiz por 30 segundos. A aplicação do laser para efeito de biomodulação foi feita no terceiro dia após ativação da mola para retração dos caninos com 5 aplicações por vestibular e cinco por lingual (duas no terço cervical mesial e distal, uma no terço médio, e duas no terço apical mesial e distal) totalizando 10 aplicações de 10 segundos e densidade de energia de 8J cada. No primeiro mês a aplicação do laser foi feita nos dias 0, 3, 4 e 14 após a ativação da mola de retração e nos meses seguintes foi feita a cada 15 dias até a completa retração do canino. Os

resultados demonstraram um efeito satisfatório do laser para o arco superior e inferior com maior movimentação do canino no lado experimental em cerca de 30%.

Genc et al. (2013) avaliaram a influência da aplicação do laser de baixa intensidade sobre a velocidade da movimentação ortodôntica e os níveis de ácido nítrico no fluido gengival durante a retração dos incisivos laterais superiores após exodontia dos primeiros pré-molares e retração dos caninos. Vinte pacientes foram analisados, sendo sempre o incisivo lateral superior direito o dente a receber o laser e o esquerdo o controle. A aplicação do laser de diodo e a coleta das amostras de fluido gengival foram realizadas nos dias 0, 3, 7, 14, 21 e 28 após a ativação da mola de níquel titânio presa no dente e a um mini implante. Foram realizadas cinco aplicações por vestibular e cinco por palatino, totalizando 10 pontos (dois cervical, um médio e dois na região apical), potência de 20mW, densidade de energia de $0,71\text{J}/\text{cm}^2$. Os resultados demonstraram que a aplicação da terapia com laser de baixa intensidade acelerou significativamente a movimentação ortodôntica e não houve alterações estatisticamente significativas nos níveis de óxido nítrico do fluido gengival durante o tratamento ortodôntico.

Dominguez, Gomez e Palma (2013) fizeram a aplicação de laser de baixa intensidade (670nm) em um grupo de 10 pacientes com indicação para extração dos segundos pré-molares superiores. O laser foi aplicado nos primeiros pré-molares em um lado da maxila durante a retração, sendo o lado oposto considerado controle. O laser foi aplicado na face vestibular distal e lingual durante os dias 0, 1, 2, 3, 4 e 7 por 3 minutos em cada face totalizando 9 minutos com uma energia total de 108J, potência de 200mW. Os resultados mostraram que a retração acumulada do pré-molar superior aos 30 dias foi maior no grupo laser, e esta diferença foi estatisticamente significativa entre os grupos.

Em estudo realizado por Sousa (2013) para avaliar o efeito da aplicação do laser de baixa intensidade como recurso de ancoragem a autora não observou, como efeito complementar, diferença estatisticamente significante na retração dos caninos do lado irradiado quando comparado aos do lado não irradiado.

Em meta-análise realizada por Long et al. (2013) os autores observaram uma evidência fraca na atuação do laser de baixa intensidade na aceleração do movimento ortodôntico no comprimento de onda de 780nm, densidade de energia de

5J/cm² e /ou potência de 20mW dentro de 2 a 3 meses. Já Ge et al. (2014) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise que revelou um efeito eficaz do laser de baixa intensidade no aumento da movimentação ortodôntica. Não observaram diferença estatística entre o arco superior e inferior e os resultados foram mais eficientes com densidade de energia menores (2, 2,5 e 8J/cm²). Porém uma dose ideal ainda continua indeterminada.

2.4 A dor durante a movimentação ortodôntica e efeitos do laser de baixa Intensidade na supressão da sensibilidade dolorosa

Dor e desconforto são sensações frequentes no tratamento ortodôntico. De 90 a 95% dos pacientes submetidos a este tipo de tratamento relatam experiência com dor. Para a maioria dos pacientes ortodônticos a dor não é um grande problema (BERGIUS; BERGGREN; KILIARIDIS, 2002; SCHEURER; FIRESTONE; BURGIN, 1996). Porém, para aproximadamente 10% destes pacientes, a prévia experiência de dor é motivo para interromper a terapia. Além disso, o simples fato de imaginar passar por uma experiência dolorosa desencoraja alguns pacientes, mesmo quando o tratamento é extremamente necessário (OLIVER; KNAPMAN, 1985).

A dor severa não se apresenta apenas imediatamente após a aplicação da força, mas também persiste por alguns dias depois do início da movimentação dentária (JONES; CHAN, 1992). O auge da intensidade da dor se dá cerca de 24 horas após a aplicação da força ortodôntica (BERGIUS; BERGGREN; KILIARIDIS, 2002; BONDEMARK; FREDRIKSSON; ILROS, 2004; SCHEURER; FIRESTONE; BURGIN, 1996), persistindo até 1 semana (FUJIYAMA et al., 2008; NGAN; KESS; WILSON, 1989).

Em estudo de Scheurer, Firestone e Burgin (1996), após a instalação do aparelho fixo em 170 pacientes, 65% relataram dor após 4 horas, 95% após 24 horas e 25% dos pacientes ainda sentiam desconforto depois de 7 dias. Apenas 16% utilizaram analgésico durante o pico de dor, isto é, 24 horas após a instalação. É evidente que o tratamento ortodôntico pode causar desconforto ao paciente. A partir do momento em que existe esta conscientização, é essencial que o

profissional busque amenizar esta situação (SCHEURER; FIRESTONE; BURGIN, 1996).

O uso de drogas farmacológicas para inibição da dor durante o tratamento ortodôntico é muito discutido, pois pode causar alguns efeitos colaterais como a inibição da movimentação ortodôntica pelos anti-inflamatórios não esteroidais. Estes anti-inflamatórios inibem a síntese de prostaglandina, que é um importante mediador da reabsorção óssea (CHUMBLEY; TUNCAY, 1986; LIM; LEW; TAY, 1995). Porém alguns estudos relatam que devido à prostaglandina não ser o único mediador da inflamação associada à movimentação dentária induzida, o uso desses medicamentos não causam diminuição da movimentação dentária (CONSOLARO et al., 2010; RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005; WONG; REYNOLDS; WEST, 1992).

Já os anti-inflamatórios esteroidais podem causar uma perda óssea ao longo do tempo por diminuir a atividade dos osteoblastos e aumentar a atividade dos osteoclastos (TURNER et al., 1995).

O laser pode induzir a redução da dor pelos seguintes mecanismos: estimulando a produção de beta endorfina (um mediador natural produzido pelo organismo para redução de dor) (LAAKSO et al., 1994), inibindo a liberação do ácido araquidônico a partir das células lesadas, que geraria metabólitos (prostaglandinas) que interagem com os receptores da dor (SHIMIZU et al., 1995) ou pela repressão da condução dos impulsos nervosos nas terminações dos nervos periféricos, atuando no mecanismo da bomba de sódio e potássio (KASAI et al., 1996).

Alguns estudos tem demonstrado a efetividade da laserterapia na supressão da dor através do aumento da síntese de endorfinas (BENEDICENTI, 1982), pela inibição das prostaglandinas (PG-E2) e interleucina 1- β (IL-1 β) (SHIMIZU et al., 1995) ou pela diminuição de transmissores nociceptivos, como a bradicinina e serotonina (ATAKA, 1989).

Shimizu et al. (1995) em trabalho realizado com pré-molares extraídos após movimentação ortodôntica e mantidos em cultura verificou que a aplicação do laser nas células do ligamento periodontal após a estimulação ortodôntica promoveu uma

inibição da produção de Prostaglandinas E2(PG-E2) e interleucina 1- β (IL-1 β) sugerindo assim a efetividade do laser no controle da dor.

Dessa forma, estudos surgiram para avaliar se o laser poderia se tornar um grande auxiliar no tratamento ortodôntico, diminuindo a sensibilidade dolorosa que leva muitos pacientes a desistirem do tratamento.

Lim, Lew e Tay (1995) avaliaram a influência do laser de baixa intensidade na supressão da dor através da colocação de elásticos separadores. Os separadores foram colocados nas proximais de um pré-molar em cada quadrante. Foi utilizado um laser de 830nm, 30mW durante 15, 30 e 60 segundos e em um pré-molar simulado a aplicação por 30 segundos durante 5 dias e os pacientes preencheram uma escala visual para quantificar a dor sentida antes e após a aplicação do laser em cada dia. Os dados mostraram que o tratamento com laser demonstraram valores de dor mais baixo que o placebo apesar de não apresentar diferença estatisticamente significativa.

Turhani et al. (2006) também avaliaram a influencia do LBI na supressão da dor durante a utilização do aparelho fixo. Utilizaram dois grupos: Grupo 1, os pacientes receberam uma única aplicação de laser por 30 segundos por face de dente (670nm, 75mW, 140mW/cm²); Grupo 2 os pacientes receberam uma simulação de aplicação de laser. A percepção da dor foi avaliada após 6hs, 30hs e 54 horas após a aplicação do laser pelo questionário padronizado respondido pelo próprio paciente. As diferenças na percepção da dor foram significativas entre os dois grupos. O número de pacientes reportando dor foi significativamente menor no grupo 1 (N=14) do que no grupo 2 (N=29) nas primeiras 6 horas e 30 horas (Grupo 1=22 e Grupo 2=33). Na avaliação realizada com 54 horas, nenhuma diferença significativa foi observada. Os autores concluíram que a utilização do laser pode ter efeito positivo em pacientes ortodônticos também após o dia da ativação do aparelho.

Youssef et al. (2008) no trabalho realizado para avaliar a ação do laser de baixa intensidade sobre a movimentação de caninos no momento da retração também observaram que o nível de dor foi menor no grupo que recebeu a terapia com laser de baixa intensidade do que no grupo controle. Estes achados sugerem que terapias com laser de baixa potência podem reduzir efetivamente o nível da dor.

Fujiyama et al. (2008) utilizaram o laser de CO₂ para avaliar a possível redução da sintomatologia dolorosa utilizando elásticos separadores na distal dos primeiros molares superiores. Sessenta pacientes receberam a irradiação com o laser e 30 não. Todos avaliaram o nível de dor através de uma escala visual. Os resultados demonstraram uma redução do nível de dor nos pacientes que tiveram a irradiação porém essa não interferiu no grau de movimentação dentária.

Tortamano et al. (2009) avaliaram o efeito do laser de baixa intensidade na redução da dor após a colocação dos primeiros fios ortodônticos através de um estudo duplo cego tendo o grupo controle, experimental placebo num total de 60 pacientes. O laser foi aplicado imediatamente após a instalação do primeiro arco ortodôntico recebendo cada dente uma dose de 2,5 J/cm² de cada lado. Os pacientes responderam um questionário de dor durante 7 dias após a aplicação do laser. O grupo experimental relatou menor índice de dor, assim, os autores concluíram que o laser é um método eficaz no controle da dor na instalação do primeiro arco ortodôntico.

Angelier et al. (2011) avaliaram a influência do laser de baixa intensidade na supressão da dor durante a fase de retração dos caninos. O mesmo paciente teve um canino de um lado irradiado imediatamente após a ativação da mola de retração e após 3 e 7 dias e o outro utilizado como controle. O protocolo de utilização do laser foi: Laser de diodo com comprimento de onda de 780nm, potência de 20 mW, Densidade de energia de 5J/cm², com aplicação de 10 segundos por ponto, resultando numa energia de 0,2 J por ponto e energia total de 2J. Para avaliação da dor os pacientes preencheram a escala visual analógica (VAS) nos tempos de 12, 24, 48 e 72 horas após a ativação. Os mesmos procedimentos foram realizados no mês seguinte. Os autores não encontraram diferença estatisticamente significativa entre o lado irradiado e não irradiado concluindo que este protocolo não foi efetivo para controle da dor.

Para avaliar a influência na redução da sintomatologia dolorosa da aplicação de laser e luz LED, após a aplicação de força ortodôntica, Esper, Nicolau e Arisawa (2011) dividiram 55 voluntários em 4 grupos: G1 (controle), G2 (placebo), G3 (protocolo 1: laser, InGaAlP, 660 nm, 4J/cm², 0,03W, 25s), G4 (protocolo 2: LED, GaAlAs, 640nm com 40 nm de largura de banda total a metade do máximo, 4J/m²,

0,10W, 70s). Foram inseridos separadores para induzir a dor e os voluntários utilizaram uma escala analógica após a colocação de separação, após a terapia (placebo, laser ou LED), e depois de 2, 24, 48, 72, 96 e 120h. O grupo laser não teve resultados estatisticamente significativos na redução do nível de dor em comparação com o grupo LED. O grupo LED teve uma redução significativa nos níveis de dor entre 2 e 120 horas, em comparação com o controle e os grupos de laser. A terapia de LED mostrou uma redução significativa da sensibilidade à dor após o movimento ortodôntico, quando comparado com o grupo controle.

Bicakci et al. (2012) avaliaram a influência do laser de baixa intensidade através de escala visual e dos níveis de prostaglandina através do fluido gengival. Os primeiros molares superiores de 19 pacientes foram bandados e um molar de cada paciente foi escolhido de forma aleatória para receber a aplicação do laser sendo o oposto selecionado como controle. Foi utilizado laser de 820nm, 50mW, densidade de energia de 7,97J, com aplicação de 5 segundos por ponto. O fluido gengival foi colhido antes, após 1 e 24 horas a bandagem. Foi observado um nível de dor menor após 24 horas da aplicação do laser quando comparado ao controle e os níveis de prostaglandina foram maiores no grupo controle.

Artes-Ribas, Arnabat-Dominguez e Puigdollers (2013) observaram resultado satisfatório na redução da sensibilidade dolorosa após a utilização de separadores elásticos quando o laser de baixa intensidade foi utilizado no protocolo de: 830nm, 100mW, diâmetro do feixe de 7mm, 250 mW/cm², aplicado por 20s por ponto (5J/cm²), três pontos foram irradiadas na face vestibular e três foram irradiadas no palato. Nobrega, da Silva e de Macedo (2013) também observaram resultados positivos utilizando os separadores com o protocolo de laser 830nm; 40,6mW com aplicação de densidade de energia de 2Jcm² no ápice radicular e mais 3 pontos na face vestibular ao longo da raiz de 1Jcm² por 25 segundos cada ponto.

Dominguez e Velasquez (2013) avaliaram a influência do laser na redução da sintomatologia dolorosa no ultimo fio de nivelamento em um grupo irradiado comparado com o controle e também verificaram a diferença na dor entre pacientes que utilizaram braquetes convencionais e auto ligados. Utilizaram 60 pacientes, 30 tratados com braquetes convencionais e 30 com auto-ligado, foram analisados no fio retangular 0.019x0.025 polegadas. Os arcos dentários foram aleatoriamente

separados como irradiado e controle. O protocolo laser foi: 830 nm, 100mW, por 22 seg ($2,2J$, $80J/cm^2$) ao longo da superfície vestibular e 22 seg ($2,2J$, $80J/cm^2$) ao longo da superfície da raiz palatina do arco, seleccionados aleatoriamente. A dor foi avaliada através de uma escala visual analógica (VAS) depois de 2, 6 e 24 horas, e 2, 3 e 7 dias após a aplicação. O tempo de dor mostrou a mesma tendência em ambos os grupos atingindo um pico de 24 horas após a ativação do arco. A aplicação da terapia a laser reduziu a dor por qualquer período de tempo até 7 dias e para qualquer tipo de braquete.

Os trabalhos de Dominguez, Gomez e Palma (2013) e de Doshi-Mehta e Bhad-Patil (2012) descritos no capítulo “Influência do laser de baixa intensidade na movimentação ortodôntica” também avaliaram o grau de diminuição da sensibilidade dolorosa durante os experimentos e demonstraram resultados positivos para a aplicação do laser com essa finalidade.

Sousa (2013) avaliou o efeito da aplicação do laser de baixa intensidade como recurso de ancoragem e inibição da dor pós-ativação nos primeiros molares e segundos pré-molares. Utilizou o laser de diodo com protocolo de aplicação de $780nm/70mW/105J/cm^2/4,2J$ por ponto/ $Et=42J$ para os molares e pré-molares (8 pontos por vestibular e 8 pontos por lingual) nos dias 0, 7 e 14 após a ativação da retração inicial dos caninos. A retração durou em média 3 meses num total de 9 aplicações de laser. Foi utilizada uma escala analógica para avaliação da sensibilidade dolorosa após 12, 24, 48 e 72 horas após a irradiação. Os resultados demonstraram uma redução da movimentação dos molares irradiados comparados ao seu contralateral somente no primeiro mês quando avaliados os modelos obtidos, porém houve uma diferença estatisticamente significativa comparando-se o tempo inicial e final tanto em modelos como em tomografias. Também observou uma redução da sintomatologia dolorosa nos três meses avaliados nos tempos 12h, 24h e 48h e no terceiro mês em todos os tempos.

A laserterapia tem sido alvo de estudos no que se refere à inibição da dor, pois há pouquíssimas contraindicações e efeitos colaterais

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

1. Analisar a velocidade de movimentação ortodôntica de caninos superiores e inferiores submetidos à irradiação com o laser de baixa intensidade (LBI) durante sua retração inicial, comparados aos caninos contralaterais não irradiados (controle).
2. Analisar uma possível alteração da sintomatologia dolorosa em decorrência da aplicação do LBI.

***4** Material e Métodos*

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Amostra

Foram selecionados 11 indivíduos de acordo com os seguintes critérios para inclusão na amostra:

- Indicação de extração dentária dos primeiros pré-molares superiores e inferiores, devido apinhamento severo ou biprotrusão, em indivíduos com má oclusão de Classe I;
- Presença de todos os dentes permanentes irrompidos, exceto os terceiros molares;
- Ausência de tratamento ortodôntico prévio;
- Ausência de problemas sistêmicos;
- Ausência de agenesias dentárias;
- Ausência de dente supranumerário;
- Ausência de dentes impactados;
- Idade entre 12 e 17 anos.

Os pacientes foram selecionados e tratados na clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo. A documentação ortodôntica inicial necessária para o tratamento ortodôntico constou de radiografias panorâmica e telerradiografia em norma lateral, além das fotografias extrabucais (frontal, sorrindo e perfil) e intrabucais (frontal, lateral esquerda, lateral direita, oclusal superior e oclusal inferior) e modelos de gesso.

As figuras 2 e 3 constam as fotos extrabucais e intrabucais de uma paciente selecionada para a amostra.

Figura 2 – Fotos extrabucais frontal, sorrindo e lateral de uma paciente selecionada para a amostra.

Figura 3 – Fotos intrabucais lateral direita, frontal, lateral esquerda, oclusal superior e oclusal inferior de uma paciente selecionada para a amostra.

4.2 Métodos

4.2.1 Tratamento Ortodôntico

Os responsáveis legais foram devidamente informados sobre a realização da pesquisa e autorizaram a participação por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo, protocolo número 164/2011(ANEXO 2).

Após consulta inicial para anamnese, foram separados os primeiros molares superiores e inferiores e após uma semana os pacientes foram moldados para realização de Barra transpalatina (BTP) e Arco Lingual de Nance (ALN). Nessa consulta os pacientes foram encaminhados para a clínica de cirurgia da Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo para realizar as extrações dos primeiros pré-molares superiores e inferiores.

As extrações dos primeiros pré-molares foram realizadas bilateralmente com intervalo de uma semana entre um lado e outro, iniciando-se sempre pelo lado direito. Após as extrações, foi realizada instalação de BTP no arco superior e ALN no arco inferior já com os tubos dos molares soldados (tubo triplo para os molares superiores e tubo duplo para os molares inferiores - Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil), além da colagem de braquetes metálicos, de prescrição Roth, canaleta 0.022"x 0.028" (Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil), nos caninos e segundos pré-molares, para inserção de um arco segmentado feito com fio 0.018" aço, com uma dobra em U na região das extrações com a finalidade de mantenedor de espaço das extrações.

Após 30 dias da última extração o paciente retornava para iniciar a retração inicial dos caninos, aplicação do LBI e também era realizada a primeira moldagem do arco superior e inferior. Ambos os arcos dentários foram moldados com alginato para impressão (Jeltrade Chromatic – Dentsply) e os moldes obtidos vertidos imediatamente com gesso pedra tipo III. As moldagens se repetiram após 30, 60 e 90 dias do início da retração inicial dos caninos e eram realizadas após remoção dos arcos segmentados, molas de retração e também do ALN.

Para a retração inicial foram instalados arcos segmentados bilateralmente, 0.014" NiTi, apenas com uma dobra distal para servir de "stop", conjuntamente a uma mola fechada de níquel-titânio (12 mm de comprimento) (Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil), liberando uma força de 150g para a retração inicial dos caninos, mensurada por um tensiômetro (ORMCO). Estas molas foram presas nas bandas da barra transpalatina e do arco lingual de Nance e nos braquetes dos caninos bilateralmente no arco superior e inferior respectivamente e foram reativadas decorridos 30 dias com a mesma força de 150g. Em alguns pacientes foi necessário utilizar molas de secção fechada de níquel-titânio no comprimento de 7 ou 9mm após a ativação de 60 dias para manter uma força de 150g devido o espaço

reduzido entre o tubo da BTP ou ALN e o canino, devido à retração do mesmo. Também foi instalado um amarrilho 0.010” conjugado do primeiro molar ao segundo pré-molar em todos os lados e um amarrilho nos caninos para evitar que ele girasse.

Quadro 1 - Período experimental

Referências	Procedimentos
Início	Documentação inicial, Moldagem BTP e ALN, extração dos pré-molares, instalação da BTP e ALN, montagem do aparelho (caninos e segundos pré-molares) e arco segmentado para manter os espaços das extrações.
Após 30 dias da última extração (T0).	Moldagem superior e inferior, arco segmentado 0.014” NiTi, retração inicial dos caninos com mola de secção fechada de NiTi com 150g de força e aplicação do laser de baixa intensidade. Entrega do questionário para avaliação da dor.
Após 30 dias do início da retração (T1).	Moldagem Superior e Inferior, reativação das molas (150g), aplicação do LBI, recolhimento e entrega de novo questionário para avaliação da dor.
Após 60 dias do início da retração (T2).	Moldagem Superior e Inferior, reativação das molas (150g), aplicação do LBI, recolhimento e entrega de novo questionário para avaliação da dor.
Após 90 dias do início da retração (T3).	Moldagem Superior e Inferior, recolhimento do questionário para avaliação da dor.

4.2.2 Aplicação do laser

O laser utilizado foi o de baixa intensidade (ArGaAl- Twin Laser, MMOptics, São Carlos-SP) emitindo luz a um comprimento de onda de 780nm com emissão de ondas contínuas, com área de saída do feixe de laser (“spot size”) de 0,04cm². O protocolo de aplicação difere para a mandíbula e maxila, conforme dosimetria abaixo descrita.

- Mandíbula (por vestibular e lingual): Potência de 40mW; densidade de energia de 10J/cm²; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J. Como foram 10 pontos (5 por vestibular e 5 por lingual), isto resultou uma energia total de aplicação de 4J ao redor das raízes dos caninos inferiores.
- Maxila por vestibular: Potência de 40mW; densidade de energia de 10J/cm²; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J. Como foram 5 pontos por vestibular, isto resultou uma energia total de aplicação de 2J por vestibular.
- Maxila por palatino: Potência de 70mW; densidade de energia de 35J/cm²; 20segundos por ponto; 1,4J de energia por ponto. Como foram 5 pontos por palatino, isto resultou uma energia total de 7J por palatino.

A aplicação do laser foi realizada uma vez por mês logo após a ativação da mola de retração (dose única mensal), porém fracionada em dez pontos, pois todo o tecido ósseo ao redor do dente movimentado deve receber a energia.

O laser foi aplicado randomicamente somente em um dos caninos na maxila e em um dos caninos na mandíbula. O lado irradiado foi considerado grupo irradiado (I) e o não irradiado grupo controle (NI). Imediatamente após a ativação da mola para retração dos caninos (mensalmente) foi realizada a aplicação do laser de baixa intensidade na região radicular do canino selecionado para o grupo laser da maxila e da mandíbula. Se o canino irradiado na maxila fosse o direito, automaticamente para o mesmo paciente o canino irradiado na mandíbula seria o esquerdo e vice-versa. No canino contralateral da maxila e mandíbula foi realizada uma simulação de aplicação de laser, para que o paciente não soubesse em que lado seria aplicado o laser. O sugador foi mantido ligado para que o paciente não ouvisse o sinal do laser que faz a contagem do tempo de aplicação, o que também ajudou na simulação no lado não irradiado.

A definição do lado experimental (direito ou esquerdo) foi realizada de forma aleatória, ou seja, no dia da anamnese, para o primeiro paciente agendado, o lado irradiado foi escolhido pelo método de “cara ou coroa”, por exemplo, como para o

primeiro paciente, o lado escolhido para maxila foi o direito, o próximo paciente teve automaticamente o lado irradiado sendo o esquerdo e assim sucessivamente, sempre tendo o canino mandibular do lado oposto sendo o irradiado. Desta forma, os caninos irradiados se alternaram aleatoriamente, em relação ao lado do arco dentário. Para cada paciente o lado a ser irradiado foi identificado no prontuário para que a aplicação do laser fosse feita mensalmente somente no lado definido, tendo assim a correta separação do grupo Irradiado e não irradiado (controle). As irradiações foram feitas pelo mesmo operador (JMSS) de forma pontual, direcionando o feixe de luz perpendicularmente e em contato com a mucosa, numa superfície limpa e seca, sendo necessária a utilização de isolamento relativo.

Os pontos de aplicação do laser foram:

- 1- Gengiva marginal mesiovestibular
- 2- Gengiva marginal distovestibular
- 3- Um ponto central na raiz dentária
- 4- A uma distância aproximada de 8mm do ponto 1 em direção a apical
- 5- A uma distância aproximada de 8mm do ponto 2 na direção apical

Esses pontos foram aplicados por vestibular e lingual num total de 10 pontos por lado de cada arco.

Figura 4 - Pontos de aplicação do LBI. Os mesmos pontos foram aplicados por lingual, num total de 10 pontos.

Após, decorridos os 90 dias do início da retração inicial dos caninos (fim da retração de canino) foi interrompida as aplicações de laser e o tratamento ortodôntico seguiu conforme planejamento definido previamente até a finalização do caso que é de aproximadamente 24 meses (+ 6 meses).

Todos os cuidados com relação ao paciente e operador foram tomados, por meio de utilização de óculos de proteção e o envolvimento da ponteira com filme PVC e assepsia com álcool 70° para evitar contaminação cruzada.

4.2.3 Escaneamento dos modelos

Os modelos obtidos ao início da retração dos caninos e antes de cada ativação da mola de secção fechada foram avaliados para a mensuração adequada da movimentação de ambos os caninos retraídos. Os modelos foram escaneados por meio de scanner 3D “3Shape Ortho System™” (3Shape™ – Copenhagen, Dinamarca) localizado no setor da disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo.

O “scanner” foi calibrado de acordo com as orientações do fabricante. Cada modelo é fixado em uma plataforma sobre uma massa adesiva, sempre com sua parte anterior voltada para a região posterior do scanner. Após o posicionamento do modelo, as portas do scanner são fechadas e o escaneamento iniciado. Tem-se assim o modelo superior, modelo inferior e modelo superior e inferior em oclusão. As imagens capturadas são processadas por um software (OrthoAnalyzer) que gera um arquivo para cada modelo.

4.2.4 Mensuração dos modelos

Para mensuração dos modelos foi utilizada como referência tanto para os modelos superiores como os inferiores a ponta da cúspide dos caninos de ambos os lados e a região mais cervical da papila entre os incisivos centrais. Esta medida foi determinada como a distância linear entre a papila e os caninos do lado irradiado ou não irradiado (DPC) como demonstrado na Figura 5 e foi realizada em cada modelo

obtido das ativações da retração inicial do canino (mensais). A distância percorrida pelos caninos, medida em mm, foi determinada pela diferença das distâncias mensuradas entre os tempos.

Esta análise foi realizada no mínimo após 3 meses do término da aplicação do laser com o objetivo da examinadora não lembrar qual era o lado irradiado e não irradiado de cada paciente dando um caráter duplo cego para o estudo no momento da mensuração das variáveis.

Figura 5 – Distância Papila Canino (DPC). A) Arco superior B) Arco Inferior

4.2.5 Análise da sensibilidade dolorosa

Foi avaliado o efeito analgésico após a instalação e ativação das molas de níquel-titânio, comparando-se o canino do lado irradiado ao seu contralateral não irradiado, 12, 24, 48 e 72 horas após a aplicação do laser. Para essa avaliação foi utilizada uma escala visual (ANEXO 3) para análise gradual da sensibilidade dolorosa onde o paciente assinalou de 0 a 4, em concordância com a intensidade de dor experimentada em ambos os lados, sendo 0 a inexistência de dor e 4 dor intolerável.

Esta escala foi entregue após cada ativação das molas durante os três meses em que o laser foi aplicado. Cada paciente preencheu a escala em casa sem nenhuma supervisão do operador, também foi orientado sobre o horário que deveria preencher e pedido para colocar o celular para despertar nestes horários para que o mesmo não esquecesse.

4.2.6 Análise dos Dados

Para análise do erro do método foram remedidos, num período de 30 dias após a primeira medição, 36% do total de modelos observados (4 conjuntos de modelos superior e inferior de 4 pacientes em um total de 32 modelos), selecionados de forma aleatória.

Para verificação do erro sistemático intra-examinador nos modelos foi realizado o teste “t” pareado e a fórmula de Dahlberg para determinar o erro casual.

Para comparação da velocidade da movimentação ortodôntica entre os tempos na comparação entre os lados irradiado e não irradiado foi utilizado a Análise de Variância a um critério de medidas repetidas seguido do teste de Fisher para comparação múltipla.

Para comparação entre os lados irradiados e não irradiados no que refere-se à sensibilidade dolorosa também foi utilizado a Análise de Variância a um critério de medidas repetidas seguido do teste de Fisher para comparação múltipla.

. Em todos os testes adotou-se um nível de significância de 5%. Os testes foram realizados no programa Statistica for Windows 7 (StatSoft Inc., USA)

5 Resultados

5 RESULTADOS

Os resultados das avaliações do erro sistemático, avaliado pelo teste “t” pareado, e do erro casual medido pela fórmula de Dahlberg estão dispostos na Tabela 1.

Observa-se que não houve erro sistemático e o erro casual foi de 0,16mm, de forma não relevante, quando da mensuração dos caninos irradiados e não irradiados comparando-se a medida DPC (distância entre a ponta de cúspide dos caninos de ambos os lados e a região mais cervical da papila entre os incisivos centrais), nos modelos analisados.

Tabela 1 - Erro do método nos modelos - teste “t” pareado e fórmula de Dahlberg.

Variável	1ª Medição		2ª Medição		t	P	Erro
	Média	dp	Média	dp			
DPC	17,82	3,42	17,78	3,37	1,622	0,110	0,16

A média e desvio padrão dos valores obtidos na mensuração DPC (da cúspide do canino ao ponto mais cervical da papila entre os incisivos centrais) para os caninos superiores e inferiores do lado irradiado e não irradiado, em todos os tempos avaliados estão dispostos na tabela 2.

TABELA 2 - Distância papila-canino (DPC), do lado irradiado e não irradiado, nos tempos inicial (T0) e decorridos 30 (T1), 60(T2) e 90(T3) dias do início da retração dos caninos, em mm.

Arco Dentário	Tempo	Irradiado n=11		Não Irradiado n=11	
		Média	dp	Média	dp
Superior	T0	19,23	0,95	18,17	1,39
	T1	19,76	0,88	18,82	1,31
	T2	21,29	1,08	20,34	1,45
	T3	23,36	1,63	21,83	1,22
Inferior	T0	13,39	1,39	13,86	1,41
	T1	15,38	1,70	14,56	1,50
	T2	17,33	2,33	16,57	1,82
	T3	18,79	2,34	18,11	1,89

A tabela 3 mostra a média e o desvio padrão das diferenças da DPC entre os tempos para os caninos superiores, para o lado irradiado e não irradiado, ou seja a quantidade de movimentação dos caninos para distal nos períodos analisados. Não houve diferença significativa entre os lados irradiados e não irradiados.

Tabela 3 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T0, T2-T1 e T3-T2) para o arco superior.

Variação dos Tempos	Irradiado		Não Irradiado	
	Média	dp	Média	dp
T1-T0	0,53 ^{Aa}	0,43	0,65 ^{Aa}	0,24
T2-T1	1,53 ^{Ab}	0,70	1,52 ^{Ab}	0,89
T3-T2	2,08 ^{Ab}	1,33	1,50 ^{Ab}	0,55

*Letras maiúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si em relação ao lado irradiado e não irradiado

**Letras minúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si em relação ao tempo

A tabela 4 mostra a média e o desvio padrão das diferenças da DPC entre os tempos para os caninos inferiores, para o lado irradiado e não irradiado, ou seja a quantidade de movimentação dos caninos para distal nos períodos analisados. Houve diferença significativa entre os lados irradiados e não irradiados somente para o primeiro mês avaliado.

Tabela 4 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em três níveis: T1-T0, T2-T1 e T3-T2) para o arco inferior.

Variação dos Tempos	Irradiado		Não Irradiado	
	Média	dp	Média	dp
T1-T0	1,99 ^{Aa}	0,75	0,70 ^{Bb}	0,69
T2-T1	1,95 ^{Aa}	0,97	2,01 ^{Aa}	0,93
T3-T2	1,46 ^{Aa}	0,67	1,54 ^{Aa}	1,32

*Letras maiúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si em relação ao lado irradiado e não irradiado

**Letras minúsculas iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si em relação ao tempo

As tabelas 5, 6 e 7 mostram os resultados referentes à ação do LBI no controle da dor. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi observada entre os lados irradiados e não irradiados em nenhum tempo avaliado

Tabela 5 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior e inferior no primeiro mês avaliado.

Arco	Variável	Irradiado		Não Irradiado	
		Média	dp	Média	dp
Superior	12 horas	1,09 ^{Aa}	1,04	1,09 ^{Aa}	1,04
	24 horas	0,45 ^{Aab}	0,69	0,73 ^{Aab}	0,69
	48 horas	0,45 ^{Ab}	0,69	0,45 ^{Ab}	1,01
	72 horas	0,45 ^{Ab}	0,69	0,36 ^{Ab}	0,67
Inferior	12 horas	1,00 ^{Aa}	1,30	1,09 ^{Aa}	1,10
	24 horas	0,64 ^{Aa}	0,81	0,91 ^{Aa}	0,94
	48 horas	0,64 ^{Aa}	1,03	0,64 ^{Aa}	0,67
	72 horas	0,45 ^{Aa}	0,82	0,64 ^{Aa}	0,81

* Letras maiúsculas comparam os lados dentro de cada tempo

**Letras minúsculas comparam os tempos dentro de cada lado

Tabela 6 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior e inferior no segundo mês avaliado.

Arco	Variável	Irradiado		Não Irradiado	
		Média	dp	Média	dp
Superior	12 horas	0,64 ^{Aa}	0,69	0,81 ^{Aa}	0,93
	24 horas	0,27 ^{Ab}	0,30	0,36 ^{Ab}	0,52
	48 horas	0,09 ^{Ab}	0,67	0,09 ^{Ab}	0,60
	72 horas	0,18 ^{Ab}	2,69	0,09 ^{Ab}	0,50
Inferior	12 horas	0,64 ^{Aa}	0,67	1,36 ^{Aa}	1,21
	24 horas	0,45 ^{Ab}	0,69	0,82 ^{Ab}	0,50
	48 horas	0,36 ^{Aab}	0,67	0,36 ^{Aab}	0,75
	72 horas	0,27 ^{Ab}	0,65	0,36 ^{Ab}	0,67

* Letras maiúsculas comparam os lados dentro de cada tempo

**Letras minúsculas comparam os tempos dentro de cada lado

Tabela 7 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior e inferior no terceiro mês avaliado.

Arco	Variável	Irradiado		Não Irradiado	
		Média	dp	Média	dp
Superior	12 horas	0,45 ^{Aa}	0,52	1,00 ^{Aa}	0,77
	24 horas	0,36 ^{Aab}	0,40	0,73 ^{Aab}	0,50
	48 horas	0,18 ^{Aab}	0,67	0,64 ^{Aab}	0,79
	72 horas	0,27 ^{Ab}	0,65	0,36 ^{Ab}	0,50
Inferior	12 horas	0,73 ^{Aa}	0,90	1,27 ^{Aa}	0,79
	24 horas	0,55 ^{Aab}	0,52	0,82 ^{Aab}	0,60
	48 horas	0,55 ^{Ab}	1,04	0,55 ^{Ab}	0,69
	72 horas	0,27 ^{Ab}	0,65	0,27 ^{Ab}	0,65

* Letras maiúsculas comparam os lados dentro de cada tempo

**Letras minúsculas comparam os tempos dentro de cada lado

Gráfico 1 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior no primeiro mês avaliado.

Gráfico 2 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior no segundo mês avaliado.

Gráfico 3 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco superior no terceiro mês avaliado.

Gráfico 4 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco inferior no primeiro mês avaliado.

Gráfico 5 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco inferior no segundo mês avaliado.

Gráfico 6 - Anova a um critério (fator lado em dois níveis: irradiado e não irradiado) de medidas repetidas (fator tempo em quatro níveis: 12, 24, 48 e 72 horas) para o arco inferior no terceiro mês avaliado.

Gráfico 7 – Valores obtidos no tempo de 12 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 8 – Valores obtidos no tempo de 24 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 9 – Valores obtidos no tempo de 48 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 10 – Valores obtidos no tempo de 72 horas para o arco superior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 11 – Valores obtidos no tempo de 12 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 12 – Valores obtidos no tempo de 24 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 13 – Valores obtidos no tempo de 48 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.

Gráfico 14 – Valores obtidos no tempo de 72 horas para o arco inferior durante os três meses de avaliação.

6 *D*iscussão

6 DISCUSSÃO

6.1 Seleção da amostra

Este estudo foi de caráter prospectivo, onde os pacientes foram selecionados previamente ao tratamento ortodôntico. A amostra constou de 11 pacientes com má oclusão de Classe I com indicação para extração dos primeiros pré-molares superiores e inferiores, seja por apinhamento ou biprotrusão dentária. Dos pacientes selecionados, 10 tinham indicação para extração por apinhamento e apenas um por biprotrusão. Foi uma preocupação selecionar apenas pacientes com indicação para extração dos quatro primeiros pré-molares a fim de avaliar as doses utilizadas para o arco superior e inferior e comparar lado irradiado e não irradiado sempre no mesmo paciente minimizando os efeitos da variação biológica individual caso o fizéssemos em pacientes diferentes, ou seja, utilizando apenas o arco superior ou inferior (LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA, 2008).

A indicação de extração dos primeiros pré-molares foi avaliada clinicamente e pelo estudo da documentação ortodôntica. A quantidade de retração necessária também foi avaliada.

Os pacientes avaliados que realizaram documentação ortodôntica e que por algum motivo, após as análises cefalométricas e de modelo realizadas, não se incluísem nos critérios de seleção da amostra, foram redirecionados para tratamento nos cursos de especialização e mestrado da Faculdade de Odontologia de Bauru.

A idade média dos pacientes foi de 14,09 (idade mínima de 13 e máxima de 17). A literatura relata que a fotorresposta depende do nível de atividade metabólica do tecido (LIZARELLI, 2007), desta forma foi muito importante ter uma amostra composta por pacientes jovens com idades semelhantes, pois assim todos encontravam-se na mesma fase de metabolismo corpóreo, sem apresentar diferenças significativas no grau de movimentação ortodôntica e resposta a aplicação do laser de baixa intensidade devido à idade. Pacientes adultos quando submetidos à terapia com o laser de baixa intensidade demonstram uma resposta

mais intensa em relação a pacientes mais jovens, pois apresentam a fase metabólica mais reduzida (LIZARELLI, 2007).

Um dos critérios de inclusão para os pacientes na pesquisa foi a ausência de doença sistêmica ou uso de medicamentos que pudessem influenciar no metabolismo celular, gerando uma falsa resposta para o uso do laser (KOBAYASHI et al., 1998; RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005). Este critério foi avaliado por meio de anamnese prévia ao início do tratamento ortodôntico e os pacientes também foram orientados a informar caso fizessem a utilização de algum medicamento durante a fase de aplicação do laser e nenhum relato aconteceu.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado com base nos estudos presentes na literatura que obtiveram diferença estatística significativa na análise da retração dos caninos utilizando o laser de baixa intensidade e que apresentaram os dados referentes à quantidade de movimentação dos caninos irradiados em comparação aos não irradiados e desvio padrão (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011). Assim, utilizando um erro alfa de 5%, um erro beta de 20% e considerando o desvio padrão médio de 0,84 com uma diferença mínima esperada de 1,20mm, o teste indicou uma amostra mínima de 9 pacientes. Foi adotado neste trabalho um “n” de 11 pacientes, porém a intenção era de 15 prevendo possíveis perdas durante o estudo, mas ocorreu uma dificuldade na seleção destes pacientes, principalmente, devido o critério de seleção ser somente de pacientes portadores de má oclusão de Classe I, para que pudssemos realizar a aplicação do laser no arco superior e inferior no mesmo paciente. Excluímos os pacientes portadores de má oclusão de Classe II que poderiam ser tratados com extração dos quatro primeiros pré-molares prevendo a necessidade de fatores para a correção da Classe II como possível perda de ancoragem maior no arco inferior quando comparado ao superior, o que poderia limitar a quantidade de retração dos caninos inferiores ou a necessidade de utilização de aparelhos como o Aparelho Extrabucal (AEB) para correção da chave de molar que poderia aumentar a quantidade de retração superior além de depender da colaboração do paciente. Contudo não houve perda durante o estudo e a padronização da metodologia obtida num estudo prospectivo compensa o menor número de indivíduos na amostra, visto o menor número de variáveis.

6.2 Técnica Ortodôntica adotada e Metodologia empregada

Durante toda a fase de aplicação do laser utilizou-se a mesma forma de tratamento para todos os pacientes, sendo que apenas um operador foi responsável pela aplicação do laser e moldagens. Isso contribuiu para que o atendimento dos pacientes fosse padronizado em relação à ativação das molas, inclinação do feixe de luz sobre o tecido, secagem da área de aplicação do laser e forma de contato com a mucosa.

Estes procedimentos supracitados são extremamente importantes, já que a literatura relata que a quantidade de energia recebida pelos tecidos pode ser minimizada se o feixe de laser for inclinado e não estiver em contato com o tecido seco (LIZARELLI, 2007; CONVISSAR, 2011).

Além disso, houve padronização em relação à instalação e ativação das molas que foram calibradas para 150g de força com um tensiômetro, bem como para as etapas de moldagem e obtenção dos modelos utilizando sempre as mesmas medidas para proporção água e pó para o alginato e gesso.

Foi utilizada a técnica do arco segmentado durante toda a fase de retração inicial dos caninos, semelhante à adotada por Sousa (2011), Sousa (2013), Lages (2011) e Orlando (2010). A utilização do arco segmentado, diferentemente de outros trabalhos (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013) que utilizaram arco contínuo, é justificada pelo fato de promover somente a movimentação dos caninos, limitando os níveis dos mediadores da inflamação à região destes dentes, não havendo interferência da movimentação dos incisivos que pudessem interferir na movimentação dos caninos. O arco segmentado também foi a melhor escolha devido a posição inicial dos caninos de alguns pacientes que se encontravam em infravestíbuloversão. Desta forma, o nível de atrito do braquete com o fio e a movimentação vertical mais exacerbada em relação à distalização devido os vetores de força que ocorrem com a utilização do arco contínuo foram reduzidos.

O atrito gerado entre o fio e a canaleta do braquete pode ser um fator limitante na movimentação dentária, porém foi uma preocupação durante a seleção da amostra selecionar os pacientes de modo que os caninos estivessem

posicionados de forma semelhante nos dois lados do arco, fazendo com que o atrito gerado fosse semelhante no lado irradiado e não irradiado. Além disso, a utilização de um levantamento de mordida realizado nos molares inferiores com resina foi um dos meios para tentar eliminar qualquer interferência oclusal que pudesse impedir a movimentação dos caninos.

A utilização de molas de secção fechada de NiTi para a retração inicial dos caninos foi utilizada para maior controle da força durante todo esse período por se tratar de uma força contínua diferente dos elásticos em cadeia que sofrem influência do meio bucal deteriorando-se e perdendo mais fácil o controle da força (SOUSA, 2008).

Inicialmente foram utilizadas molas de NiTi de 12mm de comprimento e a força liberada foi padronizada em 150g, sendo mensurada a cada reativação com um tensiômetro por um só operador. Foi necessário trocar as molas por tamanhos de 9 ou 7mm ao longo da retração dos caninos devido á distância diminuída, decorrente da retração, entre o canino e o tubo do molar onde a mola era inserida porém o nível de força foi sempre mantido em 150g que é dito ideal para esse movimento (STOREY; SMITH, 1952). Caso fosse necessário a troca de molas de um dos lados, tomamos o cuidado de trocá-las bilateralmente, pois mesmo padronizando a força, a fadiga da mola que estava a mais tempo poderia dispensar uma força menor no decorrer do mês.

Para avaliar a influência do laser na movimentação ortodôntica foram utilizados os modelos de gesso obtidos durante a retração inicial dos caninos. Os modelos foram obtidos antes de cada ativação da mola e aplicação do laser. Esta metodologia também foi utilizada por Limpanichkul et al. (2006), Youssef et al. (2008), Sousa et al. (2011) e Lages (2011). Cruz et al. (2004) utilizaram paquímetro digital diretamente na cavidade bucal porém, apesar da mensuração com paquímetro ser um método confiável, os pontos de referência utilizados neste estudo (porção mais cervical da papila incisiva e ponta de cúspide do canino) dificultavam um pouco a mensuração durante a inserção do paquímetro na cavidade bucal além de ser um meio que não permite avaliar o erro do método e passível de gerar possível perda de dados pois não seria possível remedir os dados em outro momento. Já Orlando (2010) utilizou a tomografia computadorizada na fase inicial e

final de aplicação do laser, porém não avaliou durante as fases, o que poderia demonstrar a efetividade do laser em períodos determinados como foi o caso em nosso estudo em que o laser demonstrou efetividade para o arco inferior somente no primeiro mês de aplicação. Porém, a medição mês a mês através da tomografia computadorizada se torna inviável, por ser um meio de diagnóstico onde a radiação proporcionada é elevada e deve ser corretamente indicada somente para obtenção de um diagnóstico diferencial, quando o exame puder fornecer informações impossíveis ou de difícil visualização nas radiografias convencionais ou que altere significativamente o planejamento traçado gerando benefícios para o paciente (GARIB et al., 2007; LECOMBER et al., 2001).

Em relação à ancoragem, a ideia inicial do trabalho era utilizar ancoragem absoluta através de mini implante, porém alguns pacientes precisariam de contra angulação das raízes para obtenção de espaço para inserção dos mesmos e não queríamos realizar nenhum tipo de movimentação prévia à retração dos caninos para que mediadores da inflamação não estivessem presentes previamente a aplicação do laser (CONSOLARO, 2005; RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005). Assim, como foi utilizado para ancoragem a Barra Transpalatina (BTP) e o Arco Lingual de Nance (ALN), os pacientes poderiam apresentar um pouco de perda de ancoragem, pois trabalhos na literatura revelam perda de ancoragem durante a fase de retração com o uso da BTP e ALN (FELDMANN; BONDEMARK, 2008; JOHNSON; BULLOCK, 2010; LIU et al., 2009; SHARMA; SHARMA; KHANNA, 2012). Também foi utilizado um fio de amarrilho 0.010" conjugado do primeiro molar ao segundo pré-molar.

Com o objetivo de evitar influências e analisar a retração inicial dos caninos sem interferência da possível perda de ancoragem que poderia ocorrer mesmo com a utilização da Barra Transpalatina e Arco Lingual de Nance, que são aparelhos que quando utilizados isoladamente promovem ancoragem moderada (ARAÚJO et al., 2006; SHELLHART; MOAWAD; LAKE, 1996), não utilizamos o molar como ponto de referência durante a medição como alguns trabalhos (CRUZ et al., 2004; YOUSSEF et al., 2008). Adotamos como ponto de referência a ponta de cúspide do canino e a porção mais cervical da papila incisiva como Sousa (2008) e Lages (2011). Uma das vantagens citadas por Sousa (2008) na utilização destes pontos é que são pontos que poderiam ser utilizados no arco superior e inferior diferentemente da ruga

palatina utilizada como referência na medição de modelos de estudo superiores e que por ter sido utilizado arco segmentado durante a análise a região anterior sofreu pouco influência, e se caso houvesse alguma mudança como melhora do apinhamento ou alteração na inclinação dos incisivos isso refletiria muito pouco na região cervical e influenciaria de igual maneira a medição do lado irradiado e não irradiado por se tratar do mesmo ponto de referência.

Apesar do estudo de Orlando (2010) demonstrar que a tomografia computadorizada é um método de diagnóstico mais efetivo para avaliação da retração devido a possibilidade de criação de planos que avaliam a retração pura dos caninos optamos pela análise através de modelos de gesso, pois com essa técnica seria possível avaliar mês a mês a influência do laser e também devido a dose da radiação de uma tomografia computadorizada ser elevada o que faz com que a indicação para tal exame tenha que ser específico e só indicada para um diagnóstico diferencial (GARIB et al., 2007).

Em relação aos modelos de gesso que foram obtidos sempre pelo mesmo operador, seguindo-se critérios, desde as moldagens dos pacientes ao vazamento do gesso, seguiu-se as seguintes condutas: durante a moldagem as molas, o ALN e os arcos segmentados eram removidos e utilizou-se sempre o mesmo alginato (Jeltrade Chromatic – Dentsply). Os moldes foram vertidos com gesso pedra tipo III seguindo a proporção água pó recomendada pelo fabricante, evitando o mínimo de expansão de presa e utilizando-se de um vibrador para evitar bolhas.

Para aumentar ainda mais a precisão na demarcação dos pontos e mensuração das movimentações dentárias nos modelos de gesso, estes foram digitalizados, evitando também possíveis danos aos modelos durante a mensuração, como desgaste das pontas de cúspides ou fraturas durante o manuseio. A digitalização dos modelos de gesso ofereceu uma mensuração precisa das distâncias avaliadas nas várias fases da pesquisa.

Os modelos foram escaneados por meio de scanner 3D “3Shape Ortho SystemTM” (3ShapeTM – Copenhagen, Dinamarca) localizado no setor da disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo e avaliados através do programa OrthoAnalyzerTM (3Shape).

6.3 Erro do Método

Para análise do erro do método foram remedidos, num período de 30 dias após a primeira medição, 36% do total de modelos observados (4 conjuntos de modelos superior e inferior de 4 pacientes em um total de 32 modelos), selecionados de forma aleatória. Em decorrência da avaliação da sensibilidade dolorosa possuir um caráter subjetivo, sendo um dado fornecido diretamente pelo próprio paciente, a realização do erro do método não se justifica, visto que não há qualquer interferência do examinador na coleta dos dados.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1 observa-se que não houve erro sistemático significativo clinicamente nas variáveis estudadas, o que indica a precisão e reprodutibilidade das medidas realizadas neste estudo, não havendo tendenciosidade no examinador na demarcação dos pontos.

Foi uma preocupação realizar as medições no mínimo após 3 meses do término da aplicação do laser para que o examinador não se lembrasse qual foi o lado irradiado de cada paciente dando um caráter duplo cego ao presente estudo no momento da mensuração das medidas, já que no momento da aplicação do laser o estudo apresentou um caráter cego pois foi realizada uma simulação do laser no lado controle mas era necessário que o examinador soubesse qual o lado irradiado para aplicação, assim só o paciente não sabia o lado irradiado pelo laser.

Por outro lado, o erro casual máximo consistiu em 0,16mm, quantidade de variação que clinicamente não possui qualquer importância de forma a alterar os resultados do presente estudo. Assim, diante de um erro casual insignificante, verificou-se a acurácia e padronização do examinador na demarcação dos pontos nos modelos digitalizados. Portanto, a análise do erro do presente estudo permite a aferição de confiabilidade aos resultados obtidos.

6.4 Movimentação Ortodôntica X Aplicação do Laser de Baixa Intensidade

Dos 11 pacientes selecionados obtivemos a retração de todos os caninos sendo que 22 receberam aplicação do laser e 22 foram considerados controle, pois todos os pacientes realizaram extração dos quatro primeiros pré-molares. A movimentação do canino irradiado foi sempre comparada à movimentação do canino contralateral não irradiado do mesmo paciente, minimizando as variações individuais (LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA, 2008). Foram utilizadas doses diferentes para os caninos superiores e inferiores ao contrário de outros estudos (DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008).

Tomou-se neste estudo como base o trabalho de Orlando (2010) que obteve um resultado satisfatório nos caninos inferiores irradiados quando comparados aos seus contralaterais e aplicamos a mesma dose para os caninos inferiores. Em relação aos caninos superiores a dose foi aumentada para a face palatina devido à distância entre o ponto de aplicação do laser na mucosa e a área do ligamento periodontal da raiz deste dente ser maior devido à anatomia do palato.

Youssef et al. (2008) utilizaram uma dose de 8J distribuídos por 6 pontos ao longo da raiz do canino durante sua retração. Utilizaram 3 pontos por vestibular e 3 por lingual dividindo cada dose por ponto em 1J para as regiões cervical e apical e 2J para a região central da raiz. Os autores aumentaram a energia por ponto em relação a outros trabalhos (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013; SOUSA et al., 2011), porém diminuíram o número de pontos e o maior aumento foi apenas em um ponto (centro da raiz). Decidimos neste trabalho utilizar também uma dose por ponto maior (1,4J) por palatino, porém distribuído em um maior número de pontos (5 pontos) pois a energia distribuída em um número maior de pontos poderia ser mais adequado devido uma distribuição mais homogênea de energia ao redor do canino.

Utilizou-se neste estudo o laser infravermelho cujo comprimento de onda está entre 700 e 1200nm. O laser infravermelho é o comprimento de onda de eleição para reparos neurais e quando se busca tecidos mais profundos como o tecido ósseo. A luz é absorvida nas membranas celulares, alterando seu potencial elétrico,

induzindo a efeitos do tipo foto físico e fotoelétrico, de forma a causar excitação de elétrons, vibração e rotação de parte das moléculas ou rotação de moléculas como um todo, que se traduzem no incremento da síntese de ATP (ALMEIDA-LOPES, 2004; LIZARELLI, 2007). O laser terapêutico promove aceleração dos processos de reprodução e reparo celular por estimular tanto a síntese de DNA e RNA, bases da multiplicação celular, como a produção de ATP (adenosina trifosfato) (DORTBUDAK; HAAS; MALLATH-POKORNY, 2000; KAWASAKI; SHIMIZU, 2000).

Alguns pacientes realizam de forma inconsciente a mastigação mais de um lado em relação ao outro ou possuem algum hábito que podem influenciar a movimentação ortodôntica, assim a aplicação do LBI em dentes contralaterais, alternando o lado irradiado nos pacientes objetivou evitar essa influência (LAGES, 2011; ORLANDO, 2010; SOUSA, 2008).

A retração dos caninos foi realizada previamente ao alinhamento e nivelamento, em arcos segmentados bilateralmente para evitar que alterações na mecânica de um lado não interferissem no lado contralateral. Para a retração inicial em arcos segmentados bilaterais, a quantidade de apinhamento deveria ser semelhante em ambos os lados, porém o mais importante era que os caninos estivessem posicionados de forma semelhante no mesmo arco, pois o atrito gerado no fio poderia influenciar na movimentação se comparássemos um canino em infra-vestibuloversão, por exemplo, com um canino bem posicionado na linha de oclusão, porém se os dois caninos estivessem posicionados de forma semelhante os fatores atuantes seriam semelhantes em ambos os lados.

Assim, o presente estudo foi realizado por meio da adaptação de um fio de arco segmentado 0,014" de Níquel-Titânio em todos os pacientes durante todo o período da retração dos caninos. Além disto, mensalmente as molas de Níquel-Titânio foram removidas e reativadas com a força de 150 gramas. Esta força foi mensurada a cada reativação com o mesmo tensiômetro, para evitar qualquer diferença na quantificação da força de ativação de um lado em relação ao outro.

Vários estudos se tornam inviável de serem reproduzidos devido à falta de detalhamento da metodologia utilizada na dosimetria com laser, como comprimento de onda utilizado, potência, densidade de energia, número de pontos utilizados, número de aplicações mensais e energia total a cada aplicação (LIM; LEW; TAY,

1995; YOUSSEF et al., 2008). Esta falta de detalhamento prejudica a instalação de um protocolo confiável baseado em evidências científicas (NÓBREGA et al., 2014).

Procurou-se no atual estudo assim como no de Orlando (2010) e Lages (2011), realizar uma única aplicação mensal do LBI, para tornar-se mais viável ao paciente que não precisa retornar ao consultório do ortodontista mais de uma vez ao mês para aplicação do laser e também para diminuir os custos do ortodontista com o mesmo paciente.

6.5 Efeitos do LBI na movimentação ortodôntica

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, a aplicação do LBI com o protocolo para a Mandíbula com comprimento de onda de 780nm, potência de 40mW, densidade de energia na superfície do tecido alvo de 10J/cm², energia por ponto de 0,4J (5 pontos por vestibular e 5 por lingual), 4J por dente; Maxila por vestibular com comprimento de onda de 780nm, potência de 40mW; densidade de energia de 10J/cm²; 10 segundos por ponto; energia por ponto de 0,4J (5 pontos por vestibular), 2J por vestibular e Maxila por palatino com comprimento de onda de 780nm, potência de 70mW; densidade de energia de 35J/cm²; 20 segundos por ponto; 1,4J de energia por ponto (5 por palatino) 7J por palatino com única aplicação mensal após ativação da mola de retração não foi eficiente na aceleração da movimentação durante a retração dos caninos superiores e apenas foi eficiente no primeiro mês para os caninos inferiores (Tabelas 3 e 4), diferente dos resultados apresentados por Lages (2011) que utilizou a mesma dose para a mandíbula porém não verificou diferença estatística significativa em nenhum período avaliado e Orlando (2010) que avaliou com a mesma dose para a mandíbula um efeito estatisticamente significativo após avaliação com tomografia computadorizada realizada nas fases inicial e final da retração dos caninos.

A comparação dos resultados entre este trabalho e o trabalho de Lages (2011) e Orlando (2010) se torna deficiente, pois os testes utilizados para avaliar a influencia do LBI sobre a movimentação ortodôntica foram diferentes. Lages (2011) e Orlando (2010) utilizaram o teste t pareado enquanto neste trabalho foi utilizado o ANOVA a um critério de medidas repetidas. Estamos avaliando a influência do LBI

(irradiado e não irradiado) através do tempo, sabendo que o tempo é de fundamental importância, pois estudos revelam que os efeitos do laser são maiores nas primeiras aplicações após a ativação do aparelho como Cruz et al.(2004) que observaram um decréscimo do efeito do laser após a aplicação no 14º dia e Sousa et al., (2011) que observaram a partir do segundo mês de aplicação que a diferença entre o lado irradiado e não irradiado mesmo sendo significante, foi menor. Estudos apontam que os efeitos do LBI são dependentes não só da dosagem de laser utilizada como também de fatores que podem gerar um efeito sistêmico que pode comprometer a avaliação da efetividade do laser ao longo do tempo em estudos como este onde a influência do LBI está sendo avaliada no mesmo indivíduo num modelo boca dividida (ROCHKIND et al., 1989).

A literatura revela que quando utilizamos o teste t pareado para um estudo como este aumentamos a chance de erro, pois fazemos vários testes para a comparação. Já o ANOVA a um critério para medidas repetidas avalia todas as comparações em um único teste (ESTRELA, 2001; FONSECA; MARTINS, 1993).

Em relação ao trabalho de Orlando (2010) além da diferença entre os testes utilizados tem-se também a diferença em relação à metodologia, pois a autora utilizou tomografia computadorizada enquanto este estudo utilizou modelos.

Sabe-se que o LBI estimula o metabolismo celular, acelerando os processos de reprodução e reparo celular (pela síntese de DNA e RNA e produção de ATP) e alguns estudos já demonstraram a efetividade do laser de baixa intensidade na movimentação dentária em humanos (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHADPATIL, 2012; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008), porém sabe-se que somente Orlando (2010) utilizou a aplicação de dose única mensal com resultado positivo e por ter apresentado efetividade para os caninos inferiores a mesma dose foi repetida no presente estudo para o arco inferior, porém observou-se efetividade somente no primeiro mês de aplicação. A literatura revela que após a aplicação de uma força são liberados os mediadores da inflamação necessários para que ocorra a movimentação dentária. Assim, neste momento o laser estaria sendo mais efetivo por acelerar essas trocas metabólicas como foi demonstrado por Saito e Shimizu (1997) sobre os efeitos do LBI em ratos durante a regeneração óssea na sutura palatina após expansão. Os autores observaram que irradiações

imediatas pós-expansão (dias 0 e 2) foram mais efetivas que em períodos tardios (4 a 6 dias). Sousa et al. (2011) também demonstraram um decréscimo da diferença da movimentação no decorrer do tempo sendo que no primeiro mês obteve uma movimentação 50% maior no lado irradiado quando comparado ao lado não irradiado e que nos segundo e terceiro meses este percentual foi reduzido para 34% e 16% respectivamente.

Os estudos presentes na literatura que demonstram efetividade do LBI na movimentação ortodôntica apresentaram uma frequência de aplicação do laser maior sendo aplicados no mínimo 3 vezes no mesmo mês após a ativação da retração (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008). No primeiro mês de aplicação o tecido estava organizado já que não foi realizada nenhuma movimentação prévia a retração dos caninos o que pode ter permitido uma ação efetiva do laser no arco inferior assim, talvez a dose utilizada devesse ser aumentada ou repetida com maior frequência após a ativação da retração para promover aceleração nos meses seguintes onde o tecido já se apresenta afetado pelos mediadores da inflamação. Comparando a dose mensal utilizada neste estudo nos caninos inferiores que foi de 4J observamos que as doses efetivas utilizadas no total mensal foram maiores, como de Cruz et al., (2004) (8J), Sousa et al., (2011) (6J) Doshi-Meta e Bhad-Patil (2012) (8J) e Youssef et al., (2008) (32J).

Já no arco superior a dose por palatino foi aumentada, pois o trabalho de Orlando (2010) não demonstrou efetividade do LBI na movimentação dos caninos superiores. Tomando-se como base a anatomia do palato devido a espessura óssea, que torna a distância do ponto de aplicação do laser até a raiz maior, optou-se neste estudo aumentar a dose por palatino, para assim aumentar a DE e consequentemente a Energia aplicada, principalmente porque seria feita uma única aplicação mensal. A dose por vestibular foi mantida por não haver diferença na anatomia em relação ao arco inferior. Os resultados não demonstraram efetividade na movimentação ortodôntica com essa dose utilizada por palatino, como observado também em trabalho realizado por Limpanichkul et al., (2006) que também utilizaram uma dose maior (55,2 J por mês) quando comparada a utilizada por trabalhos que obtiveram resposta positiva (CRUZ et al., 2004; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011). Já Youssef et al. (2008) utilizando uma dose de 32 J por mês verificaram

uma aceleração na movimentação ortodôntica, porém não se sabe se esse dado é fiel, pois ele avaliou o espaço da extração, ou seja, da face distal do canino até a face mesial do primeiro molar permanente e como não foi relatado a utilização de nenhum sistema de ancoragem não podemos afirmar se foi um efeito do canino ou do molar.

Neste estudo não houve um retardo na movimentação, apenas o primeiro mês apresentou uma média menor de movimentação do canino superior e no segundo e terceiro mês para os caninos inferiores no lado irradiado, porém não significante, diferentemente de Goulart et al. (2006) que verificaram um retardo na movimentação em cães quando utilizaram a dose de 35 J por mês.

Devemos salientar que alguns estudos (SOUSA et al., 2011; YOUSSEF et al., 2008) não verificaram de forma isolada a influência do LBI nos arcos superior e inferior apenas compararam o lado irradiado em relação ao não irradiado de forma conjunta para o arco dentário superior e inferior o que pode ter alterado os resultados.

Uma questão para a dose utilizada por palatino é que se ela não deveria ser diminuída ou até mesmo a utilização de uma dose menor sendo aplicada com maior frequência devido à diferença na densidade óssea da maxila e mandíbula onde a maxila apresenta um osso menos denso e a mandíbula mais denso (PARK et al., 2008) e também devido à maxila responder de forma mais rápida que a mandíbula durante a movimentação ortodôntica (DEGUCHI et al., 2008).

Saito e Shimizu (1997) avaliaram o efeito do LBI na regeneração óssea na área da sutura palatina após expansão. A irradiação foi aplicada à sutura palatina durante a expansão em ratos nos seguintes protocolos: 7 dias (3 ou 10 minutos por dia), 3 dias (7 minutos por dia durante os dias 0-2 ou 4-6), e um dia (21 minutos ininterruptos no dia 0). A regeneração óssea na sutura palatina mediana no grupo de irradiação de 7 dias mostrou aceleração significativa em 1,2 a 1,4 vezes em comparação com o que nos ratos não irradiados, e este aumento da taxa foi de irradiação de dose-dependente. A irradiação durante o período inicial de expansão (dias 0-2) foi mais eficaz, ao passo que nem o período posterior (dias 4-6), nem a irradiação de uma só vez teve qualquer efeito sobre a regeneração óssea. Estes resultados sugerem que a irradiação com laser de baixa potência pode acelerar a

regeneração óssea em uma sutura palatina mediana durante a expansão da maxila e que este efeito é dependente não só da dosagem total de radiação a laser, mas também sobre o momento e a frequência de irradiação concordando com os resultados do nosso estudo.

Em modelos de gesso não conseguimos avaliar a retração pura no sentido sagital como fez Orlando (2010) através da tomografia computadorizada. Avaliamos a retração através da distância do ponto da papila interincisiva às pontas das cúspides dos caninos, consistindo em uma diagonal, que como relatado por Lages (2011) muitas vezes pode mascarar a quantidade de retração dos caninos por uma aproximação dos mesmos às papilas interincisivas, quando estes se encontravam vestibularizados inicialmente. O autor também relata que frente à divergência de resultados entre seu estudo e o estudo de Orlando (2010), provavelmente a aceleração observada por Orlando (2010) não se mostrou tão significativa em termos quantitativos (1,08mm) não demonstrando significância quando as mensurações foram realizadas em modelos digitalizados.

Por outro lado, os dados de Lages (2011) juntamente com os deste estudo associados ao de Orlando (2010) nos indicam um início para as pesquisas avaliando as dosimetrias a serem aplicadas em uma possível aplicação única do LBI. Portanto, provavelmente a dosimetria aplicada obteve algum sucesso, fato comprovado por Orlando (2010) no arco inferior e neste estudo para o arco inferior no primeiro mês, todavia em pequena magnitude.

6.6 Efeitos do LBI na supressão da dor

Um dos fatores relatados pelos pacientes para não iniciar um tratamento ortodôntico ou mesmo desistir do tratamento é a dor, por isso torna-se necessário avaliar e tentar minimiza-la frente às forças ortodônticas para que o ortodontista tenha total colaboração do paciente durante o tratamento (ANGELIERI et al., 2011; KRISHNAN, 2007; NGAN; KESS; WILSON, 1989). As pesquisas mostram que grande proporção dos pacientes tratados ortodonticamente relata alto índice de dor nas primeiras horas e dias seguintes a ativação do aparelho, principalmente nas

primeiras vinte e quatro horas (BERGIUS; BERGGREN; KILIARIDIS, 2002; JONES; CHAN, 1992; NGAN; KESS; WILSON, 1989)

A dor é um fator subjetivo, podendo ser influenciada por vários elementos: fator emocional, experiências prévias, motivação do paciente perante o tratamento, podendo variar no mesmo paciente em momentos diferentes e, além disso, o limiar de tolerância de dor varia bastante entre os indivíduos por isso se torna um estudo tão difícil de ser realizado (BERGIUS; BERGGREN; KILIARIDIS, 2002; JONES; CHAN, 1992; NGAN; KESS; WILSON, 1989).

A escala visual análoga (Visual Analogue Scale – VAS) é o meio mais utilizado pelos autores (LIM; LEW; TAY, 1995; NGAN et al., 1994) para avaliar a percepção de dor pelos pacientes, por ser um método de fácil entendimento. Em decorrência de ser um meio de fácil análise ela foi adotada neste estudo, porém a linha foi substituída por uma escala (LIM; LEW; TAY, 1995; NGAN et al., 1994) de 0 a 4, semelhante à utilizada por Youssef et al., (2008), facilitando a marcação pelo paciente através de um X no escore correspondente onde 0 era ausência total de dor e 4 dor intolerável de acordo com anexo 3.

Uma preocupação neste estudo foi realizar a simulação de aplicação do laser no lado controle para que o paciente não tivesse controle de qual lado tivesse sido irradiado, caracterizando um estudo cego, assim foi pedido o preenchimento da escala para os quatro quadrantes.

O uso de drogas farmacológicas para inibição da dor durante o tratamento ortodôntico é muito discutido (CONSOLARO et al., 2010; RAMOS; FURQUIM; CONSOLARO, 2005; WONG; REYNOLDS; WEST, 1992). Os analgésicos e anti-inflamatórios ainda são a principal modalidade de tratamento para reduzir a dor ortodôntica apesar de seus efeitos colaterais como a inibição da movimentação ortodôntica pelos anti-inflamatórios não esteroidais que inibem a síntese de prostaglandina, que é um importante mediador da reabsorção óssea (CHUMBLEY; TUNCAY, 1986; LIM; LEW; TAY, 1995). Já os anti-inflamatórios esteroidais podem causar uma perda óssea ao longo do tempo por diminuir a atividade dos osteoblastos e aumentar a atividade dos osteoclastos (TURNER et al., 1995).

Porém o laser de baixa intensidade tem despertado a atenção dos pesquisadores sendo uma alternativa viável por apresentar menos efeitos colaterais em relação aos analgésicos e anti-inflamatórios, sendo bem indicado a pacientes alérgicos, crianças e pacientes com comprometimento sistêmico.

Neste estudo, os pacientes foram orientados a não utilizarem quaisquer medicamentos para evitar o efeito sistêmico das drogas na movimentação dentária ou na sensibilidade dolorosa sendo orientados a informar ao pesquisador caso fizessem o uso dos mesmos, porém nenhum relato aconteceu durante todos os meses da pesquisa.

A literatura revela que a dor durante o tratamento ortodôntico é maior nos três primeiros dias após a ativação do aparelho obtendo seu pico máximo em 24 horas e decrescendo após o terceiro dia (NGAN et al., 1994; SERGL; KLAGES; ZENTNER, 1998; TURHANI et al., 2006). Neste estudo observou-se tanto para o arco superior como no arco inferior que na maioria dos períodos analisados o pico máximo de dor deu-se às 12 horas após a ativação das molas de retração, corroborando com alguns dados da literatura (NGAN; KESS; WILSON, 1989; TURHANI et al., 2006).

De acordo com a literatura (CONSOLARO, 2002; KRISHNAN; DAVIDOVITCH, 2006) e também descrito por Sousa (2013) a dor imediata e até 12 horas após a ativação é devido a liberação de histamina pela degranulação dos mastócitos gerando uma resposta inflamatória aguda. O laser de baixa intensidade estimula a degranulação dos mastócitos, assim aumenta-se a liberação de histamina que gera o potencial de ação nos axônios dos nervos periféricos estimulando o efeito da dor.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, observa-se que o Laser de Baixa Intensidade no protocolo utilizado não foi eficiente para a supressão da dor advinda da movimentação ortodôntica em todos os momentos avaliados como demonstrado nas tabelas 5, 6 e 7 e gráficos de 1 a 6 .

Observa-se que mesmo não apresentando diferença estatística significativa o lado irradiado demonstrou uma sensibilidade dolorosa por parte do paciente menor para os tempos de 12 horas para o arco superior (Gráfico 7) e inferior (Gráfico 11)

no segundo e terceiro mês e no tempo de 24 horas para todos os meses avaliados (arco superior - Gráfico 8 e inferior - Gráfico 12). Já nos tempos de 48 e 72 horas para o arco superior só foi menor no terceiro mês avaliado (Gráfico 9 e 10 respectivamente) e para o arco inferior no tempo de 72 horas no primeiro e segundo mês avaliado (Gráfico 14).

A literatura demonstra que a atuação do laser de baixa intensidade na diminuição da dor durante a movimentação ortodôntica é mais efetivo utilizando-se dosimetrias mais altas, com aplicação em vários pontos e mais de uma vez ao mês (LIM; LEW; TAY, 1995; LIZARELLI, 2007; TURHANI et al., 2006; SOUSA, 2013), ao contrário da dosimetria utilizada para aceleração da movimentação dentária onde apesar de demonstrar ser necessário uma maior frequência de aplicação necessita de doses mais baixas (CRUZ et al., 2004; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011).

Sousa (2013) descreve em seu trabalho após revisão das doses efetivas para analgesia que quando apenas um dente é irradiado é recomendado uma energia por ponto de 1J a 2J, uma densidade de energia que varia de $5\text{J}/\text{cm}^2$ a $8\text{J}/\text{cm}^2$. Quando todos os dentes da arcada são irradiados é necessário um intervalo de energia que varia de 0,5J a 2,25J por ponto e intervalos de densidade de energia que variam de $4,25\text{J}/\text{cm}^2$ a $16\text{J}/\text{cm}^2$. A autora verificou redução da sensibilidade dolorosa nos períodos de 12, 48 e 72h nos dois primeiros meses e nos períodos de 12, 24, 48 e 72h no terceiro mês após a aplicação do seguinte protocolo $780\text{nm}/70\text{mW}/105\text{J}/\text{cm}^2/4,2\text{J}$ por ponto/ $E_t = 42\text{J}$ nos dias 0, 7 e 14 pós-ativação em oito pontos distribuídos por vestibular e oito pontos distribuídos por lingual nos segundos pré-molares e primeiros molares.

Apesar deste estudo, ter utilizado uma dose elevada na face palatina dos caninos superiores (comprimento de onda de 780nm , potência de 70mW ; DE $35\text{J}/\text{cm}^2$; 20s por ponto; $1,4\text{J}$ de energia por ponto (5 por palatino) $E_t = 7\text{J}$) observamos não ter sido efetivo para supressão da dor em nenhum período avaliado. Talvez se tivéssemos uma frequência de aplicação (2 ou 3 vezes ao mês), os resultados teriam sido diferentes, necessitando porém de mais estudos para que estas suposições sejam confirmadas.

6.7 Considerações Clínicas e sugestões para trabalhos futuros

As principais causas que levam os pacientes a desistirem ou até mesmo a não iniciarem o tratamento ortodôntico são a dor e o tempo prolongado. Atualmente a demanda de pacientes adultos nos consultórios odontológicos em busca de estética vem aumentando, assim a aceleração do tratamento ortodôntico principalmente para esses pacientes que apresentam um metabolismo mais lento seria de grande valia(CAPELLOZZA et al., 2001). O tratamento prolongado também pode implicar em maiores chances de perda óssea alveolar, reabsorção radicular, alterações gengivais além de maior probabilidade de cárie.

Em relação à movimentação ortodôntica são utilizados inúmeros métodos para promover aceleração como, por exemplo, a injeção de substâncias como as prostaglandinas (YAMASAKI et al., 1984), 1,25(OH)₂D₃ (a forma ativa da vitamina D)(COLLINS; SINCLAIR, 1988) e osteocalcina (KOBAYASHI et al., 1998). Alguns estudos também apresentam efetividade com a aplicação local de corrente elétrica (DAVIDOVITCH et al., 1980), o uso local de hormônio da paratireoide, a aplicação do ultrassom e também uso de alguns aparelhos estimuladores (BOSIO; LIU, 2010). Porém, esses métodos apresentam desvantagens como dor e desconforto ao paciente.

Para o controle da dor os métodos mais utilizados são o uso de drogas farmacológicas como os analgésicos e anti-inflamatórios. Porém também geram efeitos como a inibição da movimentação ortodôntica pelos anti-inflamatórios não esteroidais que inibem a síntese de prostaglandina, que é um importante mediador da reabsorção óssea (CHUMBLEY; TUNCAY, 1986; LIM; LEW; TAY, 1995) e os anti-inflamatórios esteroidais que podem causar uma perda óssea ao longo do tempo por diminuir a atividade dos osteoblastos e aumentar a atividade dos osteoclastos (TURNER et al., 1995).

O uso do laser de baixa intensidade tem demonstrado eficácia na aceleração da movimentação ortodôntica (CRUZ et al., 2004; DOSHI-MEHTA; BHAD-PATIL, 2012; GENC et al., 2013; ORLANDO, 2010; SOUSA et al., 2011) bem como na redução da sensibilidade dolorosa (LIM; LEW; TAY, 1995; TORTAMANO et al., 2009; TURHANI et al., 2006) e apresenta vantagem por ser um meio indolor e não

possuir efeitos colaterais. O grande desafio para trabalhos futuros é associar uma dose efetiva para aceleração da movimentação e controle da analgesia já que os trabalhos atuais mostram que doses mais baixas promovem efetividade na aceleração do movimento e doses mais elevadas promovem o controle da dor.

Outra aplicação do laser de baixa intensidade que tem demonstrado efetividade é no controle de ancoragem (SOUSA, 2013). O uso do LBI demonstra vantagem em relação aos aparelhos de ancoragem extra e intrabucal utilizados, que causam certo desconforto ao paciente, e ao sistema de ancoragem absoluta (mini-implntes) considerado um sistema invasivo e que gera certo grau de rejeição pelos pacientes.

O objetivo principal deste estudo foi avaliar uma dose efetiva para a aceleração da movimentação ortodôntica e controle da dor com aplicação única mensal, evitando o retorno do paciente ao consultório odontológico só para a aplicação do laser que gera gastos para o paciente bem como maior tempo clínico para o profissional. Porém com o protocolo utilizado observou-se um aumento da aceleração do movimento só mente para o arco inferior no primeiro mês além de não apresentar efetividade no controle da dor. Assim uma sugestão para trabalhos futuros seria investigar outros protocolos como a utilização da mesma dose utilizada neste trabalho com frequência de duas aplicações mensais, pois além de Orlando (2010) e Lages (2011) que utilizaram dose mensal única a menor frequência utilizada foi por Sousa et al. (2011) com 3 aplicações mensais sendo que aplicação com frequência mensal de 2 dias não foi estudada. Outra sugestão é a redução da dose utilizada na maxila para a região palatina, devido ser um osso menos denso.

7 *Conclusões*

7 CONCLUSÕES

Com base na metodologia empregada e com o protocolo utilizado neste estudo com o laser de baixa intensidade pode-se concluir que:

1. O laser de baixa intensidade só promoveu aumento da movimentação ortodôntica dos caninos durante a fase de retração inicial para o arco inferior no primeiro mês de aplicação.
2. O laser de baixa intensidade não promoveu alteração na sensibilidade dolorosa advinda da movimentação ortodôntica.

Referências

REFERENCIAS

Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B, et al. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144(5):639-48.

Almeida-Lopes L. Laserterapia na odontologia. *Biodonto*. 2004;1(1):1-51.

Amit G, Jps K, Pankaj B, Suchinder S, Parul B. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) - a review. *J Clin Exp Dent*. 2012;4(5):292-6.

Andrade MSR, Sierra CG, Hernandez CH. Ortodoncia acelerada periodontalmente: Fundamentos biológicos y técnicas quirúrgicas. *Rev Mexicana de Peridontologia*. 2011;2.

Angelieri F, Sousa MVS, Kanashiro LK, Siqueira DF, Maltagliati LA. Efeitos do laser de baixa intensidade na sensibilidade dolorosa durante a movimentação ortodôntica. *Dental Press J Orthod*. 2011;16(4):95-102.

Araujo FF, Prietsch JR. Utilização clínica de mediadores químicos da inflamação (prostaglandinas) no tratamento ortodôntico. *Ortodontia Gaucha*. 2000;4(2).

Araújo TM, Nascimento MHA, Bezerra F, Sobral MC. Ancoragem esquelética em Ortodontia com miniimplantes. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar*. 2006;11(4):126-56.

Arias OR, Marquez-Orozco MC. Aspirin, acetaminophen, and ibuprofen: their effects on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(3):364-70.

Arslan SG, Arslan H, Ketani A, Hamamci O. Effects of estrogen deficiency on tooth movement after force application: an experimental study in ovariectomized rats. *Acta Odontol Scand*. 2007;65(6):319-23.

Artes-Ribas M, Arnabat-Dominguez J, Puigdollers A. Analgesic effect of a low-level laser therapy (830 nm) in early orthodontic treatment. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):335-41.

Ataka I. Studies of Nd:YAG low power laser irradiation on stellate ganglion. In: Elsevier, editor. *Laser in dentistry*. Amsterdam; 1989. p. 271-6.

Benedicenti A. A manuali di laser del cavo orale. Gênova Castelo Maggioli. 1982.

Bergius M, Berggren U, Kiliaridis S. Experience of pain during an orthodontic procedure. Eur J Oral Sci. 2002;110(2):92-8.

Bhat SG, Singh V, Bhat MK. PAOO technique for the bimaxillary protrusion: Perio-ortho interrelationship. J Indian Soc Periodontol. 2012;16(4):584-7.

Bicakci AA, Kocoglu-Altan B, Toker H, Mutaf I, Sumer Z. Efficiency of low-level laser therapy in reducing pain induced by orthodontic forces. Photomed Laser Surg. 2012;30(8):460-5.

Boekenoogen DI, Sinha PK, Nanda RS, Ghosh J, Currier GF, Howes RI. The effects of exogenous prostaglandin E2 on root resorption in rats. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996;109(3):277-86.

Bondemark L, Fredriksson K, Ilros S. Separation effect and perception of pain and discomfort from two types of orthodontic separators. World J Orthod. 2004;5(2):172-6.

Bosio JA, Liu D. Moving teeth faster , better and painless. Is it possible? . Rev Dental Press J Orthod 2010;15(6):14-7.

Brudvik P, Rygh P. Root resorption after local injection of prostaglandin E2 during experimental tooth movement. Eur J Orthod. 1991;13(4):255-63.

Brugnera A, Ladalardo TCGGP, Cruz FM. Atlas de laserterapia aplicado à clínica odontológica. São Paulo: Editora Santos Ltda; 2003.

Brugnera A, Zanin F. O laser na Odontologia. 1 ed. São Paulo: Editora Santos Ltda; 2001.

Brugnera AJ, Genovese WJ, Villa R. Laser em Odontologia. São Paulo: Pancast; 1991.

Caglaroglu M, Erdem A. Histopathologic investigation of the effects of prostaglandin E2 administered by different methods on tooth movement and bone metabolism. Korean J Orthod. 2012;42(3):118-28.

Camacho AD, Cujar SAV. Acceleration effect of orthodontic movement by application of low-intensity laser. Journal Oral Laser Applications. 2010;10:99-105.

Capellozza L, Braga SA, Cavassan AO, Ozawa TO. Tratamento ortodôntico em adultos: uma abordagem direcionada. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar*. 2001;6(5):63-80.

Chao CF, Shih C, Wang TM, Lo TH. Effects of prostaglandin E2 on alveolar bone resorption during orthodontic tooth movement. *Acta Anat (Basel)*. 1988;132(4):304-9.

Chibebe PC, Starobinas N, Pallos D. Juveniles versus adults: differences in PGE2 levels in the gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement. *Braz Oral Res*. 2010;24(1):108-13.

Cho KW, Cho SW, Oh CO, Ryu YK, Ohshima H, Jung HS. The effect of cortical activation on orthodontic tooth movement. *Oral Dis*. 2007;13(3):314-9.

Chumbley AB, Tuncay OC. The effect of indomethacin (an aspirin-like drug) on the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*. 1986;89(4):312-4.

Chung CJ, Baik HS, Soma K. Bone formation and tooth movement are synergistically enhanced by administration of EP4 agonist. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(4):427 e13-20.

Collins MK, Sinclair PM. The local use of vitamina D to increase the rate of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1988;94(4):278-84.

Consolaro A. Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. 1 ed. Maringá: Dental Press Editora; 2002.

Consolaro A. Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. 2 ed. Maringá: Dental Press Editora Ltda.; 2005.

Consolaro A. Movimentação dentária induzida: mecanismos e implicações clínicas. In: Press D, editor. *Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas*. Maringá; 2012. p. 455-522.

Consolaro A, Maldonado VB, Santamaria Júnior M, M-O. CMF. Origem das controvérsias sobre os analgésicos após a ativação dos aparelhos ortodônticos. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(1):16-24.

Convissar RA. *Princípios e práticas do laser na odontologia*. Rio de Janeiro; 2011.

Coombe AR, Ho CT, Darendeliler MA, Hunter N, Philips JR, Chapple CC, et al. The effects of low level laser irradiation on osteoblastic cells. *Clin Orthod Res*. 2001;4(1):3-14.

Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, Wetter NU. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med*. 2004;35(2):117-20.

Cuzzocrea S, Mazzon E, Dugo L, Genovese T, Di Paola R, Ruggeri Z, et al. Inducible nitric oxide synthase mediates bone loss in ovariectomized mice. *Endocrinology*. 2003;144(3):1098-107.

Davidovitch Z. Tooth movement. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1991;2(4):411-50.

Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. The effect of electric currents on periodontal cyclic nucleotides. *Am J Orthod*. 1980;77(1):14-32.

Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Yabuuchi T, Ando R, Roberts WE, Garetto LP. Histomorphometric evaluation of alveolar bone turnover between the maxilla and the mandible during experimental tooth movement in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(6):889-97.

Dibart S, Sebaoun JD, Surmenian J. Piezocision: a minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Compend Contin Educ Dent*. 2009;30(6):342-4.

Dominguez A, Gomez C, Palma JC. Effects of low-level laser therapy on orthodontics: rate of tooth movement, pain, and release of RANKL and OPG in GCF. *Lasers Med Sci*. 2013.

Dominguez A, Velasquez SA. Effect of low-level laser therapy on pain following activation of orthodontic final archwires: a randomized controlled clinical trial. *Photomed Laser Surg*. 2013;31(1):36-40.

Dortbudak O, Haas R, Mallath-Pokorny G. Biostimulation of bone marrow cells with a diode soft laser. *Clin Oral Implants Res*. 2000;11(6):540-5.

Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;141(3):289-97.

Dudic A, Kiliaridis S, Mombelli A, Giannopoulou C. Composition changes in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement: comparisons between tension and compression sides. *Eur J Oral Sci.* 2006;114(5):416-22.

Duker J. Experimental animal research into segmental alveolar movement after corticotomy. *J Maxillofac Surg.* 1975;3(2):81-4.

Esper MA, Nicolau RA, Arisawa EA. The effect of two phototherapy protocols on pain control in orthodontic procedure--a preliminary clinical study. *Lasers Med Sci.* 2011;26(5):657-63.

Estrela C. Metodologia científica - ensino e pesquisa em odontologia. 1ª ed. São Paulo: Artes Médicas; 2001.

Feldmann I, Bondemark L. Anchorage capacity of osseointegrated and conventional anchorage systems: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(3):339e19-28.

Fonseca JS, Martins GA. Curso de estatística. 4ª ed. São Paulo: Atlas; 1993.

Fujiyama K, Deguchi T, Murakami T, Fujii A, Kushima K, Takano-Yamamoto T. Clinical effect of CO(2) laser in reducing pain in orthodontics. *Angle Orthod.* 2008;78(2):299-303.

Garcez AS, Ribeiro AS, Nunez SC. Laser de baixa potência. Principios básicos e aplicações clínicas na odontologia. Rio de Janeiro; 2012.

Garcia VG, al. e. Reparação de feridas de extração dental submetidas ao tratamento com raio laser: estudo histológico em ratos. *Rev Fac Odont Lins.* 1996;9(1):32-42.

Garib DG, Raymundo Jr R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar.* 2007;12(2):139-56.

Ge MK, He WL, Chen J, Wen C, Yin X, Hu ZA, et al. Efficacy of low-level laser therapy for accelerating tooth movement during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2014.

Genc G, Kocadereli I, Tasar F, Kilinc K, El S, Sarkarati B. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):41-7.

Generson RM, Porter JM, Zell A, Stratigos GT. Combined surgical and orthodontic management of anterior open bite using corticotomy. *J Oral Surg.* 1978;36(3):216-9.

Genovese WJ. Laser de baixa intensidade: aplicações terapêuticas em Odontologia. São Paulo: Lovise; 2000.

Genovese WJ. Laser de baixa intensidade: Aplicações terapêuticas em odontologia. 1 ed. Santos: Editora Santos; 2007.

Gimenez CCM, Murad L, Meireles BR, Arantes FM, Junqueira JLC, Santos ECA. Principais alterações sistêmicas relacionadas com a movimentação dentária induzida. *RGO.* 2007;55(2):191-5.

Giunta D, Keller J, Nielsen FF, Melsen B. Influence of indomethacin on bone turnover related to orthodontic tooth movement in miniature pigs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;108(4):361-6.

Goulart CS, Nouer PR, Mouramartins L, Garbin IU, de Fatima Zanirato Lizarelli R. Photoradiation and orthodontic movement: experimental study with canines. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(2):192-6.

Graziani E, Zelent ME, Pelliccioni GA. [Biochemical aspects of orthodontic movement: recent findings and trends]. *Mundo Ortod.* 1991;16(1):77-84.

Grieve WG, 3rd, Johnson GK, Moore RN, Reinhardt RA, DuBois LM. Prostaglandin E (PGE) and interleukin-1 beta (IL-1 beta) levels in gingival crevicular fluid during human orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(4):369-74.

Gurton AU, Akin E, Sagdic D, Olmez H. Effects of PGI₂ and TxA₂ analogs and inhibitors in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 2004;74(4):526-32.

Johnson JC, Bullock GA. Indirect fabrication of a transpalatal arch supported by a temporary anchorage device. *J Clin Orthod.* 2010;44(4):266-8; quiz 52.

Jones M, Chan C. The pain and discomfort experienced during orthodontic treatment: a randomized controlled clinical trial of two initial aligning arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;102(4):373-81.

Jungkeit MC, Chole RA. Ibuprofen inhibits localized bone resorption in the middle ear. *Calcif Tissue Int.* 1991;48(4):267-71.

Kale S, Kocadereli I, Atilla P, Asan E. Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;125(5):607-14.

Kamata M. Effect of parathyroid hormone on tooth movement in rats. *Bull Tokyo Med Dent Univ*. 1972;19(4):411-25.

Karthi M, Anbuslevan GJ, Senthilkumar KP, Tamizharsi S, Raja S, Prabhakar K. NSAIDs in orthodontic tooth movement. *J Pharm Bioallied Sci*. 2012;4(Suppl 2):S304-6.

Karu TI. Molecular mechanism of the therapeutic effect of low-intensity laser radiation. *Lasers Life Sci*. 1988;2(1):53-74.

Kasai S, Kono T, Yamamoto Y, Kotani H, Sakamoto T, Mito M. Effect of low-power laser irradiation on impulse conduction in anesthetized rabbits. *J Clin Laser Med Surg*. 1996;14(3):107-9.

Kawasaki K, Shimizu N. Effects of low-energy laser irradiation on bone remodeling during experimental tooth movement in rats. *Lasers Surg Med*. 2000;26(3):282-91.

Kehoe MJ, Cohen SM, Zarrinnia K, Cowan A. The effect of acetaminophen, ibuprofen, and misoprostol on prostaglandin E2 synthesis and the degree and rate of orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 1996;66(5):339-49.

Kim SJ, Kang YG, Park JH, Kim EC, Park YG. Effects of low-intensity laser therapy on periodontal tissue remodeling during relapse and retention of orthodontically moved teeth. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):325-33.

Kobayashi Y, Takagi H, Sakai H, Hashimoto F, Matakai S, Kobayashi K, et al. Effects of local administration of osteocalcin on experimental tooth movement. *Angle Orthod*. 1998;68(3):259-66.

Kole H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1959;12(5):515-29.

Krishnan V. Orthodontic pain: from causes to management--a review. *Eur J Orthod*. 2007;29(2):170-9.

Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;129(4):469 e1-32.

Kurt G, Iseri H, Kisnisci R. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD). Long-term (5 years) follow-up of a Class II case. *Angle Orthod*. 2010;80(3):597-606.

Kyrkanides S, O'Banion MK, Subtelny JD. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs in orthodontic tooth movement: metalloproteinase activity and collagen synthesis by endothelial cells. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000;118(2):203-9.

Laakso EL, Cramond T, Richardson C, Galligan JP. Plasma ACTH and -endorphin levels in response to low level laser therapy (LLLT) for myofascial trigger points. *Laser Ther*. 1994;6:133-41.

Lages LHR. A utilização do laser de baixa intensidade na movimentação dentária e na sensibilidade dolorosa após a aplicação de força ortodôntica [dissertação]. São Bernardo do Campo (SP): Universidade Metodista de São Paulo; 2011.

Lecomber AR, Yoneyama Y, Lovelock DJ, Hosoi T, Adams AM. Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001;30(5):255-9.

Lee WC. Experimental study of the effect of prostaglandin administration on tooth movement—with particular emphasis on the relationship to the method of PGE1 administration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;98(3):231-41.

Lewko WM, Anderson A. Estrogen receptors and growth response in cultured human periodontal ligament cells. *Life Sci*. 1986;39(13):1201-6.

Lim HM, Lew KK, Tay DK. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(6):614-22.

Limpanichkul W, Godfrey K, Srisuk N, Rattanayatikul C. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res*. 2006;9(1):38-43.

Liu L, Igarashi K, Kanzaki H, Chiba M, Shinoda H, Mitani H. Clodronate inhibits PGE(2) production in compressed periodontal ligament cells. *J Dent Res*. 2006;85(8):757-60.

Liu YH, Liu J, Li Q, Ding WH. [An efficacy comparison between mini-screw implant and transpalatal arch on dentofacial morphology in extraction cases]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2009;44(8):454-9.

Lizarelli RFZ. Protocolos clínicos odontológicos. Uso do laser de baixa intensidade. 3 ed. São Carlos: Gorham Design; 2007.

Long H, Zhou Y, Xue J, Liao L, Ye N, Jian F, et al. The effectiveness of low-level laser therapy in accelerating orthodontic tooth movement: a meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2013.

Madan MS, Liu ZJ, Gu GM, King GJ. Effects of human relaxin on orthodontic tooth movement and periodontal ligaments in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131(1):8 e1-10.

Mao JJ, Wang X, Kopher RA. Biomechanics of craniofacial sutures: orthopedic implications. *Angle Orthod*. 2003;73(2):128-35.

Mateos SB. Uma luz poderosa. *Rev Assoc Paul Cir Dent*. 2005;59(6):407-14.

Mayahara K, Yamaguchi A, Takenouchi H, Kariya T, Taguchi H, Shimizu N. Osteoblasts stimulate osteoclastogenesis via RANKL expression more strongly than periodontal ligament cells do in response to PGE(2). *Arch Oral Biol*. 2012;57(10):1377-84.

Montesinos M. Experimental effects of low power laser in enkephalin and endorphin synthesis. *J Euro Med*. 1988;1(3):2.

Morishita M, Shimazu A, Iwamoto Y. Analysis of oestrogen receptor mRNA by reverse transcriptase-polymerase chain reaction in human periodontal ligament cells. *Arch Oral Biol*. 1999;44(9):781-3.

Mostafa YA, Mohamed Salah Fayed M, Mehanni S, ElBokle NN, Heider AM. Comparison of corticotomy-facilitated vs standard tooth-movement techniques in dogs with miniscrews as anchor units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(4):570-7.

Mostafa YA, Weeks-Dybvig M, Osdoby P. Orchestration of tooth movement. *Am J Orthod*. 1983;83(3):245-50.

Neves LS, Souza e Silva CM, Henriques JFC, Cançado RH, Henriques RP, Janson G. utilização do laser em ortodontia. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2006;10(5):149-56.

Ngan P, Kess B, Wilson S. Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989;96(1):47-53.

Ngan P, Wilson S, Shanfeld J, Amini H. The effect of ibuprofen on the level of discomfort in patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;106(1):88-95.

Nobrega C, da Silva EM, de Macedo CR. Low-level laser therapy for treatment of pain associated with orthodontic elastomeric separator placement: a placebo-controlled randomized double-blind clinical trial. *Photomed Laser Surg*. 2013;31(1):10-6.

Nóbrega C, Spena R, Niunez LN, Prieto MGL. Convergência de tecnologias e movimentação ortodôntica. *Orto SPO 2014*. São Paulo: Santos; 2014.

Norrdin RW, Jee WS, High WB. The role of prostaglandins in bone in vivo. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 1990;41(3):139-49.

Oliveira DD. Efeitos da corticotomia alveolar na estrutura óssea e na movimentação ortodôntica. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2006.

Oliver RG, Knapman YM. Attitudes to orthodontic treatment. *Br J Orthod*. 1985;12(4):179-88.

Orlando F. Influência do laser de baixa intensidade na movimentação e na ancoragem ortodôntica por meio de tomografia computadorizada [dissertação]. São Bernardo do Campo(SP): Universidade Metodista de São Paulo; 2010.

Ozturk M, Doruk C, Ozec I, Polat S, Babacan H, Bicakci AA. Pulpal blood flow: effects of corticotomy and midline osteotomy in surgically assisted rapid palatal expansion. *J Craniomaxillofac Surg*. 2003;31(2):97-100.

Park HS, Lee YJ, Jeong SH, Kwon TG. Density of the alveolar and basal bones of the maxilla and the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(1):30-7.

Patil S, Kotrashetti S, Yadev S, Vhora K. Modified dento-alveolar Distraction Osteogenesis Technique for Rapid Canine Retraction. *Journal of Dental & Allied Sciences* 2011;1(1):30-1.

Pietro MGL, Dainese EA, Kawachi MY. O uso do ultra-som na movimentação dentária induzida. *Rev Dental Press*. 2005;v.10(5):83-98.

Prabhat KC, Maheshwari S, Gupta ND, Verma SK, Goyal L. Periodontal ligament distraction: A simplified approach for rapid canine retraction. *J Indian Soc Periodontol*. 2012;16(1):123-5.

Proffit WR. As bases biológicas da terapia ortodôntica. In: Koogan G, editor. Ortodontia contemporânea: biomecânica. Rio de Janeiro; 1995. p. 244-64.

Ramalho LTO, Bozzo L. Biomecânica da movimentação ortodôntica: resposta inicial dos tecidos periodontais Rev odontol UNESP. 1990;19(1):1-11.

Ramos LVT, Furquim LZ, Consolaro A. A influência de medicamentos na movimentação ortodôntica - uma análise crítica da literatura. Dental Press J Orthod. 2005a;10(1):122-30.

Ramos LVT, Furquim LZ, Consolaro A. A influência de medicamentos na movimentação ortodôntica - uma análise crítica da literatura. Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial 2005b;10(1):122-30.

Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. Angle Orthod. 1964;34(4):244-55.

Reitan K, Rygh P. Princípios e reações biomecânicas. In: Ortodontia: Princípios e Técnicas Atuais. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan;1996. p. 88-174.

Ren A, Lv T, Kang N, Zhao B, Chen Y, Bai D. Rapid orthodontic tooth movement aided by alveolar surgery in beagles. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131(2):160 e1-10.

Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. Angle Orthod. 2003;73(1):86-92.

Ren Y, Maltha JC, Van't Hof MA, Von Den Hoff JW, Kuijpers-Jagtman AM, Zhang D. Cytokine levels in crevicular fluid are less responsive to orthodontic force in adults than in juveniles. J Clin Periodontol. 2002;29(8):757-62.

Rochkind S, Rousso M, Nissan M, Villarreal M, Barr-Nea L, Rees DG. Systemic effects of low-power laser irradiation on the peripheral and central nervous system, cutaneous wounds, and burns. Lasers Surg Med. 1989;9(2):174-82.

Rygh P, Moyers RE. Sistemas de forças e respostas dos tecidos às forças em ortodontia e ortopedia facial. In: Ortodontia Rio de Janeiro;Guanabara Koogan; 1991. p. 259-80.

Saito M, Saito S, Ngan PW, Shanfeld J, Davidovitch Z. Interleukin 1 beta and prostaglandin E are involved in the response of periodontal cells to mechanical stress in vivo and in vitro. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1991;99(3):226-40.

Saito S, Shimizu N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in midpalatal suture during expansion in the rat. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;111(5):525-32.

Sandy JR, Farndale RW, Meikle MC. Recent advances in understanding mechanically induced bone remodeling and their relevance to orthodontic theory and practice. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993;103(3):212-22.

Sanuki R, Shionome C, Kuwabara A, Mitsui N, Koyama Y, Suzuki N, et al. Compressive force induces osteoclast differentiation via prostaglandin E(2) production in MC3T3-E1 cells. *Connect Tissue Res*. 2010;51(2):150-8.

Sari E, Olmez H, Gurton AU. Comparison of some effects of acetylsalicylic acid and rofecoxib during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;125(3):310-5.

Scheurer PA, Firestone AR, Burgin WB. Perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod*. 1996;18(4):349-57.

Schilling T, Muller M, Minne HW, Ziegler R. Influence of inflammation-mediated osteopenia on the regional acceleratory phenomenon and the systemic acceleratory phenomenon during healing of a bone defect in the rat. *Calcif Tissue Int*. 1998;63(2):160-6.

Seifi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Eur J Orthod*. 2003;25(2):199-204.

Sekhavat AR, Mousavizadeh K, Pakshir HR, Aslani FS. Effect of misoprostol, a prostaglandin E1 analog, on orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002;122(5):542-7.

Sergl HG, Klages U, Zentner A. Pain and discomfort during orthodontic treatment: causative factors and effects on compliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(6):684-91.

Sharma M, Sharma V, Khanna B. Mini-screw implant or transpalatal arch-mediated anchorage reinforcement during canine retraction: a randomized clinical trial. *J Orthod*. 2012;39(2):102-10.

Shellhart WC, Moawad M, Lake P. Case report: implants as anchorage for molar uprighting and intrusion. *Angle Orthod*. 1996;66(3):169-72.

Shetty N, Patil AK, Ganeshkar SV, Hegde S. Comparison of the effects of ibuprofen and acetaminophen on PGE2 levels in the GCF during orthodontic tooth movement: a human study. *Prog Orthod*. 2013;14:6.

Shimizu N, Yamaguchi M, Goseki T, Shibata Y, Takiguchi H, Iwasawa T, et al. Inhibition of prostaglandin E2 and interleukin 1-beta production by low-power laser irradiation in stretched human periodontal ligament cells. *J Dent Res*. 1995;74(7):1382-8.

Smith K, C. The photobiological basis of low level laser radiation therapy. *Laser Ther*. 1991;3(1):19-25.

Sodagar A, Etezadi T, Motahhary P, Dehpour AR, Vaziri H, Khojasteh A. The effect of celecoxib on orthodontic tooth movement and root resorption in rat. *J Dent (Tehran)*. 2013;10(4):303-11.

Soma S, Iwamoto M, Higuchi Y, Kurisu K. Effects of continuous infusion of PTH on experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Res*. 1999;14(4):546-54.

Soma S, Matsumoto S, Higuchi Y, Takano-Yamamoto T, Yamashita K, Kurisu K, et al. Local and chronic application of PTH accelerates tooth movement in rats. *J Dent Res*. 2000;79(9):1717-24.

Sousa MV, Scanavini MA, Sannomiya EK, Velasco LG, Angelieri F. Influence of low-level laser on the speed of orthodontic movement. *Photomed Laser Surg*. 2011;29(3):191-6.

Sousa MVS. Influência do laser de baixa intensidade na velocidade da movimentação ortodôntica [dissertação] São Bernardo do Campo(SP): Universidade Metodista de São Paulo; 2008.

Sousa MVS. Avaliação da influência do laser de baixa intensidade como recurso de ancoragem Ortodôntica e na supressão da dor [tese]. Bauru(SP): Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo; 2013.

Stanfeld J, Jones J, Laster L, Davidovitch Z. Biochemical aspects of orthodontic tooth movement. I. Cyclic nucleotide and prostaglandin concentrations in tissues surrounding orthodontically treated teeth in vivo. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1986;90(2):139-48.

Storey E, Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. *Aust Dent*. 1952;56:11-8.

Takeda Y. Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. Experimental study in rats. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1988;17(6):388-91.

Taweechaisupapong S, Srisuk N, Nimitpornsuko C, Vattraphoudes T, Rattanayatikul C, Godfrey K. Evening primrose oil effects on osteoclasts during tooth movement. *Angle Orthod*. 2005;75(3):356-61.

Teng GY, Liou EJ. Interdental osteotomies induce regional acceleratory phenomenon and accelerate orthodontic tooth movement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2014;72(1):19-29.

Tengku BS, Joseph BK, Harbrow D, Taverne AA, Symons AL. Effect of a static magnetic field on orthodontic tooth movement in the rat. *Eur J Orthod*. 2000;22(5):475-87.

Tortamano A, Lenzi DC, Haddad AC, Bottino MC, Dominguez GC, Vigorito JW. Low-level laser therapy for pain caused by placement of the first orthodontic archwire: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(5):662-7.

Tuncer Z, Polat-Ozsoy O, Demirbilek M, Bostanoglu E. Effects of various analgesics on the level of prostaglandin E2 during orthodontic tooth movement. *Eur J Orthod*. 2013.

Turhani D, Scheriau M, Kapral D, Benesch T, Jonke E, Bantleon HP. Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(3):371-7.

Turner RT, Hannon KS, Greene VS, Bell NH. Prednisone inhibits formation of cortical bone in sham-operated and ovariectomized female rats. *Calcif Tissue Int*. 1995;56(4):311-5.

Tyrovola JB, Spyropoulos MN. Effects of drugs and systemic factors on orthodontic treatment. *Quintessence Int*. 2001;32(5):365-71.

Walker JB, Buring SM. NSAID impairment of orthodontic tooth movement. *Ann Pharmacother*. 2001;35(1):113-5.

Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NF, Bouquot JE. Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(10):2149-59.

Wilcko WM, Wilcko T, Bouquot JE, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2001;21(1):9-19.

Wong A, Reynolds EC, West VC. The effect of acetylsalicylic acid on orthodontic tooth movement in the guinea pig. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1992;102(4):360-5.

Xu X, Zhao Q, Yang S, Fu G, Chen Y. A new approach to accelerate orthodontic tooth movement in women: Orthodontic force application after ovulation. *Med Hypotheses*. 2010;75(4):405-7.

Yamasaki K, Miura F, Suda T. Prostaglandin as a mediator of bone resorption induced by experimental tooth movement in rats. *J Dent Res*. 1980;59(10):1635-42.

Yamasaki K, Shibata Y, Fukuhara T. The effect of prostaglandins on experimental tooth movement in monkeys (*Macaca fuscata*). *J Dent Res*. 1982;61(12):1444-6.

Yamasaki K, Shibata Y, Imai S, Tani Y, Shibasaki Y, Fukuhara T. Clinical application of prostaglandin E1 (PGE1) upon orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*. 1984;85(6):508-18.

Yamashiro T, Takano-Yamamoto T. Influences of ovariectomy on experimental tooth movement in the rat. *J Dent Res*. 2001;80(9):1858-61.

Youssef M, Ashkar S, Hamade E, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. The effect of low-level laser therapy during orthodontic movement: a preliminary study. *Lasers Med Sci*. 2008;23(1):27-33.

Zhou D, Hughes B, King GJ. Histomorphometric and biochemical study of osteoclasts at orthodontic compression sites in the rat during indomethacin inhibition. *Arch Oral Biol*. 1997;42(10-11):717-26.

Apêndices

APÊNDICE

Princípios e Fundamentos do Laser

A luz como fonte de cura vem desde a antiguidade. Gregos e romanos tomavam banhos diários de sol, pois sabiam que a luz solar contribuía para a cura, só não sabiam a forma (BRUGNERA; LADALARDO; CRUZ, 2003; GENOVESE, 2000). Em 1903, Dr. Niels Ryberg Finsen recebeu prêmio Nobel em medicina por tratar uma forma desfigurante de tuberculose de pele com luz solar (BRUGNERA; LADALARDO; CRUZ, 2003).

Em 1916 Albert Einstein formulou os princípios do LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação) (BRUGNERA; LADALARDO; CRUZ, 2003; GENOVESE, 2000).

A utilização do laser na área médica teve início por volta de 1961, quando foi realizada uma cirurgia para a remoção de um pequeno tumor de retina (GENOVESE, 2007). Em 1965, Sinclair e Knoll desenvolveram o laser terapêutico, não mais com o efeito de corte, mas de bioestimulação dos tecidos (CRUZ et al., 2004; SOUSA, 2008).

O primeiro estudo envolvendo o uso de laser em Odontologia coube a Stern & Sogannaes (1964). Eles utilizaram o laser de rubi aplicando em tecidos dentais "in vitro" e observaram que este tipo de laser formava cratera e fusão de esmalte e dentina. A dentina exposta ao laser de rubi apresentava crateras e queima de tecido (NEVES et al., 2006).

Atualmente a utilização do laser na odontologia e medicina é considerado um dos maiores avanços tecnológicos.

Os lasers podem ser classificados de acordo com sua potência de emissão de radiação em laser de alta, média ou baixa intensidade.

O laser de alta intensidade (ou cirúrgico) possui a função de cortar, esterilizar, coagular e vaporizar os tecidos moles ou duros. A interação com o tecido ocorre por reações fototérmicas, nas quais a energia da luz é transformada em calor. A utilização deste laser na odontologia contribui, por exemplo, na remoção seletiva de tecido cariado (BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991; GENOVESE, 2000).

O laser de média intensidade é utilizado no campo da fisioterapia (GENOVESE, 2000).

Os lasers de baixa intensidade (LBI) emitem radiações de baixa potência e possuem uma ação analgésica, anti-inflamatória e de biomodulação tecidual (estimulação ou inibição) (BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991; GENOVESE, 2000).

O laser de baixa intensidade também pode ser denominado de laser terapêutico, laser mole, laser a frio e laser de baixa potência, sendo a terapia utilizada com esse laser denominada de Terapia com laser de baixa intensidade ou no inglês Low Intensity Laser Therapy (LILT). Por ser uma radiação situada na faixa das radiações infravermelhas e ultravioletas, esta terapia se torna bastante difundida na área odontológica por não ser uma radiação ionizante, ou seja, não promove quebras das ligações químicas e não induz mutações e carcinogênese (BRUGNERA; GENOVESE; VILLA, 1991).

Entre os lasers de baixa potência encontram-se os lasers de HeNe (Hélio-Neônio) e diodo (Arseneto de gálio – AsGa e Arseneto de gálio e alumínio – AsGaAl).

O comprimento de onda é a distância horizontal entre dois pontos correspondentes de uma onda. Essa medida é importante, pois ela que define como a luz reage com os tecidos, pois ela revela a profundidade de penetração da luz no tecido alvo. A terminologia utilizada é o nanômetro (nm), um bilionésimo de metro (10^{-9}) (CONVISSAR, 2011).

É necessário que se conheça o conceito de algumas grandezas físicas para entender, medir escolher e controlar a irradiação dos tecidos a serem tratados com o laser (SOUSA, 2008; GARCEZ; RIBEIRO; NUNEZ, 2012):

- Potência: informa a capacidade de um equipamento de fornecer energia.
$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia (J)}}{\text{Tempo (s)}}$$

- Densidade de energia, fluência ou dose (J/cm^2): é a quantidade de energia aplicada no tecido em relação à área sobre a qual esta energia é aplicada.
$$\text{Densidade de energia} = \frac{P(W) \times T(s)}{A(\text{cm}^2)}$$

sendo A a área da ponta ativado aparelho “spot size”.

- Energia: quantidade de luz depositada no tecido tratado (J).
$$\text{Energia} = \text{Potência (W)} \times \text{Tempo (s)}$$
 - Energia por ponto: quando temos a densidade de energia (DE) e a área do *spot size* (A) do aparelho utilizado, basta multiplicar-se a densidade de energia pela área.
$$E(J) = DE(\text{J}/\text{cm}^2) \times A(\text{cm}^2)$$
-

- Energia total: devemos multiplicar a energia por ponto pelo número de pontos utilizado. $E_{total} = E \text{ (J)} \times \text{número de pontos utilizados}$
- Densidade de Potência (W/cm^2): é a razão com que a potência é dissipada numa certa área do tecido. $DP = \frac{P \text{ (W)}}{A}$

Os primeiros protocolos consideravam principalmente a densidade de energia para comparação e indicação das doses utilizadas nos tecidos alvo, pois se acreditava que independentemente da dimensão e configuração do feixe de luz laser esta se espalhava no tecido abrangendo uma área de um centímetro quadrado (ALMEIDA-LOPES, 2004).

Atualmente utiliza-se a área de secção transversal do feixe de luz do aparelho laser ou “spot size” para o cálculo da densidade de energia o que garante protocolos estáveis e precisos.

A aplicação pode ser feita de forma pontual ou por varredura (LIZARELLI, 2007). A forma pontual permite maior controle da energia recebida, sem a influência da distância entre o tecido alvo e a ponta ativa do laser e sem a influência da mão do operador em distribuir a energia uniformemente.

Os lasers também podem ser aplicados com contato ou sem contato direto ao tecido (CONVISSAR, 2011).

A energia de um laser pode ter quatro diferentes interações com o tecido alvo de acordo com as propriedades ópticas deste tecido que são Reflexão, Transmissão, Dispersão e Absorção. A reflexão acontece quando o feixe é

redirecionado para fora da superfície, sem efeito sobre o tecido alvo, por isso a importância de uso de óculos de proteção para o paciente e operador. A transmissão é quando ocorre transmissão da energia diretamente através dele sem efeito sobre o tecido alvo. A dispersão é o fenômeno que enfraquece a energia que se deseja liberar sobre o tecido e Absorção é o desejado quando se faz a aplicação do laser e vai depender de características do tecido como pigmentação e conteúdo em água bem como do comprimento de onda do laser (CONVISSAR, 2011).

Para garantir um protocolo seguro é necessário fornecer tudo sobre a fonte de luz escolhida e sua aplicação: comprimento de onda, potência de saída, densidade de energia, aplicação por ponto (ou varredura), área (diâmetro) do “spot size”, área irradiada, tempo de irradiação, número de pontos. Assim, pode-se comparar os trabalhos com fidelidade (SMITH, 1991).

Os lasers distinguem-se das fontes luminosas convencionais por propriedades especiais que são: monocromaticidade, coerência e pouca divergência (colimação) (GARCEZ; RIBEIRO; NUNEZ, 2012).

Monocromaticidade é a caracterizada pela emissão de fótons com mesmo comprimento de onda. Coerência, a luz laser é coerente, com fótons de mesmo comprimento de onda se propagando na mesma direção (em fase, no tempo e no espaço). Colimação, a luz laser é unidirecional e, por ser paralela ao eixo do tubo que produz esse tipo de energia, ou seja, o feixe de fótons é paralelo (GARCEZ; RIBEIRO; NUNEZ, 2012).

A transmissão do laser através do tecido é altamente específica ao comprimento de onda, sendo ótima a janela de 500 a 1200nm, onde na faixa de 400 a 700nm, encontra-se o vermelho visível e na faixa de 700 a 1200 o infravermelho. O comprimento de onda de 780nm do laser de diodo (AsGaAl) está nesta janela

óptica e tem demonstrado possuir a maior penetração em tecidos humanos (KAWASAKI; SHIMIZU, 2000; LIM; LEW; TAY, 1995; SAITO; SHIMIZU, 1997).

O laser vermelho é indicado para lesões superficiais por penetrar menos no tecido biológico. Tem como alvo nos tecidos as mitocôndrias das células, induzindo, portanto, uma reação fotoquímica, onde há uma ativação da síntese de enzimas. Outras reações ocorrem como incremento na produção de ATP mitocondrial, aumento do consumo de glicose celular, aumento dos teores de cálcio intracelular e do número de mitocôndrias nas células (ALMEIDA-LOPES, 2004).

O laser infravermelho é o comprimento de onda de eleição para reparos neurais e quando se busca tecidos mais profundos como o tecido ósseo. A luz é absorvida nas membranas celulares, alterando seu potencial elétrico, induzindo a efeitos do tipo foto físico e fotoelétrico, de forma a causar excitação de elétrons, vibração e rotação de parte das moléculas ou rotação de moléculas como um todo, que se traduzem no incremento da síntese de ATP (ALMEIDA-LOPES, 2004; LIZARELLI, 2007).

Segundo Karu (1988) a luz visível é absorvida pela cadeia respiratória que acontece nas mitocôndrias. As organelas não absorvem luz infravermelha, apenas as membranas apresentam resposta a este estímulo. Os incrementos de ATP mitocondrial, produzidos após a irradiação com laser, favorecem um grande número de reações que interferem no metabolismo celular. É através da cadeia respiratória que a célula reconhece o meio externo, regulando o comportamento celular.

Ambos os comprimentos de onda resultam na transdução do sinal e amplificação do estímulo gerando aumento dos íons Ca^{++} no citoplasma e aceleração da duplicação de DNA e da replicação de RNA (KARU, 1988).

Em relação à luz infravermelha, Smith (1991), demonstrou que ocorrem mudanças foto físicas na membrana celular gerando um aumento da permeabilidade ao íon cálcio (Ca^{++}), a quantidade aumentada desse cátion afeta o nível dos nucleotídeos cíclicos que modulam a síntese de ácido ribonucleico (RNA) e ácido desoxirribonucleico (DNA). Os íons Ca^{++} são mensageiros intracelulares em muitos sistemas de transdução sinalizada.

A bioestimulação causada pelo LBI acelera os processos de multiplicação e regeneração celular, já no caso da inibição pode-se diminuir parcial ou totalmente, a sintomatologia dolorosa. Assim o LBI desencadeia uma série de reações químicas nas células, acelerando alguns processos metabólicos e desacelerando outros. A terapia com laser de baixa intensidade produz efeitos analgésicos, anti-inflamatórios ou de bioestimulação tecidual (MATEOS, 2005).

Para o efeito analgésico o laser de baixa intensidade pode atuar através de três mecanismos: estimulando a produção de betaendorfina, um mediador natural produzido pelo organismo para reduzir a dor (MONTESINOS, 1988); inibindo a liberação do ácido araquidônico a partir das células lesadas que geram metabólitos que interagem com os receptores da dor (KASAI et al., 1996) e também agem diminuindo a liberação de transmissores nociceptivos que tem ação na condução dos impulsos nervosos (MATEOS, 2005).

Em relação ao efeito anti-inflamatório o laser promove vasodilatação e estimula a degranulação de mastócitos e células do tecido conjuntivo que contem mediadores químicos da inflamação. Por outro lado o laser controla o edema inflamatório, o que dificulta a chegada de nutrientes e a remoção de catabólitos do local (MATEOS, 2005).

O laser terapêutico promove aceleração dos processos de reprodução e reparo celular por estimular tanto a síntese de DNA e RNA, bases da multiplicação celular, como a produção de ATP (adenosina trifosfato) (DORTBUDAK; HAAS; MALLATH-POKORNY, 2000; KAWASAKI; SHIMIZU, 2000).

O efeito biomodulador celular do laser vem sendo estudado em relação a todos os tecidos, inclusive do osso.

Takeda (1988) sugeriu em seu estudo com ratos que o laser de baixa intensidade acelera a neoformação óssea, o que beneficia o processo de cicatrização. Realizou a aplicação de laser de baixa intensidade (AsGa) com comprimento de onda de 940nm, densidade de potência de 25 mW/cm², densidade de energia 20J/cm², irradiado por 5 minutos após a extração dentária em 24 ratos e tendo outros como controle. Sacrificou-os nos períodos de 0, 2, 4 e 7 dias após a extração e aplicação do laser. Não verificou diferença entre o grupo irradiado e controle logo após a aplicação, porém no dia 2 verificou maior proliferação de fibroblastos no grupo irradiado onde ambos os grupos apresentavam um alvéolo preenchido com coágulo. No dia 4 observou que o grupo irradiado apresentava a formação de trabeculado ósseo mais avançada que o grupo controle e que no sétimo dia após a aplicação do laser os ratos irradiados apresentavam um trabeculado ósseo espesso e abundante em relação ao grupo controle. Assim, o autor concluiu que o laser de baixa intensidade acelera a cicatrização, aumenta a vascularização, a síntese do colágeno e fibroblastos.

Garcia et al. (1996) também utilizaram o laser AsGa após a extração dentária em ratos para estimular um melhor reparo ósseo alveolar e observaram uma aceleração neste processo, a qual foi representada por uma formação mais rápida do tecido de granulação cicatricial, uma formação mais precoce e em maior

extensão de tecido ósseo e, o fechamento mais rápido das bordas epiteliais das feridas.

Efeitos estimulantes do laser de AsGaAl (830nm) na regeneração óssea na sutura mediana palatina durante a expansão em ratos foram investigados e se obteve melhores resultados na regeneração óssea no grupo que foi irradiado por 7 dias consecutivos, sendo o efeito da irradiação mais efetivo nos dois primeiros dias após a expansão quando comparados nos períodos tardios (dias 4 até 6). Uma irradiação única não teve nenhum efeito no osso formado, sugerindo que o efeito deve ser transitório conforme o tempo, frequência, e dose dependente (SAITO; SHIMIZU, 1997).

Dortbudak, Haas e Mallath (2000) avaliaram a bioestimulação óssea promovida pelo laser de diodo nas células osteoblásticas obtidas do fêmur de ratos. Foram utilizadas 30 culturas de células irradiadas e 30 não irradiadas. Foi utilizado o laser com 690nm, potência de 21mW, com densidade de energia de $1,6\text{J}/\text{cm}^2$ durante 60 segundos nos dias 3, 5 e 7. Em todas as culturas irradiadas foram encontradas maior deposição óssea do que naquelas não irradiadas. Assim, os autores concluíram que a aplicação do laser diodo tem um efeito bioestimulante nos osteoblastos *in vitro*, que poderia ser utilizado para a osseointegração de implantes.

Coombe et al. (2001) também pesquisaram os efeitos do laser de baixa intensidade *in vitro* sobre as células osteoblásticas. Para isto foi utilizado o laser diodo AsGaAl, comprimento de onda de 830nm, potência de 90mW e ponta aplicadora com 4,5 mm de diâmetro, níveis de energia de 0,3; 0,5; 1; 2 e 4J (densidade de energia entre $1,7$ e $25,1\text{J}/\text{cm}^2$), com frequência de uma única aplicação diária. Foi avaliada a atividade de fosfatase alcalina, aumento de Ca^+ intracelular, proliferação celular e verificação do tempo de resposta máxima após a

irradiação e comparado com o grupo controle. Nos resultados encontrados o crescimento celular foi 90% superior nos grupos experimentais, não houve diferença estatisticamente significativa nos níveis de fosfatase alcalina entre o grupo controle e o irradiado, porém houve um aumento de Ca^{++} intracelular nas células irradiadas. Os autores sugeriram que esses resultados, indicam que o laser de baixa intensidade pode ser um potente acelerador na movimentação ortodôntica.

Existe relatos na literatura, sobre os efeitos sistêmicos da irradiação laser. Uma explicação para esse efeito sistêmico é que as células irradiadas no tecido, produzem substâncias que se espalham através dos vasos sanguíneos e do sistema linfático para outras partes do organismo (ROCHKIND et al., 1989).

Rochkind et al. (1989), observaram os efeitos sistêmicos do laser de HeNe (comprimento de onda de 632,8nm) após ferimentos gerados em ambas as pernas de ratos por meio de incisões musculares, queimaduras bilaterais, e ferimento com exposição dos nervos periféricos bilaterais. Em todos os ferimentos o laser foi aplicado somente em uma das pernas. Havia um grupo controle onde os mesmos ferimentos foram realizados, porém sem a aplicação do laser. Em todos os grupos em que o laser foi aplicado, observaram-se recuperação dos tecidos injuriados de ambos os lados, porém com melhores resultados no lado em que o laser foi aplicado diretamente, enquanto que nos grupos controle correspondente, observou-se necroses e até gangrena bilateral. Frente a esses resultados os autores sugerem o efeito sistêmico do laser.

Anexos

ANEXO 1**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Dentes tortos no arco superior e inferior devido à falta de espaço para o correto posicionamento têm como opção de tratamento ortodôntico a extração (“remoção”) dos primeiros pré-molares superiores e inferiores que garante espaço para o alinhamento dos dentes. A utilização de mini-implantes (mini-parafusos inseridos no osso) na região posterior do arco (entre segundo pré-molar e primeiro molar) assegura que o espaço referente à extração seja utilizado para o correto posicionamento dos dentes anteriores sem perda de espaço pela movimentação dos dentes posteriores para frente.

A aplicação de uma luz de laser de baixa intensidade (LBI) é amplamente utilizada na área médica e odontológica e na ortodontia para diminuição da dor e para aceleração do movimento dentário após a ativação do aparelho ortodôntico, o que garante ao paciente diminuição da sensibilidade dolorosa e do tempo de tratamento ortodôntico.

O presente trabalho justifica-se pela escassez de estudos científicos utilizando uma única aplicação de laser de baixa intensidade mensal logo após a ativação do aparelho ortodôntico. O objetivo deste estudo é analisar a velocidade de movimentação ortodôntica de caninos superiores e inferiores submetidos à aplicação com o laser de baixa intensidade (LBI) durante a retração inicial (“movimentação para trás destes dentes”), comparados aos caninos do outro lado não submetidos ao laser (controle) e uma possível diminuição da sensação de dor no lado que aplicou o laser após a ativação do aparelho.

Serão selecionados pacientes com indicação para extração dos primeiros pré-molares superiores e inferiores que receberão a aplicação mensal do laser em um lado dos arcos superior e inferior durante a retração inicial dos caninos (aproximadamente 4 meses). Mensalmente antes da aplicação do laser serão obtidos modelos de gesso e os pacientes preencherão em casa por três dias um questionário referente ao grau de dor após a ativação do aparelho. Todos os pacientes continuarão o tratamento até sua finalização que tem um tempo médio total de 24 meses, podendo diminuir ou se estender em torno de 6 meses. O paciente, portanto, terá que comparecer uma vez por mês na Clínica de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru para a manutenção do aparelho ortodôntico (e aplicação do laser nos primeiros 4 meses), podendo ser necessário nos dois primeiros meses uma visita a mais no mês devido a instalação do aparelho ortodôntico e do mini implante.

Em relação à instalação do mini implante é utilizada uma anestesia local (próximo da região que se instala o mini implante) para diminuir o desconforto do paciente durante sua instalação. É comum o paciente sentir uma pressão nos dentes após a ativação do aparelho, porém, com a utilização do laser de baixa intensidade nesta pesquisa esperamos que esta sensação seja diminuída ou até eliminada de acordo com resultados já demonstrados em outras pesquisas.

Pedimos a sua autorização e contamos com a colaboração do seu filho(a) para o tratamento ortodôntico e sua avaliação. O custo para participar desta pesquisa refere-se apenas a documentação ortodôntica inicial e final cujo valor médio atual é de R\$136,00 cada uma (total de R\$272,00). Os responsáveis por este estudo são a doutoranda Juliana Moura Storniolo e seu orientador Arnaldo Pinzan, do Departamento de Odontopediatria, Ortodontia e Saúde Coletiva da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB), que se encontra à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas antes e depois da realização desse estudo Tel.(14)3235-8335. Em caso de reclamações entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (14)3235-8356.

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr. (a) _____, portador da cédula de identidade _____, após leitura minuciosa das informações constantes neste **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**, devidamente explicada pelos profissionais em seus mínimos detalhes, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido o menor _____, portador da cédula de identidade _____, nascido em ____/____/____ pelo qual é responsável, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** concordando em permitir a participação do menor da pesquisa proposta. Fica claro que o sujeito da pesquisa ou seu representante legal, pode a qualquer momento retirar seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** e deixar de participar desta pesquisa e ciente de que todas as informações prestadas tornar-se-ão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional (Art. 9º do Código de Ética Odontológica).

Por estarem de acordo assinam o presente termo em duas vias, ficando uma de sua posse.

Bauru-SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura do responsável pelo menor

Juliana Moura Storniolo
Autora da Pesquisa

Assinatura do menor

ANEXO 2

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru****Comitê de Ética em Pesquisa** **Processo nº 164/2011**

Bauru, 1 de dezembro de 2011.

Senhor Professor,

Informamos que após o envio da documentação solicitada, o projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa **Influência do laser de Baixa intensidade na movimentação ortodôntica – avaliação por meio de modelos digitais**, de autoria de Juliana Moura Storniolo, sob sua orientação, foi novamente analisado em reunião realizada no dia **30 de novembro de 2011**.

O CEP-FOB/USP considerou o projeto APROVADO lembrando que a condição de aprovação da pesquisa propriamente dita exige o que segue:

- que sejam encaminhados ao CEP-FOB/USP relatórios anuais sobre o andamento da pesquisa (parciais e finais), conforme o cronograma apresentado;
- que sejam notificados ao CEP-FOB/USP, com a devida justificativa, qualquer modificação na metodologia e/ou título e a inclusão ou exclusão de autores;
- na apresentação do relatório final, incluir todos os TCLEs e/ou termos de doação de dentes devidamente assinados e rubricados.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Rivaldo Augusto Cardoso de Faria
Coordenador

Prof. Dr. Arnaldo Pinzan

Docente do Departamento de Odontopediatria, Ortodontia e Saúde Coletiva

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-101 – C.P. 73

e-mail: cep@fob.usp.br – Fone/FAX (0xx14) 3235-8356

<http://www.fob.usp.br>

ANEXO 3

AVALIAÇÃO DA DOR PÓS-ATIVAÇÃO

Ficha por arcada – marcar com um “x” qual o nível de dor

Nome: _____

Data da aplicação do laser (LBI): ____/____/____

0 – Se não houver dor**1- Dor leve****2- Dor Moderada****3- Dor Severa****4- Dor Intolerável****12 horas após**

lado direito superior

0	1	2	3	4

lado esquerdo superior

0	1	2	3	4

lado direito inferior

0	1	2	3	4

lado esquerdo inferior

0	1	2	3	4

1 dia após (24 horas)

lado direito superior

0	1	2	3	4

lado esquerdo superior

0	1	2	3	4

lado direito inferior

0	1	2	3	4

lado esquerdo inferior

0	1	2	3	4

ANEXO 3 (continuação)**2 dias após (48 horas)**

lado direito superior

0	1	2	3	4

lado esquerdo superior

0	1	2	3	4

lado direito inferior

0	1	2	3	4

lado esquerdo inferior

0	1	2	3	4

3 dias após (72 horas)

lado direito superior

0	1	2	3	4

lado esquerdo superior

0	1	2	3	4

lado direito inferior

0	1	2	3	4

lado esquerdo inferior

0	1	2	3	4