



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ANAMARIA ESTACIA SILVEIRA

ALTERAÇÕES PULPARES DOS DENTES ANTERIORES DE PACIENTES
SUBMETIDOS A EXPANSÃO RÁPIDA MAXILAR

RIBEIRÃO PRETO

2019

Anamaria Estacia da Silveira

ALTERAÇÕES PULPARES DOS DENTES ANTERIORES DE PACIENTES

SUBMETIDOS A EXPANSÃO RÁPIDA MAXILAR

Tese apresentada à Universidade de Ribeirão Preto
UNAERP, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutor em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Yara T. Corrêa Silva Sousa

Co-orientadora: Profa. Dra. Graziela Oro Cericato

RIBEIRÃO PRETO

2019



Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Pesquisas em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) e a Tese desenvolvida no âmbito do Doutorado Interinstitucional em Odontologia UNAERP-IMED.

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho à minha família, meus queridos filhos Ramiro e Izadora e esposo João Batista, pessoas que amo incondicionalmente e pelas quais sou grata por ter em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Ribeirão Preto, na pessoa da magnífica reitora **Profa. Elmara Lúcia de Oliveira Bonini** por possibilitar meu desenvolvimento intelectual.

À coordenadora do curso de pós-graduação em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto, **Profa. Dra. Yara Teresinha Corrêa Silva Sousa**, pela dedicação e esforço no desenvolvimento desse Doutorado Interinstitucional, e como orientadora pela oportunidade, orientação e ensinamentos proporcionados nessa pesquisa;

À co-orientadora **Profa. Dra. Graziela Oro Cericato** pela disposição, apoio e auxílio na conclusão deste trabalho.

À **Profa. Dra. Françoise Van de Sande** pela co-orientação inicial deste trabalho.

Aos Docentes, **Prof. Dr. Edson Alfredo, Profa. Dra. Erica Alves Gomes, Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Júnior, Profa. Dra. Larissa Castro Raucci, Prof. Dr. Manoel Damião Sousa Neto, Prof. Dr. Walter Raucci Neto, Profa. Dra. Yara Teresinha Corrêa Silva Sousa**, pela dedicação, ensinamentos e dedicação. Muito obrigado.

Ao colega e filho **Prof. Dr. Ramiro Estacia da Silveira** pela ideia, apoio e companheirismo, foram fundamentais na realização desta pesquisa.

Ao colega **Prof. Dr. João Stella** pelo estímulo, na adaptação e orientação no uso do sensor do oxímetro de pulso.

À diretoria e sócios do CEOM, em especial ao **Prof. Dr. Volmir Fornari** pelo estímulo e apoio.

Aos professores colegas de trabalho, alunos e pacientes da Especialização em Ortodontia do CEOM que permitiram a realização deste trabalho.

A todos os colegas do doutorado, pela companhia e conhecimentos compartilhados. Ficarão boas recordações e ensinamentos.

À minha família, que está sempre presente em minha vida, me apoiando e torcendo positivamente por mim.

Sumário

Resumo

Summary

1. Introdução	12
2. Proposição	15
3. Material e Métodos.....	16
4. Resultados.....	20
5. Discussão.....	23
6. Conclusões.....	26
7. Referências Bibliográficas.....	27

RESUMO

As aplicações das forças utilizadas na Expansão Rápida Maxilar se dissipam nos elementos dentários adjacentes aos dentes de suporte, e, na abertura da sutura palatina mediana evocando uma resposta biológica na polpa dentária. O presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta pulpar dos dentes anteriores quando utilizado expansão rápida da maxila por meio da oximetria de pulso. As alterações pulpares em consequência da aplicação desta força, utilizando o aparelho de Hyrax, foram avaliadas nos incisivos centrais, laterais e caninos superiores, realizadas pela oximetria pulpar que avaliou os níveis de saturação de oxigênio durante as fases de ativações e 60 dias de contenção. Foram avaliados 17 pacientes com idades entre 10 e 15 anos, tendo sido possível mensurar o fluxo vascular nas polpas de 76 dentes. O grupo controle foram os próprios dentes anteriores à disjunção palatal. Observou-se redução estatisticamente significativa na oxigenação das polpas dentárias de todos os dentes adjacentes quando da utilização do aparelho. E esta redução foi significativamente maior quando mensurada no sétimo dia consecutivo de ativações, período no qual os pacientes apresentavam diastema anterior. A partir de quinze dias cessada a força houve uma tendência de retorno ao valor da oxigenação pulpar normal. Na contenção, 60 dias após estabilizado o parafuso expensor, a porcentagem de saturação de oxigênio retornou aos padrões próximos aos normais.

Palavras-chave: Oximetria de pulso. Ortodontia. Endodontia.

SUMMARY

The applications of the forces used in the Maxillary Rapid Expansion dissipate in the dental elements adjacent to the supporting teeth, and in the opening of the medial palatine suture evoking a biological response in the dental pulp. The present study had as objective to evaluate the pulp response of the anterior teeth when using rapid expansion of the maxilla by pulse oximetry. The pulp alterations as a consequence of the application of this force using the Hyrax apparatus were evaluated in the central, lateral and canine incisors pulpal oximetry that evaluated the levels of oxygen saturation during the activation phases and 60 days of contention. Seventeen patients aged 10 to 15 years were evaluated, and it was possible to measure the vascular flow in the pulp of 76 teeth. The control group were the teeth prior to palatal disjunction. There was a statistically significant reduction in oxygenation of dental pulps of all adjacent teeth when using the appliance. And this reduction was significantly greater when measured on the seventh consecutive day of activations, during which time the patients had previous diastema. After fifteen days the force ceased there was a tendency to return to the value of normal pulpal oxygenation. In the contention, 60 days after stabilizing the expander screw, the percentage of oxygen saturation returned to the standards close to normal.

Key words: Pulse oximetry. Orthodontics. Endodontics.

1. INTRODUÇÃO

A Ortodontia e Ortopedia facial, como especialidade da Odontologia, realiza a movimentação na posição dos dentes e ossos do complexo craniofacial através da aplicação de forças externas. Isso resulta em mecanismos inflamatórios e compressão de vasos sanguíneos presentes no ligamento periodontal, promovendo possível diminuição da saturação de oxigênio pulpar. Após movimentação ortodôntica é esperado que alguns efeitos colaterais e biológicos ocorram, tais como: reabsorções radiculares, que resultam em abaulamento dos ápices, redução da cavidade pulpar por formação de dentina reacional e pericementite transitória. Estas reações ocorrem como resposta frente às forças empregadas na mecânica ortodôntica (BARBER; SIMS, 1981; BAYSAL et al., 2012).

O procedimento ortopédico de expansão rápida maxilar (ERM) vem sendo amplamente empregado e exaustivamente estudado, consistindo no uso de forças de grande intensidade em dentes de suporte, através de um aparelho fixo e parafuso expensor no palato. Uma vez que o ligamento periodontal atinge seu limite em dissipar as forças, o stress mecânico concentra-se na região da sutura palatina mediana e dissipasse através do palato anteroposteriormente, o que, em pacientes jovens, pelo pobre embricamento, acaba por promover seu afastamento ortopédico, sendo que a abertura maior do vertice ocorre na região dos incisivos superiores (TANAKA; ORELLANA; RIBEIRO, 2004; LIU; XU; ZOU, 2015; FERNANDES, 2019). Em razão da força empregada diretamente nos dentes, as estruturas de suporte e adjacentes recebem danos, que em estudos prévios, utilizando testes de sensibilidade térmicos e elétricos, investigações histopatológicas e medições histomorfométricas encontraram redução da capacidade da polpa dental (TASPINAR et al., 2003; KAYHAN; KÜÇÜKKELEŞ; DEMIREL, 2000; CHO; EFSTRATIADIS; HASSELGREN, 2010). RÖMER (2014), sugere que o movimento dentário ortodôntico afeta a circulação da polpa dentária por hipóxia, o que leva a uma resposta inflamatória nos dentes tratados. Portanto, pode-se esperar que o tecido pulpar seja submetido a um processo de remodelação após a movimentação ortodôntica (RÖMER, 2014).

CONSOLARO (2007) e PROFFIT (2008) relatam que a força ortodôntica tem efeito sobre o ligamento periodontal e pouco ou nenhum efeito sobre a polpa. Entretanto alguns estudos demonstram o contrário, descrevendo danos à polpa variando desde leve hiperemia, passando por intensa angiogênese até inflamação severa. As primeiras alterações detectáveis no tecido pulpar são

hemodinâmicas e perturbações circulatórias com aumento da densidade do volume de vasos sanguíneos já nas primeiras horas após aplicação da força ortodôntica (SANO et al., 2002; NIXON, 1992; SANTAMARIA, 2006). Estas mudanças não foram diretamente relacionadas com a magnitude das forças ortodônticas empregadas (CUNHA, 2004; PUDYANI, 2006; BABACAN, 2010). Relatos de casos mostrando necrose pulpar após movimentação com aparelhos foram atribuídos a traumas prévios e não há evidências de uma necrose pulpar por emprego de forças ortodônticas (CONSOLARO; BITTENCOURT, 2016). HAMERSKY, WEINER e TAINTOR em 1980, investigaram o efeito da aplicação de força ortodôntica sobre a oxigenação pulpar em pré-molar humano após 72 horas de ativações. Um sistema de produção de dióxido de carbono radioativamente rotulado (espirometria) foi utilizado para avaliar o efeito na oxigenação pulpar resultante da força ortodôntica, e demonstrou que a taxa média de respiração tecidual pulpar em dezessete sujeitos foi reduzida em 27% como resultado da aplicação da força ortodôntica. Entretanto, Javed et al., em 2015, em uma revisão sistemática concluíram que há evidências científicas insuficientes para provar que forças ortodônticas possam comprometer a polpa dental humana em termos de redução do fluxo sanguíneo pulpar e alterações irreversíveis na resposta celular pulpar.

VON BÖHL et al. (2012), realizaram uma revisão sistemática sobre as reações pulpare à aplicação de força ortodôntica em humanos com o objetivo de investigar a relação entre o nível de força ortodôntica e a reação pulpar. Os resultados referiram-se aos parâmetros biológicos, histológicos e celulares após o movimento dentário ortodôntico, entretanto concluíram que não há evidências científicas conclusivas para uma relação entre o nível de força e a reação tecidual da polpa dental em humanos. Existe suporte científico contraditório para uma redução do fluxo sanguíneo dependente da força aplicada na movimentação ortodôntica.

Atualmente os testes mais utilizados para avaliação de vitalidade pulpar são testes de sensibilidade térmica e que implicam em avaliação subjetiva da vitalidade através da resposta do paciente frente a agentes físicos como o frio. Portanto, resultados falso-positivo ou falso-negativo podem ser encontrados (CIOBANU; ION; 2012). No entanto, há grande deficiência com esses testes, pois fornecem apenas uma indicação do estado da polpa, medindo uma resposta neural ao invés do fornecimento vascular (JAAFARZADEH; ABBOTT, 2010; MEJÀRE et al., 2012; ESTRELA, 2017). Devido à limitação desses testes, e à importância do fluxo sanguíneo na polpa, a avaliação da vascularização ganhou importância em relação à avaliação de respostas neurais

(BRUNO et al., 2014). Nesse contexto, torna-se necessária a execução de um teste mais preciso para a avaliação da vitalidade, como a oximetria pulpar (SETZER et al., 2012; CALDEIRA et al., 2016). A oximetria de pulso, usada em medicina clínica para medir os níveis de oxigênio no sangue durante a administração de anestésicos intravenosos, foi adotada recentemente para o mesmo propósito no diagnóstico pulpar e tratamento do canal radicular (CIOBANU; ION; UNGUREANU, 2012).

O oxímetro é um aparelho capaz de determinar a quantidade de oxigênio no sangue arterial, por pulsos de luz. As medições são realizadas utilizando 2 diodos emissores de luz de diferentes comprimentos de onda: um vermelho (600 nm) e um infravermelho (940 nm) operando em ciclos de 500 vezes por segundo. As emissões dessas fontes de luz são capturadas por um fotodiodo receptor e convertidos por circuitos eletrônicos em saturação de oxigênio e taxas de pulso (MILLS, 1992). A proporção de absorção das duas ondas de luz detectam hemoglobina oxigenada (sangue arterial) e hemoglobina não-oxigenada (sangue venoso), permitindo determinar as taxas de pulso e de saturação de oxigênio (SEVERINGHAUS, 2007). Conseqüentemente, para obter leituras confiáveis de saturação de oxigênio nos dentes, o uso de uma sonda adaptada ao tamanho, forma e contorno de cada dente é recomendado. A sonda também deve permitir que os diodos emissores de luz permaneçam paralelos uns aos outros para garantir a transmissão de luz através da coroa dentária (BRUNO et al., 2014, STELLA et al., 2015).

A oximetria é um método objetivo e indolor para avaliar a vitalidade da polpa. Diversos estudos relataram a eficácia da oximetria de pulso como método para a verificação da vitalidade dos tecidos pulpares (RADHAKRISHNAN; MUNSHI; HEGDE, 2002; POZZOBON et al., 2011; BRUNO et al., 2014). Foi considerada um recurso clínico promissor no campo endodôntico (JAFARZADEH; ABBOTT, 2010; BARGRIZAN, 2015) podendo ser utilizada também para avaliar os estágios de injúria pulpar, uma vez que há variações nos níveis de oxigenação de acordo com o status da polpa (SETZER et al., 2012; GIOVANELLA et al., 2014; STELLA et al., 2015, ESTRELA et al., 2017). BRUNO et al. (2014) em uma revisão sistemática concluiu que a saturação mediana de oxigênio em polpas dentárias normais de incisivos centrais permanentes, incisivos laterais e caninos foi superior a 87%.

Não foram relatados até o momento estudos dos efeitos da expansão rápida maxilar e sua repercussão nas polpas dentárias com avaliação da saturação de oxigênio pulpar realizadas como o oxímetro de pulso. Sendo assim, avaliamos as possíveis alterações na oxigenação pulpar nos dentes

adjacentes anteriores submetidos a movimentação ortodôntica por ERM nas diferentes fases do tratamento.

2. PROPOSIÇÃO

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta pulpar dos dentes anteriores quando utilizado expansão rápida da maxila por meio da oximetria de pulso.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar os valores de saturação de oxigênio da polpa dentária de dentes permanentes anteriores (adjacentes), previamente à movimentação ortodôntica com expansão rápida da maxila, na ativação inicial, durante as ativações, após, e, no período de contenção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) - IMED, com o número de parecer 2.531.448 e data da relatoria no dia 07/03/2018. O delineamento foi de intervenção do tipo transversal e quantitativo.

3.1. AMOSTRA

A amostra foi de conveniência onde foram examinados todos os pacientes que compareceram para triagem ortodôntica nos meses de fevereiro a maio, com idade entre 10 e 15 anos atendidos na Clínica de Ortodontia do Curso de pós-graduação em Ortodontia da Escola de Odontologia da Faculdade IMED – Passo Fundo/RS. Os pacientes que atenderam aos critérios de elegibilidade (descritos abaixo) e apresentavam os incisivos e caninos superiores com rizogênese completa foram convidados a participar do estudo, após o esclarecimento e o consentimento prévio de seus pais ou responsáveis legais.

Na seleção da amostra, os critérios de inclusão foram: pacientes saudáveis que apresentavam atresia maxilar e necessitavam de tratamento ortodôntico; agendados para o procedimento de disjunção maxilar. Todos apresentavam dentes hígidos e sem história de trauma (pré-molares, incisivos centrais, incisivos laterais e caninos superiores). Os critérios de exclusão foram: pacientes portadores de doenças sistêmicas; que utilizavam medicamentos de uso contínuo e/ou medicação anti-inflamatória em momento recente ou durante o decorrer da pesquisa; que apresentavam hábitos parafuncionais; e cujos dentes apresentavam rizogênese incompleta, qualquer tipo de procedimento restaurador, traumatismo prévio, lesão endodôntica ou doença periodontal.

A amostra, portanto, foi composta por 17 pacientes que necessitavam expansão rápida da maxila (disjunção) como parte do tratamento ortodôntico (n=76 dentes). Os dentes avaliados foram os dentes adjacentes, 34 incisivos centrais superiores, 32 incisivos laterais superiores e 10 caninos superiores, não ligados ao aparelho. O grupo controle foram os próprios dentes anteriores à disjunção palatal.

3.2. PROCEDIMENTOS

O aparelho disjuntor utilizado foi dento-suportado, do tipo Hyrax modificado. Após seleção da amostra os pacientes foram marcados para separação dos primeiros molares superiores e posterior adaptação dos anéis nos molares para ser realizada a moldagem de transferência. Nos

modelos foram adaptados e soldados o expansor. O parafuso expansor utilizado foi de 0,9mm, colocado na orientação ântero-posterior com o centro posicionado equidistante a face mesial do primeiro molar e face distal do primeiro pré-molar superior, e, 2mm afastado do palato, esta posição permite que as forças ortodônticas sejam aplicadas acima do ponto de resistência dos molares, permitindo menor movimento de inclinação dos dentes de suporte (ARAUGIO, 2013; FERNANDES et al., 2019). Os anéis dos primeiros molares foram cimentados com Ionomero de vidro Meron da VOCO, e primeiros pré-molares foram unidos com resina composta universal Filtek Z250 XT da 3M ao aparelho (Figura 1). O protocolo de ativação foi o preconizado por Haas, 1 volta completa no parafuso no primeiro dia (4 ativações, 1mm de expansão) e 2 ativações diárias (2/4 de volta, 0,5mm) nos dias subsequentes até a sobrecorreção do problema (HAAS, 1965).

Figura 1. Aparelho disjuntor tipo Hyrax. Dentes de suporte os molares bandados e cimentados, e os pré-molares. Incisivos e caninos dentes adjacentes.



Fonte: autor.

Foi realizado previamente um treinamento com o pesquisador, experiente na área, em três crianças com propósito de treinar o examinador bem como de calibrar o oxímetro de pulso.

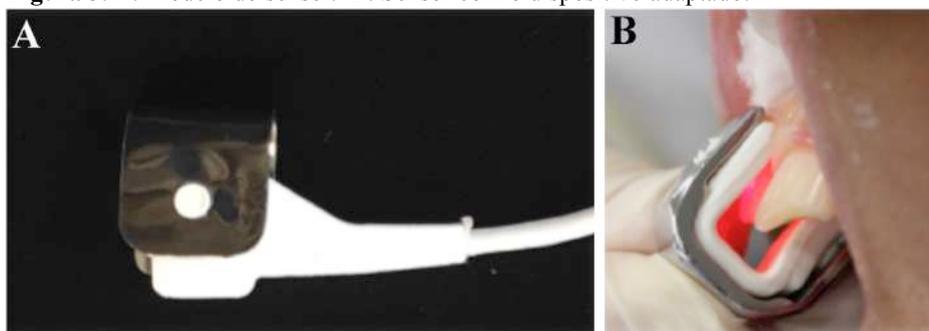
A porcentagem de saturação de oxigênio pulpar foi mensurada por meio de oxímetro de pulso pediátrico portátil BCI (modelo 3301, Smiths Medical PM Inc., Wisconsin, USA), com sensor 3025 de uso pré-natal, modificado (Figura 2) e um dispositivo de aço inoxidável especialmente confeccionado para os testes realizados, a fim de padronizar a adaptação do sensor nos elementos dentários e garantir o paralelismo entre os diodos do sensor (STELLA et al., 2015) (Figura 3).

Figura 2. Oxímetro de pulso pediátrico BCI, modelo 3301.



Fonte: autor.

Figura 3. A: Modelo do sensor. B: Sensor com o dispositivo adaptado.



Fonte: autor.

Os pacientes foram instruídos a evitar qualquer movimento da cabeça durante a leitura do teste. As luzes do ambiente foram desligadas durante a aferição para evitar qualquer interferência na captura do sinal. A área de teste previamente higienizada, secada e isolada com rolete de algodão e o sensor posicionado no dente do paciente de tal modo que o diodo emissor ficasse em contato com a superfície vestibular e o diodo receptor na superfície palatina (Figura 4). As medições foram realizadas em duplicata, sendo que a segunda 30 segundos após a primeira medição. As médias

foram calculadas e registradas para obtenção dos valores para cada dente avaliado em uma ficha previamente preparada para cada paciente.

As avaliações foram realizadas nos dentes adjacentes (caninos, incisivos laterais e incisivos centrais superiores) aos dentes de ancoragem do aparelho. As coletas dos dados aconteceram em 5 tempos: **T0**- Antes da instalação do aparelho Ortodôntico e aplicação da força, **T1**- Instalação do aparelho disjuntor dento-suportado, Hyrax modificado, e primeira ativação de 1mm de acordo com o protocolo de ativações preconizado por Hass. **T2**- Sétimo dia de ativações, **T3**- 15 dias após o período de ativações e **T4**- Período de contenção da movimentação ortodôntica, 45 dias após cessadas as ativações.

Figura 4. Sensor posicionado para realizar a medição da oximetria pulpar.



Fonte: autor.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

E

A análise estatística foi realizada utilizando o IBM SPSS Statistics versão 22.0 para Windows. As variáveis numéricas foram descritas como média \pm desvio padrão. As medidas de oximetria foram analisadas utilizando análise de variância para medida repetida. O tempo em que a medida foi realizada foi especificado como efeito intra-sujeito. O dente sobre o qual a medida foi realizada e a sua lateralidade foram especificados como efeito entre-sujeitos. Os valores de probabilidade considerados como estatisticamente significativos foram $<0,05$ para efeitos principais

e $<0,20$ para interação. As variáveis independentes avaliadas foram à presença ou não de disjunção maxilar e as variáveis dependentes são os níveis de saturação de oxigênio (avaliados antes, durante e depois da disjunção maxilar).

4. RESULTADOS

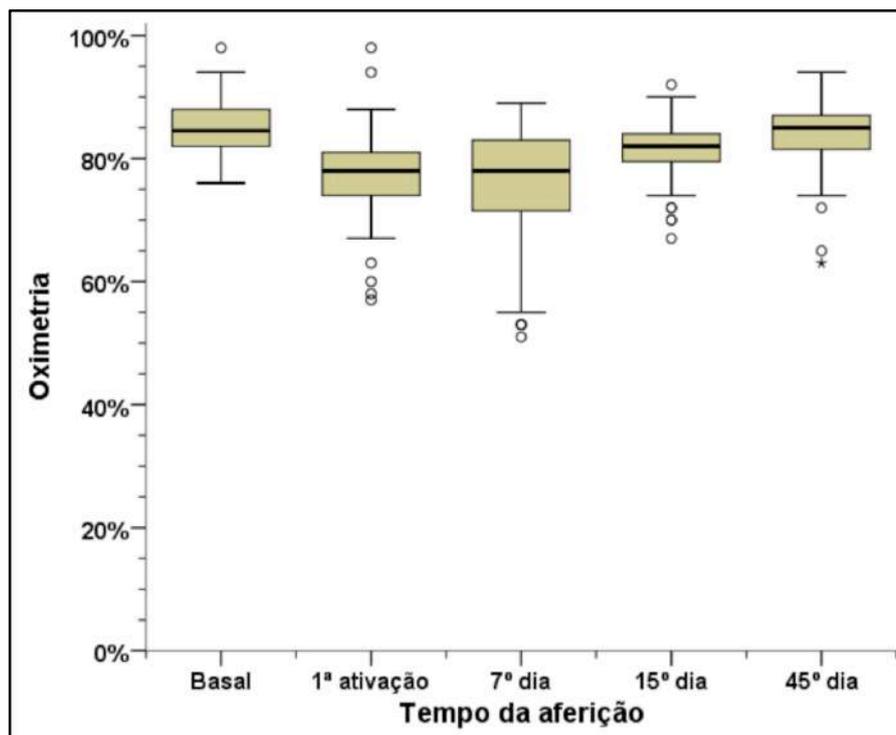
Ao avaliar os resultados, observou-se que os valores da oximetria pulpar variaram significativamente ao longo do tempo ($p < 0,001$) porém não de acordo com o dente ($p = 0,474$) ou com seu homólogo do lado oposto ($p = 0,836$). Dessa forma, optou-se por considerar as medidas de oximetria pulpar e de sensibilidade ao frio sem distinção de dente. A Tabela 1 descreve os valores aferidos por oximetria pulpar em percentual.

Tabela 1 – Aferições da Oximetria pulpar nas diferentes avaliações.

	Dentes		
	Incisivos centrais (n=34)	Incisivos laterais (n=32)	Caninos (n=10)
Oximetria			
T0-Basal	85,6 ± 3,7	83,9 ± 5,3	88,0 ± 4,4
T1-Pós-imediato	78,6 ± 8,4	76,0 ± 6,3	77,8 ± 5,3
T2	75,0 ± 10,5	75,1 ± 9,9	74,5 ± 9,2
T3	80,8 ± 4,7	81,6 ± 5,1	83,2 ± 3,3
T4	83,6 ± 6,6	83,3 ± 4,3	86,1 ± 3,3

O gráfico 1 descreve as medidas de oximetria e nos diferentes tempos.

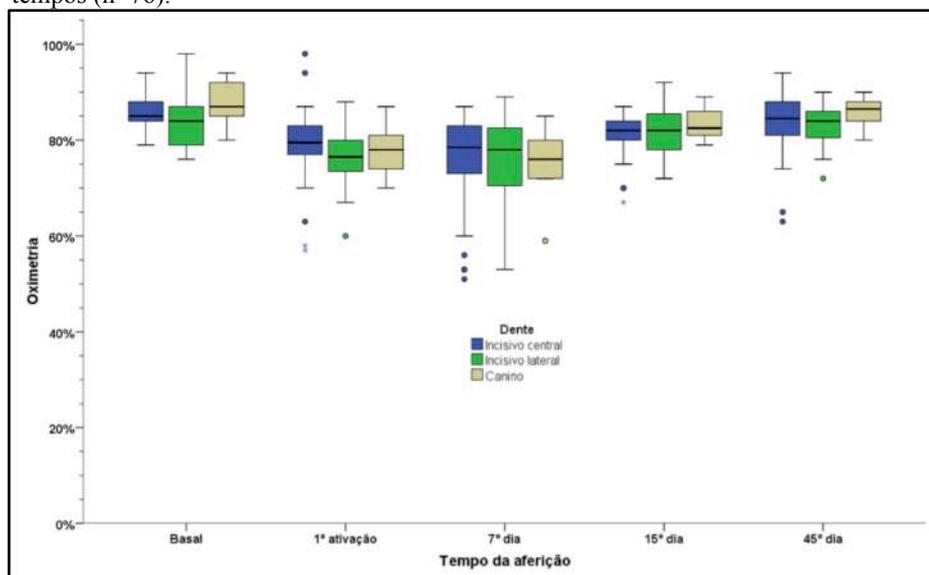
Gráfico 1 – Oximetria pulpar aferida em diferentes tempos da disjunção ortodôntica (n=76).



Fonte: autor.

O Gráfico 2 descreve as mesmas medidas, estratificadas por dente. Observa-se que houve respostas similares nos diferentes dentes:

Gráfico 2 – Oximetria aferida nos incisivos centrais, laterais e caninos nos diferentes tempos (n=76).



Fonte: autor.

Ao comparar as aferições em diferentes tempos, aos pares, observou-se que todas as aferições da oximetria apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação àquelas realizadas em tempos imediatamente anteriores e que, mesmo com tendência de retorno ao valor

basal a partir de T3, em T4 os valores eram significativamente menores que os basais, T0 (Tabela II).

Tabela 2 – Diferenças entre diferentes aferições de oximetria nas diferentes avaliações (n=76)

Oximetria	Diferença média	IC 95%	P
<i>T1-T0,Basal</i>	- 7,8 ± 0,8	-9,4 – -6,2	<0,001
<i>T2 – T1</i>	- 2,4 ± 1,1	-4,5 – -0,3	0,025
<i>T3 - T2</i>	6,4 ± 1,2	4,1 – 8,8	<0,001
<i>T4 - T3</i>	2,4 ± 0,5	1,4 – 3,4	<0,001
<i>T0, Basal - T4</i>	1,4 ± 0,7	0,1 – 2,7	0,034

*Valores expressam média ± desvio padrão ou limite inferior – limite superior do intervalo de confiança de 95%. P: valor de probabilidade.

Ainda no Gráfico 1 observou-se que após a primeira ativação de 1mm de acordo com o protocolo de ativações preconizado por Hass (T1) houve redução na porcentagem de saturação de oxigênio pulpar, e, na aferição realizada no sétimo dia (T2), enquanto as ativações de 0,5 mm ao dia ainda eram realizadas observou-se maior redução na oxigenação pela compressão dos vasos sanguíneos da polpa dentária. Em T3, quinze dias após cessadas as ativações a porcentagem de saturação de oxigênio elevou-se progredindo em oxigenação até que em T4, quarenta e cinco dias após o término das ativações, estava próxima ao valor aferido quando o dente ainda não havia sido movimentado, T0 (Basal).

5. DISCUSSÃO

A ERM foi usada com sucesso para corrigir a constrição maxilar dos pacientes na fase de dentição mista e durante o período de crescimento puberal. Forças de grande intensidade são produzidas durante a fase ativa, quando ocorre a expansão da sutura palatina mediana, e este fato pode interferir no status da polpa dos incisivos centrais, laterais e caninos superiores, adjacentes à abertura da sutura. Principalmente os incisivos centrais, pois sofrem um afastamento quase imediato quando das ativações do parafuso expensor, e após cessada a força, a elasticidade dos tecidos periodontais movimentam os incisivos e caninos para o espaço aberto pelo diastema que ocorre da separação sutural dos maxilares superiores. Os ortodontistas devem estar cientes de todos possíveis efeitos da terapia com ERM. O status da vitalidade pulpar desta pesquisa foi avaliado pela quantidade de oxigênio no sangue arterial, fluxo sanguíneo pulpar em todas as fases do tratamento com ERM. Com o oxímetro de pulso e sonda adaptada é possível obter leituras confiáveis de saturação de oxigênio nos dentes (BRUNO et al., 2014, STELLA et al., 2015). No entanto, não existem dados comparáveis na literatura acerca desse tema, já que nenhum outro estudo clínico avaliou o status da polpa dentária após a ERM por meio de oximetria pulpar.

Os valores de saturação de oxigênio da polpa dentária dos dentes permanentes com rizogênese completa previamente à movimentação ortodôntica, ou seja, os próprios dentes dos pacientes foram o grupo controle, encontramos saturação normal de $85,6 \pm 3,7$ % nos incisivos centrais superiores; $85,6 \pm 3,7$ % nos incisivos laterais superiores e nos caninos $88,0 \pm 4,4$ %. Esses valores estão dentro das médias encontradas na maioria dos trabalhos publicados (POZZOBON et al., 2011; BRUNO et. al., 2014; STELLA et. al., 2015; BARGRIZAN et. al., 2015). Entretanto, diferiram destes achados dois estudos mais antigos (GOHO, 1999; CALIL et al., 2008), em que os valores encontrados foram maiores, próximos a 90%.

Quando da primeira ativação de 1 mm, de acordo com o protocolo de ativações preconizado por Hass (T1), após a colocação do disjuntor, houve redução na porcentagem de saturação de oxigênio pulpar, e, na aferição realizada no sétimo dia (T2), quando as ativações de 0,5mm ao dia ainda eram realizadas, observou-se maior redução na oxigenação pela compressão dos vasos sanguíneos da polpa dentária. Em T3, quinze dias após cessadas as ativações a porcentagem de saturação de oxigênio continuou reduzida. BABACAN, em 2010, observou redução similar na terceira semana de ativações da ERM. Apesar dessas mudanças estatisticamente significativas nota-se uma pequena elevação da saturação, progredindo em oxigenação até que em T4, quarenta e cinco

dias após o término das ativações, estava próxima ao valor basal aferido, quando o dente ainda não havia sido movimentado, T0. Entretanto os valores no período de contenção apresentavam-se ligeiramente menores que os iniciais sem movimentação dentária.

Sabe-se que as forças ortodônticas produzem danos mecânicos e reações inflamatórias no periodonto, além de danos celulares, alterações inflamatórias e distúrbios circulatórios na polpa dentária (LAZZARETTI et al., 2014). Em seu trabalho sobre os efeitos da mecânica ortodôntica na polpa dentária YAMAGUCHI; KASAI (2007) relatam que as forças ortodônticas devem produzir reações inflamatórias periodontais, e mostram efeitos de inflamação leve da polpa dental humana, e que as forças ortodônticas são capazes de estimular todo o sistema vascular na polpa dentária. Os resultados dos dados histológicos publicados demonstraram que a polpa dentária é afetada pelas forças ortodônticas na forma de estase vascular circulatória à necrose. Estes dados confirmam a redução da porcentagem na saturação de oxigênio pulpar encontradas nas avaliações em T1 e T2 deste estudo, principalmente em T2, no qual a separação da sutura palatina mediana era maior. Uma vez que o ligamento periodontal atinge seu limite em dissipar as forças, o stress mecânico concentra-se na região da sutura palatina mediana e dissipasse através do palato anteroposteriormente, resultando na sua abertura (FERNANDES, 2019). Ainda, resultados similares foram demonstrados por HAMERSKY et al. (1980) em que a respiração tecidual pulpar em dezessete sujeitos foi deprimida em média 27% como resultado da aplicação da força ortodôntica de duração muito curta por causarem alterações bioquímicas e biológicas no tecido pulpar (KAYHAN et al., 2000).

Em movimentos ortodônticos de baixa intensidade as primeiras alterações detectáveis no tecido pulpar são hemodinâmicas e perturbações circulatórias com aumento da densidade do volume de vasos sanguíneos já nas primeiras horas após aplicação da força ortodôntica (SANO et al., 2002; SANTAMARIA, 2006). Entretanto em forças de alta intensidade como a aplicada na ERM, na qual, já na primeira ativação observasse clinicamente isquemia em toda a região do palato, com maior predominância da região posterior, e nas ativações diárias posteriores, de meio milímetro, nos sete dias consecutivos levaram a uma redução da saturação de oxigênio pulpar estatisticamente significativas.

Mesmo que as forças ortodônticas tenham efeito sobre o ligamento periodontal e pouco ou nenhum efeito sobre a polpa, quando a polpa dentária tem seus vasos sanguíneos lesados, mas não rompidos, ou seja, comprimidos, rompidos parcial ou transitoriamente, as suas células podem entrar

em intenso estresse, que causa a mudança de seu fenótipo para se adaptarem à nova situação metabólica. Esta mudança de fenótipo, e de função também, é denominada metaplasia e na polpa leva à obliteração pulpar da câmara pulpar e/ou do canal radicular, pois quase todas as células da polpa se transformam em *odontoblastos-like* (CONSOLARO, 2007). Isso tem levantado a hipótese de que a movimentação ortodôntica gera aumento na concentração de fatores de crescimento angiogênicos na polpa (HARGREAVES, GOODIS, 2009). Os dados atuais sugerem que o movimento dentário ortodôntico afeta a circulação da polpa dentária por hipóxia, o que leva a uma resposta inflamatória dentro dos dentes tratados. Portanto, pode-se esperar que o tecido pulpar seja submetido a um processo de remodelação após o movimento dentário (ROMER, 2014). Estes estudos explicariam os valores ligeiramente reduzidos na oximetria pulpar encontrados neste estudo, nos elementos dentários, na fase de contenção, em relação aos índices de saturação anteriores a colocação do aparelho ortodôntico.

TAŞPINAR et al. (2003) e KAYHAN et al. (2000) ao investigarem os efeitos das forças ortodônticas da expansão rápida maxilar, no tecido da polpa dentária utilizando técnicas histopatológicas concluíram que as mudanças vasculares ocorridas foram de caráter reversível e causaram uma resposta adaptativa do tecido vascular pulpar. Reforçando os achados neste estudo que, após aplicada a expansão rápida maxilar, as polpas dentárias mantiveram-se vitais e dentro dos padrões de oxigenação normais mesmo que ligeiramente reduzidos.

Enfatizamos que até o momento não existem estudos clínicos realizados com a mesma metodologia, utilizando oximetria pulpar como método de avaliar o status da polpa nos dentes quando submetidos a movimentação ortodôntica. A oximetria pulpar foi utilizada por ser o método mais preciso utilizado para verificar as repercussões nas alterações pulpares (MEJÀRE et al., 2012, SETZER et al., 2012; BRUNO et al., 2014; STELLA et al., 2015; CALDEIRA et al., 2016; ESTRELA, 2017).

Este trabalho limitou-se a avaliar os dentes anteriores adjacentes ao Hyrax, pela ausência de um dispositivo, na época de sua execução, em que fosse possível adaptar com precisão o sensor nos dentes de suporte. Sugere-se que em futuras pesquisas este estudo seja replicado, inserindo-se os pré-molares e molares, a fim de ratificar e complementar os dados aqui encontrados.

6. CONCLUSÕES

Ao comparar as alterações pulpares nas diferentes fases da ERM pode-se concluir que houve redução na oxigenação das polpas dentárias dos dentes adjacentes quando da utilização do aparelho. E esta redução foi significativamente maior quando mensurada no sétimo dia consecutivo de ativações. A partir de quinze dias cessada a força observou-se uma tendência de retorno ao valor da oxigenação pulpar normal. No período de contenção a oxigenação retornou aos padrões próximos aos normais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUGIO, R. M.; LANDRE J. JR.; SILVA, D. D. E. L.; PACHECO, W.; PITHON, M. M.; OLIVEIRA, D. D. Influence of the expansion screw height on the dental effects of the hyrax expander: A study with finite elements. **A. J. Orthod.**, v. 143, n. 2, p. 221-227, 2013.
- BABACANH, D.; BICAKCIA, A. Pulpal blood flow changes dueto rapid maxillary expansion. **Angle Orthod.** v. 80, n. 6, p. 1136-1140, 2010.
- BARATIERI, C.; ALVES, M. J. R.; MATTOS, C. T.; RUELLAS, A. C. Changes of pulp-chamber dimensions 1 year after rapid maxillary expansion. **Am. J. Orthod.**, v. 143, n. 4. p. 471-478, 2013.
- BARBER, A. F.; SIMS, M. R. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: An SEM study. **Am. J. Orthod.**, v. 79, n. 6, p. 630-652, 1981.
- BARGRIZAN, M. et al. The use of oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth. **Dent. Traumatol.**, v. 32, n. 1, p. 43-47, 2015.
- BAYSAL, A. et al. Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. **Angle Orthod.**, v. 82, n. 3, p. 488-494, 2012.
- BRUNO, K. F. et al. Oxygen saturation in the dental pulp of permanent teeth: a critical review. **J. Endod.**, v. 40, n. 8, p. 1054-1557, 2014.
- CALDEIRA, C. L. et al. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. **Dent. Traumatol.**, v. 32, n. 5, p. 385-389, 2016.
- CALIL, E. et al. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. **Int. Endod. J.**, n. 41, p. 741-446, 2008.
- CAPLAN, D. Pulse oximetry: a potential aid in endodontic diagnosis? **J. Evid. Based Dent. Pract.**, v. 10, n. 2, p. 125-126, 2010.
- CHO, J. J.; EFSTRATIADIS, S.; HASSELGREN, G. Pulp vitality after rapid palatal expansion. **Am. J. Orthod. St. Louis**, v. 137, n. 2, p. 254-258, 2010.
- CIOBANU, G., ION, I.; UNGUREANU, L. Testing of pulp vitality by pulse oximetry. **Int. J. Med. Dent. J.**, n. 2, p. 94-98, 2012.

- CONSOLARO, A. Alterações pulpares induzidas pelo tratamento ortodôntico: dogmas e falta de informações. **Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Fac.**, v. 12, n. 1, 2007.
- CONSOLARO, A.; BITTENCOURT, G. Why not to treat the tooth canal to solve external root resorptions? Here are the principles! **Dental Press J. Orthod.**, v. 21, n. 6, p. 20-25, 2016.
- CUNHA, R. S. Manifestações pulpares frente ao tratamento ortodôntico. In: SAKAI, E.; FIUZA, S.; MARTINS, N. S. Nova visão em Ortodontia e Ortopedia Funcional dos Maxilares. São Paulo: Santos, 2004. p. 711-719.
- ESTRELA, C. E.; FIGUEIREDO, C. Endodontia: Princípios Biológicos e Mecânicos. São Paulo: Artes Médicas, 1999. p. 139-166.
- ESTRELA, C. et al. Linear measurements of human permanent dental development stages using Cone-Beam Computed Tomography: A preliminary study. **Dental Press J. Orthod.**, v. 15 n. 5, p. 44-78, 2010.
- ESTRELA, C. et al. Oxygen Saturation in Dental Pulp off Maxillary Premolars in Different Age Groups – Part 1. **Braz. Dent. J.**, v. 28, n. 5, p. 573-577, 2017.
- FARINAZZO VITRAL, R. W.; NORITOMI, P. Y.; SCHMITBERGER, C. A.; CAMPOS, J. S. M. Influence of the hyrax expander screw position on stress distribution in the maxilla: A study with finite elements. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.** v. 155, n. 1, p. 80-87, 2019.
- GIOVANELLA, L. B. et al. Assessment of oxygen saturation in dental pulp of permanent teeth with periodontal disease. **J. Endod.**, v. 40, n. 12, p. 1927-1931, 2014.
- GOHO, C. Pulse oximetry evaluation of vitality in primary and immature permanent teeth. **Ped. Dent.**, v. 21, n. 2, p. 125-127, 1999.
- HAAS, A. J. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. **Angle Orthod.**, v. 35, p. 200-217, 1965.
- HAMERSKY, P. A.; WEIMER, A. D.; TAINTOR, J. F. O efeito da aplicação da força ortodôntica sobre a taxa de respiração do tecido pulpar no pré-molar humano. **Am. J. Orthod.**, v. 77, n. 4, p. 368-378, 1980.
- HARGREAVES, K. M.; GOODIS, H.E. Polpa Dentária de Seltzer e Bender. São Paulo: Quintessence Editora, 2009. p. 143.

JAFARZADEH, H.; ABBOTT, P. V. Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. **Int. Endod. J.**, n. 43, p. 738-762, 2010.

JAVED, F.; AL-KHERAIF, A. A.; ROMANOS, E. B.; ROMANOS, G. E.

Influence of orthodontic forces on human dental pulp: a systematic review. **Arch. Oral Biol.**, v. 60, n. 2, p. 347-56, Feb. 2015.

KAYHAN, F.; KÜÇÜKKELEŞ, N.; DEMIREL, D. A histologic and histomorphometric evaluation of pulpal reactions following rapid palatal expansion. **Am. J. Orthod.**, v. 117, n. 4, p. 465-473, 2000.

LANGFORD, S. R.; SIMS, M. R. Root surface reabsorption, repair, and periodontal attachment following rapid maxillary expansion in man. **Am. J. Orthod.**, v. 81, n. 2, p. 108-115, 1982.

LAZZARETTI, D. N. et al. Histologic evaluation of human pulp tissue after orthodontic intrusion. **J. Endod.**, v. 40, n. 10, p. 1537-1540, 2014.

LIU, S.; XU, T.; ZOU, W. Effects of rapid maxillary expansion on midpalatal suture: a systematic review. **Eur. J. Orthod.**, v. 37, n. 6, p. 651-655, 2015.

MEJÅRE, I. A. AXELSSON, S.; DAVIDSON, T.; FRISK, F.; HAKEBERG, M.; KVIST, T.; NORLUND, A.; PETERSSON, A.; PORTENIER, I.; SANDBERG, H.; TRANAEUS, S.; BERGENHOLTZ, G. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. **Int. Endod. J.**, v. 45, n. 7, p. 597-613, 2012.

MILLS, R. W. Pulse oximetry—a method of vitality testing for teeth? **Braz. Dent. J.**, n. 172, p. 334-335, 1992.

MUNSHI, A. K.; HEGDE, M.; RADHAKRISHNAN, S. Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing. **J. Clin. Ped. Dent.**, v. 26, n. 2, p. 22, 2002.

NIXON, C. E.; SAVIANO, J. A.; KING, G. J.; KEELING, S. D. Histomorphometric study of dental pulp during orthodontic tooth movement. **J. Endod.**, n. 19, p. 13-16, 1992.

POZZOBON, M. H.; DE SOUSA VIEIRA, R.; ALVES, A. M.; REYES-CARMONA, J.; TEIXEIRA, C. S.; DE SOUZA, B. D.; FELIPPE, W. T. Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry. **Dent. Traumatol.**, v. 27, n. 3, p. 184-188, 2011.

- PROFFIT, W. R. Biomecânica e Aparelhos Ortodônticos Contemporâneos. In: PROFFIT, W. et al. Ortodontia Contemporânea. 4. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 307-332.
- PIDYANI, O. S. Effects of orthodontic forces on pulp tissue. **Dent. J. Ott.**, v. 39, n. 3, p. 98-101, 2006.
- RADHAKRISHNAN, S.; MUNSHI, A. K.; HEGDE, A. M. Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing. **J. Clin. Pediatr. Dent.**, v. 26, n. 2, p. 141-145, 2002.
- RÖMER, P, WOLF M, FANGHÄNEL J, REICHENEDER C, PROFF P. Cellular response to orthodontically-induced short-term hypoxia in dental pulp cells. **Cell Tissue Res.**, v. 355, n. 1, p. 173-180, 2014.
- SANO, Y.; IKAWA, M.; SUGAWARA, J.; HORIUCHI, H.; MITANI, H. The effect of continuous intrusive force on human pulpal blood flow. **Eur. J. Orthod.**, v. 24, p. 159-166, 2002.
- SANTAMARIA, M. et al. Initial changes in pulpal microvasculature during orthodontic tooth movement: a stereological study. **Eur. J. Orthod.**, v. 28, p. 217-220, 2006.
- SETZER, F. C.; KATAOKA, S. H.; NATRIELLI, F.; GONDIM-JUNIOR, E.; CALDEIRA, C. L. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. **J. Endod.**, v. 38, n. 7, p. 880-883, 2012.
- SEVERINGHAUS, J. W. Takuo Aoyagi: discovery of pulse oximetry. **Anesth. Analg.**, v. 105, n. 6, p. S1-S4, tables of contents, 2007.
- STELLA, J. P. et al. Oxygen Saturation in Dental Pulp of Permanent Teeth: Difference between Children/Adolescents and Adults. **J. Endod.**, v. 41, n. 9, p. 1445-1449, 2015.
- TANAKA, O.; ORELLANA, B.; RIBEIRO, G. Detalhes singulares nos procedimentos operacionais da disjunção palatina. **Dental Press Ortodon. Ortop. Facial**, v. 9, n. 4, p. 98-107, 2004.
- TAŞPINAR, F, AKGÜL N, SIMŞEK G, OZDABAK N, GÜNDOĞDU C. The histopathological investigation of pulpal tissue following heavy orthopaedic forces produced by rapid maxillary expansion. **J. Int. Med. Res.**, v. 31, n. 3, p. 197-201, 2003.
- VON BÖHL, M. et al. Pulpal reactions to orthodontic force application in humans: a systematic review. **J. Endod.**, v. 38, n. 11, p. 1463-1469, 2012.

VON BÖHL, M.; VON BÖHL, M.; REN, Y.; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M.; FUDALEJ, P. S.; MALTHA, J. C. Age-related changes of dental pulp tissue after experimental tooth movement in rats. **Peer J.**, v. 25, n. 4, p. 1625, 2016.

YAMAGUCHI, M., KASAI, K. The Effects of Orthodontic Mechanics on the Dental Pulp. *Seminars in Orthodontics*, v. 13, n. 4, p. 272-280, 2007.