

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Carolina Morsani Mordente

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE MICROPERFURAÇÕES ÓSSEAS NA
RETRAÇÃO DE INCISIVOS SUPERIORES**

Belo Horizonte
2020

Carolina Morsani Mordente

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE MICROPERFURAÇÕES ÓSSEAS NA
RETRAÇÃO DE INCISIVOS SUPERIORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Odontologia. Área de concentração: Clínicas Odontológicas.

Linha de pesquisa: Sistema estomatognático: desenvolvimento, estrutura, funções e alterações.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares

Belo Horizonte

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

M834a	Mordente, Carolina Morsani Avaliação dos efeitos de microperfurações ósseas na retração de incisivos superiores / Carolina Morsani Mordente. Belo Horizonte, 2020. 144 f. : il. Orientador: Rodrigo Villamarim Soares Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia 1. Procedimentos de Anclagem Ortodôntica. 2. Ortodontia corretiva - Métodos. 3. Movimentação dentária. 4. Incisivos (Dentes). 5. Aparelhos ortodônticos. 6. Maloclusão. 7. Ortodontia - Avaliação. 8. Fechamento de Espaço Ortodôntico. I. Soares, Rodrigo Villamarim. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título. CDU: 616.314-089.23
-------	---

Carolina Morsani Mordente

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE MICROPERFURAÇÕES ÓSSEAS NA
RETRAÇÃO DE INCISIVOS SUPERIORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

- 1- Profa. Dra. Daniela Feu Rosa Kroeff de Souza Laignier – UVV
- 2- Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho – UERJ
- 3- Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki – PUC Minas
- 4- Prof. Dr. Dauro Douglas Oliveira – PUC Minas
- 5- Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares – PUC Minas

DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 06 de março de 2020

A tese, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares
**Coordenador do Programa de Pós-graduação
em Odontologia**

À minha amada família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, por se fazer presente em todos os momentos da minha vida, por iluminar meus caminhos e guiar meus passos, possibilitando a realização desse sonho.

Aos meus amados pais e à minha avó Maria, pelo amor incondicional, por estarem sempre presentes, como minha referência. Se não fosse por vocês eu não estaria aqui.

Ao meu amado marido Eduardo, por seu companheirismo e pelos seus valiosos conselhos. Obrigada por abraçar meus sonhos como se fossem seus. Essa conquista também é sua!

À minha irmã, Bárbara, minhas sobrinhas, Júlia e Helena, e meu cunhado Idalísio Aranha, por serem meu porto seguro, sempre me incentivando e entendendo as minhas ausências.

Ao professor Dr. Rodrigo Villamarim, pela excelente orientação e por estar sempre disponível quando precisei. Obrigada pela confiança depositada em mim e por todos os valiosos ensinamentos.

Ao professor Dr. Dauro Oliveira, por ter me concedido a oportunidade de conduzir esse projeto e por todas as outras oportunidades que me deu desde antes do Mestrado Profissional em Ortodontia. Sou eternamente grata a você.

Ao professor Dr. Juan Martin Palomo, por, mais uma vez, ter aberto as portas da Case Western Reserve University para mim, contribuindo muito para a minha formação.

Ao professor Dr. Bernardo Souki, pelos valiosos ensinamentos e orientações sobre tecnologia 3D, e pelas oportunidades de produção bibliográfica ao longo dos últimos anos. Aprendi muito com você.

Ao professor Dr. Martinho Campolina, pela valiosa orientação em relação à análise estatística desse trabalho.

Ao professor Dr. Elton Zenóbio, que ajudou na idealização do cursor patenteado e realizou todas as microperfurações ósseas desse projeto.

Aos professores Dr. Hélio Brito e Dr. Ildeu Andrade, pelas oportunidades de produção durante esse período.

Aos colegas Dra. Larissa Salgado, Dr. Ricardo Gontijo e Dr. Daniel Figueiredo, por terem iniciado esse ensaio clínico e pela importante parceria.

Às colegas Dra. Polyana Araújo e Dra. Marina de Assis, por terem, junto comigo, abraçado esse projeto. Nossa parceria foi fundamental. Aos alunos de iniciação científica Aline Bernardino, Amanda Diniz, Ana Clara Chaves, Fernanda Fulgêncio, Lílian Dayse, Maria Beatriz Virguliano, Mariana Silveira e Vitor Lopes pela dedicação e importante ajuda.

Aos colegas de doutorado, em especial Dr. Giordani Silveira e Dra. Laíze Pires, pela amizade e ótima convivência.

À colega de doutorado, Dra. Adriana Alkmim, pela disponibilidade e valiosa orientação sobre o uso dos softwares utilizados para a análise dos dados dessa pesquisa.

Às Dras. Maria Eugênia Drummond e Maria Helena Drummond por contribuir para o andamento da parte clínica de trabalho.

Às professoras Luciana Fonseca e Fernanda Fonseca pela ajuda na aquisição das tomografias.

À Compass 3D e todos os seus funcionários que me receberam para a análise dos dados dessa pesquisa.

Aos funcionários da PUC Minas pela boa convivência, paciência e disponibilidade.

Aos pacientes pela confiança depositada e pelo comprometimento.

À CAPES, pela bolsa concedida, por meio da qual foi possível minha permanência e conclusão deste tão almejado curso.

A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação, meu muito obrigada.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ganha com isso, mas o que ele se torna.” (JOHN RUSKIN)

RESUMO

O objetivo desse ensaio clínico randomizado foi avaliar a eficácia de microperfurações ósseas (MPO) na aceleração da retração de incisivos superiores. Os possíveis efeitos das MPO nos seguintes parâmetros foram avaliados: deslocamento anteroposterior dos incisivos e primeiros molares, fechamento dos espaços, inclinação e comprimento dos incisivos centrais. A amostra consistiu em 37 pacientes, com idades entre 16 e 40 anos, submetidos a exodontia dos primeiros pré-molares superiores, aleatoriamente divididos em dois grupos: grupo controle - retração dos incisivos não associada às MPO; grupo MPO - retração associada às MPO, realizadas nas superfícies vestibular e palatina na região interradicular dos incisivos superiores. Escaneamentos digitais intraorais foram realizados antes do início da retração, após 14 dias e a cada mês por um período de 4 meses. A análise das sequências de modelos digitais permitiu a avaliação do deslocamento anteroposterior dos incisivos e molares, e fechamento dos espaços. Além disso, tomografias computadorizadas de feixes cônicos, obtidas antes e após 4 meses de retração dos incisivos, proporcionaram a avaliação da inclinação e do comprimento dos incisivos centrais. No grupo controle, os valores médios do deslocamento dos incisivos a nível incisal com 14 dias, 1 mês, 2, 3 e 4 meses foram, em milímetros, 0,50, 0,77, 1,41, 1,88 e 2,29, respectivamente. No grupo MPO, os valores encontrados foram 0,40, 0,79, 1,47, 2,09 e 2,62. A nível cervical, no grupo controle, os valores médios do deslocamento dos incisivos nos mesmos períodos de avaliação foram 0,30, 0,32, 0,61, 1,10 e 1,39. No grupo MPO, os valores encontrados foram 0,28, 0,41, 0,89, 1,36 e 1,73. A avaliação intragrupo revelou que no grupo controle foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no deslocamento dos incisivos a nível incisal na comparação entre 1 e 2 meses; e a nível cervical, entre 2 e 3 meses. No grupo MPO, foram encontradas diferenças significativas no deslocamento dos incisivos a nível incisal entre 1 e 2 meses e entre 2 e 3 meses; a nível cervical, entre 2 semanas e 1 mês, entre 1 e 2 meses e entre 2 e 3 meses. Para as demais variáveis não foram encontradas diferenças significativas entre os períodos avaliados em nenhum dos grupos. Na avaliação intergrupos, não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma das variáveis analisadas ao longo do tempo. Portanto, as microperfurações ósseas não promoveram a aceleração da retração dos incisivos superiores, assim como não causaram menor

inclinação, reabsorção radicular ou perda de ancoragem. Esses resultados sugerem que quando as MPO são realizadas uma única vez previamente à instalação da mecânica ortodôntica, não proporcionam benefícios para a retração de incisivos superiores.

Palavras-chave: Ortodontia. Ortodontia corretiva. Movimentação dentária.

ABSTRACT

The objective of this single-centered randomized clinical trial was to evaluate the efficacy of micro osteoperforations (MOP) in accelerating the retraction of maxillary incisors. The possible effects of MOP in the following parameters were evaluated: anteroposterior incisors and molars displacement, space closure, inclination and length of central incisors. The sample consisted of 37 patients aged 16 to 40 years, who underwent upper first premolars extractions. These patients were randomly divided into two groups: control group - upper incisors retraction not associated with MOP; MOP group - retraction associated with MOP performed over the interradicular region of the upper incisors on the buccal and palatal surfaces. Intraoral digital scans were performed previously, after 14 days and every month after the beginning of incisors retraction for a period of 4 months in order to evaluate the anteroposterior displacement of the incisors, space closure and anteroposterior first molars displacement. In addition, cone beam computed tomography scans were obtained before and after 4 months of incisors retraction, providing the evaluation of central incisors' inclination and length changes. In the control group, the mean values of incisor displacement at the incisal level at 14 days, 1 month, 2, 3 and 4 months were 0.50, 0.77, 1.41, 1.88 and 2.29, in millimeters, respectively. In the MPO group, the values found were 0.40, 0.79, 1.47, 2.09 and 2.62. At the cervical level, the mean values of incisor displacement in the same evaluation periods were 0.30, 0.32, 0.61, 1.10 and 1.39 in the control group. In the MPO group, the values found were 0.28, 0.41, 0.89, 1.36 and 1.73. The intra-group analysis revealed that in the control group, statistically significant differences were only found in the displacement of the incisors at the incisal level in the comparison between the periods of 1 month and 2 months; and at the cervical level, only between 2 and 3 months. In the MOP group, significant differences were found in the displacement of the incisors at the incisal level in the comparison between the periods of 1 month and 2 months, and between 2 and 3 months; at the cervical level, between 2 weeks and 1 month, between 1 month and 2 months, and between 2 and 3 months. No significant differences were found over time regarding the other variables in both groups. In the inter-group analysis, no differences were found in any of the variables over time. Therefore, micro osteoperforations did not accelerate the retraction of the upper incisors. In addition, they do not cause less inclination or greater root resorption. These results suggest

that when the MOP are performed only once prior to the installation of the orthodontic mechanics no benefit to the retraction of upper incisors is encountered.

Keywords: Orthodontics. Orthodontics corrective. Tooth movement techniques.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
CA	Corticotomias alveolares
FAR	Fenômeno aceleratório regional
ICC	Coeficiente de correlação intraclasse
MDO	Movimentação dentária ortodôntica
MI	Mini-implantes
MPO	Microperfurações ósseas
TCFC	Tomografia computadorizada de feixes cônicos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
3 HIPÓTESES	35
4 OBJETIVOS	37
4.1 Objetivo geral	37
4.2 Objetivos específicos	37
5 MATERIAL E MÉTODOS	39
5.1 Desenho do estudo.....	39
5.2 Cálculo amostral	40
5.3 Caracterização da amostra.....	40
5.4 Procedimentos ortodônticos.....	41
5.5 Microperfurações ósseas	43
5.6 Aquisição dos modelos digitais e TCFC	44
5.7 Resultados primários e secundários.....	45
5.8 Avaliação dos modelos digitais	45
5.8.1 Sobreposição dos modelos digitais	46
5.8.2 Orientação da TCFC inicial.....	47
5.8.3 Criação dos planos de referência	48
5.8.4 Sobreposição dos modelos na TCFC inicial	49
5.8.5 Marcação dos pontos nos modelos T0 a T5.....	50
5.9 Avaliação das TCFC.....	52
5.10 Análise estatística.....	55
6 ARTIGO CIENTÍFICO 1.....	57
7 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	91
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS	113
ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP PUC Minas	119
ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	121
ANEXO C – Produção Durante o Curso de Doutorado.....	123

1 INTRODUÇÃO

Devido à alta demanda estética da sociedade, a duração prolongada dos tratamentos ortodônticos passou a ser vista pelos pacientes como um problema, principalmente pelos adultos (OLIVEIRA; OLIVEIRA; SOARES, 2010; SHAHABEE *et al.*, 2019). Esta situação, frequentemente, acarreta na recusa do tratamento ortodôntico e escolha de alternativas mais rápidas, tais como implantes dentários e próteses fixas, mesmo oferecendo resultados menos satisfatórios (ALIKHANI *et al.*, 2013).

Longos períodos com aparelhos fixos ainda têm o potencial de aumentar a ocorrência de cárie, reabsorções radiculares e danos aos tecidos periodontais (NIMERI *et al.*, 2013). Sendo assim, acelerar a taxa de movimentação dentária ortodôntica (MDO), possibilitando tratamentos mais rápidos, é desejável (LONG *et al.*, 2013) e pode encorajar os pacientes relutantes a se submeterem ao tratamento ortodôntico, além de prevenir os seus efeitos colaterais (ALSAYED HASAN; SULTAN; HAMADAH, 2017; WILCKO; WILCKO, 2013).

Nesse cenário, métodos que diminuem a duração do tratamento sem comprometer a qualidade de seus resultados passaram a ser alvo de pesquisas na área de Ortodontia. Dentre outros, podemos citar a administração de fármacos locais ou sistêmicos (NIMERI *et al.*, 2013; YAMASAKI, 1983), uso de estímulos físicos, tais como forças vibratórias, campos eletromagnéticos, correntes elétricas e laser de baixa intensidade (ALSAYED HASAN; SULTAN; HAMADAH, 2017; KIM *et al.*, 2009), procedimentos cirúrgicos, como corticotomias alveolares (CA) (WILCKO *et al.*, 2001; WILCKO; WILCKO, 2013), *corticision* (KIM; PARK; KANG, 2008), *piezocision* (DIBART; SEBAOUN; SURMENIAN, 2009) e microperfurações ósseas (MPO) (ALIKHANI *et al.*, 2013).

Particularmente, em resposta ao estímulo traumático proporcionado pelos procedimentos cirúrgicos, o tecido ósseo inicia um processo chamado fenômeno aceleratório regional (FAR), caracterizado pelo aumento temporário no *turnover* e pela diminuição da densidade óssea (FROST, 1983). O FAR estimula a reorganização tecidual e a cicatrização por meio de remodelação, resultando no aumento na taxa de MDO (SHIH; NORRDIN, 1985).

Alikhani *et al.* (2013), por meio de um ensaio clínico, descreveram as MPO utilizando o Propel® (PROPEL Orthodontics, Ossining, NY, EUA), instrumento

patenteado e idealizado especificamente para esse fim. Seus resultados revelaram um aumento da taxa de retração de caninos superiores de 2,3 vezes no grupo experimental num período de avaliação de 28 dias apenas (ALIKHANI *et al.*, 2013). Além deste último, um estudo em ratos também demonstrou uma aceleração na MDO (TEIXEIRA *et al.*, 2010). Estudos clínicos mais recentes encontraram resultados controversos, e, portanto, a literatura não é conclusiva no que diz respeito à eficácia das MPO em acelerar a MDO (ABOALNAGA *et al.*, 2019; SIVARAJAN *et al.*, 2019).

Revisões sistemáticas recentes sobre cirurgias minimamente invasivas como método de aceleração da MDO enfatizam a baixa qualidade dos estudos existentes por apresentarem amostras pequenas e consideráveis riscos de viés (ALFAWAL *et al.*, 2016; HOFFMANN *et al.*, 2017; QAMRUDDIN *et al.*, 2015; SHAHABEE *et al.*, 2019). As evidências que suportam esses procedimentos, portanto, são limitadas, havendo a necessidade da condução de estudos clínicos randomizados.

Adicionalmente, uma importante limitação dos estudos prévios é o método utilizado para a mensuração da MDO. Nesse contexto, a superposição de modelos digitais é uma ferramenta inovadora utilizada para quantificar, de maneira confiável, alterações dentárias individuais entre dois ou mais registros (CHOI *et al.*, 2012; GARIB *et al.*, 2019). Utilizando esta metodologia, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos das MPO na retração de incisivos superiores, uma vez que a condução de ensaios clínicos randomizados de alta qualidade acerca da efetividade das MPO em acelerar a MDO se faz necessária. Além disso, a avaliação dos efeitos das MPO no movimento de retração de incisivos, até o momento, não foi realizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Métodos para acelerar a movimentação dentária têm chamado a atenção de pacientes e ortodontistas e, por isso, é assunto de muitos estudos nos últimos anos (CAMACHO; VELÁSQUEZ CUJAR, 2014). Injúria intencionalmente causada no osso cortical foi primeiramente descrita em 1892, como abordagem cirúrgica auxiliar no tratamento ortodôntico (KIM *et al.*, 2009). Após quatro décadas, Bichlmayr (1931) desenvolveu outra técnica cirúrgica para correção ortodôntica mais rápida de uma grave protrusão maxilar. Fatias de osso eram removidas com a finalidade de reduzir seu volume para que os dentes anteriores pudessem ser retraídos.

Köle (1959) descreveu um procedimento cirúrgico envolvendo corticotomias verticais - por vestibular e lingual - e osteotomias supra-apicais que se estendiam por toda espessura do alvéolo. Assim, os dentes eram individualizados em diferentes “blocos ósseos”. Acreditava-se, erroneamente, que o que facilitava a movimentação dentária era o movimento dos “blocos ósseos”, uma vez que estariam conectados apenas pelo osso medular de menor densidade (KOLE, 1959; WILCKO *et al.*, 2001). Essa técnica foi pouco difundida, principalmente devido ao uso das osteotomias supra-apicais, que a tornava extremamente invasiva, podendo levar à perda da vitalidade dentária e causar danos aos tecidos periodontais (BELL; LEVY, 1972). Apesar de Ryneerson (1987), por meio de um estudo em primatas, ter demonstrado que as placas de osso cortical não se movem junto com os dentes na região que recebeu corticotomia, o conceito da “movimentação em bloco ósseo” prevaleceu até 2001 (WILCKO; WILCKO, 2013).

Wilkco *et al.* (2001) publicaram dois casos clínicos de correção de apinhamento dentário com o uso de CA, em que o tempo de tratamento foi reduzido para 1/2 ou 1/3 do que seria normalmente necessário (WILCKO *et al.*, 2001). Eles encontraram, por meio de tomografia computadorizada dos dois pacientes, um processo local transitório de desmineralização do osso alveolar sobre as proeminências radiculares dos dentes movimentados ortodonticamente, sugerindo que o processo de desmineralização deixa uma matriz óssea colágena, que é levada junto com as superfícies radiculares e então remineralizada com a manutenção da posição dentária. Os achados tomográficos dos pacientes desse relato acerca dos processos de desmineralização e remineralização indicaram que a aceleração da

MDO foi devido ao FAR e não ao movimento dos “blocos ósseos” (WILCKO *et al.*, 2001).

O FAR foi detalhadamente descrito em uma revisão pela primeira vez por Frost, em 1983. Foi observado que uma lesão estrutural no tecido ósseo causa a reorganização dos tecidos duros e moles adjacentes à área que sofreu a injúria. Esse fenômeno foi descrito como um complexo processo fisiológico de cicatrização, o qual envolve o aumento na taxa de *turnover* ósseo e decréscimo na densidade óssea local. Ele potencializaria a reorganização tecidual pelo surto transitório de remodelação tecidual, sendo um importante facilitador da MDO (FROST, 1983).

Atualmente, sabe-se que as taxas de MDO são dependentes da atividade osteoclástica (HENNEMAN; VON DEN HOFF; MALTHA, 2008). Sendo assim, fatores que estimulam o recrutamento de precursores de osteoclastos e estimulam sua diferenciação e atividade, desempenham um importante papel na movimentação dentária. Com a aplicação de forças ortodônticas há um aumento na expressão de marcadores inflamatórios, como citocinas e quimiocinas (TADDEI *et al.*, 2012). As quimiocinas têm um importante papel no recrutamento de células precursoras de osteoclastos. As citocinas, direta ou indiretamente, estimulam a diferenciação de osteoclastos a partir de seus precursores até o estágio de amadurecimento (FULLER; KIRSTEIN; CHAMBERS, 2006). A importância desses mediadores foi evidenciada em estudos que bloquearam seus efeitos. Isso resultou em uma diminuição significativa nas taxas de movimentação dentária (IWASAKI *et al.*, 2001; TADDEI *et al.*, 2012). Assim, pode-se presumir que o aumento da expressão desses marcadores poderia acelerar a MDO (ALIKHANI *et al.*, 2013).

Após a popularização das CA, seus efeitos tanto no que diz respeito às respostas celulares quanto às taxas de MDO, têm sido bastante investigados (ABBAS; SABET; HASSAN, 2016; AL-NAOUM; HAJEER; AL-JUNDI, 2014; CAMACHO; VELÁSQUEZ CUJAR, 2014; KOLE, 1959; WILCKO *et al.*, 2001). Evidências clínicas demonstram sua eficácia em acelerar a movimentação dentária (ABBAS; SABET; HASSAN, 2016; AL-NAOUM; HAJEER; AL-JUNDI, 2014; CAMACHO; VELÁSQUEZ CUJAR, 2014). No entanto, as CA são procedimentos cirúrgicos invasivos (Fig. 1), que podem trazer desconforto e complicações pós-operatórias (AL-NAOUM; HAJEER; AL-JUNDI, 2014; KESER; DIBART, 2013), contribuindo para a diminuição da taxa de aceitação por parte dos pacientes (DIBART; SEBAOUN; SURMENIAN, 2009).

Figura 1 – Corticotomias alveolares



Fonte: Elaborado pelo grupo de pesquisa

Vercellotti *et al.* (2007) propuseram o uso de uma ponta piezoelétrica no lugar de brocas em cirurgias para acelerar o MDO, com o intuito de gerar menor trauma. A técnica ainda envolvia o levantamento de retalho cirúrgico, mas oferecia a vantagem de utilizar corticotomias pequenas, realizadas de maneira mais segura e precisa, sem causar osteonecrose (VERCELLOTTI; PODESTA, 2007).

Apesar da comprovada eficácia das corticotomias e do método proposto por Vercellotti *et al.* (2007), ortodontistas e pacientes têm se mostrado resistentes, devido à extensão do trauma gerado pelas cirurgias (DIBART; SEBAOUN; SURMENIAN, 2009). Em 2006, uma abordagem alternativa foi introduzida por Park *et al.* (2006), a *corticision*. Nessa técnica, são realizadas incisões diretamente na gengiva e no osso, usando lâmina de bisturi reforçada e martelo cirúrgico, como um cinzel para separar as corticais interproximais, sem levantar retalho cirúrgico. Os autores sugerem que essa técnica ativa a remodelação óssea em direção à MDO, eliminando as complicações das cirurgias com retalhos, como reabsorção das cristas ósseas alveolares e deiscências ósseas (KIM; PARK; KANG, 2008). Uma desvantagem da técnica é a grande força que precisa ser utilizada para fazer a incisão na cortical óssea, podendo provocar tontura e vertigem nos pacientes (DIBART; SEBAOUN; SURMENIAN, 2009). Estudos posteriores ao de Park *et al.* (2006) são controversos no que diz respeito à aceleração do MDO com o uso de *corticisions*, o que pode ser atribuído, além de questões inerentes ao procedimento em si, a fatores metodológicos, como diferenças na quantidade de injúrias realizadas e dificuldade em padronizá-las (KIM; PARK; KANG, 2008; MURPHY *et al.*, 2014).

Dibart *et al.* (2009) propuseram uma nova técnica cirúrgica, ainda menos invasiva, para induzir um dano ao osso alveolar sem levantar retalho cirúrgico,

chamada *piezocision* (Fig. 2). Esta técnica consiste em pequenas incisões verticais, vestibulares e interproximais, feitas com lâmina de bisturi diretamente sobre a gengiva, tocando o osso alveolar. Essas incisões inter-radiculares permitem o acesso do instrumento piezoelétrico, utilizado para realizar corticotomias de 3 mm de profundidade no osso alveolar (DIBART; SEBAOUN; SURMENIAN, 2009). A duração do procedimento cirúrgico é significativamente menor em relação às CA. Sebaoun *et al.* (2011) sugerem, com base em suas experiências clínicas com o uso de *piezocision*, diminuição na duração do tratamento ortodôntico similar à obtida com as CA. O desconforto pós-cirúrgico relatado é pequeno, proporcionando menor trauma ao paciente (SEBAOUN; SURMENIAN; DIBART, 2011). Estudo histológico realizado em ratos pelo mesmo grupo de pesquisadores demonstrou que a *piezocision* ativa o FAR, estimulando o *turnover* no osso alveolar e aumentando a atividade osteoclástica, o que representa a base da aceleração da movimentação dentária (KESER; DIBART, 2013).

Figura 2 - Piezocisions.

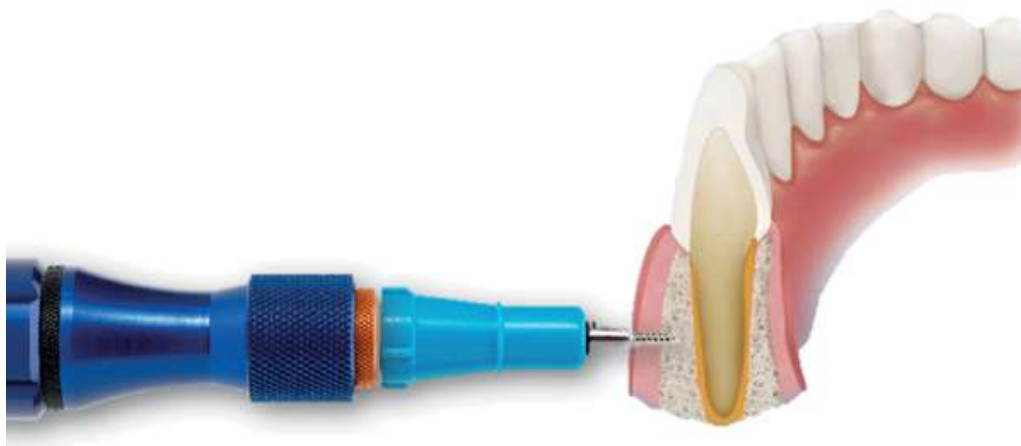


Fonte: Elaborado pelo grupo de pesquisa.

Alikhani *et al.* (2013) descreveram uma técnica para a realização de MPO consistindo no uso de um instrumento elaborado especificamente para essa finalidade, o Propel® (PROPEL Orthodontics, Ossining, NY, EUA). Os autores realizaram sobre a gengiva e a mucosa alveolar perfurações de 1,5 mm de diâmetro e 2 mm a 3 mm de profundidade, sem haver a necessidade de incisões adicionais (Fig. 3). Esse estudo de boca dividida, conduzido na mesma universidade em que o Propel® foi patenteado, conta com uma amostra de apenas 10 pacientes. Os autores encontraram uma aceleração de 2,3 vezes no movimento dentário no lado experimental, em relação ao lado controle, no período de avaliação de 28 dias. Os

pacientes não relataram dor ou desconforto significativo durante ou após o procedimento (ALIKHANI *et al.*, 2013).

Figura 3 - Representação esquemática do uso do Propel® para a realização de MPO



Fonte: Implant News Perio International Journal (disponível em: <http://www.inpn.com.br/InPerio/Materia/Index/133653>).

A partir deste estudo, a possibilidade de se alcançar um aumento na taxa de MDO por meio de um procedimento cirúrgico minimamente invasivo passou a chamar a atenção da comunidade ortodôntica, sendo alvo de muitas pesquisas. Em estudos animais, Cheung *et al.* (2016) e Tsai *et al.* (2016) encontraram um aumento na taxa de MDO tanto em ratos submetidos a *corticision* quanto a MPO, quando comparados aos grupos controle (CHEUNG *et al.*, 2016; TSAI *et al.*, 2016). Os autores relataram que ambos os procedimentos são capazes de aumentar a remodelação óssea, a atividade osteoclástica e induzir um movimento ortodôntico mais rápido em ratos por, no mínimo, duas semanas, período este significativamente curto em relação à duração total média dos tratamentos ortodônticos.

Swapp *et al.* (2015), por sua vez, realizaram um estudo de boca dividida em cães, submetendo-os a perfurações padronizadas, não encontrando aumento significativo na taxa de MDO. Os resultados revelaram que os danos ficaram restritos ao osso cortical. Com isso, os autores apontaram que a falta de efeito no osso medular próximo ao dente submetido à força ortodôntica pode ter sido o fator responsável pelas MPO não terem acelerado a movimentação dentária (SWAPP *et al.*, 2015).

Attri *et al.* (2018), assim como Alikhani *et al.* (2013), utilizaram o Propel® para a retração em massa dos dentes anteriores após a exodontia de primeiros pré-

molares em 30 pacientes (grupo experimental). O grupo controle também contou com 30 pacientes, nos quais a retração em massa foi realizada sem MPO. Os resultados revelaram que a taxa de MDO naqueles pacientes submetidos a MPO com o Propel[®] foi significativamente mais alta em relação ao grupo controle (ATTRI *et al.*, 2018). No entanto, é válido ressaltar que as MPO foram repetidas a cada 28 dias até que o fechamento do espaço fosse concluído. A realização periódica de nova injúria cirúrgica pode ter contribuído para o significativo aumento da taxa de MDO.

Mais recentemente, a partir de 2018, ensaios clínicos começaram a ser publicados a fim de se esclarecer sobre o potencial das MPO em acelerar o MDO. Em um estudo de boca dividida com uma amostra de 32 pacientes, Alkebsi *et al.* (2018) avaliaram os efeitos de três MPO realizadas com o auxílio de mini-implantes (MI) na distal de caninos submetidos à distalização. Os autores utilizaram o método de sobreposição de modelos digitais para mensuração da taxa de MDO. Os resultados revelaram que três MPO não foram suficientemente eficazes para acelerar a MDO em nenhum momento do período total de avaliação de 3 meses (ALKEBSI *et al.*, 2018).

Mais recentemente, Sivarajan *et al.* (2019) também utilizaram MI para a realização de MPO para retração de caninos em um ensaio clínico de boca dividida com amostra total de 30 pacientes. As MPO foram repetidas em intervalos de 4, 8 e 12 semanas, e isso parece ter influenciado no resultado encontrado de que as MOP estão associadas a um aumento estatisticamente significativo nas taxas de MDO (1,1 mm no período total de avaliação de 4 meses). No entanto, os autores apontam que esse resultado parece não ser clinicamente significativo (SIVARAJAN *et al.*, 2019).

Aboalnaga *et al.* (2019) também utilizaram MI para realizar MPO para retração de caninos em um ensaio clínico de boca dividida com o período total de avaliação de 4 meses e amostra de 18 pacientes. Os autores foram os únicos, até o momento, que se preocuparam em medir o movimento anteroposterior do canino isoladamente, por meio da utilização de um plano coronal como referência. Além disso, o uso de tomografias computadorizadas de feixes cônicos (TCFC) permitiu a avaliação do movimento radicular dos caninos. A partir dessa análise, foi possível concluir que as MPO não aceleraram a taxa de movimentação dentária, mas

permitiu que os dentes se movimentassem mais de corpo (ABOALNAGA *et al.*, 2019).

Além da taxa de MDO, estudos prévios se preocuparam em avaliar a ocorrência de reabsorções radiculares associada a procedimentos realizados para aceleração da movimentação ortodôntica (ABOALNAGA *et al.*, 2019; ALKEBSI *et al.*, 2018). A reabsorção radicular é um efeito indesejado e imprevisível induzido ortodonticamente. É definida como a perda de tecido duro dentário causada por atividade clástica, apresentando etiologia complexa e multifatorial (WELTMAN *et al.*, 2010). A MDO leva a mudanças complexas no ligamento periodontal e osso alveolar, tecidos com diferentes populações celulares e capacidades de remodelação. Durante a MDO, o surgimento de regiões de hialinização nos tecidos periodontais ocorre principalmente devido à aplicação de forças pesadas. A remoção dessas áreas pelos osteoclastos tem sido associada à reabsorção radicular ortodôntica (REITAN, 1974; WILCKO *et al.*, 2001).

Embora Wilcko *et al.* (2001) tenham relatado que as CA diminuem a incidência de reabsorções radiculares, as evidências científicas encontradas na literatura são limitadas para comprovar esse fato (PATTERSON *et al.*, 2017; WILCKO *et al.*, 2001). O consenso geral baseado na limitada literatura indica que o uso das CA não resulta em mais reabsorção radicular do que a ortodontia convencional (SHOREIBAH *et al.*, 2012a) ou que de fato a diminui (SHOREIBAH *et al.*, 2012b). No entanto, a acurácia desses estudos pode ser questionada, uma vez que as análises foram realizadas por meio de radiografias periapicais (PATTERSON *et al.*, 2017).

A microtomografia computadorizada é considerada o padrão ouro para a avaliação de reabsorções radiculares (PATTERSON *et al.*, 2017). O ensaio clínico de Patterson *et al.* (2017) foi o primeiro a utilizar a microtomografia computadorizada para examinar os efeitos da *piezocision* no processo de reabsorção radicular. Os resultados revelaram um aumento estatisticamente significativo na reabsorção radicular induzida ortodonticamente quando associada à cirurgia. A avaliação de reabsorções radiculares associadas a CA e MPO, até o presente momento, não foi conduzida utilizando microtomografia computadorizada. A carência de estudo utilizando esse método justifica-se pelo fato de que os elementos dentários precisam ser extraídos para a realização da análise por meio da microtomografia. Nesse cenário, a TCFC representa uma ferramenta superior às radiografias periapicais e

importante na avaliação de reabsorções radiculares durante a movimentação dentária ortodôntica.

Aboalnaga *et al.* (2019) tentaram avaliar a ocorrência de reabsorções radiculares nos caninos retraídos com e sem MPO, por meio da medida do seu comprimento total realizada em TCFC. Os autores não encontram diferença significativa, levando-os a concluir que as MPO não aumentam ou diminuem a reabsorção radicular induzida ortodonticamente (ABOALNAGA *et al.*, 2019).

Diante dos dados controversos apresentados nessa revisão de literatura e da importância do esclarecimento acerca da significância clínica dos efeitos reportados pelos estudos prévios, ressalta-se a necessidade urgente de um ensaio clínico randomizado controlado capaz de prover evidências científicas fortes acerca dos efeitos das microperfurações ósseas.

3 HIPÓTESES

- a) **Hipótese alternativa:** as microperfurações ósseas são eficazes em acelerar a taxa de movimentação de incisivos maxilares submetidos às forças de retração, quando comparadas ao grupo controle.
- b) **Hipótese nula:** as microperfurações ósseas não são eficazes em acelerar a taxa de movimentação de incisivos maxilares submetidos às forças de retração quando comparadas ao grupo controle.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de microperfurações ósseas na retração ortodôntica de incisivos superiores.

4.2 Objetivos específicos

- a) avaliar e comparar a taxa de fechamento dos espaços superiores anteriores em pacientes submetidos ou não às microperfurações ósseas;
- b) avaliar e comparar o deslocamento anteroposterior dos incisivos superiores submetidos à retração, associada ou não às microperfurações ósseas;
- c) avaliar e comparar o deslocamento anteroposterior dos primeiros molares durante a retração dos incisivos superiores, associada ou não às microperfurações ósseas;
- d) avaliar e comparar a inclinação de incisivos centrais superiores submetidos à retração, associada ou não às microperfurações ósseas;
- e) avaliar e comparar o comprimento dos incisivos centrais superiores submetidos à retração, associada ou não às microperfurações ósseas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais sob o número CAAE: 87658218.2.0000.5137 (ANEXO A). Todo o trabalho foi conduzido de acordo com os princípios éticos para pesquisa clínica e testes médicos envolvendo sujeitos humanos estabelecidos pela declaração de Helsink (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013). Um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado por todos os pacientes adultos e responsáveis pelos menores de idade (ANEXO B).

5.1 Desenho do estudo

Ensaio clínico randomizado controlado, previamente registrado no ClinicalTrials.gov, protocolo NCT03089996. A randomização foi feita a partir de uma sequência aleatória, realizada pelo QuickCalcs (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, EUA), antes do início do estudo. No entanto, durante as análises das imagens para planejamento das MPO, observou-se que em alguns casos os espaços inter-radiculares apresentavam-se bastante reduzidos, inviabilizando, assim, a realização do procedimento cirúrgico. Nesses casos, os pacientes foram realocados no grupo controle (Fig. 4).

Figura 4: Ausência de espaço inter-radicular para realização de MPO



Fonte: Acervo da Pesquisa.

5.2 Cálculo amostral

O tamanho da amostra foi determinado por meio do software Power and Sample Size Calculation (PS, versão 3.0, Nashville, TN, EUA). Os seguintes parâmetros de um estudo prévio (ATTRI *et al.*, 2018) foram utilizados: (1) diferença média da taxa mensal de fechamento do espaço entre os grupos experimental e controle de 0,25 mm, (2) desvio padrão de 0,17mm. A proporção entre os indivíduos foi 1:1. Para um estudo com poder da amostra de 99% e erro tipo I de 0.05, 36 indivíduos (18 no grupo experimental e 18 no grupo controle) seriam necessários para rejeitar a hipótese nula (ausência de diferença entre os grupos). Quatro indivíduos ainda foram incluídos em cada grupo para compensar possíveis perdas. Portanto, o tamanho total da amostra foi de 42 indivíduos (21 em cada grupo).

5.3 Caracterização da amostra

O presente estudo compreendeu a segunda fase de um amplo ensaio clínico randomizado conduzido no Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Os voluntários foram provenientes da demanda recebida pela Clínica de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. O recrutamento foi iniciado em fevereiro de 2016 e finalizado em junho de 2017.

Pacientes de ambos os sexos e com idades entre 16 e 40 anos foram incluídos. Os seguintes critérios de inclusão foram adotados: necessidade ortodôntica de exodontias dos primeiros pré-molares superiores, ausência de lesões cáries e alterações periodontais, e presença de todos os dentes superiores (exceto terceiros molares). Os critérios de exclusão foram: gestantes, fumantes, presença de fissura lábio-palatina ou síndromes, indivíduos imunossuprimidos, com doenças sistêmicas, uso crônico de anti-inflamatórios e metabolismo ósseo alterado, histórico de doença periodontal, apinhamento severo ou má oclusão de Classe II esquelética severa ($Pg-Nper > 18$ mm, $ANB > 7^\circ$, $SN-GoGn > 38^\circ$ e *overjet* > 10 mm), inviabilizando a camuflagem ortodôntica com exodontias de pré-molares superiores.

Um total de 673 indivíduos foi avaliado e, desses, 42 pacientes que atendiam aos critérios de inclusão e exclusão e que aceitaram participar do estudo, foram

alocados em dois grupos de maneira aleatória: grupo controle e grupo MPO. No entanto, os pacientes do grupo MPO nos quais a realização desse procedimento poderia causar danos à superfície radicular, devido ao espaço inter-radicular reduzido, foram realocados no grupo controle. No primeiro, a retração ortodôntica foi realizada sem associação de qualquer procedimento para acelerar a MDO. Já no segundo, as MPO foram realizadas no mesmo dia da instalação da mecânica ortodôntica de retração dos incisivos superiores. Após o início do estudo, duas pacientes tiveram que abandoná-lo, uma por não comparecer às consultas marcadas e a outra, em função de gravidez. Três pacientes que concluíram a fase experimental do estudo não puderam contribuir para amostra por terem seus registros (modelos digitais) corrompidos. Ao final, o grupo controle compreendeu 18 pacientes e o grupo MPO, 19 pacientes.

5.4 Procedimentos ortodônticos

Esse ensaio clínico foi iniciado com a exodontia dos primeiros pré-molares superiores, seguida da instalação de aparelhos fixos nos arcos superior e inferior (0,022", Edgewise, American Orthodontics, Sheboygan, WI, EUA). Após o alinhamento e nivelamento, foram instalados mini-implantes (MI) (Morelli®, Sorocaba, SP, Brasil) na altura da linha mucogengival vestibular entre as raízes dos segundos pré-molares e primeiros molares superiores para o uso como ancoragem direta na mecânica de retração. A distalização dos caninos foi realizada com mola de níquel-titânio (Sentalloy150g, Dentsply GAC, York, Pa, EUA) amarrada aos MI com amarrilho de aço e acoplada a um gancho soldado nos bráquetes desses dentes.

A retração dos incisivos superiores foi então iniciada após a obtenção da relação de classe I de caninos, além de *overbite* adequado para a condução da retração sem interferências oclusais na região anterior. Foi utilizado fio de aço contínuo 0,017 x 0,025" e ganchos de pressão com 10 mm de altura (Gancho Infinity Espiral, OrtoDente, Belo Horizonte, MG, Brasil), instalados distalmente aos incisivos laterais, possibilitando a aplicação da força o mais próxima possível ao centro de resistência dos incisivos superiores. Todos os dentes superiores posteriores foram amarrados individualmente com amarrilhos de aço, frouxamente, e os anteriores, firmemente. Molas fechadas de níquel-titânio (Sentalloy150g, Dentsply GAC, York,

Pa, EUA) com 200g de força foram conectadas dos ganchos aos MI bilateralmente (Fig. 5).

Figura 5: Mecânica ortodôntica de retração dos incisivos superiores



Fonte: Elaborado pela autora.

Os pacientes retornaram após duas semanas, assim como a cada mês após o início da mecânica ortodôntica por um período de 4 meses. Em toda consulta foi realizado o registro da força exercida pela mola com um dinamômetro de alta precisão (Correx, Haag-Streit AG, Koeniz, Switzerland) e a reativação quando necessária (Fig. 6). A instalação e o controle da mecânica ortodôntica foram feitos por um único Ortodontista, experiente e treinado (C.M.).

Figura 6: Registro da magnitude da força aplicada



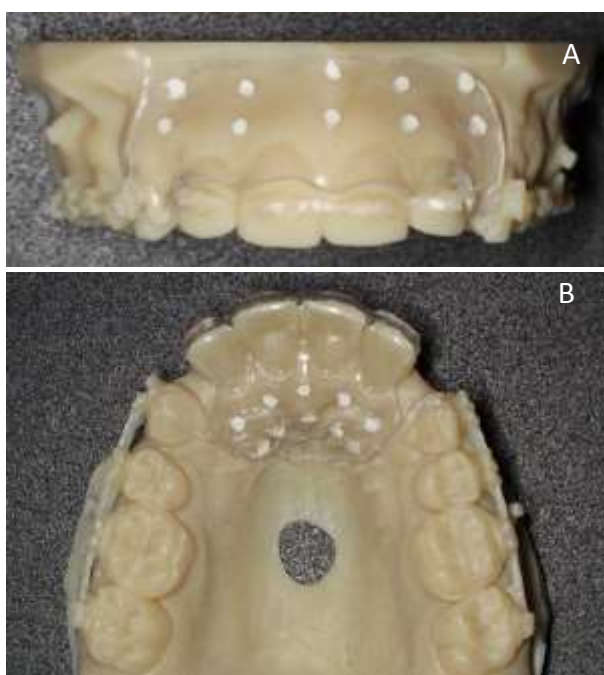
Fonte: Elaborado pela autora.

5.5 Microperfurações ósseas

Baseado nas imagens tomográficas iniciais dos pacientes do grupo experimental, um guia cirúrgico individualizado foi confeccionado com uma placa Essix (Dentsply Sirona, Bohemia, NY, EUA) de 1 mm de espessura (Fig. 7). As microperfurações ósseas foram então realizadas com o guia posicionado em boca, nos locais previamente planejados.

As MPO foram feitas de maneira transmucosa, sem a abertura de retalho cirúrgico, com uma broca cilíndrica para contra-ângulo com 1,6 mm de diâmetro em aço cirúrgico inoxidável (Ref. 103.045, Neodent, Curitiba, PR, Brasil) (Fig. 8). Sob anestesia local (Lidocaína HCL 2% com Epinefrina 1:100.000, DFL INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil), foram realizadas duas MPO alinhadas no sentido vertical na distal de cada incisivo superior, perpendicularmente ao osso alveolar, como descrito em estudo prévio (Alikhani *et al.*, 2013). Entre os dois incisivos centrais, devido à proximidade das raízes no terço cervical, apenas a perfuração mais apical foi realizada.

Figura 7: Guias cirúrgicos individualizados para a execução das MPO vestibulares (A) e palatinas (B)



Fonte: Elaborado pela autora.

As MPO foram feitas na superfície vestibular, com 3 mm de profundidade, assim como na palatina, com 5 mm, devido à maior espessura do tecido mole nesta região. Todas as perfurações atravessaram a cortical óssea, tocando no osso medular adjacente. A profundidade da penetração da broca cirúrgica foi controlada a partir de um cursor desenvolvido e patenteado pelo grupo de pesquisa (Fig. 9) (ANEXO C). Esse cursor se encaixa firmemente à broca cirúrgica, deixando exposta apenas uma parte (3 ou 5 mm de extensão) de sua ponta ativa. Todos os procedimentos cirúrgicos foram realizados por um mesmo cirurgião, experiente e treinado.

Figura 8: Cursor para padronizar a profundidade das MPO



Fonte: Elaborado pela autora.

Não foi realizada sutura, e orientações acerca dos cuidados pós-operatórios foram passados para os pacientes (CHARAVET *et al.*, 2016). Nenhum tipo de medicação foi prescrito e os pacientes foram orientados a tomar Paracetamol 500 mg (6 em 6 horas) em caso de dor.

5.6 Aquisição dos modelos digitais e TCFC

Os modelos digitais em formato “.stl” (stereolithography), foram obtidos por meio de escaneamento intra-oral (3Shape, Copenhagen, Dinamarca) no mesmo dia da instalação da mecânica de retração dos incisivos (T0), após 2 semanas (T1), assim como após 1 (T2), 2 (T3), 3 (T4) e 4 meses (T5).

As TCFC foram realizadas antes da instalação da mecânica de retração dos incisivos superiores e após 4 meses. Todos os exames foram feitos no mesmo

aparelho, no tomógrafo i-CAT® (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA) com FOV (Field of View) de crânio estendido 23 cm x 17 cm, voxel de 0,3 mm³, 36,90 mA, 120 kV e tempo de exposição de 40 segundos, gerando arquivos no formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

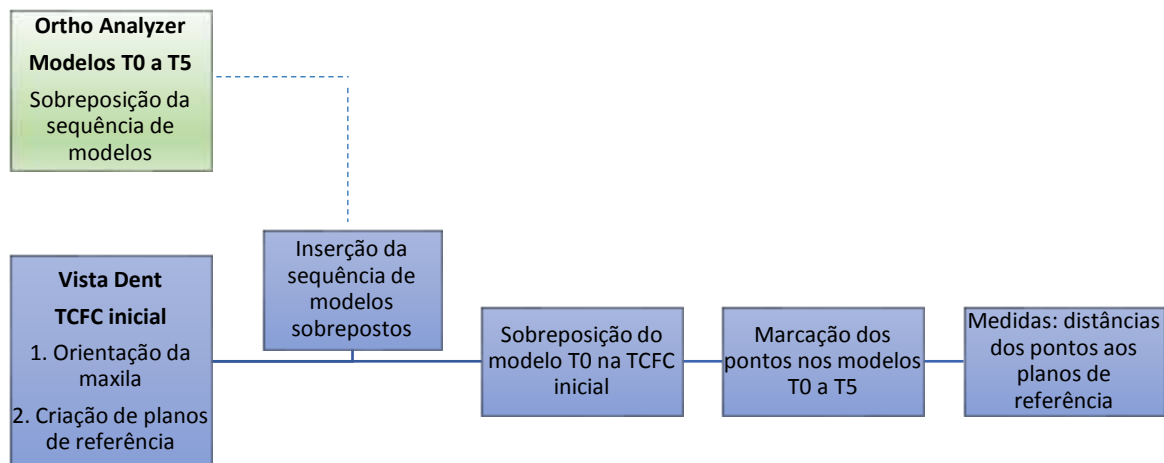
5.7 Resultados primários e secundários

O resultado primário é representado pelo: (1) deslocamento anteroposterior dos incisivos superiores, assim como o fechamento dos espaços distais aos incisivos laterais, avaliados por meio dos modelos digitais; (2) mudança angular nos incisivos centrais, avaliada por meio das TCFC. O resultado secundário está relacionado ao deslocamento anteroposterior dos primeiros molares durante a retração dos incisivos, além da avaliação da possível mudança no comprimento dos incisivos centrais superiores. Todas as medidas foram realizadas pelo mesmo operador (C.M.), após receber treinamento específico.

5.8 Avaliação dos modelos digitais

A avaliação dos modelos digitais foi realizada por meio de dois programas, conforme esquematizado na figura 9. No Ortho Analyzer 2019 (3Shape, Copenhagen, Dinamarca), os modelos (T0 a T5) foram sobrepostos e em seguida exportados, utilizando a região da terceira ruga palatina do modelo em T0 como referência. No Vista Dent 3D (Dentsply GAC, York, PA, EUA), todas as etapas seguintes foram realizadas (Fig. 10).

Figura 9: Fluxograma com as etapas para a análise dos modelos digitais

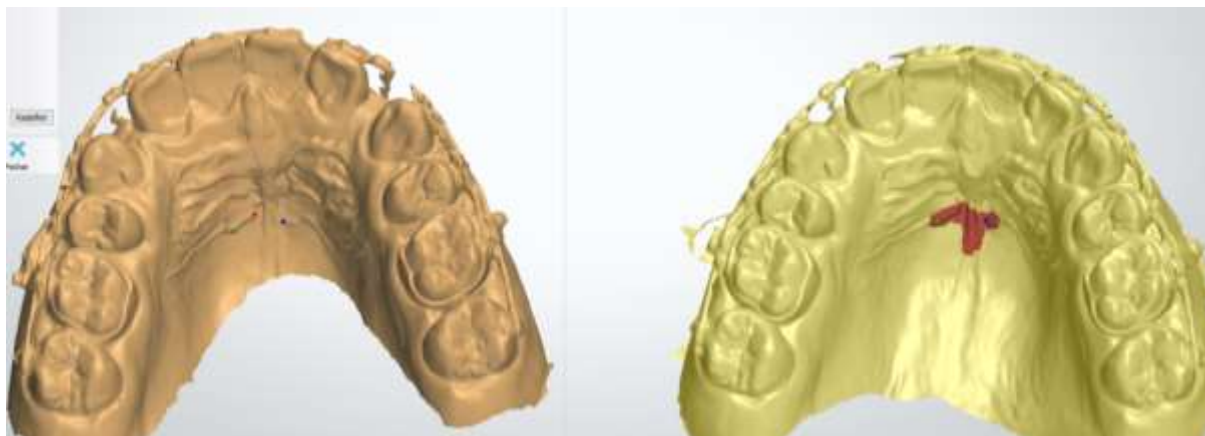


Fonte: Elaborado pela autora.

5.8.1 Sobreposição dos modelos digitais

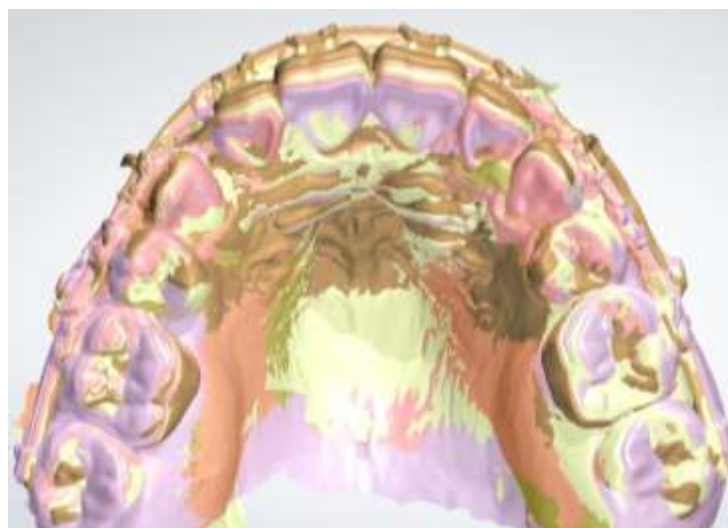
O modelo digital obtido no dia do início da mecânica de retração dos incisivos superiores (T0) foi utilizado como modelo de referência. Por meio do software Ortho Analyzer, os demais modelos, chamados modelos comparação (T1 a T5), foram sobrepostos ao modelo T0 na região da terceira ruga palatina, por ser considerada uma estrutura estável mesmo após tratamento ortodôntico com extração de pré-molares (ALMEIDA *et al.*, 1995; BAILEY; ESMAILNEJAD; ALMEIDA, 1996; HOGGAN; SADOWSKY, 2001). A sobreposição foi realizada utilizando 3 pontos e uma superfície. Os pontos mediais da terceira ruga foram marcados bilateralmente, bem como um terceiro ponto na região média da terceira ruga direita. A superfície demarcada incluía os pontos mediais da terceira ruga direita e esquerda e uma expansão posterior sobre a rafe palatina, com aproximadamente 8 cliques (Fig. 10). A sobreposição das superfícies é designada “3D surface-to-surfacematching” (método do melhor ajuste). Trata-se de um método de sobreposição matemática de modelos digitais maxilares de alta acurácia, permitindo uma fiel avaliação do movimento dentário (CHA *et al.*, 2007; CHOI *et al.*, 2010, 2012). As sequências dos seis modelos maxilares de cada paciente, após a sobreposição, foram então exportadas (Fig. 11).

Figura 10: Determinação dos pontos e superfície para a sobreposição do modelo de comparação (amarelo) no modelo T0 (laranja) no software Ortho Analyzer



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11: Sequência de modelos registrados na região da terceira ruga palatina prontos para serem exportados



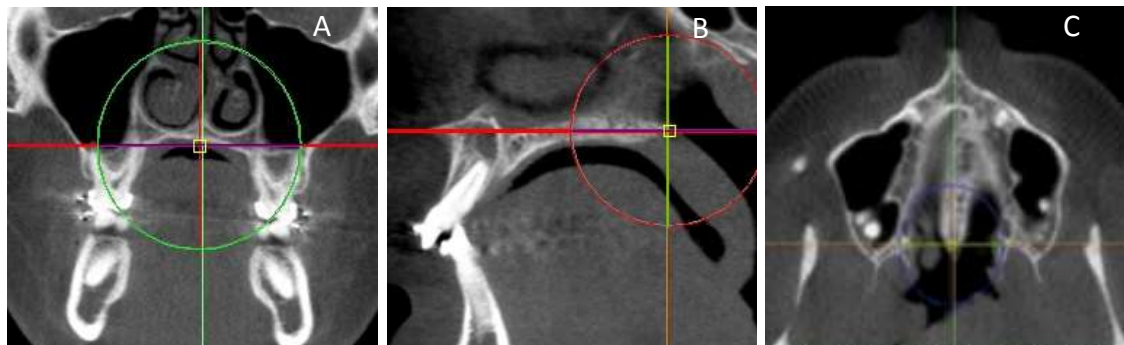
Fonte: Elaborado pela autora.

5.8.2 Orientação da TCFC inicial

Utilizando o software Vista Dent 3D, a maxila na TCFC inicial foi orientada em todos os pacientes da seguinte forma (Fig. 12): (1) vista frontal: linha que passa pelas suturas zigomaticomaxilares direita e esquerda selecionada no corte coronal que passa no centro da coroa do primeiro molar superior direito, paralela ao solo; (2) vista lateral: linha que passa pela espinha nasal anterior (ENA) e posterior (ENP) no corte sagital, paralela ao solo. O ponto ENP foi marcado no mesmo corte sagital em

que o ponto mais anterior da maxila (ENA) foi identificado; (3) vista superior: linha que passa pelos pontos ENA e ENP no corte axial, perpendicular ao solo.

Figura 12: Orientação da maxila na TCFC inicial. A) Vista frontal; B) Vista lateral; C) Vista superior

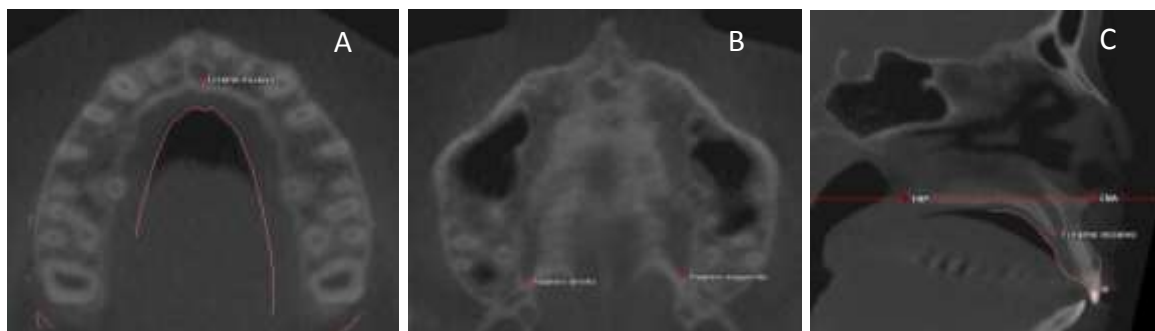


Fonte: Elaborado pela autora.

5.8.3 Criação dos planos de referência

Utilizando o software Vista Dent 3D, os seguintes planos de referência foram criados a partir de pontos selecionados na TCFC inicial após orientação da maxila (Fig. 13): (1) plano axial: formado pelo ponto mais posterior do forame incisivo, selecionado no primeiro corte axial em que ele é fechado posteriormente, e pelos pontos mais posteriores dos forames palatinos maiores direito e esquerdo, selecionados no primeiro corte axial em que o forame direito é fechado anteriormente; (2) plano sagital: formado pelos pontos ENA e ENP, selecionados como descrito anteriormente, e perpendicular ao plano axial; (3) plano coronal: formado pelos mesmos pontos nos forames palatinos direito e esquerdo e perpendicular ao plano sagital.

Figura 13: Determinação dos pontos necessários para a criação dos planos de referência. A) Forame incisivo; B) Forames palatinos direito e esquerdo; C) ENA e ENP

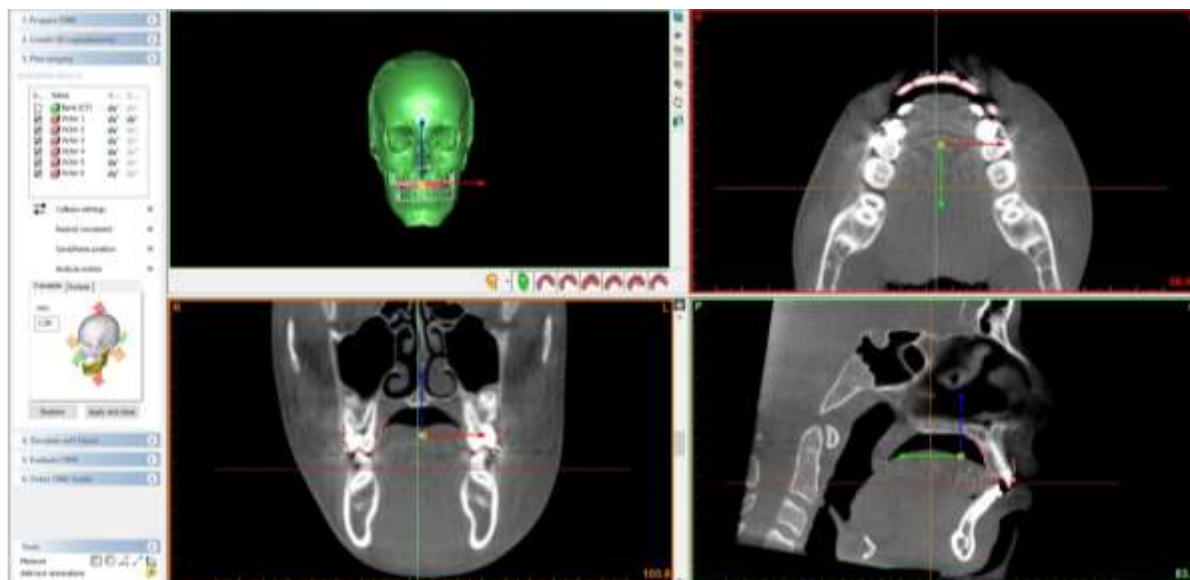


Fonte: Elaborado pela autora.

5.8.4 Sobreposição dos modelos na TCFC inicial

Utilizando o software Vista Dent, as sequências de modelos digitais foram importadas para as TCFC iniciais de cada paciente. Nesse momento, para permitir a sobreposição do modelo T0 na TCFC inicial, os modelos T1 a T5 foram ocultados, permanecendo apenas a silhueta do modelo de referência (T0), que foi manualmente sobreposto na TCFC inicial. O software oferece as ferramentas de translação e rotação, ainda com a possibilidade de alteração no fulcro da rotação, facilitando a precisa sobreposição do modelo na TCFC (Fig. 14). Uma vez que todos os modelos da sequência estavam registrados na região da terceira ruga do T0, quando este foi sobreposto à TCFC inicial, todos os outros (T1 a T5) se deslocaram concomitantemente.

Figura 14: Sobreposição do modelo de referência T0 na TCFC inicial no software Vista Dent



Fonte: Elaborado pela autora.

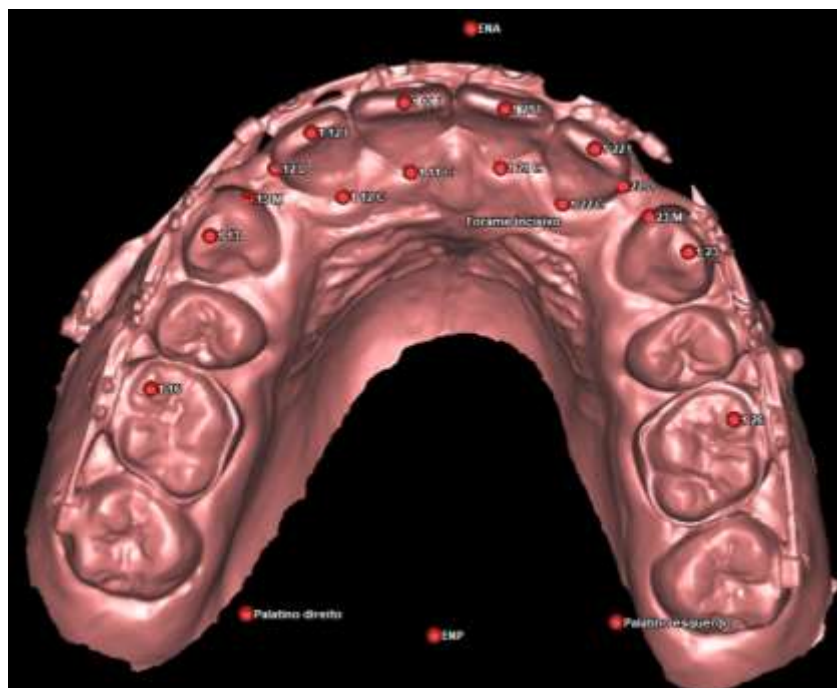
5.8.5 Marcação dos pontos nos modelos T0 a T5

Utilizando o software Vista Dent, todos os pontos listados na Tabela 1 e visualizados na Figura 15 foram selecionados nos modelos T0 a T5. Para a marcação dos pontos em cada modelo, os demais modelos da sequência foram ocultados, evitando, assim, qualquer influência na escolha dos pontos.

Tabela 1: Pontos marcados nos modelos digitais.

26	Ponto central do ápice da cúspide méso-vestibular do elemento 26
22I	Ponto médio da borda incisal do elemento 22
22C	Ponto médio da margem cervical palatina do elemento 22
21I	Ponto médio da borda incisal do elemento 21
21C	Ponto médio da margem cervical palatina do elemento 21
11I	Ponto médio da borda incisal do elemento 11
11C	Ponto médio da margem cervical palatina do elemento 11
12I	Ponto médio da borda incisal do elemento 12
12C	Ponto médio da margem cervical palatina do elemento 12
16	Ponto central do ápice da cúspide méso-vestibular do elemento 16
22D	Ponto mais proeminente da superfície distal do elemento 22
12D	Ponto mais proeminente da superfície distal do elemento 12
23M	Ponto mais proeminente da superfície mesial do elemento 23
13M	Ponto mais proeminente da superfície mesial do elemento 13

Figura 15: Pontos selecionados nos modelos digitais

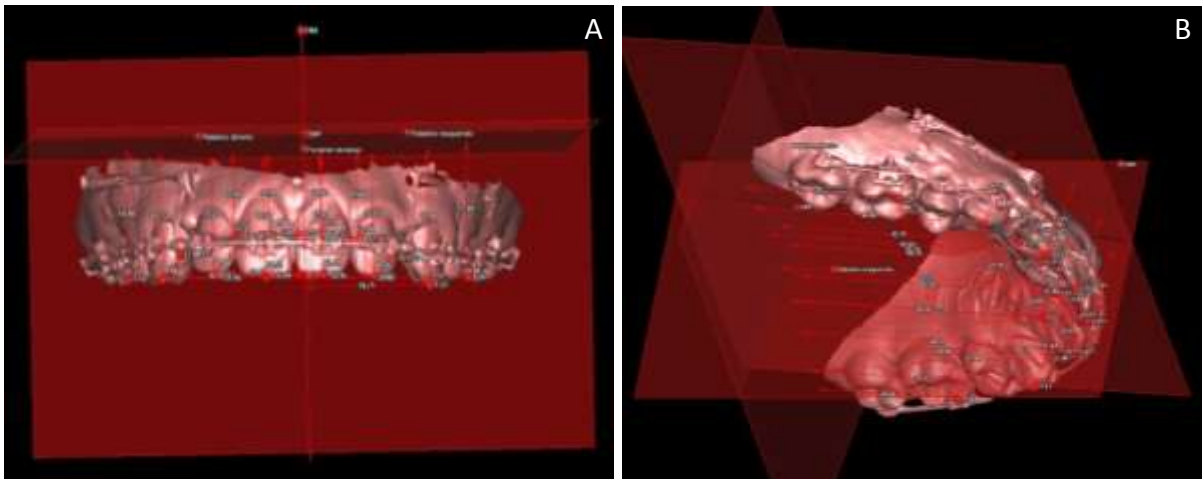


Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da marcação dos pontos, o software automaticamente calcula a distância desses pontos a todos os planos de referência previamente criados, bem como a distância entre os pontos 12D a 13M e 22D a 23M, as quais demonstram os espaços fechados com a retração dos incisivos superiores. O deslocamento anteroposterior dos incisivos e primeiros molares é medido pela distância entre os pontos 22I, 22C, 21I, 21C, 11I, 11C, 12I, 12C, 16 e 26 até o plano coronal. Ele é representado pelas diferenças entre as medidas obtidas em cada modelo (T1 a T5) em relação ao modelo inicial de referência (T0) (Fig. 16). Uma vez que os quatro incisivos foram retraídos simultaneamente, uma medida única foi calculada para cada paciente em cada tempo de avaliação, indicando o deslocamento médio dos quatro incisivos.

Figura 16: Medidas realizadas automaticamente pelo Vista Dent 3D após a criação dos planos de referência e marcação dos pontos nos modelos digitais.

A) Vista frontal; B) Vista latero-inferior



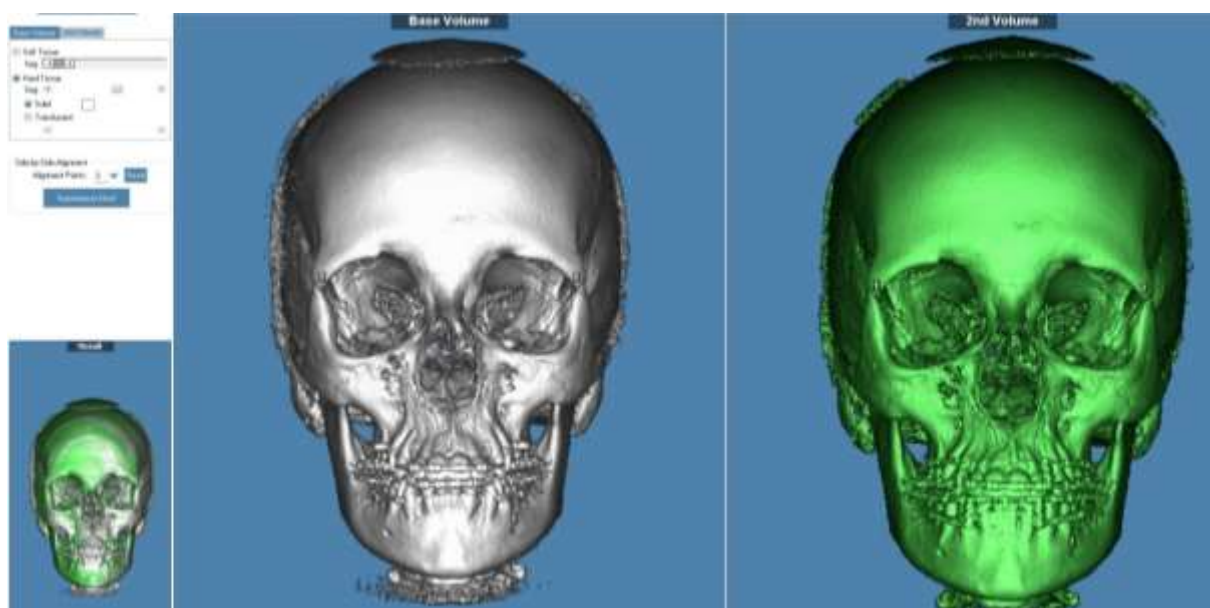
Fonte: Elaborado pela autora.

5.9 Avaliação das TCFC

Nesse estudo, as TCFC inicial e final foram sobrepostas pelo “*voxel-based method*” no software Dolphin Imaging (Chatsworth, CA, EUA). Trata-se de um método mais rápido em relação ao tradicional descrito por Cevidan *et al.* (CEVIDANES *et al.*, 2005) e também preciso e confiável (BAZINA *et al.*, 2018).

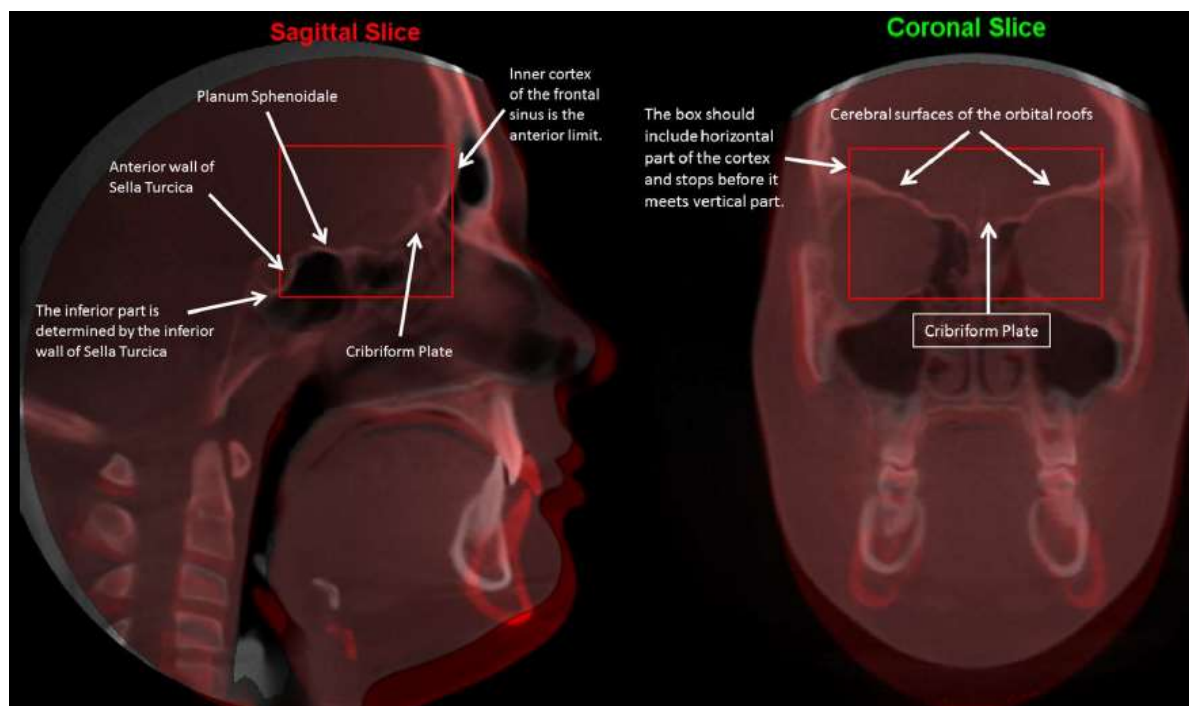
Todas as TCFC iniciais foram orientadas conforme descrito em estudos prévios (FIGUEIREDO *et al.*, 2014; MORDENTE *et al.*, 2016). Em seguida, as duas TCFC (inicial e final) foram aproximadas utilizando 3 pontos localizados nas suturas frontozigomáticas, direita e esquerda, e no forame mental esquerdo (Fig. 17). Em seguida, uma área específica na base do crânio foi selecionada como referência para a sobreposição automática utilizando a ferramenta “*auto superimposition*” disponível no software, conforme mostra a Figura 18. A precisão da sobreposição das TCFC foi então verificada em todos os cortes (sagital, coronal e axial).

Figura 17: Pontos utilizados para a aproximação inicial das TCFC inicial e final do mesmo paciente



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18: Região na base do crânio selecionada para a sobreposição das TCFC inicial e final

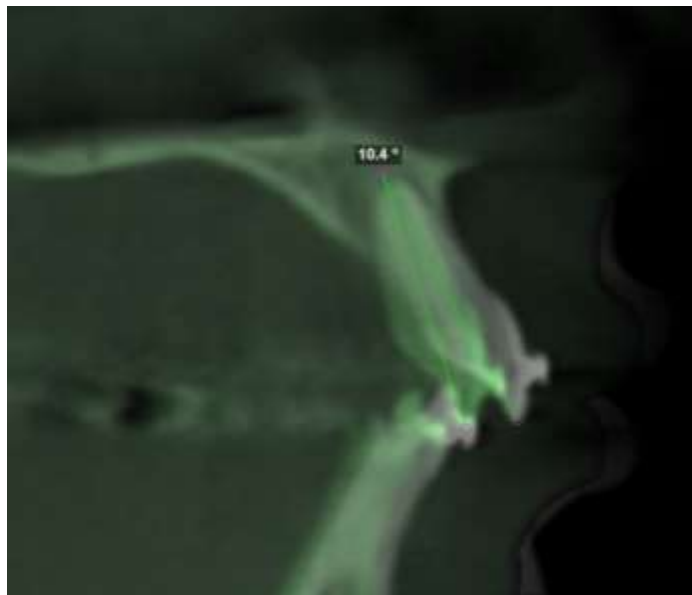


Fonte: Imagem cedida pelo Prof. Juan Martin Palomo.

Após a sobreposição, a inclinação dos incisivos centrais foi avaliada por meio do ângulo formado pelo longo eixo de cada incisivo central nas TCFC inicial e final.

O longo eixo dos incisivos foi determinado no corte sagital em que o maior comprimento desses dentes foi visualizado (Fig. 19).

Figura 19: Mudança na inclinação dos incisivos medida a partir da sobreposição das TCFC inicial e final na base do crânio



Fonte: Elaborado pela autora.

A fim de investigar a ocorrência de reabsorções radiculares, o comprimento inicial e final dos incisivos centrais foram medidos por meio da criação de uma linha 2D, passando pelo ponto mais inferior da borda incisal e mais superior do ápice radicular. Para a realização dessas medidas, foi utilizado o corte sagital em que o maior comprimento desses dentes foi visualizado (Fig. 20).

Figura 20: Medida do comprimento inicial (A) e final (B) dos incisivos centrais superiores



Fonte: Elaborado pela autora.

5.10 Análise estatística

Os testes t e qui-quadrado foram utilizados para a comparação intergrupos dos parâmetros idade e sexos, respectivamente. Todas as variáveis foram novamente mensuradas em 60 modelos digitais e 20 exames tomográficos selecionados aleatoriamente após um intervalo de duas semanas. O coeficiente de correlação intraclass (ICC) variou de 0,86 a 0,99, indicando boa reprodutibilidade intraexaminador. O erro sistemático foi calculado usando o teste t pareado e não foi encontrado resultado estatisticamente significativo. O teste D'Agostino e Pearson demonstrou que os dados obtidos apresentaram distribuição normal. Médias e desvios padrão foram então calculados para todas as variáveis. Para a comparação intra e intergrupos do deslocamento dos incisivos e molares e do fechamento dos espaços em função do tempo, foi realizado o teste Two-way ANOVA, seguido pelo post hoc de Bonferroni. Para a comparação intergrupos da mudança na inclinação e comprimento dos incisivos centrais, foi realizado o teste t. O teste t pareado foi utilizado para avaliação intragrupos da mudança no comprimento dos incisivos centrais. As análises foram processadas no GraphPad Prism 5.00 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) e o nível de significância adotado foi de 5%.

6 ARTIGO CIENTÍFICO 1

Micro-osteoperforations effects on the upper incisors' retraction: a randomized clinical trial

Artigo preparado de acordo com as normas do CONSORT para o periódico: **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Qualis A3).**

Normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico: <https://www.ajodo.org/content/authorinfo>.

**MICRO-OSTEOPERFORATIONS EFFECTS ON THE UPPER INCISORS'
RETRACTION: A RANDOMIZED CLINICAL TRIAL**

Carolina Morsani Mordente,^a Dauro Douglas Oliveira,^b Polyana Araújo Cardoso,^c
Marina Araújo Leite de Assis,^a Elton Zenóbio Gonçalves,^d Rodrigo Villamarim
Soares^e

^a PhD student, Graduate Program in Dentistry, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^b Associate Professor and Program Director, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^c Resident, Graduate Program in Dentistry, Department of Orthodontics, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^d Associate Professor and Program Director, Department of Implantology, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^e Associate Professor and Graduate Program in Dentistry director, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Corresponding author: Rodrigo Villamarim Soares, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Avenida Dom José Gaspar, 500, Prédio 46, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 30535-901, e-mail: rodrigovsoares@gmail.com.

ABSTRACT

Introduction: The objective of this single-centered randomized clinical trial was to evaluate the efficacy of micro osteoperforations (MOP) in accelerating the retraction of maxillary incisors. The possible effects of MOP in the following parameters were evaluated: anteroposterior incisors and molars displacement, space closure, inclination and length of central incisors. **Methods:** The sample consisted of 37 patients aged 16 to 40 years, who underwent upper first premolars extractions. These patients were randomly divided into two groups: control group - upper incisors retraction not associated with MOP; MOP group - retraction associated with MOP performed over the interradicular region of the upper incisors on the buccal and palatal surfaces. Intraoral digital scans were performed previously, after 14 days and every month after the beginning of incisors retraction for a period of 4 months in order to evaluate the anteroposterior displacement of the incisors, space closure and anteroposterior first molars displacement. In addition, cone beam computed tomography scans were obtained before and after 4 months of incisors retraction, providing the evaluation of central incisors' inclination and length changes. **Results:** In the control group, the mean values of incisor displacement at the incisal level at 14 days, 1 month, 2, 3 and 4 months were 0.50, 0.77, 1.41, 1.88 and 2.29, in millimeters, respectively. In the MPO group, the values found were 0.40, 0.79, 1.47, 2.09 and 2.62. At the cervical level, the mean values of incisor displacement in the same evaluation periods were 0.30, 0.32, 0.61, 1.10 and 1.39 in the control group. In the MPO group, the values found were 0.28, 0.41, 0.89, 1.36 and 1.73. The intra-group analysis revealed that in the control group, statistically significant differences were only found in the displacement of the incisors at the incisal level in the comparison between the periods of 1 month and 2 months; and at the cervical level, only between 2 and 3 months. In the MOP group, significant differences were found in the displacement of the incisors at the incisal level in the comparison between the periods of 1 month and 2 months, and between 2 and 3 months; at the cervical level, between 2 weeks and 1 month, between 1 month and 2 months, and between 2 and 3 months. No significant differences were found over time regarding the other variables in both groups. In the inter-group analysis, no differences were found in any of the variables over time. **Conclusions:** MOP did not accelerate the retraction of the

upper incisors. In addition, they do not cause less inclination or greater root resorption.

Keywords: Orthodontics. Orthodontics corrective. Tooth movement techniques.

INTRODUCTION

Lengthy treatment is a disadvantage in orthodontics.¹ The main reason for the prolonged duration is the limited rate of tooth movement that is possible to achieve, ranging from 0.35 to 2.04 mm monthly.² This situation often leads patients to refuse orthodontic treatment.³ Additionally, prolonged treatment time is associated with other risks, such as white spots, pain, discomfort⁴ and root resorption, since currently, it is accepted that the longest duration of treatment, the greater the chances of root resorption.^{5,6} Moreover, patients' satisfaction and cooperation are also committed for extensive treatment. Therefore, the search for methods that decrease the treatment time without compromising the outcome, reducing or eliminating the associated risks, is of interest of both orthodontists and patients, stimulating the latest orthodontic research.¹

It is generally accepted that the rate of tooth movement is controlled by the rate of bone resorption, which in turn is controlled by osteoclast activity.^{8,9} Therefore, one can assume that the factors recruiting osteoclast precursors from the circulation and stimulating the differentiation of these cells into osteoclasts should play significant roles in tooth movement, potentially accelerating it.³

Recently, micro-osteoperforations (MOP) were described as a minimally invasive surgical technique to induce the acceleration of orthodontic treatment.¹⁰ It involves the performance of multiple transmucosal perforations within alveolar bone, sited in close proximity to the region of desired tooth movement (Propel Orthodontics. Available at: <https://propelorthodontics.com>. Accessed June 2018). The biological mechanism capable to explain the potential of this procedure to accelerate orthodontic tooth movement rate is related to the increase in cytokines and chemokines expression associated with MOP, leading to increased osteoclastic activity and bone remodeling, resulting a faster tooth movement.³

There are few studies in the literature about MOP, possibly due to the short time since the technique was first described. A clinical trial used the Propel® to perform micro-osteoperforations (Ossining, NY, USA), a patented instrument designed specifically for this purpose, describing an increase of 2.3 times the rate of retraction of upper canines. However, the sample consisted of only 10 patients and the evaluation period was limited to 28 days.³ After this study, some clinical trials evaluating MOP in canine retractions were conducted.¹⁰⁻¹³ Only one previous clinical

trial evaluated the mass retraction of the anterior teeth,¹⁴ and the assessment of the effects of MOP on retraction of upper incisors is unprecedented.

Recent systematic reviews about MOP, however, emphasize the low quality of existing studies, that present small samples and important risks of bias, possible reasons for presenting controversial results.^{15–18} The method used for measuring orthodontic tooth movement is an important additional limitation of these studies. The use of methods that do not allow any type of standardization and use unstable reference points results in unreliable measurements and, consequently, questionable results.^{15–18}

In this context, the superposition of digital models is an innovative tool used to quantify individual dental changes between two or more records reliably.^{19,20} However, values for 3D displacement of teeth must be interpreted with caution. A tooth presenting a large 3D displacement, for example, may have had most of its movement in the vertical direction, with extrusion or intrusion, instead of displacement in the direction of the application of force, not necessarily showing a higher retraction rate in relation to the control.²¹

The scientific evidence about MOP, therefore, is limited, and the need of randomized clinical trials in order to provide quality information about the possible effectiveness of the procedure in accelerating the orthodontics tooth movement is evident. Therefore, this study is the first to investigate the effects of MOP on the rate of upper incisors retraction during a 4-month period using a novel method with 3D superimposition models, but most important, considering the tooth displacement in the anteroposterior direction purely.

Specific objectives or hypotheses

The primary purpose of this study was to assess the effect of MOPs on the rate of upper incisors retraction and the rate of space closure for a period of 4 months. The secondary outcomes were incisors inclination, root resorption and anchorage loss in the experimental and control groups during a 4-month period. The null hypothesis was that MOPs do not accelerate tooth movement by 2.3 fold compared with traditional orthodontic upper incisors retraction.

MATERIAL AND METHODS

Trial design and any changes after trial

This study was a randomized clinical trial with a 1:1 allocation. In two cases the interradicular spaces in the maxillary anterior region presented very reduced during the analysis of the images for planning the MOPs sites. This situation made it impossible to perform the surgical procedure without offering risks of damage to root surfaces. In these cases, patients were relocated to the control group.

Participants, eligibility criteria, and settings

Ethical approval was obtained from institutional review board at Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brazil, with approval number CAAE 87658218.2.0000.5137. This trial was also registered at ClinicalTrials.gov with identifier number NCT03089996. Participants were recruited from new patients attending the orthodontic department at the Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

The following inclusion criteria were applied: (1) both male and female subjects, (2) 16 or more years old, (3) orthodontic need of upper incisors extractions, (4) presence of all upper permanent teeth with exception of the third molars. The exclusion criteria were (1) diseases and medications that were likely to affect bone biology, (2) pregnancy, (3) poor oral hygiene, (4) previous orthodontic treatment, (5) evidence of bone loss, (6) active periodontal disease, (7) smoking, (8) syndromes or cleft patients, (9) severe crowding or Class II malocclusion ($Pg-Nper > 18$ mm, $ANB > 7^\circ$, $SN-GoGn > 38^\circ$ e $overjet > 10$ mm). Patients were selected according to the inclusion and exclusion criteria during the recruitment time. Subsequently, they were invited to sign a consent form after we clarified the purpose of the intervention and the associated risks and benefits.

Sample size calculation

Sample size was calculated with the Power and Sample Size Calculation software (PS, version 3.0, Nashville, TN, USA). The following parameters of a previous study¹⁴ were used: mean difference of monthly rate of space closure between groups equal to 0.25 mm and pooled standard deviation equal to 0.17. The ratio between individuals of both groups were 1:1. For a study with sample power equal to 99% and type 1 error of 0.05, 36 individuals (18 in the experimental group

and 18 in the control group) were necessary to reject the null hypothesis of no difference between groups. Four individuals were added to each group to compensate for possible losses. Therefore, the final sample size was 44 individuals (22 in each group).

Randomization

Randomization was performed by generating a random sequence, using Quick Calcs (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA), before the study started. Since the performance of MOPs required prior planning with the using the tomographic exams and the preparation of the surgical guide, the allocation sequence was informed to the Periodontist one week before the procedure. Allocation concealment to the orthodontic team aimed to prevent selection bias and protect the assignment sequence until allocation.

Blinding

Blinding of patients and orthodontists was not possible during the period of evaluation of the upper retraction. However, blinding was ensured at the measurement stage (data collection), in which the investigator (C.M.) was blinded to where the MOPs were applied by coding all digital models.

Interventions

Orthodontic procedures. Initially, the subjects were referred to the periodontal department to check periodontal conditions and for regular oral care. According to the inclusion criteria, all selected patients had a treatment plan including extractions of the maxillary first premolars and fixed orthodontic appliances with maximum anchorage support using miniscrews (MIs).

After extractions of first premolars, orthodontic treatment started with the bond of fixed appliances in the upper and lower arches (0.022-in, Edgewise, American Orthodontics, Sheboygan, WI). After alignment and leveling, MIs (1.5 mm width, 8 mm length, Morelli®, Sorocaba, SP, Brazil) were installed at the buccal mucogingival margin between the roots of the upper second premolars and first molars. MIs were used as direct anchorage to prevent unwanted tooth movement of the posterior teeth during canine and incisors retraction. Canine distalization was performed with a

nickel-titanium spring (Sentalloy150g, Dentsply GAC, York, Pa, USA) tied to the MI and coupled to a welded hook on the brackets of these teeth.

The retraction of the upper incisors was started after obtaining the canine class I relation, in addition to an adequate overbite and overjet for conducting the retraction without occlusal interference in the anterior region. 0.017 x 0.025" continuous steel wire was used and 10 mm high pressure hooks (Infinity Spiral Hook, OrtoDente, Belo Horizonte, MG, Brazil) were installed distally to the lateral incisors, allowing the application of the force as close as possible to the center of resistance of the upper incisors. All posterior teeth were individually tied loosely with steel ties, and the anterior teeth were tied firmly. Closed nickel-titanium springs (Sentalloy150g, Dentsply GAC, York, Pa, USA) with 200g of force were connected from the hooks to the MIs bilaterally (Fig 1).

Patients returned after two weeks, as well as every month after starting the orthodontic mechanics to the upper incisors' retraction for a period of 4 months. In every appointment, the force performed for the was recorded with a high precision dynamometer (Correx, Haag-Streit AG, Koeniz, Switzerland) and reactivated when necessary. The installation and control of orthodontic mechanics was performed by a single, experienced and trained Orthodontist in all subjects (C.M.).

Micro-osteoperforations. All MOPs were performed only one time in the experimental group on the same day of the installation of the upper incisors' retraction mechanics. The procedure was conducted by the same periodontist, experienced and trained in all subjects. Patients were instructed to rinse with 0.12% Chlorhexidine for 1 minute before the beginning of the procedure. MPO were performed under local anesthesia (Lidocaine HCL 2% with Epinephrine 1: 100,000, DFL Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), as following:

1. An individualized surgical guide made with an Essix plaque with 1 mm thick (Essix, Dentsply Sirona, USA) was used, based on the initial tomographic images (Figs. 2A and 2B);
2. MOP were performed with a 1.6 mm diameter stainless steel surgical drill (103.045, Neodent, Curitiba, PR, Brazil) perpendicular to the alveolar bone, 3 mm deep on the buccal surface,¹⁰ and 5 mm, on the palate, due to the greater thickness of the soft tissue in this region. The depth of the MOP was

controlled and standardized by a cursor developed and patented by the research group (Figs. 2C and 2D);

3. Two MOPs were aligned vertically distally from each upper incisor. Due to the proximity of the roots in the cervical third, only the most apical perforation was performed between the two central incisors. The first MOP was performed 6 mm away from the gingival margin, and the second, 5 mm from the first, in the vertical direction.¹⁰ A total of 9 MPO on the buccal surface and 9 on the palate was performed.

At the end of the procedure, patients were oriented about the postoperative care, including maintaining good oral hygiene.^{10,22} No medication was prescribed, and patients were instructed to take Paracetamol 500 mg (every 6 hours) just in case of pain.

Primary and secondary results

Digital models were obtained in “.stl” format (stereolithography) by intraoral scanning (3Shape, Copenhagen, Denmark) on the same day of installation of the incisors’ retraction mechanics (T0), after two weeks (T1), as well as after one (T2), two (T3), three (T4) and four months (T5). CBCT scans were taken before the installation of the mechanics and after four months. All exams were performed on an i-CAT® scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, USA) with extended skull FOV (Field of View) 23 cm x 17 cm, 0.3 mm³ voxel, 36.90 mA, 120 kV and exposure time of 40 seconds, generating files in DICOM format (Digital Imaging and Communications in Medicine). All measurements were performed by the same orthodontist, after receiving specific training.

Primary results. The primary result is represented by the anteroposterior displacement of the upper incisors, as well as the spaces distal to the lateral incisors closure, assessed on digital models and using the initial CBCT scan for the creation of reference plans, using two software. In Ortho Analyzer 2019 (3Shape, Copenhagen, Denmark), the comparison models (T1 to T5) were superimposed on the T0 model by the “3D surface-to-surface matching” method with the “three points and one surface” tool,²¹ using the third palatal rugae as reference. This region is considered a stable structure even after orthodontic treatment with extraction of

premolars, and can be used as reference for the superimposition of digital models reliably.^{23–25} Two medial points on the third rugae, bilaterally, and a third point in the middle of the right third rugae were used. The selected surface included the medial region of the third right and left rugae and a posterior expansion over the palatal raphe, with approximately 8 clicks (Fig. 3). The sequences of the six maxillary models of each patient were exported of the Ortho Analyzer software after superimposition.

Using Vista Dent 3D software (Dentsply GAC, York, Pa, USA), the maxilla was oriented in the initial CBCT in all patients as follows: (1) frontal view: line that passes through the right and left zygomatic maxillary sutures selected in the coronal slice passing through the center of the crown of the first right upper molar, parallel to the ground (Fig. 4A); (2) lateral view: line passing through the anterior nasal spine (ANS) and posterior nasal spine (PNS) in the sagittal slice, parallel to the ground (Fig. 4B). The PNS point was marked in the same sagittal section where the most anterior point of the maxilla (ANS) was identified; (3) top view: line passing through the points ANS and PNS in the axial section, perpendicular to the ground (Fig. 4C).

Then, the following reference planes were created using points selected in the initial CBCT scan (Figs. 4D-F): (1) axial plane: formed by the most posterior point of the incisor foramen, selected in the first axial slice in which it is posteriorly closed, and by the most posterior points of the right and left greater palatal foramen, selected in the first axial section in which the right foramen is closed in the anterior region; (2) sagittal plane: formed by points ANS and PNS, selected as described above, and perpendicular to the axial plane; (3) coronal plane: formed by the same points in the right and left palatal foramen and perpendicular to the sagittal plane. After the generation of the reference plans, the sequences of digital models were imported into the initial CBCT of each patient using Vista Dent 3D. To allow the superimposition of T0 model to the initial CBCT, the models T1 to T5 were hidden, leaving only the contour of the reference model (T0), that was manually superimposed on the initial CBCT. Since all models in the sequence were registered in the region of the third palatal rugae of model T0, when it was superimposed on the initial CBCT, all the others (T1 to T5) moved concomitantly.

Then, the points listed in Table I and shown in Figure 5A were selected in models T0 to T5. To select these points in each model, the others of the sequence were hidden, avoiding any influence on the choice of points position. After the selection of the points, the software automatically calculates the distance from the

axial, sagittal and coronal reference planes to each of the points created, as well as the distance between points UR2D to UR3M and UL2D to UL3M, demonstrating the spaces closure with retraction of the upper incisors (Fig. 5). The anteroposterior displacement of the incisors and first molars was calculated using the distance between points UL2I, UL2C, UL1I, UL1C, UR1I, UR1C, UR2I, UR2C, UR6 and UL6 to the coronal plane, and is represented by the differences between the measurements obtained in each model (T1 to T5) in relation to the initial reference model (T0). Since the four incisors were retracted simultaneously, a single measure was calculated for each patient at each moment (T1 to T5), indicating the average displacement of the four incisors.

Secondary results. The changes in the inclination and length of the central incisors were calculated using the initial and final CBCT. To perform the analyzes, the skull in the initial CBCT was oriented as previously described.^{26,27} Then, the initial and final CBCT were superimposed by the “voxel-based method” in the Dolphin Imaging software (Chatsworth, CA, USA), using the cranial base as reference.²⁸

The inclination of the central incisors was then assessed by means of the angle formed by the long axis of each central incisor in the initial and final CBCT. The long axis of the incisors was determined in the sagittal section in which the greatest length of these teeth was seen (Fig. 6A).

In order to investigate the occurrence of root resorption, the initial and final length of the central incisors were measured by creating a 2D line, passing through the lowest point of the incisal edge and the highest point of the root apex. To perform these measurements, a sagittal cut was used in which the longest length of these teeth was seen (Figs. 6B and 6C).

Statistical analysis (primary and secondary outcomes, subgroup analyses)

The t and chi-square tests were used for intergroup comparison of age and sex distribution, respectively. All measurements were repeated in 60 digital models and 20 CBCT scans randomly selected after a two-weeks interval. The intraclass correlation coefficient (ICC) ranged from 0.86 to 0.99, indicating good intra-examiner reproducibility. The systematic error was assessed using the paired t-test and no significant results were found. D’Agostino and Pearson test demonstrated that the data obtained presented a normal distribution. Means and standard deviations were

then calculated for all variables. The intra and intergroup comparisons of the displacement of the incisors and molars and the spaces closure during time were performed using the Two-way ANOVA test followed by the Bonferroni post hoc. Intergroup comparisons of the changes in inclination and length of the central incisors were performed using the t test. The paired t-test was used for intragroup evaluation of the changes in central incisors length. The analyzes were processed using Graph Pad Prism 5.00 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) and the significance level adopted was 5%.

RESULTS

Participant flow

Patients were recruited between February 2016 and June 2017, with the final data collection in December 2019. Initially, a total of 42 patients were included in this study, with a 1:1 allocation ratio. After the study started, two subjects were excluded, one due to irregular attendance, and the other due to pregnancy. During the data analysis, three subjects were excluded because the digital models were damaged. Then, this clinical trial was concluded with 18 subjects in the control group, and 19 in the experimental group (Fig. 7).

Baseline data

Data regarding age and sex of the subjects in each group are listed in Table II. The mean age in the control group was $22,2 \pm 4,2$ years, and in the experimental group the mean age was $24,3 \pm 8,1$ years. The comparison of age and sex distribution between the groups did not revealed significant differences.

Numbers analyzed for each outcome, estimation and precision, subgroup analyses

All data referring to the total of 37 individuals were analyzed. No digital models or TCFC were missing. Therefore, a total of 222 models and 75 TCFCs were analyzed. During the evaluation period, there was no loss of MI, brackets, or occlusal interference on the retraction movement.

Primary outcome. The intragroup evaluation revealed that in the control group, there were statistically significant differences in incisor displacement at the incisal level between 1 and 2 months; and at the cervical level, between 2 and 3 months

(Table III). In the MPO group, significant differences in incisor displacement at the incisal level were observed between 1 and 2 months and between 2 and 3 months; at the cervical level, between 2 weeks and 1 month, between 1 and 2 months and between 2 and 3 months (Table III). In the control and MOP groups, the comparison of space closure through the evaluation periods did not reveal a statistically significant difference (Table III). The intergroup analysis at each of the evaluation times (T1 to T5) did not reveal statistically significant differences in the displacement of the incisors and space closure (Table III).

Secondary outcome. There were no statistically significant intergroup differences regarding the inclination of both upper central incisors (Table IV). The measurement of the length of both central incisors decreased significantly in both groups. However, the intergroup comparison did not show statistically significant differences (Table V). The intra and intergroup evaluation of the anchorage loss did not show significant differences over all the evaluation periods (Tables III).

Harms. No negative effects related to the procedures performed were reported by the participants.

DISCUSSION

In the past years, MOP has called the attention of both clinicians and researchers since it is a minimally invasive procedure. However, scientific evidence about the effects of MOP is limited to date. The researches available in the literature have important weaknesses, leading to unreliable results. Additionally, they are not conclusive regarding the real benefit of MOP in accelerating the orthodontic tooth movement,^{3,14,15} and the effects of MPO on the retraction of upper incisors have never been investigated. Then, this randomized controlled clinical trial was conducted in order to provide relevant scientific evidence with results obtained using reliable methods, filling this gap of the literature.

Primary results. The results of the present study revealed significant differences in the comparison of the anteroposterior displacement of the incisors between specific times of evaluation in both control and MOP groups. However, despite these results, the comparison between the groups in each moment (T1 to T5) did not show significant differences. Regarding the space closure on both sides, intra and intergroup comparisons did not show significant differences. The primary results

obtained, therefore, indicate that MOP do not induce the acceleration of the upper incisor retraction.

Comparisons of the results of the present study with those of other studies are difficult since MOP have not been evaluated in the retraction movement of upper incisors yet. Considering this limitation, the present study will be contrasted with those available in the literature, that performed the evaluation of the canine retraction movement, with the exception of one that performed a mass retraction of the anterior teeth.

The results of the present study differ from some previous studies.^{3,12,14} Alikhani et al found a 2.3-fold increase in the canine distalization movement performing three MOP distal to this tooth. However, this study presents an important risk of bias due to the small sample size ($n = 10$), a short follow-up period (28 days) and the lack of mention of the randomization method. In addition, the use of the lateral incisor as reference for measuring the canine's movement is unreliable, since it does not represent a stable structure and can move with canine retraction.

Unlike the present study, in others, the MOP was repeated every 28 days.^{12,14} The periodic performance of a new surgical injury may have been responsible for the significant increase in the rate of orthodontic tooth movement reported by the authors.^{12,14} However, when the methods used by the authors are carefully analyzed, some important limitations can be raised. Attri et al¹⁴ evaluated the tooth movement measuring the extraction space closure, instead of the displacement of the anterior teeth itself. Since skeletal anchorage was not used for mass retraction of the anterior teeth, a bias related to the contribution of the anchorage loss in the anterior spaces closure is present and cannot be discarded.¹⁴ Additionally, Sivarajan et al¹² measured the displacement of the distalized canines with a digital caliper directly in patient's mouth, using the present MI as a reference. This method does not allow the performance of measurements with accuracy and good reproducibility, and do not allow blinding during the collection of the data. In addition, since MIs were used in the orthodontic mechanics, they do not represent reliable structures to be used as a reference for measuring tooth movement.¹²

The results of the present study, however, corroborate with those of others that also used the superimpositions of digital models method for the evaluation of tooth movement and did not find significant acceleration.^{10,11} So far, Aboalnaga et al¹¹ research were the only that measured the anteroposterior movement of canines

purely, using a coronal plane as a reference, as in the present study. When 3D displacement measurements are taken, displacement in the three planes of space is considered. Therefore, higher values can give a false impression of acceleration of the tooth movement, since part of this displacement may not be in the direction of the application of the force.

In the present study, unlike previous studies, perforations were performed on both the buccal and palatal surfaces.^{3,11,12} To incisors retraction movement occur, the palatine bone tissue also needs to be reabsorbed, and, for this reason, the cortical bone of this region was also stimulated through MOP in the present study. However, the maintenance of the periosteum seems to be an important argument to explain the ineffectiveness of minimally invasive procedures in accelerating tooth movement,²⁹⁻³¹ even with the performance of a greater number (18) of micro osteoperforations. It has been demonstrated that the opening of the surgical flap is of great importance for the activation of the rapid acceleratory phenomenon (RAP), since the displacement of the periosteum influence the blood supply of the cortical bone.³² These ischemic conditions, associated with trauma, result in the death of osteoblasts on the bone surface. Due to lack of nutrition, the cortical repair capacity is compromised, and the cells present in the bone marrow are recruited.²⁹

Secondary results. The evaluation of the incisors inclination with the retraction movement is very important, since the lingual inclination in place of the body movement can give a false impression of acceleration of the orthodontic movement. The results of the present study revealed that the performance of MOP does not significantly influence the inclination of the central incisors during the retraction mechanics. This result contrasts with that of the only previous study that used CBCT to conduct this assessment, that found that although the MOP did not accelerate the distalization of canines, they allowed them to move more bodily, with less inclination in relation to the control.¹¹

The Wilcko brothers in 2001 suggested that alveolar corticotomies decrease the incidence of root resorption, that is seen as an undesirable and unpredictable orthodontically induced effect.³³ However, the scientific evidence found in the literature is limited to prove the correlation between minimally invasive surgery to accelerate tooth movement and the occurrence of root resorption.^{34,35} The results of the present study revealed that in both groups the decrease in the length of the central incisors was statistically significant. However, corroborating with previous

studies that measured the length of canines distalized with MOP or not, the intergroup comparison did not reveal significant differences in the present study.^{10,11}

In order to obtain the reinforcement of the anchorage during the retraction of the upper incisors, MI were installed mesially to the first upper molars in the present study, as it is an area of good availability and bone quality.³⁶ The anchorage loss observed in the present study was not clinically relevant and was within the values found in the literature for the use of anchoring with MI, ranging from 0.06 to 0.78 mm.³⁷ In addition, the intergroups comparison revealed that no significant differences were found in the anchorage loss and MI use minimized molar movement in both MOP and control groups.

Limitations

Since the retraction of the upper incisors was conducted in this study, the split-mouth design was not possible, and the results suffered the interference of the biological variability that exists between the individuals of the different groups. To counter this limitation, the use of a robust and homogeneous sample was adopted. In addition, the distribution of the participants was similar in relation to age and sex, as well as all the mechanics of retraction of the upper incisors were performed by the same orthodontist. Moreover, a 4-month follow-up period was adopted in order to assess the effect of MOP on the acceleration of tooth ment, considering that the literature suggests that the FAR stimulated through surgical procedures has a duration limited to the first month.³⁸

Generalization

The results suggest that the MOP do not induce acceleration of the orthodontic movement in the anterior teeth retraction, as well as they do not interfere in the central incisors' inclination, in the occurrence of root resorption, and in the anchorage loss, evidencing the lack of benefit of the use of this surgical procedure in the retraction of upper incisors. However, these results cannot be generalized, since the evaluation was conducted in a single center and by the same clinician.

CONCLUSIONS

1. The 18 MPO performed at the same moment for retraction of the upper incisors did not accelerate the rate of displacement of the incisors and the closure of the spaces;
2. No significant differences were found in tooth inclination, root resorption and loss of anchorage with the performance of MPO for retraction of the upper incisors.

Financial Support

This study was funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Brazil (code 001) and by the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (FIP and PIBIC).

REFERENCES

1. Uribe F, Padala S, Allareddy V, Nanda R. Patients', parents', and orthodontists' perceptions of the need for and costs of additional procedures to reduce treatment time. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014;145(4 SUPPL.):S65–S73.
2. Norman NH, Worthington H, Chadwick SM. Nickel titanium springs versus stainless steel springs: A randomized clinical trial of two methods of space closure. *J Orthod*. 2016;43(3):176–185.
3. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, et al. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2013;144(5):639–648.
4. Wilcko MT, Wilcko WM, Bissada NF. An Evidence-Based Analysis of Periodontally Accelerated Orthodontic and Osteogenic Techniques: A Synthesis of Scientific Perspectives. *Semin Orthod*. 2008;14(4):305–316.
5. Paetyangkul A, Türk T, Elekda-Türk S, et al. Physical properties of root cementum: Part 16. Comparisons of root resorption and resorption craters after the application of light and heavy continuous and controlled orthodontic forces for 4, 8, and 12 weeks. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2011;139(3):279–284.
6. Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod*. 2008;78(3):502–509.
7. Pachêco-Pereira C, Pereira JR, Dick BD, Perez A, Flores-Mir C. Factors associated with patient and parent satisfaction after orthodontic treatment: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;148(4):652–659.
8. Henneman S, Von Den Hoff JW, Maltha JC. Mechanobiology of tooth movement. *Eur J Orthod*. 2008;30(3):299–306.
9. Krishnan V, Davidovitch Z. On a path to unfolding the biological mechanisms of orthodontic tooth movement. *J Dent Res*. 2009;88(7):597–608.
10. Alkebsi A, Al-Maaitah E, Al-Shorman H, Abu Alhajja E. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class II malocclusion: A randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018;153(6):771–785.
11. Aboalnaga AA, Salah Fayed MM, El-Ashmawi NA, Soliman SA. Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: a split-mouth randomized

controlled trial. *Prog Orthod.* 2019;20(1).

12. Sivarajan S, Doss JG, Papageorgiou SN, Cobourne MT, Wey MC. Mini-implant supported canine retraction with micro-osteoperforation: A split-mouth randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2019;89(2):183–189.
13. Feizbakhsh M, Zandian D, Heidarpour M, Farhad SZ, Fallahi HR. The use of micro-osteoperforation concept for accelerating differential tooth movement. *J World Fed Orthod.* 2018;7(2):56–60.
14. Attri S, Mittal R, Batra P, et al. Comparison of rate of tooth movement and pain perception during accelerated tooth movement associated with conventional fixed appliances with micro-osteoperforations—a randomised controlled trial. *J Orthod.* 2018;45(4):225–233.
15. Alfawal AMH, Hajeer MY, Ajaj MA, Hamadah O, Brad B. Effectiveness of minimally invasive surgical procedures in the acceleration of tooth movement: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2016;17(1):33.
16. Hoffmann S, Jost-Brinkmann P-G, Papadopoulos N, Präger TM, Visel D, Visel T. Influence of piezotomy and osteoperforation of the alveolar process on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic review. *J Orofac Orthop.* 2017;78(4):301–311.
17. Qamruddin I, Alam MK, Khamis MF, Husein A. Minimally Invasive Techniques to Accelerate the Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review of Animal Studies. *Biomed Res Int.* 2015;2015:608530.
18. Shahabee M, Shafae H, Abtahi M, Rangrazi A, Bardideh E. Effect of micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement-a systematic review and a meta-analysis. *Eur J Orthod.* junho 2019.
19. Garib D, Miranda F, Yatabe MS, et al. Superimposition of maxillary digital models using the palatal rugae: Does ageing affect the reliability? *Orthod Craniofac Res.* 2019;22(3):183–193.
20. Choi J-I, Cha B-K, Jost-Brinkmann P-G, Choi D-S, Jang I-S. Validity of palatal superimposition of 3-dimensional digital models in cases treated with rapid maxillary expansion and maxillary protraction headgear. *Korean J Orthod.* 2012;42(5):235–241.
21. Aksakalli S, Calik B, Kara B, Ezirganli S. Accelerated tooth movement with piezocision and its periodontaltransversal effects in patients with Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 2016;86(1):59–65.

22. Charavet C, Lecloux G, Bruwier A, et al. Localized Piezoelectric Alveolar Decortication for Orthodontic Treatment in Adults: A Randomized Controlled Trial. *J Dent Res*. 2016;95(9):1003–1009.
23. Almeida MA, Phillips C, Kula K, Tulloch C. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. *Angle Orthod*. 1995;65(1):43–48.
24. Bailey LJ, Esmailnejad A, Almeida MA. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts in extraction and nonextraction cases. *Angle Orthod*. 1996;66(1):73–78.
25. Hoggan BR, Sadowsky C. The use of palatal rugae for the assessment of anteroposterior tooth movements. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2001;119(5):482–488.
26. Mordente CM, Palomo JM, Horta MCR, Souki BQ, Oliveira DD, Andrade I. Upper airway assessment using four different maxillary expanders in cleft patients: A cone-beam computed tomography study. *Angle Orthod*. 2016;86(4):617–624.
27. Figueiredo DSF, Bartolomeo FUC, Romualdo CR, et al. Dentoskeletal effects of 3 maxillary expanders in patients with clefts: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(1):73–81.
28. Bazina M, Cevitanes L, Ruellas A, et al. Precision and reliability of Dolphin 3-dimensional voxel-based superimposition. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018;153(4):599–606.
29. Swapp A, Campbell PM, Spears R, Buschang PH. Flapless cortical bone damage has no effect on medullary bone mesial to teeth being moved. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2015;147(5):547–558.
30. Tunçer Nİ, Arman-Özçırpıcı A, Oduncuoğlu BF, Göçmen JS, Kantarcı A. Efficiency of piezosurgery technique in miniscrew supported en-masse retraction: a single-centre, randomized controlled trial. *Eur J Orthod*. 2017;39(6):586–594.
31. Uribe F, Davoody L, Mehr R, et al. Efficiency of piezotome-corticision assisted orthodontics in alleviating mandibular anterior crowding-a randomized clinical trial. *Eur J Orthod*. 2017;39(6):595–600.
32. Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: A review. *Henry Ford Hosp Med J*. 1983;31(1):3–9.
33. Weltman B, Vig KWL, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;137(4):462–476.

34. Patterson BM, Dalci O, Papadopoulou AK, et al. Effect of piezocision on root resorption associated with orthodontic force: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2017;151(1):53–62.
35. 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.
36. Schnelle MA, Frank ;, Beck M, Jaynes RM, Huja SS. *A Radiographic Evaluation of the Availability of Bone for Placement of Miniscrews*. Vol 74.; 2004.
37. Jambi S, Walsh T, Sandler J, Benson PE, Skeggs RM, O'Brien KD. Reinforcement of anchorage during orthodontic brace treatment with implants or other surgical methods. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;2014(8).
38. Aboul-Ela SMBED, El-Beialy AR, El-Sayed KMF, Selim EMN, El-Mangoury NH, Mostafa YA. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2011;139(2):252–259.

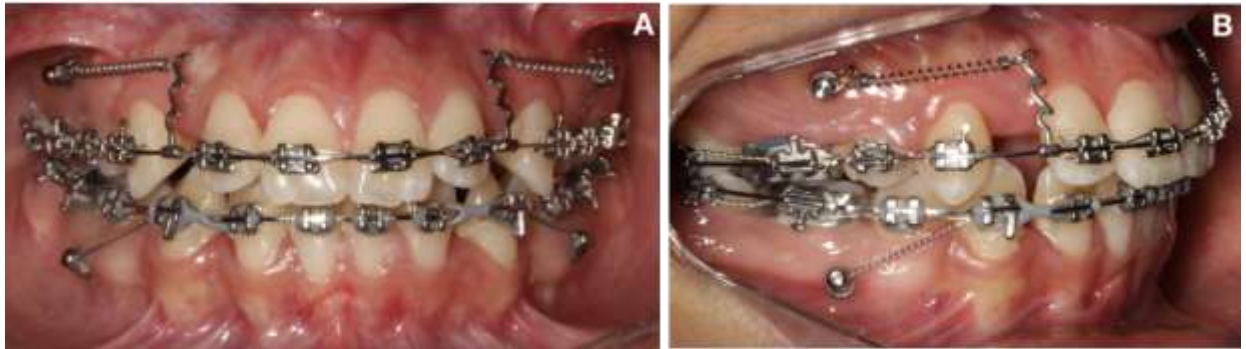
FIGURES

Fig. 1. Upper incisors orthodontic retraction mechanics using MI as anchorage and nickel-titanium springs. **A**, frontal view; **B**, lateral view.

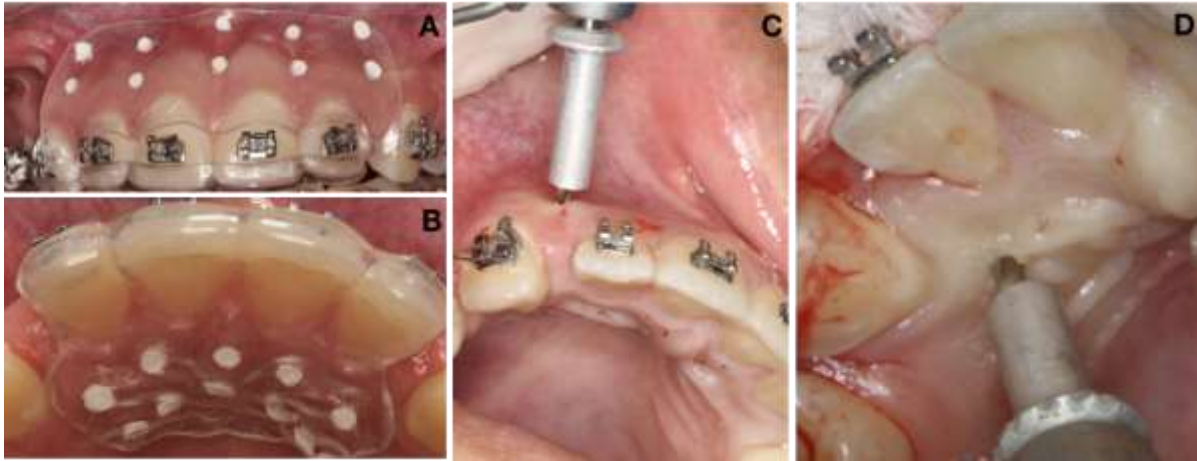


Fig. 2. Micro-osteoperforations: surgical guides and procedure. **A and B**, surgical guides used to MOPs performance; **C and D**, performance of MPOs on the vestibular and palatal surfaces using a cylindrical surgical drill with 1.6 mm of diameter, to which the cursor was added to limit the depth of the perforation, 3 mm in the buccal surface (C) and 5 mm in the palate (D).

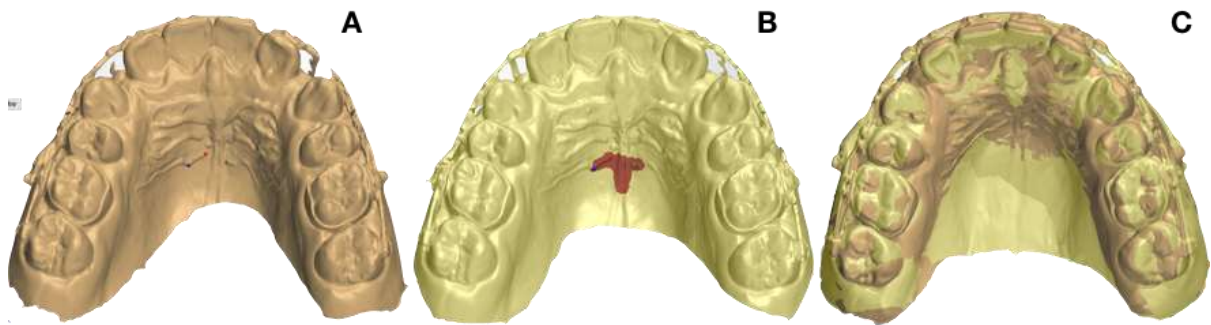


Fig. 3. Superimposition method of digital models. **A and B**, selection of three points (two medial points on the third palatal rugae, bilaterally, and a third point on the middle region of the third right rugae) and one surface (medial region of the right and left third rugae and a posterior expansion over the palatal raphe with approximately 8 clicks as reference; **C**, superimposition of reference and comparison models.

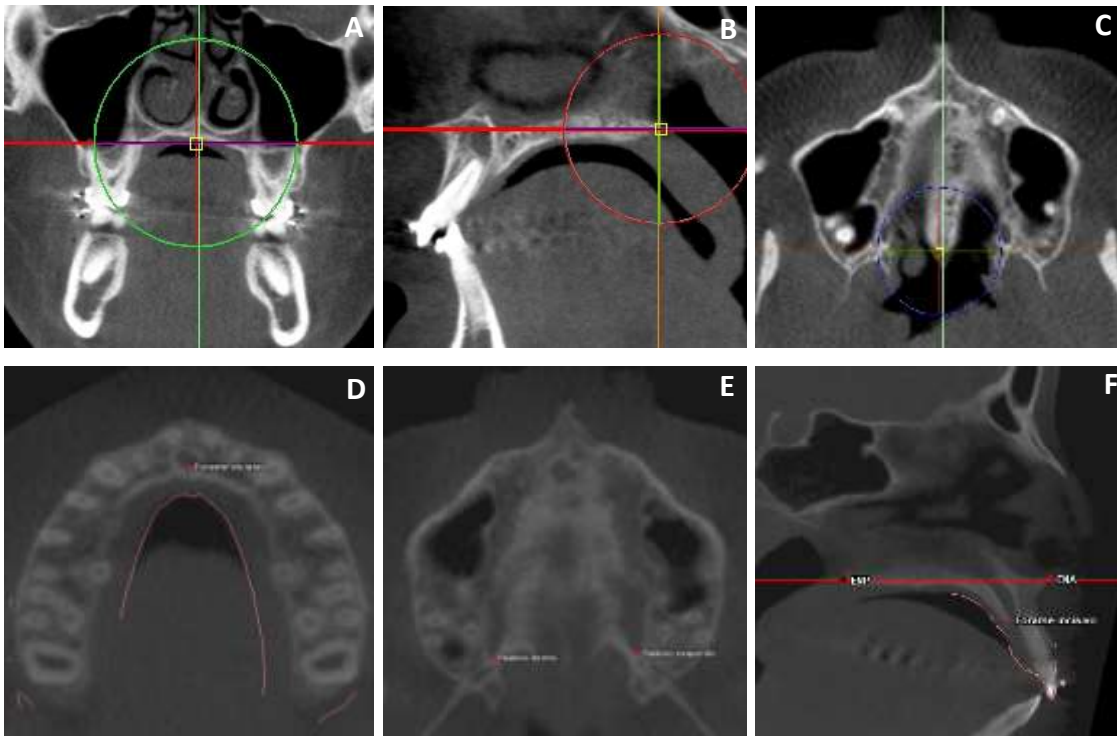


Fig. 4. Maxillary orientation and determination of points for the generation of reference plans in the initial CBCT. **A, B and C**, orientation of the maxilla in Vista Dent 3D software. **A**, frontal view: zygomatic maxillary sutures oriented parallel to the ground; **B**, sagittal view: palatal plane oriented parallel to the ground; **C**, top view: ANS and PNS oriented perpendicular to the ground. **D, E and F**, selection of points used for the creation of reference planes in Vista Dent 3D software: incisor foramen (D), greater palatine foramen, right and left (E), ANS and PNS (F).

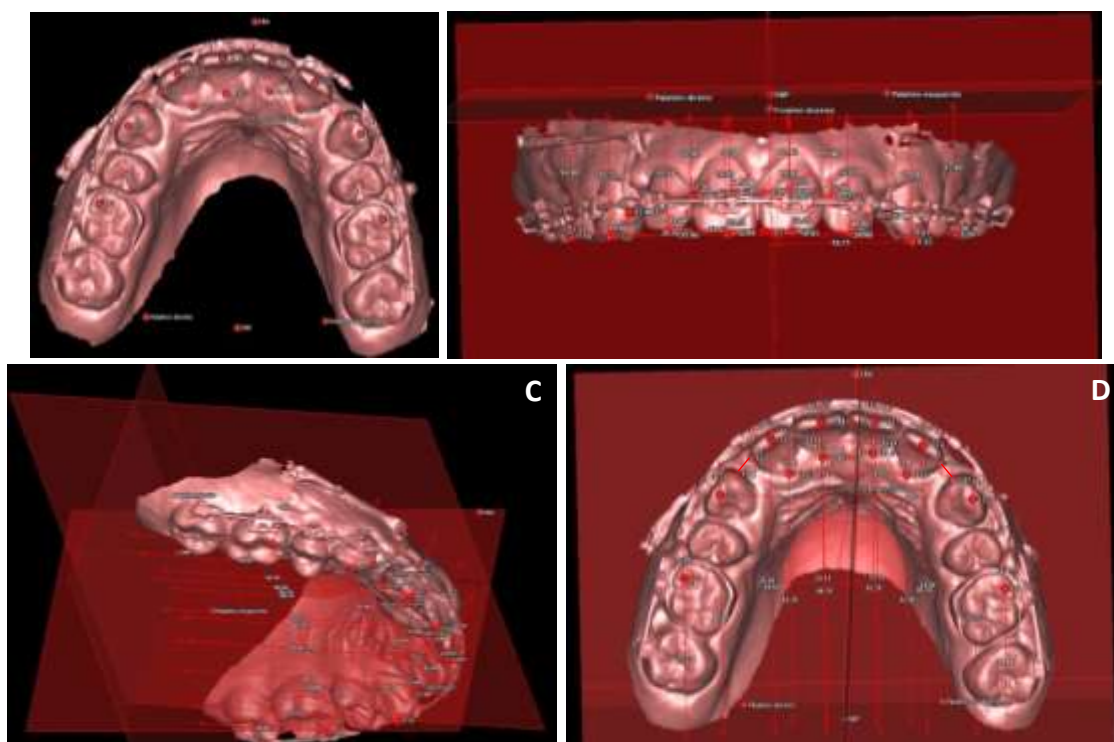


Fig. 5. Analysis of digital models. **A**, points selected on the digital models for measuring the anteroposterior displacement of the incisors and molars, and the spaces closure; **B**, **C** and **D**, measurements automatically generated by Vista Dent 3D software.



Fig. 6. Analysis of the central incisors' inclination and length. **A**, angle formed by the long axis of the central incisors in T0 (white) and after 4 months (green); **B**, measurement of the initial total length of the central incisor; **C**, measurement of the total length of the central incisor after 4 months.

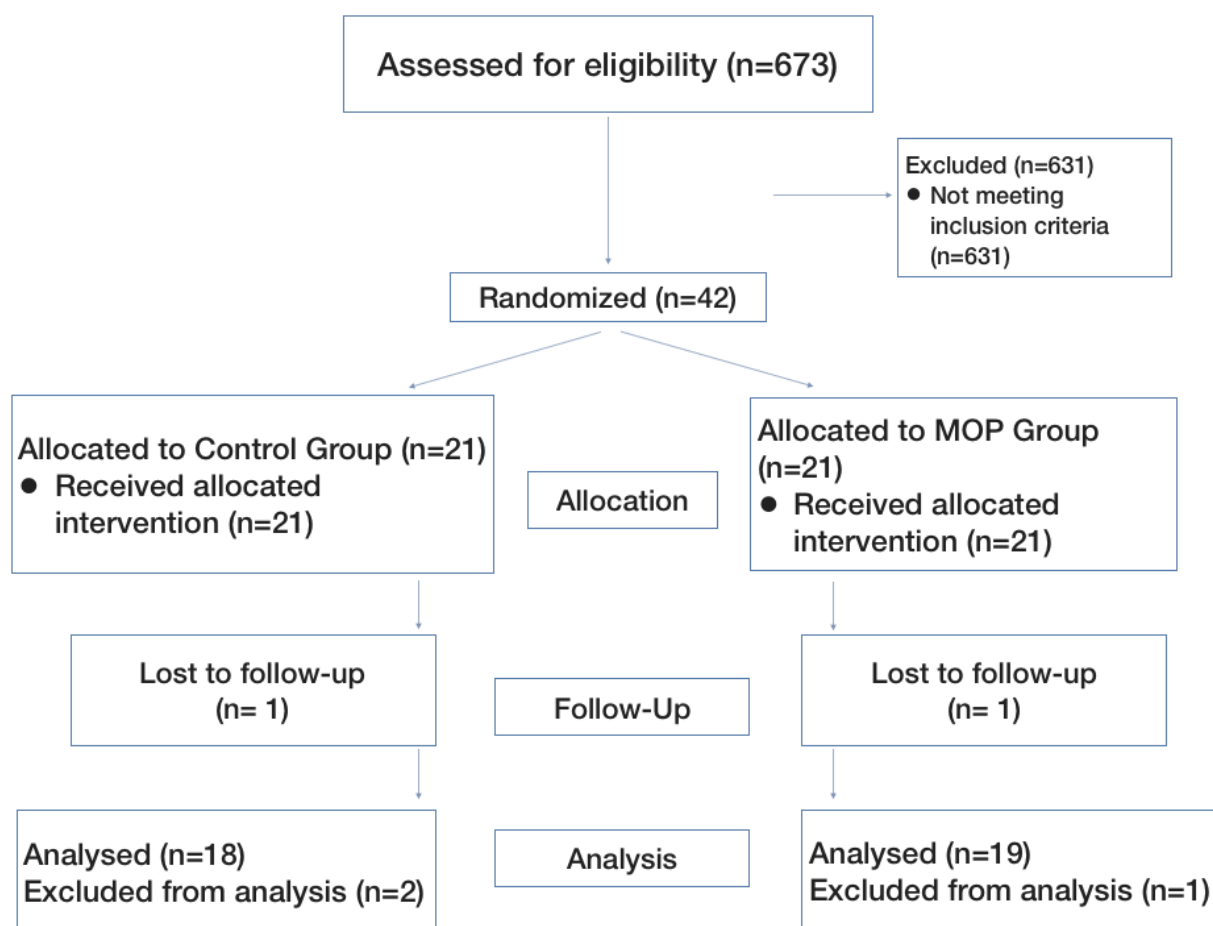


Fig. 7. CONSORT flow chart.

Table I. Points used for the measurement of dental displacements and space closure.

UL6	Central point of the apex of the mesiobuccal cusp of UL6
UL2I	Midpoint of incisal edge of UL2
UL2C	Midpoint of the cervical palatal margin of UL2
UL1I	Midpoint of incisal edge of UL1
UL1C	Midpoint of the cervical palatal margin of UL1
UR1I	Midpoint of incisal edge of UR1
UR1C	Midpoint of the palatal cervical margin of UR1
UR2I	Midpoint of incisal edge of UR2
UR2C	Midpoint of the cervical palatal margin of UR2
UR6	Central point of the apex of the mesiobuccal cusp of UR6
UL2D	Most prominent point on the distal surface of UL2
UR2D	Most prominent point on the distal surface of UR2
UL3M	Most prominent point on the mesial surface of UL3
UR3M	Most prominent point on the mesial surface of UR3

Table II. Age and gender distribution and comparison between the groups.

	Age (years)		Gender		
	Mean (sd)	* P value	M	F	** P value
Control Group	22,2 ± 4,2	ns	9	9	ns
MOP Group	24,3 ± 8,1		8	11	

* P value obtained by t test; ** P value obtained by chi-square test; sd, standard deviation; M, male; F, female; ns, non-significant (P >0.05).

Table III. Displacement of the incisors and molars and space closure.

Groups	Anteroposterior displacement	2 weeks (T0-T1)	1 month (T0-T2)	2 months (T0-T3)	3 months (T0-T4)	4 months (T0-T5)	* P value
Control	Incisors – incisal	0.50 ± 0.60	0.77 ± 0.67	1.41 ± 0.84	1.88 ± 0.74	2.29 ± 1.09	ns ^{a,c,d} P<0.05 ^b
	Incisors – cervical	0.30 ± 0.59	0.32 ± 0.21	0.61 ± 0.27	1.10 ± 0.38	1.39 ± 0.61	ns ^{a,b,d} P<0.05 ^c
	Right space	0.16 ± 0.31	0.29 ± 0.29	0.68 ± 0.56	1.04 ± 0.74	1.32 ± 1.02	ns
	Left space	0.30 ± 0.44	0.41 ± 0.47	0.75 ± 0.60	1.14 ± 0.79	1.49 ± 1.01	ns
	UR6	0.14 ± 0.60	0.05 ± 0.32	0.04 ± 0.29	- 0.02 ± 0.36	- 0.16 ± 0.69	ns
	UL6	0.17 ± 0.73	0.02 ± 0.31	0.01 ± 0.38	- 0.04 ± 0.32	- 0.06 ± 0.49	ns
MOP	Incisors – incisal	0.40 ± 0.27	0.79 ± 0.37	1.47 ± 0.63	2.09 ± 0.68	2.62 ± 0.75	ns ^{a,d} P<0.05 ^{b,c}
	Incisors – cervical	0.28 ± 0.24	0.41 ± 0.27	0.89 ± 0.40	1.36 ± 0.43	1.73 ± 0.38	ns ^a P<0.05 ^{b,c,d}
	Right space	0.20 ± 0.34	0.46 ± 0.50	0.84 ± 0.80	1.33 ± 0.98	1.70 ± 1.20	ns
	Left space	0.34 ± 0.35	0.60 ± 0.43	1.08 ± 0.70	1.60 ± 0.84	2.01 ± 0.98	ns
	UR6	- 0.14 ± 0.71	0.08 ± 0.21	0.13 ± 0.32	0.12 ± 0.30	0.04 ± 0.43	ns
	UL6	0.01 ± 0.35	0.13 ± 0.30	0.10 ± 0.43	0.14 ± 0.22	0.08 ± 0.33	ns
		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	** P value

Values in millimeters. * P value obtained by Two-way ANOVA test, intragroups comparison; ** P value obtained by Two-way ANOVA test, intergroups comparison; ns, non-significant (P >0.05); ^a 2 weeks *versus* 1 month; ^b 1 month *versus* 2 months; ^c 2 months *versus* 3 months; ^d 3 months *versus* 4 months.

Table IV. Central incisors' inclination.

Central incisors	Control Group	MPO Group	* P value
UR1	5.66 ± 4.70	6.86 ± 3.84	ns
UL1	5.29 ± 4.60	6.07 ± 3.60	ns

Values in degrees. * P value obtained by t test; ns, non-significant (P >0.05).

Tabela V. Incisors' length.

Groups	Central incisors	Initial	Final	Mean of differences (Final - Initial)	* P value
Control	UR1	23.87 ± 2.19	23.12 ± 2.22	- 0.77 ± 0.38	p<0.05
	UL1	23.77 ± 2.05	23.01 ± 1.92	- 0.76 ± 0.54	p<0.05
MOP	UR1	23.16 ± 1.14	22.29 ± 1.32	- 0.87 ± 0.48	p<0.05
	UL1	22.76 ± 1.57	21.98 ± 1.99	- 0.78 ± 0.93	p<0.05
				ns	** P value

Values in milimeters. * P value obtained by paired t test, intragroups comparison; ** P value obtained by t test non pared, intergroups comparison; ns, non-significant (P >0.05).

7 ARTIGO CIENTÍFICO 2

3D superimposition of digital models in cases of upper incisors retraction using the third palatal rugae

Artigo preparado de acordo com as normas do periódico alvo: **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Qualis A3).**

Normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico: <https://www.ajodo.org/content/authorinfo>.

3D SUPERIMPOSITION OF DIGITAL MODELS IN CASES OF UPPER INCISORS RETRACTION USING THE THIRD PALATAL RUGAE

Carolina Morsani Mordente,^a Dauro Douglas Oliveira,^b Juan Martin Palomo,^c Rodrigo Villamarim Soares^d

^a PhD student, Graduate Program in Dentistry, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^b Associate Professor and Program Director, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^c Associate Professor and Program Director, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Case Western Reserve University, Cleveland, USA;

^d Associate Professor and Graduate Program in Dentistry director, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Corresponding author: Rodrigo Villamarim Soares, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Avenida Dom José Gaspar, 500, Prédio 46, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 30535-901, e-mail: rodrigovsoares@gmail.com.

ABSTRACT

Introduction: The objective was to evaluate the best fit method of superimposition of 3D digital models using the third palatal rugae region as reference in patients undergoing the upper incisors retraction. **Methods:** The sample consisted of maxillary digital models and cone beam computed tomography (CBCT) scans of 22 patients, obtained before and 4 months after the beginning of the upper incisors' retraction mechanics. The digital models were superimposed using a specific region of the third palatal rugae as reference by the best fit method in Ortho Analyzer software. The CBCTs were superimposed on the cranial base using the voxel method in Dolphin Imaging software. 2D and horizontal displacement of central incisors and canines were measured on the models and CBCT scans. The measurements performed on the CBCTs were considered the gold standard. In order to compare the two superimposition methods, the measurements obtained from both were compared using the paired t test. Additionally, the reliability between the methods was assessed using the intraclass correlation coefficient (ICC). **Results:** The comparison between the groups did not reveal any statistically significant differences in any of the measures. The ICC for the 2D displacement measurements of elements UR1, UL1, UR3 and UL3 was 0.90, 0.79, 0.62 and 0.61, respectively. For the horizontal displacement, the ICC was 0.90, 0.87, 0.70 and 0.66. **Conclusions:** The superimposition of digital models using the best fit method using the third palatal rugae region as reference is valid for evaluating the anteroposterior tooth movement of anterior teeth, with good reliability for the region of central incisors and moderate for the region of the upper canines.

Keywords: Tooth movement. Corrective Orthodontics. Cone-Beam Computed Tomography.

INTRODUCTION

The evaluation of the face and dental occlusion using images is of great importance for the study of growth and development, diagnosis of malocclusions, planning of orthodontic treatment and evaluation of its results.¹ The superimposition of two-dimensional (2D) cephalograms is traditionally used for this purpose.^{2,3} However, they present some limitations, such as the possible errors related to the identification of reference points and the generation of the radiographic image, such as magnification and, mainly, the impossibility of evaluations in three dimensions (3D).⁴ Radiographic evaluation, however, became more complete with the use of multiplanar images, including those obtained from cone beam computed tomography (CBCT).⁵ The superimposition of CBCT scans allows the evaluation of dental and skeletal changes in a three-dimensional manner, with high precision and reliability, and using high resolution images.^{6,7}

For dental evaluation and manufacture of orthodontic appliances, moldings and plaster models are traditionally used. Plaster models, however, require physical storage space and cannot be superimposed.⁸ Digital models, in turn, are highly accurate and are able to overcome some of the disadvantages associated with the use of plaster models.⁹ Many studies have evaluated tooth movements using digital models obtained during orthodontic treatment,^{10–12} since the development of 3D technologies allowed the superimposition of 3D models.^{13,14} However, the superimposition require the use of stable reference areas, and several studies have investigated the applicability of the palatal rugae and more extensive areas located on the hard palate for this purpose.^{15,16}

The extraction of upper premolars for the treatment of dental class II is a usual treatment modality. The complete retraction of the anterior maxillary teeth and the consequent change in the morphology of the dental arch may affect the morphology of the soft tissue that covers the palate.¹⁷ With this, the choice of stable structures for the superimposition of digital models becomes a challenge. A previous study¹⁵ superimposed digital models of patients undergoing extraction of premolars using mini-implants (MI) as reference. The stability of the 2/3 medial region of the third rugae and its dorsal region on the palate was reported.¹⁵ However, the stability of the MI used as reference is questionable. Previous studies that sought to validate regions of the palate for the superimposition of digital models, used methods that

also have important limitations, such as photographs,¹⁸ holographic technology¹⁰ and the so popular 2D cephalograms.^{13,19}

Considering the limitations that previous studies present, and since the superimposition of digital models using the best fit method using the third palatal rugae as reference has not yet been evaluated in cases of retraction of upper incisors using the CBCTs scans as standard gold, the objective of this study was to conduct this analysis.

MATERIAL AND METHODS

This is a retrospective study using CBCTs and digital maxillary models selected from the database of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais, that was approved by the Research Ethics Committee of the same institution. The exams (CBCTs and digital models) of 22 patients (13 men and 9 women) were selected. Patients' mean age was 24.64 ± 7.21 (16 to 40 years) and all of them underwent orthodontic treatment with extractions of the first maxillary premolars and space closure in two phases (distalization of the canines, followed by the retraction of the upper incisors using MI as anchorage). Extended skull CBCTs and digital maxillary models used for the analysis were obtained before the beginning of the retraction mechanics of the upper incisors (T0) and 4 months after (T1). All CBCTs were taken with an i-CAT® tomography scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, USA) with 23 cm x 17 cm extended skull FOV (Field of View), 0.3 mm³ voxel, 36.90 mA, 120 kV and time of exposure of 40 seconds, generating files in DICOM format (Digital Imaging and Communications in Medicine). The digital models were obtained in ".stl" (stereolithography) format with an intraoral scanner (3Shape, Copenhagen, Denmark).

Traditionally, the comparison of different superimposition methods is carried out by analyzing and comparing distances between points.¹⁹ In the present study, to quantify the possible differences between the superimposition methods of CBCTs and digital models, the 2D and pure horizontal displacement of the central incisors and canines were measured on the CBCTs and models, and then compared. During the orthodontic mechanics of retraction of the upper incisors using MI as anchorage, the region of the incisors and canines is the one that most undergoes dental changes. For this reason, the displacement of these teeth was used as a parameter for the comparison between the two methods.

CBCT's superimposition method

The CBCTs at T0 and T1 were superimposed by the voxel method in the Dolphin Imaging software (Chatsworth, CA, USA). It is a faster method compared to the original,²⁰ accurate and reliable.²¹ The initial CBCTs (T0) were oriented as described in previous studies.^{22,23} Then, the two CBCTs (T0 and T1) were approximated using 3 reference points: two located over the right and left frontozygomatic sutures, and one in the left mental foramen (Fig 1).²¹ Then, using the “auto superimposition” tool available in the software, a specific area at the cranial base was selected as a reference for automatic superimposition (Fig 2).²¹ The accuracy of the superimposition of the two CBCTs was then verified in all sections (sagittal, coronal and axial). The cranial base region was selected as a reference for tomographic superimposition because growth in that region ceases early,²⁴ and the treatment performed during the evaluation period does not cause skeletal changes.

Digital models' superimposition method

The digital model obtained in T0 was used as the reference model. Using the Ortho Analyzer 2019 software (3Shape, Copenhagen, Denmark), the model obtained in T1 was superimposed on the T0 model in the region of the third palatal rugae. The superimposition was performed using the best fit method by selecting 3 points and a surface. The medial points of the third rugae were selected bilaterally, as well as a third point in the middle region of the third right rugae. The surface selected included the medial region of the third rugae, bilaterally, extending posteriorly, with approximately 8 clicks, through the palatine raphe (Fig 3).

Comparison between the superimposition methods

In order to evaluate the differences between the two methods, the following measurements were taken: 2D displacement of the lowest point of the incisal edge of each central incisor and upper canines, as well as the horizontal displacement of the upper central incisors and canines.

Measurements performed on the CBCT. For the analysis of the CBCTs, Dolphin Imaging software was used. In order to perform the measurements of 2D and horizontal displacement of the incisors, an axial slice passing through the limit between the incisal and middle thirds of the central incisors at T0 was selected (Fig 4A). In this image, the sagittal slice passing through the center of the incisal edge of

the incisor was selected (Fig 4B). In this sagittal section, the shortest distance between the lowest points of the incisal border of the central incisors at T0 and T1 was measured and called 2D displacement of these teeth. Then, in the same slice, a line perpendicular to the ground was created passing through the lowest point of the incisal edge of the central incisor at T0. The horizontal displacement was measured by the distance from this line to the lowest point of the incisal border of the central incisor at T1. The same measurement method was adopted for the right and left central incisors. Measurements of canines' 2D and horizontal displacements were performed in the same way. However, the axial slice was rotated, allowing the sagittal section selected for measurements to pass through the center of the crown of these teeth at T0 (Figs 4C and 4D). The same measurement method was adopted for the right and left canines.

Measurements performed on digital models. For the analysis of the digital maxillary models, the "Cross section" tool of the Ortho Analyzer software was used. In an occlusal view of the T0 models, a plane was created perpendicular to the ground, intercepting the center of the incisal edge of the central incisor. The 2D section created by the plane shows the silhouette of the central incisors at T0 and T1, from which it was possible to select the lower points of their incisal edges, allowing the calculation of the 2D and horizontal displacement of these teeth automatically by the software (Fig 5A). The same measurement method was adopted for both central incisors and canines, bilaterally. However, for canine displacement measurements, the plane perpendicular to the ground created using the "Cross section" tool passed through the center of the crown of these teeth at T0 (Fig 5B).

Statistical analysis

Intra-examiner reliability was assessed by repeating measurements on 7 pairs of models and CBCTs, randomly selected after an interval of two weeks and under the same conditions. The intraclass correlation coefficient (ICC) showed good intra-examiner reliability, ranging from 0.97 to 0.99 for measurements in pairs of models and 0.92 to 0.99 for measurements in pairs of CBCTs. All measurements were performed by the same examiner (C.M.). D'Agostino and Pearson test demonstrated that the data obtained had a normal distribution. Means and standard deviations were then calculated for all variables. The comparison between the methods was evaluated based on the measurements obtained in the pairs of models and CBCTs,

using the paired t test. A value of $P \leq 0.05$ was considered statistically significant. The reliability between the two methods was assessed based on the extent to which the measurements in the digital models and in the CBCTs were reproducible under the same conditions. For this purpose, the ICC was used. The analyzes were processed using Graph Pad Prism 5.00 (GraphPad Software, San Diego, California, USA).

RESULTS

The mean and standard deviation values for 2D and horizontal displacement of elements UR1, UL1, UR3 and UL3 are presented in Table I. The comparison between the superimposition methods did not reveal statistically significant differences neither for the 2D nor for the horizontal displacement of the upper incisors and canines ($P > 0.05$).

For the 2D displacement measurements of elements UR1 and UL1, the ICC obtained was 0.90 and 0.79. For the horizontal displacement, the ICC was 0.90 and 0.87. For the 2D displacement measurements of UR3 and UL3, the ICC obtained was 0.62 and 0.61. For the horizontal displacement, the ICC was 0.70 and 0.66 (Table I).

DISCUSSION

CBCTs superimposition represent a reliable and important tool to obtain qualitative, quantitative and three-dimensional information about dental and skeletal changes resulted of orthodontic treatment and / or growth.²⁵ The cranial base has been widely used as reference for CBCTs superimpositions, since this region becomes stable early.²⁴ However, since CBCT is not an exam performed routinely, the superimposition of digital models became of great value for the evaluation and recording of dental changes. The main advantage of the digital dental models in relation to CBCTs is the reduction of patients' exposure to radiation doses whenever sequential evaluation of orthodontic treatment is necessary.²⁶

In the present study, the superimposition of CBCTs was performed automatically by the voxel method,²¹ which offers good precision and reliability in relation to the voxel method introduced by Cevitanes et al,²⁰ but with a significant lower demand of time.²¹ Before the measurements were performed, the superimposition of the CBCTs was qualitatively verified by semitransparent layers in axial, sagittal and coronal sections of the entire region selected as reference,

ensuring the precise superimposition of the initial and final volumes.²¹ It was considered the gold standard for comparisons of digital models superimpositions performed in the present study.^{7,21}

The objective of this study was, therefore, to compare and evaluate the reliability of dental measurements performed with the superimposition of digital models by the best fit method in the Ortho Analyzer software using as reference the region of the third palatal rugae, in relation to the superimposition of CBCTs performed by means of Dolphin Imaging software at the cranial base.

In order to compare the two methods for the analysis of 2D and horizontal dental displacements, the values obtained through both were compared. The results did not reveal significant differences between them, indicating that the superimposition of digital models using the third rugae region as reference is valid for the comparison of 2D and horizontal dental measurements in cases of retraction of upper incisors.

Previous studies sought to validate the superimposition of digital models using different regions of the palate for dental evaluations with different orthodontic treatment modalities.^{10,13,19} However, the present study is the first to conduct this analysis considering the superimposition of CBCTs as a gold standard. Cha et al¹³ used an extensive area on the palate to superimpose digital models of patients undergoing orthodontic treatment with extractions of upper premolars. Comparing the results of this method with superimpositions of cephalograms, the authors concluded that the area of the palate of choice was reliable for measuring dental changes in the horizontal and vertical directions.¹³ However, the use of cephalograms presents the important limitation that they do not take into account the three planes of the space, and it cannot be disregarded.

In the present study, in order to assess the reliability of the method of superimposition of digital models in relation to CBCTs, the ICC was calculated for each of the measurements performed. The results for the 2D and horizontal displacement of the incisors indicated that it is a method as reliable as the CBCT. However, the ICC values for measures related to canines ranged from 0.62 to 0.70, indicating only moderate reliability for this assessment.²⁷ A possible reason for this fact is that the incisal region of the canines presents a very irregular anatomy, since these teeth suffer varying levels of attrition. Therefore, in determining the plane that passes through its long axis, from which the tooth displacement measurements are

performed, if different plans are chosen in the CBCTs and in the models, different values will be found. As the incisors present the incisal anatomy in the mesio-distal direction more uniform, the choice of different planes in the CBCTs and in the models does not interfere with the results obtained.

The main limitations of this study are the sample size (22 pairs of records) and the short period between the initial and final records. However, it is worth to note that obtaining such a homogeneous sample of patients who underwent the same type of treatment, with digital models and CBCTs at the same moment of the treatment is complex. Considering all these aspects, the results of the present study indicate that the best fit method of superimposition of digital models, using the region of the third palatal rugae as an area of reference can be used to assess the anteroposterior tooth movement of anterior teeth in cases of retraction.

CONCLUSIONS

- The best fit superimposition method of maxillary models using the third palatal rugae region as a reference area is valid for evaluating dental changes in the anterior region;
- The reliability of the method is good for measurements made in the region of the incisors and moderate for the region of the canines.

Funding

This study was funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Brazil (code 001) and by the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (FIP and PIBIC).

REFERENCES

1. McNamara JA, Lione R, Franchi L, et al. The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health. *Prog Orthod*. 2015;16:33.
2. Ricketts RM. A four-step method to distinguish orthodontic changes from natural growth. *J Clin Orthod*. 1975;9(4):208–215, 218.
3. Pancherz H. A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment. *Am J Orthod*. 1984;85(2):125–134.
4. Ghafari J, Baumrind S, Efstratiadis SS. Misinterpreting growth and treatment outcome from serial cephalographs. *Clin Orthod Res*. 1998;1(2):102–106.
5. Kapila S, Conley RS, Harrell WE. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2011;40(1):24–34.
6. Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G. Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? *Dental Press J Orthod*. 2014;19(5):136–149.
7. Fernandes TMF, Adamczyk J, Poleti ML, Henriques JFC, Friedland B, Garib DG. Comparison between 3D volumetric rendering and multiplanar slices on the reliability of linear measurements on CBCT images: An in vitro study. *J Appl Oral Sci*. 2015;23(1):56–63.
8. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;149(2):161–170.
9. Nasef AA, El-Beialy AR, Mostafa YA. Virtual techniques for designing and fabricating a retainer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(3):394–398.
10. Almeida MA, Phillips C, Kula K, Tulloch C. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. *Angle Orthod*. 1995;65(1):43–48.
11. Bailey LJ, Esmailnejad A, Almeida MA. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts in extraction and nonextraction cases. *Angle Orthod*. 1996;66(1):73–78.
12. Hoggan BR, Sadowsky C. The use of palatal rugae for the assessment of anteroposterior tooth movements. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2001;119(5):482–488.
13. Cha BK, Lee JY, Jost-Brinkmann PG, Yoshida N. Analysis of tooth movement in

extraction cases using three-dimensional reverse engineering technology. *Eur J Orthod*. 2007;29(4):325–331.

14. Jang I, Tanaka M, Koga Y, et al. A novel method for the assessment of three-dimensional tooth movement during orthodontic treatment. *Angle Orthod*. 2009;79(3):447–453.
15. Chen G, Chen S, Zhang XY, et al. Stable region for maxillary dental cast superimposition in adults, studied with the aid of stable miniscrews. *Orthod Craniofac Res*. 2011;14(2):70–79.
16. Thiruvengkatachari B, Al-Abdallah M, Akram NC, Sandler J, O'Brien K. Measuring 3-dimensional tooth movement with a 3-dimensional surface laser scanner. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2009;135(4):480–485.
17. Al-Sibaie S, Hajeer MY. Assessment of changes following en-masse retraction with mini-implants anchorage compared to two-step retraction with conventional anchorage in patients with class II division 1 malocclusion: A randomized controlled trial. *Eur J Orthod*. 2014;36(3):275–283.
18. Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;112(6):676–680.
19. Choi J-I, Cha B-K, Jost-Brinkmann P-G, Choi D-S, Jang I-S. Validity of palatal superimposition of 3-dimensional digital models in cases treated with rapid maxillary expansion and maxillary protraction headgear. *Korean J Orthod*. 2012;42(5):235–241.
20. Cevitanes L, Bailey L, Tucker G, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol*. 2005;34(6):369–375.
21. Bazina M, Cevitanes L, Ruellas A, et al. Precision and reliability of Dolphin 3-dimensional voxel-based superimposition. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2018;153(4):599–606.
22. Mordente CM, Palomo JM, Horta MCR, Souki BQ, Oliveira DD, Andrade I. Upper airway assessment using four different maxillary expanders in cleft patients: A cone-beam computed tomography study. *Angle Orthod*. 2016;86(4):617–624.
23. Figueiredo DSF, Bartolomeo FUC, Romualdo CR, et al. Dentoskeletal effects of 3 maxillary expanders in patients with clefts: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(1):73–81.
24. Arat ZM, Türkkahraman H, English JD, Gallerano RL, Boley JC. Longitudinal

- growth changes of the cranial base from puberty to adulthood- A comparison of different superimposition methods. *Angle Orthod.* 2010;80(4):725–732.
25. Park JH, Tai K, Owtad P. 3-Dimensional cone-beam computed tomography superimposition: A review. *Semin Orthod.* 2015;21(4):263–273.
 26. Talaat S, Kaboudan A, Bourauel C, Ragy N, Kula K, Ghoneima A. Validity and reliability of three-dimensional palatal superimposition of digital dental models. *Eur J Orthod.* 2017;39(4):365–370.
 27. Koo TK, Li MY. Cracking the Code: Providing Insight Into the Fundamentals of Research and Evidence-Based Practice A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016;15:155–163.

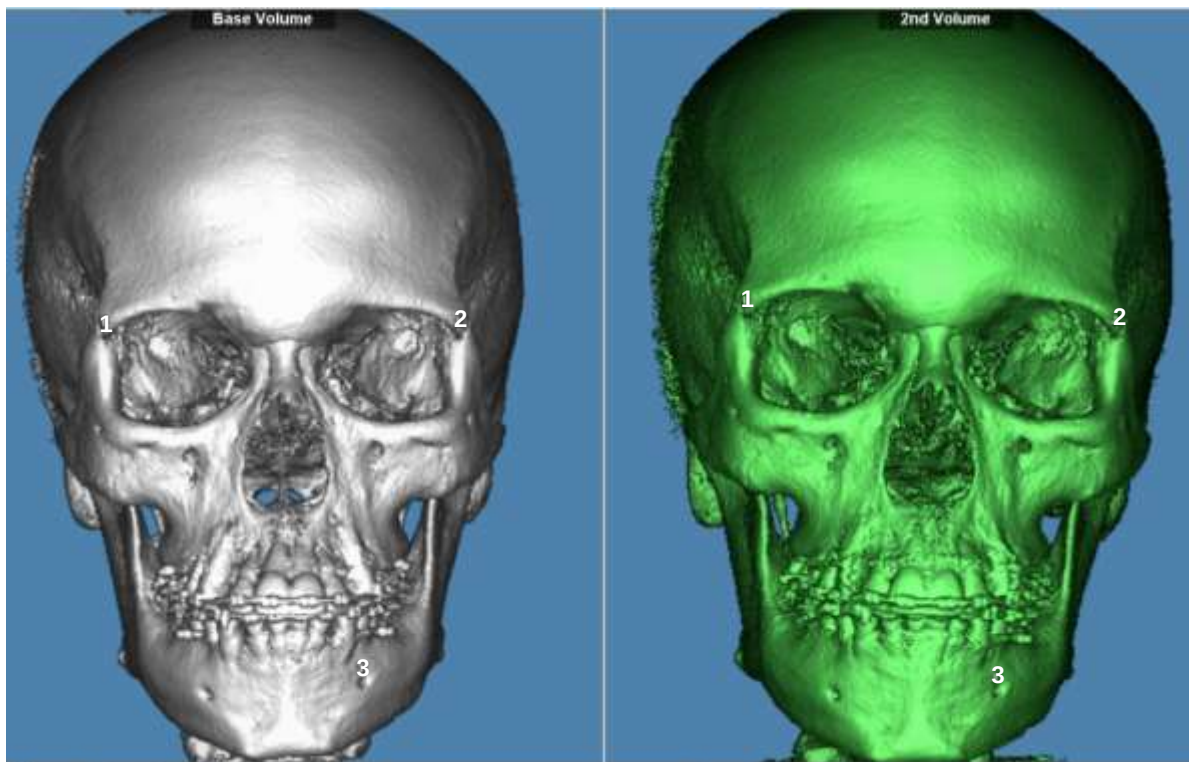
FIGURES

Fig. 1: Approximation of the initial (white) and final (green) CBCTs in the Dolphing Imaging software by the selection of three points: (1) right frontozygomatic suture; (2) left frontozygomatic suture; (3) left mental foramen.

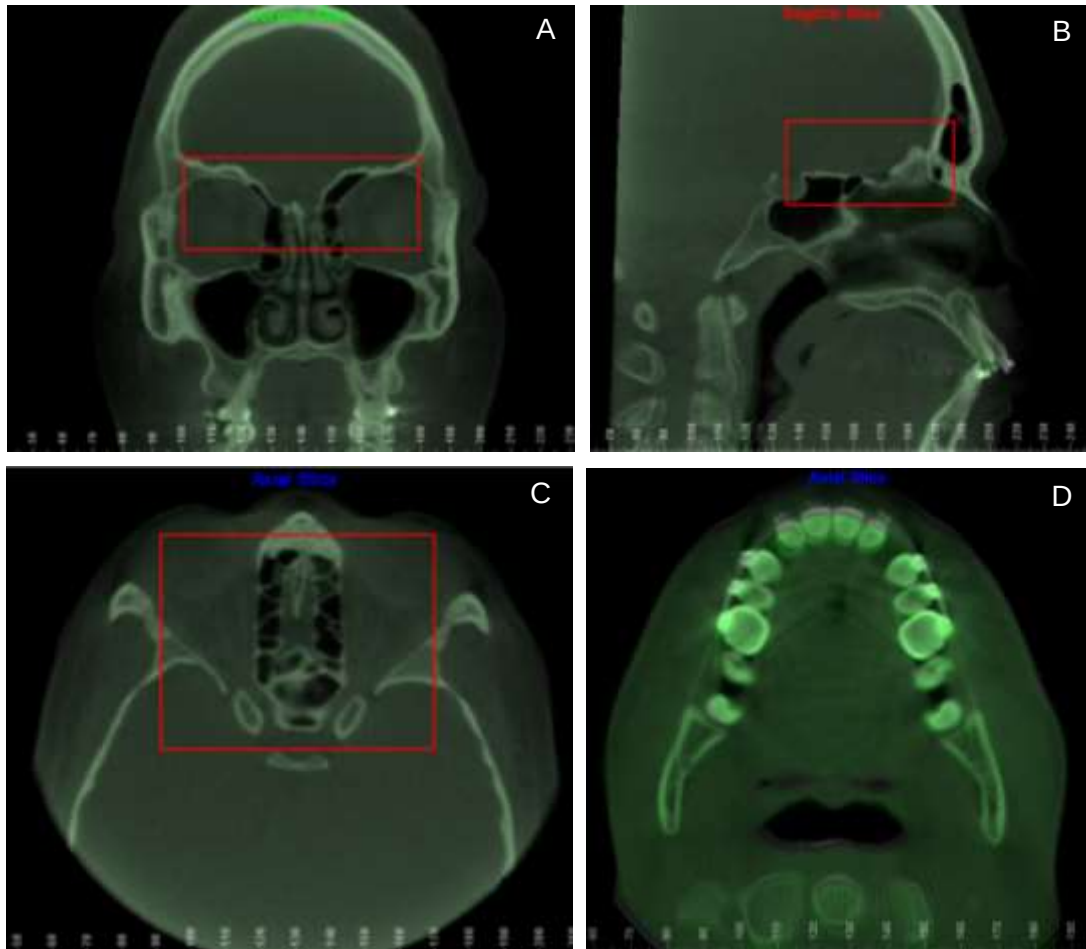


Fig. 2: Selection of the area at the cranial base used as a reference for the automatic superimposition of the initial and final CBCTs by the voxel method in Dolphin Imaging software (red box). **A**, front view; **B**, lateral view; **C**, top view; **D**, visualization of the initial and final CBCTs superimposed at the crown level of the upper incisors.

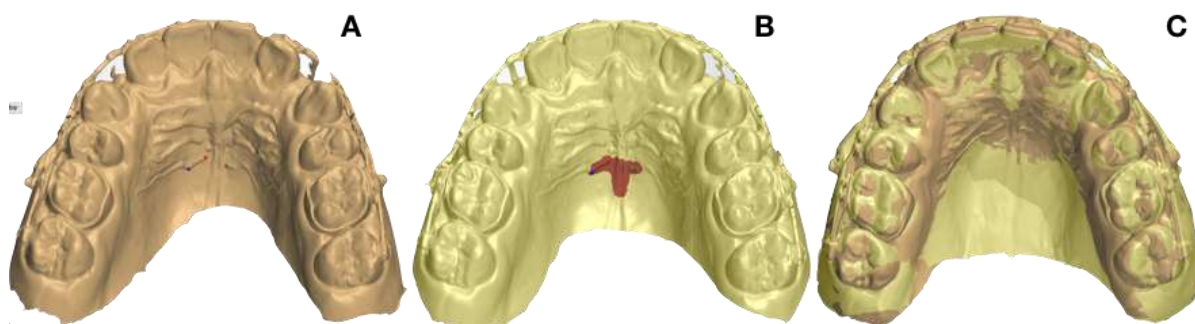


Fig. 3: Method of superimposition of digital models. Selection of the three points and the surface in the initial (orange) and final (green) models for the superimposition over the region of the third palatal rugae by the best fit method in the Ortho Analyzer software.

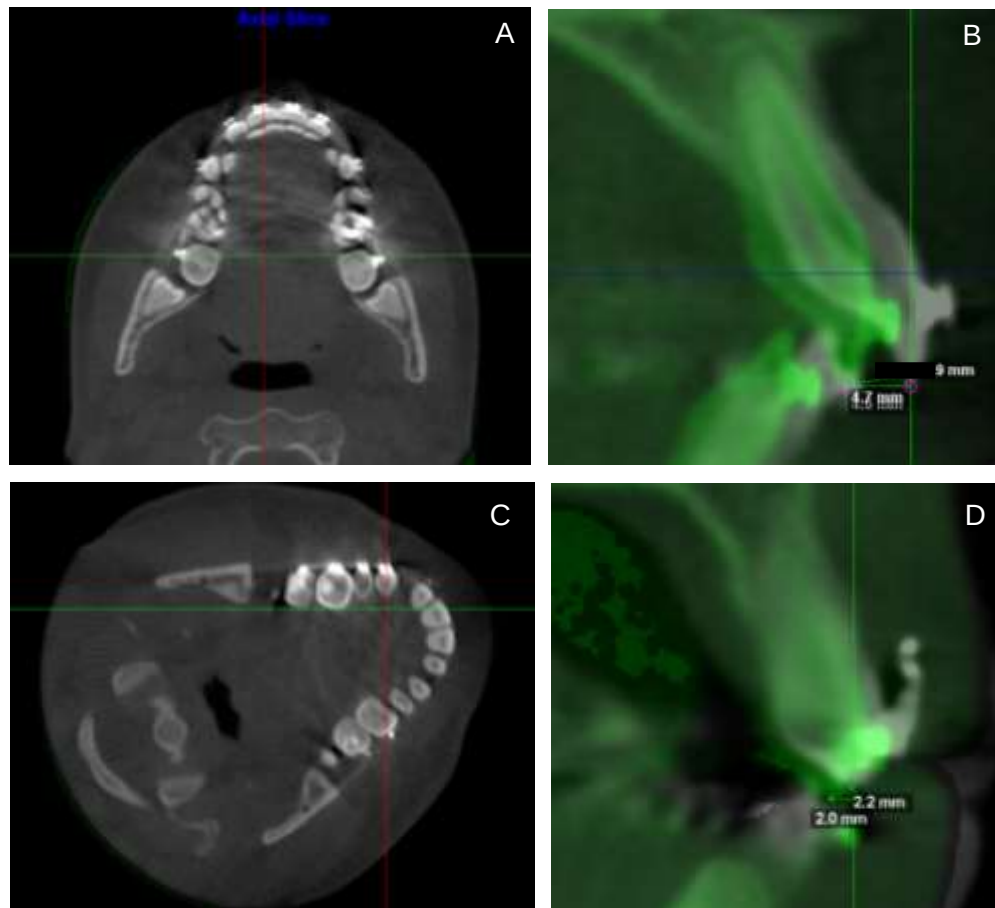


Fig. 4: Measurements performed at the CBCTs in the Dolphing Imaging software. **A**, in the axial view, selection of the cut that passes through the center of the incisal edge of the upper right central incisor (red line) at T0; **B**, in the sagittal view, measurement of 2D and horizontal displacement from the lowest point of the incisal border from T0 (gray) to T1 (green); **C**, in axial view, after rotating the initial CBCT, selection of the slice that passes through the center of the crown of the upper right canine (red line); **D**, in the sagittal view, measurement of 2D and horizontal displacement of the lowest point of the incisal border from T0 (gray) to T1 (green).

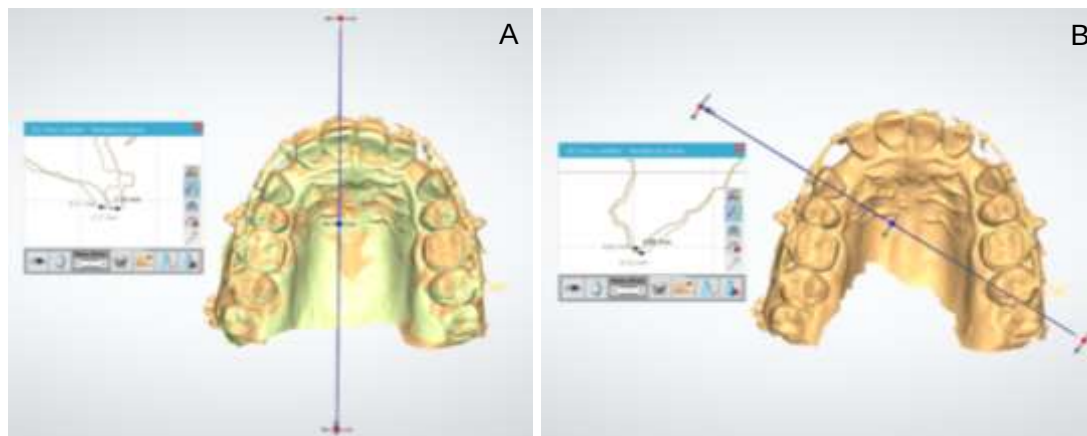


Fig. 5: Measurements performed on digital models in the Ortho Analyzer software. **A**, creation of a plane perpendicular to the ground that intersects the center of the incisal edge of the central incisor at T0 and measurement of the 2D and horizontal displacements of the lower points of the incisal edges of these teeth; **B**, creation of a plane perpendicular to the ground that intersects the center of the canine crown at T0 and measurement of the 2D and horizontal displacements of the lower points of the incisal edges of these teeth.

Tabela I – Horizontal and 2D displacements of central incisors and canines.

Horizontal Displacement	CBCT	Model	* P value	ICC
UR1	2.74 ± 0.90	2.61 ± 0.99	ns	0,90
UL1	2.70 ± 0.88	2.66 ± 1.07	ns	0,87
UR3	1.26 ± 0.55	1.21 ± 0.68	ns	0,70
UL3	1.24 ± 0.58	1.27 ± 0.61	ns	0,66
2D Displacement	CBCT	Model	* P value	ICC
UR1	2.84 ± 0.86	2.76 ± 0.98	ns	0,90
UL1	2.80 ± 0.86	2.68 ± 0.96	ns	0,79
UR3	1.37 ± 0.56	1.35 ± 0.69	ns	0,62
UL3	1.37 ± 0.48	1.44 ± 0.60	ns	0,61

Values in milimeters. * P value obtained by the paired t test; ns, non-significant (P>0.05).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo clínico controlado randomizado sugerem que as microperfurações ósseas não são capazes de acelerar de maneira significativa a retração de incisivos superiores e o fechamento dos espaços. Com o intuito de investigar a ocorrência de outros benefícios associados às MPO, a inclinação dos incisivos e a reabsorção radicular foram analisadas. No entanto, não foi possível observar diferenças significativas. Dessa maneira, conclui-se que a associação de MPO ao movimento de retração dos incisivos superiores, após exodontias de pré-molares superiores, não oferece benefícios. Esse estudo é o primeiro a investigar os efeitos das MPO nesse tipo de movimento ortodôntico.

REFERÊNCIAS

ABBAS, N. H.; SABET, N. E.; HASSAN, I. T. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 149, n. 4, p. 473–480, 2016.

ABOALNAGA, A. A. et al. Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: a split-mouth randomized controlled trial. **Progress in Orthodontics**, v. 20, n. 1, 2019.

AL-NAOUM, F.; HAJEER, M. Y.; AL-JUNDI, A. Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial. **Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons**, v. 72, n. 10, p. 1880–9, out. 2014.

ALFAWAL, A. M. H. et al. Effectiveness of minimally invasive surgical procedures in the acceleration of tooth movement: a systematic review and meta-analysis. **Progress in orthodontics**, v. 17, n. 1, p. 33, dez. 2016.

ALIKHANI, M. et al. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 144, n. 5, p. 639–648, nov. 2013.

ALKEBSI, A. et al. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class II malocclusion: A randomized controlled clinical trial. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 153, n. 6, p. 771–785, 2018.

ALMEIDA, M. A. et al. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. **The Angle orthodontist**, v. 65, n. 1, p. 43–48, 1995.

ALSAYED HASAN, M. M. A.; SULTAN, K.; HAMADAH, O. Low-level laser therapy effectiveness in accelerating orthodontic tooth movement: A randomized controlled clinical trial. **Angle Orthodontist**, v. 87, n. 4, p. 499–504, 1 jul. 2017.

ATTRI, S. et al. Comparison of rate of tooth movement and pain perception during accelerated tooth movement associated with conventional fixed appliances with micro-osteoperforations—a randomised controlled trial. **Journal of Orthodontics**, v. 45, n. 4, p. 225–233, 2 out. 2018.

BAILEY, L. J.; ESMAILNEJAD, A.; ALMEIDA, M. A. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts in extraction and nonextraction cases. **Angle Orthodontist**, v. 66, n. 1, p. 73–78, 1996.

BAZINA, M. et al. Precision and reliability of Dolphin 3-dimensional voxel-based superimposition. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 153, n. 4, p. 599–606, 1 abr. 2018.

BELL, W. H.; LEVY, B. M. Revascularization and bone healing after maxillary corticotomies. **Journal of oral surgery (American Dental Association : 1965)**, v.

30, n. 9, p. 640–648, set. 1972.

CAMACHO, A. D.; VELÁSQUEZ CUJAR, S. A. Dental movement acceleration: Literature review by an alternative scientific evidence method. **World journal of methodology**, v. 4, n. 3, p. 151–62, 26 set. 2014.

CEVIDANES, L. et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 34, n. 6, p. 369–375, nov. 2005.

CHA, B. K. et al. Analysis of tooth movement in extraction cases using three-dimensional reverse engineering technology. **European Journal of Orthodontics**, v. 29, n. 4, p. 325–331, ago. 2007.

CHARAVET, C. et al. Localized Piezoelectric Alveolar Decortication for Orthodontic Treatment in Adults: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Dental Research**, v. 95, n. 9, p. 1003–1009, 1 ago. 2016.

CHEUNG, T. et al. Ability of mini-implant–facilitated micro-osteoperforations to accelerate tooth movement in rats. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 150, n. 6, p. 958–967, 2016.

CHOI, D. S. et al. Accuracy and reliability of palatal superimposition of three-dimensional digital models. **Angle Orthodontist**, v. 80, n. 4, p. 685–691, 1 jul. 2010.

CHOI, J.-I. et al. Validity of palatal superimposition of 3-dimensional digital models in cases treated with rapid maxillary expansion and maxillary protraction headgear. **Korean journal of orthodontics**, v. 42, n. 5, p. 235–41, out. 2012.

DIBART, S.; SEBAOUN, J. D.; SURMENIAN, J. Piezocision - A Minimally Invasive, Periodontally Accelerated Orthodontic Tooth Movement Procedure. p. 342–350, 2009.

FIGUEIREDO, D. S. F. et al. Dentoskeletal effects of 3 maxillary expanders in patients with clefts: A cone-beam computed tomography study. **American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics**, v. 146, n. 1, p. 73–81, jul. 2014.

FROST, H. M. **The regional acceleratory phenomenon: A review** Henry Ford Hospital Medical Journal, 1983.

FULLER, K.; KIRSTEIN, B.; CHAMBERS, T. J. Murine osteoclast formation and function: differential regulation by humoral agents. **Endocrinology**, v. 147, n. 4, p. 1979–85, abr. 2006.

GARIB, D. et al. Superimposition of maxillary digital models using the palatal rugae: Does ageing affect the reliability? **Orthodontics & craniofacial research**, v. 22, n. 3, p. 183–193, ago. 2019.

HENNEMAN, S.; VON DEN HOFF, J. W.; MALTHA, J. C. **Mechanobiology of tooth movement** European Journal of Orthodontics, jun. 2008.

HOFFMANN, S. et al. Influence of piezotomy and osteoperforation of the alveolar process on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic review. **Journal of Orofacial Orthopedics**, v. 78, n. 4, p. 301–311, 2017.

HOGGAN, B. R.; SADOWSKY, C. The use of palatal rugae for the assessment of anteroposterior tooth movements. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 119, n. 5, p. 482–488, 2001.

IWASAKI, L. R. et al. Human interleukin-1 β and interleukin-1 receptor antagonist secretion and velocity of tooth movement. **Archives of Oral Biology**, v. 46, n. 2, p. 185–189, 2001.

KESER, E. I.; DIBART, S. Sequential piezocision: a novel approach to accelerated orthodontic treatment. **American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics**, v. 144, n. 6, p. 879–89, dez. 2013.

KIM, S.-J. et al. Effects of low-level laser therapy after Corticision on tooth movement and paradental remodeling. **Lasers in surgery and medicine**, v. 41, n. 7, p. 524–33, set. 2009.

KIM, S. J.; PARK, Y. G.; KANG, S. G. Effects of corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. **Angle Orthodontist**, v. 79, n. 2, p. 284–291, mar. 2008.

KOLE, H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. **Oral surgery, oral medicine, and oral pathology**, v. 12, n. 4, p. 413– 20 contd, abr. 1959.

LONG, H. et al. **Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: A systematic review** **Angle Orthodontist**, jan. 2013.

MORDENTE, C. M. et al. Upper airway assessment using four different maxillary expanders in cleft patients: A cone-beam computed tomography study. **Angle Orthodontist**, v. 86, n. 4, p. 617–624, 2016.

MURPHY, C. A. et al. Effect of corticision and different force magnitudes on orthodontic tooth movement in a rat model. **American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics**, v. 146, n. 1, p. 55–66, jul. 2014.

NIMERI, G. et al. **Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment - a frontier in Orthodontics** **Progress in Orthodontics** Elsevier Masson s.r.l., , 2013.

OLIVEIRA, D. D.; OLIVEIRA, B. F. DE; SOARES, R. V. Corticotomias alveolares na Ortodontia: indicações e efeitos na movimentação dentária. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 15, n. 4, p. 144–157, 2010.

PATTERSON, B. M. et al. Effect of piezocision on root resorption associated with orthodontic force: A microcomputed tomography study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 151, n. 1, p. 53–62, 1 jan. 2017.

QAMRUDDIN, I. et al. Minimally Invasive Techniques to Accelerate the Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review of Animal Studies. **BioMed research international**, v. 2015, p. 608530, 2015.

REITAN, K. Initial tissue behavior during apical root resorption. **Angle Orthodontist**, v. 44, n. 1, p. 68–82, 1974.

SEBAOUN, J.-D. M.; SURMENIAN, J.; DIBART, S. [Accelerated orthodontic treatment with piezocision: a mini-invasive alternative to conventional corticotomies]. **L' Orthodontie francaise**, v. 82, n. 4, p. 311–9, dez. 2011.

SHAHABEE, M. et al. Effect of micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement-a systematic review and a meta-analysis. **European journal of orthodontics**, 19 jun. 2019.

SHIH, M. S.; NORRDIN, R. W. Regional acceleration of remodeling during healing of bone defects in beagles of various ages. **Bone**, v. 6, n. 5, p. 377–9, 1985.

SHOREIBAH, E. A. et al. Corticotomy-facilitated orthodontics in adults using a further modified technique. **Journal of the International Academy of Periodontology**, v. 14, n. 4, p. 97–104, 2012a.

SHOREIBAH, E. A. et al. Clinical and radiographic evaluation of bone grafting in corticotomy-facilitated orthodontics in adults. **Journal of the International Academy of Periodontology**, v. 14, n. 4, p. 105–113, 2012b.

SIVARAJAN, S. et al. Mini-implant supported canine retraction with micro-osteoperforation: A split-mouth randomized clinical trial. **The Angle orthodontist**, v. 89, n. 2, p. 183–189, 2019.

SWAPP, A. et al. Flapless cortical bone damage has no effect on medullary bone mesial to teeth being moved. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 147, n. 5, p. 547–558, 2015.

TADDEI, S. R. D. A. et al. Role of CCR2 in orthodontic tooth movement. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 141, n. 2, p. 153–160.e1, 2012.

TEIXEIRA, C. C. et al. Cytokine expression and accelerated tooth movement. **Journal of Dental Research**, v. 89, n. 10, p. 1135–1141, out. 2010.

TSAI, C. Y. et al. Comparison of the effects of micro-osteoperforation and corticision on the rate of orthodontic tooth movement in rats. **Angle Orthodontist**, v. 86, n. 4, p. 558–564, 2016.

VERCELLOTTI, T.; PODESTA, A. Orthodontic microsurgery: a new surgically guided technique for dental movement. **The International journal of periodontics &**

restorative dentistry, v. 27, n. 4, p. 325–31, ago. 2007.

WELTMAN, B. et al. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 137, n. 4, p. 462–476, abr. 2010.

WILCKO, W. M. et al. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. **The International journal of periodontics & restorative dentistry**, v. 21, n. 1, p. 9–19, fev. 2001.

WILCKO, W.; WILCKO, M. T. **Accelerating tooth movement: The case for corticotomy-induced orthodontics** **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics** Mosby Inc., , 2013.

YAMASAKI, K. The role of cyclic AMP, calcium, and prostaglandins in the induction of osteoclastic bone resorption associated with experimental tooth movement. **Journal of dental research**, v. 62, n. 8, p. 877–81, ago. 1983.

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP PUC Minas

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUCMG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação dos efeitos de microperfurações ósseas na movimentação dentária ortodôntica

Pesquisador: CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 87658218.2.0000.5137

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.745.438

Apresentação do Projeto:

Para diminuir a duração do tempo de tratamento ortodôntico, um procedimento pouco invasivo, as microperfurações ósseas (MPO), vêm sendo investigadas. Este estudo pretende avaliar o efeito da MPO no tempo de retração de incisivos, na cinética de expressão de biomarcadores inflamatórios, seus efeitos dentários e esqueléticos, assim como o possível impacto na qualidade de vida dos pacientes. Para isso será realizado um Ensaio Clínico Aleatorizado em uma amostra de 46 pacientes entre 15 e 45 anos de idade em tratamento ortodôntico, que já se submeteram a extrações de primeiros pré-molares superiores e retração completa dos caninos. Eles serão divididos aleatoriamente em dois grupos: no grupo controle, a retração ortodôntica dos quatro incisivos superiores será feita de forma convencional e no grupo teste, as MPO estarão associadas à mecânica ortodôntica de retração. Tomografias computadorizadas de feixe cônico serão realizadas antes e ao final da retração. Escaneamentos digitais intra-orais, e coleta de fluido crevicular gengival serão realizadas antes do início da retração dos incisivos superiores, assim como 7, 15, 30 e 60 dias ao longo da mesma. Os questionários OHIP-14 e B-ítem para avaliação da qualidade de vida serão aplicados antes e ao final da retração dos incisivos. Este estudo fará parte de um projeto de pesquisa mais amplo que já foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e vem sendo conduzido no Programa de Pós-graduação em Odontologia desta instituição.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1091441.pdf	30/05/2018 19:39:57		Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	30/05/2018 19:36:16	CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_assentimento_corrigido.doc	30/05/2018 19:34:45	CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Novo_tcle_responsavel.doc	30/05/2018 19:34:00	CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Novo_tcle_paciente.doc	30/05/2018 19:33:15	CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.docx	13/04/2018 22:18:48	CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	13/04/2018 22:17:29	CAROLINA MORSANI MORDENTE RODRIGUES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

N.º Registro no CEP: CAAE - 87658218.2.0000.5137

Título do Projeto: Avaliação dos efeitos de microperfurações ósseas na movimentação ortodôntica

Este termo de consentimento pode conter palavras que você não entenda. Peça ao pesquisador que explique as palavras ou informações que você não compreendeu.

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que vai avaliar os resultados da associação de um tratamento ortodôntico a uma cirurgia na movimentação ortodôntica dos seus dentes. Você foi selecionado porque necessita de corrigir a posição dos seus dentes. É importante que leia as informações abaixo para entender o seu papel nesta pesquisa e decidir se está disposto(a) a participar da mesma. Sua participação não é obrigatória. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição PUC Minas. Caso após a leitura e compreensão deste termo de consentimento você decida participar, você dará o seu consentimento livre e esclarecido rubricando todas as folhas deste Termo, e assinando na última página, bem como o pesquisador também deverá assinar e rubricar.

Objetivo

O objetivo deste estudo é avaliar os resultados de uma cirurgia que acelera a movimentação dos dentes feita com aparelhos ortodônticos.

Procedimentos do Estudo (o que será feito)

Se concordar em participar deste estudo você realizará um tratamento ortodôntico e, no decorrer do mesmo, uma cirurgia periodontal. Uma pequena quantidade do líquido contido no sulco da gengiva dos seus dentes incisivos será coletada para avaliarmos algumas proteínas produzidas ao redor da raiz do seu dente. Você responderá a questionários que avaliarão sobre sua percepção de dor e sobre sua qualidade de vida durante o tratamento.

Riscos, desconfortos

O tratamento ortodôntico e a cirurgia podem provocar dor e desconforto. Porém, analgésicos e anti-inflamatórios de rotina podem controlar estes desconfortos. A coleta do líquido da gengiva será feita com fitas de papel e não causa desconforto ao paciente. As fitas serão armazenadas e analisadas nos laboratórios da PUC Minas e em seguida descartadas em meio apropriado.

Sigilo, privacidade e anonimato

Garantimos a manutenção do sigilo sobre as informações obtidas assim como a manutenção da sua privacidade e de seu anonimato. Apenas os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso ao seu prontuário e resultados. Você não será identificado (manutenção do anonimato) caso seus dados sejam utilizados em publicações científicas. Caso deseje, você poderá saber qual foi o resultado da sua avaliação.

Participação

Você não terá nenhum gasto com a sua participação no estudo e não receberá pagamento pelo mesmo. Gastos causados exclusivamente pela participação na pesquisa serão ressarcidos. É importante que você esteja consciente de que a participação neste estudo de pesquisa é completamente voluntária e de que você pode recusar-se a participar ou sair do estudo a qualquer momento sem penalidades. Caso você decida retirar-se do estudo, notifique o pesquisador. Haverá reparação de possíveis danos causados durante a execução da pesquisa, com indenização. Estará assegurado aos participantes as condições de tratamento, acompanhamento e assistência ortodôntica integral. Espera-se que, como resultado desse estudo, você possa contribuir para o melhor conhecimento de

como acelerar o tratamento de forma mais simples, auxiliando os ortodontistas a executarem tratamentos mais eficientes e em menor tempo.

Para obter informações adicionais

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço dos pesquisadores principais, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Departamento de Odontologia da PUC Minas. Avenida Dom José Gaspar, 500 – Prédio 46, sala 101, Coração Eucarístico. Belo Horizonte, MG- Brasil. CEP 30535-901. Telefone (31) 3319-4414; Fax (31) 3319-4415. E-mail: mestodonto@pucminas.br

CEP da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte: Rua Frederico Bracher Júnior, 103/3º andar/sala 02 - Padre Eustáquio - Belo Horizonte - MG. CEP: 30.720-000 Telefone: 3277-5309

Professor Pesquisador: Rodrigo Villamarim Soares

Aluno Pesquisador: Carolina Morsani Mordente Rodrigues

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, coordenado pela Prof.a Cristiana Leite Carvalho, que poderá ser contatado em caso de questões éticas, pelo telefone 3319-4517 ou email cep.proppg@pucminas.br.

O participante da pesquisa ou seu representante, quando for o caso, e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apondo sua assinatura na última página do referido Termo (Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS).

Declaração de consentimento

Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que fui informado adequadamente sobre a minha participação no estudo e entendi as informações acima. Declaro também que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi explicada de maneira adequada e que minhas dúvidas foram esclarecidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste formulário de consentimento. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem qualquer penalidade.

Dou meu consentimento de livre e espontânea vontade e sem reservas para participar como paciente deste estudo.

Nome do participante (em letra de forma)

Assinatura do participante

Data

Atesto que expliquei cuidadosamente a natureza e o objetivo deste estudo, os possíveis riscos da participação no mesmo, junto ao participante e/ou seu representante autorizado. Acredito que o participante e/ou seu representante recebeu todas as informações necessárias, que foram fornecidas em uma linguagem adequada e compreensível e que ele/ela compreendeu essa explicação.

Assinatura do pesquisador

Data

ANEXO C – Produção Durante o Curso de Doutorado

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA E TÉCNICA NO PERÍODO DO DOUTORADO

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA:

1. Artigos publicados (5)
2. Artigo aceito para publicação (1)
3. Artigo submetido à periódico internacional (1)
4. Capítulos de livro (3)
5. Resumos publicados em anais de eventos (13)

PRODUÇÃO TÉCNICA:

1. Patente (2)
2. Aplicativo (1)
3. Desenvolvimento de material didático:
 - a. Boletim informativo (1)
 - b. Vídeos - Gotas de Conhecimento (5)
 - c. Programa de rádio (1)
 - d. Blog (4)

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Artigos publicados

Do alveolar corticotomy or piezocision affect TAD stability? A preliminary study



Carolina Morsani Mordente, Dauro Douglas Oliveira, Leena Palomo, Natália Couto Figueiredo, Martinho Campolina Rebello Horta, and Rodrigo Villamarim Soares

The aim of this study was to evaluate the occurrence of interradicular temporary anchorage devices (TAD) loss installed to anchor canine retraction performed in association to alveolar corticotomy (AC) versus piezocision (PZ) surgeries. One hundred maxillary self-drilling TAD were installed in 50 patients who needed first maxillary premolars extractions. One week later, AC or PZ surgeries were performed surrounding the canine and the extraction sites. A group without any adjunct surgery to accelerate tooth movement was used as control. TAD stability was evaluated throughout the 6 months of canine retraction. A total of 7, 8 and 9 TAD were lost in the AC, PZ and control groups, respectively. No significant difference in TAD stability among the groups was observed ($p > 0.05$). Despite the increased inflammatory response due to AC or PZ, TAD stability was not compromised. (Semin Orthod 2019; 25:124–129) © 2019 Elsevier Inc. All rights reserved.

Introduction

Temporary anchorage devices (TAD) are established as a powerful instrument to improve anchorage during orthodontic treatment.¹ Some of the most relevant advantages include minimal surgical intervention, absolute anchorage, immediate loading and low costs.² However, TAD occasionally need to be removed during treatment due to mobility.⁵ In this regard, previous studies have investigated the risk factors associated with TAD failure in order to facilitate

usage.^{2,4} Factors such as bone quality and quantity, screw diameter, length, and design have been related to TAD stability.^{5,6}

Orthodontic treatment efficiency may be influenced by biomechanical and biological factors. Thus, distinct procedures such as surgeries, laser irradiation and vibration forces have been used adjunctively to TAD to accelerate tooth movement and reduce the overall treatment duration.^{7,8} In this regard, alveolar corticotomy (AC) is a surgical technique that promotes the regional accelerated tooth movement phenomenon (RAP).^{9,10} RAP involves reducing resistance to tooth movement through alveolar bone decortication. Wound healing in decorticated areas progresses through recruitment of immune regulatory and inflammatory cells. This targeted healing allows for guided bone remodeling. Decreased resistance through bone facilitates orthodontic tooth movement and results in treatment time reduction.^{9,11} More recently, piezocision (PZ), a more controlled, less invasive decortication method, was introduced as an alternative to AC.¹² This flapless technique involves a soft tissue incision with a scalpel and alveolar bone decortication with an piezo-scalpel tool. Like AC, PZ injuries are claimed to be capable to induce RAP and therefore

Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil; School of Dental Medicine, Case Western Reserve University, United States.

Conflict of interest: The authors whose names are listed immediately above certify that they have NO affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest (such as honoraria; educational grants; participation in speakers' bureaus; membership, employment, consultancies, stock ownership, or other equity interest; and expert testimony or patent licensing arrangements), or non-financial interest (such as personal or professional relationships, affiliations, knowledge or beliefs) in the subject matter or materials discussed in this manuscript.

Corresponding author. E-mail: carolina.mordente@pucminas.br

© 2019 Elsevier Inc. All rights reserved.

1073-8746/12/1801-0000/0

<http://doi.org/10.1053/j.sodo.2019.05.004>

Successful and stable orthodontic camouflage of a mandibular asymmetry with sliding jigs

Dauro Douglas Oliveira^a, Bruno Franco de Oliveira^b, Carolina Morsani Mordente^c, Gabriela Martins Godoy^b, Rodrigo Villamarim Soares^d and Paulo Isaias Seraidarian^e

^aAssociate Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^bPrivate Practice, Belo Horizonte, Brazil; ^cPhD Student, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^dAssociate Professor, Graduate Program in Dentistry, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil;

^eProgram Director of the Graduate Program in Dentistry, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present and discuss a simple and low-cost clinical approach to correct an asymmetric skeletal Class III combined to an extensive dental open bite that significantly compromised the occlusal function and smile aesthetics of an adult male patient. The patient did not accept the idealistic surgical-orthodontic treatment option, neither the use of temporary anchorage devices to facilitate the camouflage of the asymmetrical skeletal Class III/open bite. Therefore, a very simple and inexpensive biomechanical approach using sliding jigs in the mandibular arch was implemented as the compensatory treatment of the malocclusion. Although minor enhancements in facial aesthetics were obtained, the occlusal function and dental aesthetics were significantly improved. Furthermore, the patient was very satisfied with his new smile appearance. Some advantages of this treatment option included the small invasiveness and the remarkably low financial costs involved. Moreover, the final results fulfilled all realistic treatment objectives and the patient's expectations. Results remained stable 5 years post-treatment demonstrating that excellent results can be obtained when simple and low cost, but well-controlled mechanics are conducted.

ARTICLE HISTORY

Received 24 August 2017

Accepted 18 February 2018

KEYWORDS

Class III; facial asymmetry;
 adult patients; sliding jigs

Introduction

Facial asymmetry is a craniofacial deformity that can compromise social interaction and quality of life of an individual. It is a common complaint amongst many orthodontic patients presenting with this condition (Severt and Profit 1997; Sekiya et al. 2010). Particularly, mandibular asymmetries that are commonly associated with Class III malocclusion (Haraguchi et al. 2002).

Adult patients presenting with mild to moderate Class III malocclusion and acceptable facial aesthetics may benefit from non-surgical-orthodontic treatment to obtain dentoalveolar compensation and camouflage the skeletal discrepancy (Troy et al. 2009). Treatment options may include the use of Class III elastics alone or in combination with sliding jigs (SJ) or even headgear, interproximal enamel reduction and tooth extractions (Farret et al. 2016). Although feasible, this type of treatment in adults may be very challenging from a mechanical perspective (Mathews and Kokich 1997; Kokich, 2005). All these options may also present complications, such as counterclockwise rotation of the occlusal plane, poor patient compliance with elastics or headgear,

patient refusal to undergo extractions and the creation of Bolton discrepancy when enamel reduction is performed (Farret et al. 2016). In this regard, temporary anchorage devices (TADs) have been used to facilitate anchorage management in non-surgical treatments of facial asymmetries (Carano et al. 2005; Ma et al. 2016), Class III (Chung et al. 2010) and open bites (Kaku et al. 2009). However, TADs cannot be used in every patient due to anatomical limitations (Kuroda et al. 2007). When TADs use to facilitate the camouflage of asymmetrical Class III's is not an option, an alternative treatment should be implemented by the orthodontist.

The purpose of this paper is to describe and discuss one of these alternatives, the use of SJ to correct an asymmetric skeletal class III malocclusion combined with an extensive dental open bite in an adult male patient who did not accept the ideal surgical-orthodontic treatment plan or the use of TADs.

Case report

A 23-year-old male sought orthodontic treatment reporting that he was unhappy with his smile aesthetics and

CONTACT Carolina Morsani Mordente  cmorsani@hotmail.com  School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Av. Dom José Gaspar, 500 - Prédio 46, Sala 106, 30535-610, Belo Horizonte, Brazil

© 2018 British Orthodontic Society



Facial asymmetry: virtual planning to optimize treatment predictability and aesthetic results

Hélio Henrique de Araújo Brito¹, Carolina Morsani Mordente¹

DOI: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.6.080-089.bbo>

Facial asymmetry is a condition that compromises function and social interactions and, consequently, the quality of life. Orthodontic-surgical treatment may be indicated to achieve a stable occlusion and significant improvement in facial aesthetics. The virtual planning of the maxillary, mandibular and chin movements can be done prior to surgery. These movements can be successfully performed with the use of prototyped guides obtained from virtual planning. The aim of this article is to show the state of the art of treatments of facial asymmetries, and emphasize how important is the multi-disciplinary approach to achieve predictable aesthetic and functionally stable results in a patient with facial asymmetry and chin protrusion.

Keywords: Facial asymmetry. Orthognathic surgery. Virtual planning.

A assimetria facial é uma condição capaz de comprometer a função oclusal e as interações sociais e, consequentemente, a qualidade de vida dos indivíduos. Nessas condições, para se obter oclusão estável e melhora significativa na estética facial, o tratamento ortodôntico-cirúrgico pode estar indicado. A simulação virtual da cirurgia permite planejar de forma adequada, e antecipada, os movimentos cirúrgicos a serem efetuados na maxila, mandíbula e mento. Esses movimentos são, então, realizados com sucesso graças ao uso de guias prototipados obtidos a partir do planejamento virtual. Assim, os objetivos do presente artigo consistem em relatar o estado da arte no planejamento virtual do tratamento de um paciente com assimetria facial e protrusão do mento, e enfatizar a importância da abordagem multidisciplinar para se atingir resultados estéticos previsíveis e funcionalmente estáveis.

Palavras-chave: Assimetria facial. Cirurgia ortognática. Planejamento virtual. Rinoplastia.

INTRODUCTION

Facial asymmetry is a craniofacial deformity that is frequently reported as a chief complaint of orthodontic patients. It may compromise the social interactions and thus the quality of life of the affected individuals.^{1,2}

The lower third of the face is more frequently affected than the middle and upper thirds, the latter being the least affected. Generally, when there is asymmetry in

the middle and upper thirds, mandibular asymmetry is also present.¹ Asymmetries of the lower third of the face may be mandibular, isolated or maxillomandibular.³

It may have a specific cause but usually is the result of complex interactions of multiple factors that interfere with facial growth and development. Proffit et al⁴ divide the etiological factors of dentofacial deformities into three main groups: 1) specific causes, such as syndromes, congeni-

» The authors report no commercial, proprietary or financial interest in the products or companies described in this article.

Submitted: August 02, 2018 - Revised and accepted: September 05, 2018

How to cite: Brito HHA, Mordente CM. Facial asymmetry: virtual planning to optimize treatment predictability and aesthetic results. *Dental Press J Orthod.* 2018 Nov-Dec;23(6):80-9.

DOI: <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.6.080-089.bbo>

» Patients displayed in this article previously approved the use of their facial and intraoral photographs.

¹ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Odontologia, Departamento de Ortodontia (Belo Horizonte/MG, Brazil).

Contact address: Hélio Henrique de Araújo Brito
E-mail: britohh@uol.com.br



Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjori.org



ORIGINAL ARTICLE

Are computed tomography 3D measurements of the upper airways in mouth-breathing children in agreement with the ENT clinical diagnosis of obstruction?☆



Bruno César Ladeira Vidigal^a, Carolina Morsani Mordente^a, Paula Loureiro Cheib^a, Flávio Ricardo Manzi^b, Leticia Paiva Franco^{c,*}, Helena Maria Gonçalves Becker^d, Bernardo Quiroga Souki^b

^a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas), Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Belo Horizonte, MG, Brazil

^b Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas), Odontologia, Belo Horizonte, MG, Brazil

^c Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Hospital das Clínicas, Ambulatório de Respirador Oral, Belo Horizonte, MG, Brazil

^d Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Faculdade de Medicina, Hospital das Clínicas, Ambulatório de Respirador Oral, Belo Horizonte, MG, Brazil

Received 15 August 2017; accepted 27 January 2018
Available online 11 March 2018

KEYWORDS

Tomography;
Mouth breathing;
Nasal cavity;
Oropharynx;
Nasopharynx

Abstract

Introduction: Imaging studies have historically been used to support the clinical otorhinolaryngological evaluation of the upper respiratory tract for the diagnosis of obstructive causes of oral breathing.

Objective: The objective of this study was to compare 3D volumetric measurements of nasal cavity, nasopharynx and oropharynx of obstructed mouth-breathing children with measurements of non-obstructed mouth-breathing children.

Methods: This retrospective study included 25 mouth-breathing children aged 5–9 years evaluated by otorhinolaryngological clinical examination, flexible nasoendoscopy and full-head multi-slice computed tomography. Tomographic volumetric measurements and dichotomic otorhinolaryngological diagnosis (obstructed vs. non-obstructed) in three anatomical regions (the nasal cavity, nasopharynx and oropharynx) were compared and correlated. An independent sample t-test was used to assess the association between the 3D measurements of the

☆ Please cite this article as: Vidigal BC, Mordente CM, Cheib PL, Manzi FR, Franco LP, Becker HM, et al. Are computed tomography 3D measurements of the upper airways in mouth-breathing children in agreement with the ENT clinical diagnosis of obstruction? Braz J Otorhinolaryngol. 2019;85:213–221.

* Corresponding author.

E-mail: leticiafranco@uol.com.br (L.P. Franco).

<https://doi.org/10.1016/j.bjori.2018.01.006>

1808-8694/© 2018 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cervico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Saúde bucal na infância e adolescência

Julio Carlos Noronha¹, Hayder Egg Gomes², Carolina Morsani Mordente³, Bernardo Quiroga Souk⁴

RESUMO

1. Professor Aposentado do Departamento de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da UFMG
2. Mestrando em Ortodontia na PUC Minas
3. Doutoranda em Odontologia na PUC Minas
4. Professor Adjunto do Programa de Pós-graduação em Ortodontia da PUC Minas

O alcance de um bom estado de saúde bucal de indivíduos em fase de crescimento é resultado de uma ação conjunta de bons hábitos dos mesmos e/ou responsáveis, e do envolvimento familiar com o suporte paralelo oferecido por profissionais treinados a diagnosticar e implementar medidas preventivas de baixo grau de complexidade. Esta combinação traz o máximo de eficácia e eficiência para a manutenção de um bom estado de saúde bucal. A correta orientação aos pacientes, pelos profissionais da área de Saúde, contribui para a qualidade de vida de pacientes e familiares. Objetiva-se, com este artigo, atualizar todos aqueles que cuidam de bebês, crianças e adolescentes nos conceitos atuais sobre as principais condições que afetam a saúde bucal nas fases de dentaduras decídua e mista (dentes de leite, e fase de troca de dentes, respectivamente), como a cárie dentária, gengivite, má oclusões e bruxismo.

Palavras-chave: Cárie Dentária. Gengivite. Má Oclusão. Saúde Bucal. Prevenção de Doenças.

ABSTRACT

Achieving good oral health of growing patients is the result of joint action of the positive habits by the patients and the family involvement with the parallel support offered by trained professionals to diagnose and implement preventive measures of low complexity. This scenario brings maximum effectiveness and efficiency in the health care providers contributes to the quality of life of patients and their families. The aim of this article is to update the Pediatricians on current concepts about the main conditions that affect the oral health of children in the deciduous and mixed dentition phases, as dental caries, gingivitis, malocclusions and bruxism.

Keywords: Dental Caries. Gingivitis. Malocclusion. Oral Health. Disease Prevention.

2. Artigo aceito para publicação em periódico internacional (Angle Orthodontist)

Three-dimensional nasal septum and maxillary changes following rapid maxillary expansion in patients with cleft lip and palate: A case-series analysis

**Natália Costa Veloso^a; Carolina Morsani Mordente^b; Adriana Alckmim de Sousa^b;
Juan Martin Palomo^c; Marília Yatabe^d; Dauro Douglas Oliveira^e;
Bernardo Quiroga Souki^f; Ildeu Andrade Jr.^f**

^a Orthodontic Resident, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil

^b PhD student, Graduate Program in Dentistry, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil

^c Associate Professor and Program Director, Department of Orthodontics; and Director of the Craniofacial Imaging Center, School of Dental Medicine, Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA

^d Assistant Professor, Department for Orthodontics and Pediatric Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA

^e Associate Professor and Program Director of Orthodontics, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil

^f Associate Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pontifical Catholic University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil

Manuscript090719-583R Decision Letter

Dear Dr. Andrade,

I am pleased to inform you that your manuscript "Three-dimensional nasal septum and maxillary changes following rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients: A case-series analysis" has been accepted for publication. We look forward to publishing your contribution in The Angle Orthodontist.

Allen Press will e-mail instructions to you in about 6 weeks telling you how to view a galley proof of your article on the Internet in PDF format. These proofs will look like your article as it will appear in print. The proofs may contain changes that occurred in the printing process (editing, typesetting).

If you have not received these instructions after 8 weeks, please let us know by sending us an e-mail with the manuscript number and title.

Correct the proofs and make ONLY REVISIONS

3. Artigo submetido à periódico internacional (Angle Orthodontist)

**MECHANICAL PROPERTIES OF MINI-IMPLANTS USED IN EXTRA-RADICULAR
ANCHORAGE**

Lopes GB^a, Pithon MM^{b,c}, Mordente CM^a, Nojima LI^c, Horta MCR^d, Oliveira DD^d,
Soares RV^d

^a Post-graduation Program in Dentistry of Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil;

^b Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Jequié, Bahia, Brazil;

^c Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil;

^d Assistant teacher, Post-graduation Program in Dentistry of Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil;

4. Capítulos de livro



In: Advances in Health and Disease
Editor: Lowell T. Duncan

ISBN: 978-1-53616-217-2
© 2019 Nova Science Publishers, Inc.

Chapter 3

DENTOFACIAL CHANGES AFTER ADENOTONSILLECTOMY OR RAPID MAXILLARY EXPANSION

***Carolina M. Mordente¹, DDS, Bernardo Q. Souki^{1,2,*},
PhD, Paula L. Cheib¹, PhD, Kamila O. Machado¹, DDS
and Leticia P. Franco², PhD***

¹Graduate Programs in Dentistry and Orthodontics
Pontifical Catholic University of Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

²Outpatient Clinic for the Mouth Breathers
Federal University of Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

ABSTRACT

The recognized deleterious effects of mouth breathing on dentofacial growth during the early years drive clinicians to look for therapeutic

* Corresponding Author's Email: souki.bhe@terra.com.br.

In: Advances in Health and Disease
 Editor: Lowell T. Duncan

ISBN: 978-1-53616-217-2
 © 2019 Nova Science Publishers, Inc.

Chapter 5

TREATMENT OF MULTI-DRUG RESISTANT TUBERCULOSIS

***Yamely Mendez¹, MD, Daniel Arnaud¹, MD,
 Ismael Garcia¹, MD, Sara Surani²,
 Francisco Eduardo Ochoa-Martinez³, MD,
 Jane Thomas⁴, MD and Salim Surani^{5,*}, MD***

¹Universidad Autonoma de Tamaulipas, Faculty of Medicine
 “Dr. Alberto Romo Caballero,” Houston, TX, US

²Harvard University, Cambridge, MA, US

³Universidad Autonoma de Nuevo Leon, University Hospital
 “Dr. José Eleuterio Gonzalez” Monterrey, NL, MEX

⁴Department of Medicine, MD Anderson Cancer Center,
 Houston, TX, US

⁵Department of Pulmonary, Critical Care and Sleep Medicine,
 Texas A&M University, Corpus Christi, TX, US

* Corresponding Author's Email: srsurani@hotmail.com.

5. Resumos publicados em anais de eventos;

- a) ASSIS, M. A. L.; SILVA, V. F.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI; ABREU, L. G.; MARQUES-NETO, H. T.; OLIVEIRA, D. D.; SOARES, R. V. Orthohelp: Aplicativo para smartphone com informações para pacientes em uso de aparelho ortodôntico fixo. In: 36ª Reunião Anual da SBPqO, 2019, Campinas. Brazilian Oral Research 36th SBPqO Annual Meeting, 2019. v. 33.
- b) PESSOTTI, L. O.; COSTA, D. D. C.; GUEDES, A. S. G.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI; ARAUJO, V. E.; OLIVEIRA, D. D. Ortodontia no Sistema Único de Saúde (SUS): Produção de material informativo para usuários do sistema. In: 36ª Reunião Anual da SBPqO, 2019, Campinas. Brazilian Oral Research, 2019. v. 33.
- c) LOPES, G. B.; PITHON, M. M.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI; NOJIMA, L. I.; HORTA, MARTINHO CAMPOLINA REBELLO; OLIVEIRA, D. D.; SOARES, R. V. Propriedades mecânicas de mini-implantes utilizados na ancoragem extra-alveolar. In: 36ª Reunião Anual da SBPqO, 2019, Campinas. Brazilian Oral Research 36th SBPqO Annual Meeting, 2019. v. 33.
- d) MORDENTE, C. M.; DANGELO, M. Q.; PACHECO, C. M. F.; QUEIROZ-JUNIOR, C. M.; FERREIRA, A. J.; SOARES, R. V. Opioides endógenos modulam a reabsorção óssea alveolar experimental via receptores kappa e mü. In: 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2018, Campinas. Brazilian Oral Research 34th SBPqO Annual Meeting. Campinas: Caboverde Tecnologia e Serviços, 2018.
- e) ASSIS, M. A. L.; TEIXEIRA, A. S.; VIDIGAL, B. C. L.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI; HORTA, MARTINHO CAMPOLINA REBELLO; ZENOBIO, E. G.; SOARES, R. V. Influência do rebordo ósseo maxilar remanescente na estabilidade volumétrica de enxertos utilizados na elevação do seio maxilar. In: 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2018, Campinas. Brazilian Oral Research 34th SBPqO Annual Meeting. Campinas: Caboverde Tecnologia e Serviços, 2018.
- f) ROBERTO, F. B.; MORDENTE, C. M.; ANDRADE, ILDEU. Efeitos da expansão rápida da maxila sobre a posição condilar em pacientes fissurados: Um estudo piloto. In: 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2017, Campinas. Brazilian Oral Research 34th SBPqO Annual Meeting. Campinas: Caboverde Tecnologia e Serviços, 2017. v. 31. p. 394-394.
- g) MORDENTE, C. M.; HOUARA, R. G.; PAIVA, S. M.; OLIVEIRA, D. D. Percepção da dor em tratamento ortodôntico com piezoincisão e corticotomia alveolar: um estudo clínico randomizado. In: 11o Congresso Internacional da ABOR, 2017, Belém. Anais 11º Congresso Internacional da ABOR, 2017.

- h) CAMPOS, F. S.; MORDENTE, C. M.; PANTUZO, M. C. G.; OLIVEIRA, D. D. Tratamento multidisciplinar em paciente adulto: um relato de caso clínico. In: 11º Congresso Internacional ABOR, 2017, Belém. Anais 11º Congresso Internacional ABOR, 2017.
- i) ASSIS, M. A. L.; MORDENTE, C. M.; SOUKI, B. Q.; ANDRADE, I. Tratamento precoce da Classe III com máscara facial associada a elásticos intermaxilares. In: 12º Congresso Internacional ABOR, 2019, Rio de Janeiro. Anais 12º Congresso Internacional ABOR, 2019.
- j) PESSOTTI, L. O.; COSTA, D. D. C.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI; ARAUJO, V. E.; OLIVEIRA, D. D. Ortodontia no SUS: produção de material informativo para usuários do sistema. In: 12º Congresso Internacional ABOR, 2019, Rio de Janeiro. Anais 12º Congresso Internacional ABOR, 2019.
- k) PESSOTTI, L. O.; CARDOSO, P. A.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI; BRITO, H. H. A. B.; OLIVEIRA, D. D. Má oclusão de Classe I, mordida cruzada posterior, perdas dentárias e canino superior ectópico: relato de caso. In: 12º Congresso Internacional ABOR, 2019, Rio de Janeiro. Anais 12º Congresso Internacional ABOR, 2019.
- l) CARDOSO, P. A.; PESSOTTI, L. O.; MORDENTE, CAROLINA MORSANI. Exposição de caso clínico. In: 12º Congresso Internacional ABOR, 2019, Rio de Janeiro. Anais 12º Congresso Internacional ABOR, 2019.
- m) MORDENTE, C. M.; SOARES, R. V.; LEITE, M. A.; OLIVEIRA, M. E. L. D.; OLIVEIRA, D. D. Tratamento ortodôntico no contexto interdisciplinar em paciente com histórico de periodontite aguda: 10 anos de estabilidade. In: 12º Congresso Internacional ABOR, 2019, Rio de Janeiro. Anais 12º Congresso Internacional ABOR, 2019.

PRODUÇÃO TÉCNICA

1. Patentes



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 022052 0

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: SOCIEDADE MINEIRA DE CULTURA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 17178195000167

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Sociedade com intuito não econômico

Endereço: Av. Brasil, 2079 - 10 andar - Funcionários

Cidade: Belo Horizonte

Estado: MG

CEP: 30140.002

País: Brasil

Telefone: 31.3269.3124

Fax: 31.3269-3167

Email: smcjurapoio@pucminas.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): CURSOR PARA MICROPERFURAÇÕES ÓSSEAS

Resumo:

A presente patente de invenção apresenta um cursor para microperfurações ósseas idealizado para ser utilizado encaixado de maneira justa em brocas cirúrgicas, cobrindo a maior parte da extensão das mesmas e deixando exposto apenas o comprimento desejável da ponta ativa. Com isso, quando a microperfuração é realizada, o cursor limita a sua profundidade. Este dispositivo pode ser fabricado em alumínio, aço cirúrgico, ou qualquer outro material metálico que possa passar pelo processo de esterilização a temperaturas superiores a 100° sem apresentar deformação. Desta forma, o dispositivo é utilizado de maneira segura, sem a possibilidade de causar qualquer tipo de contaminação ao paciente.

Figura a publicar: 1

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Sérgio de Moraes Harriot

Numero OAB:

Numero APE:

CPF/CNPJ: 53589327634

Endereço: Rua Pedra Bonita, nº 213, bairro prado

Cidade: Belo Horizonte

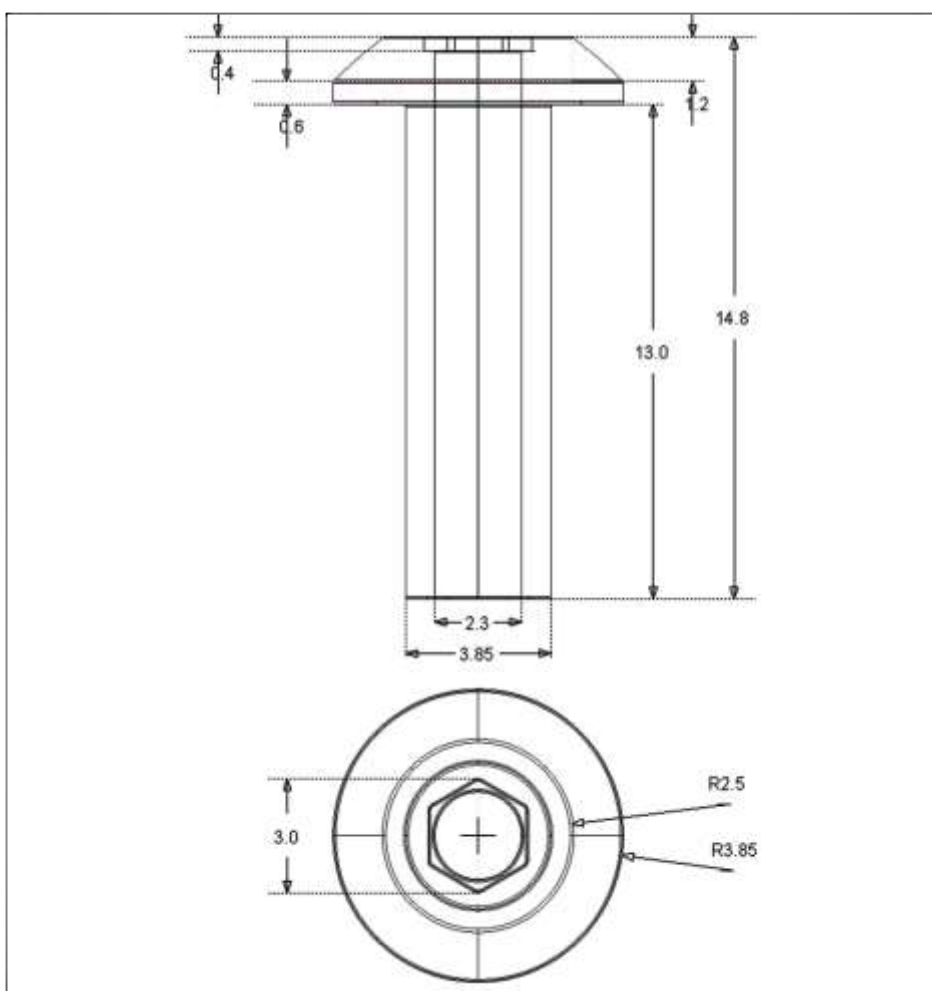
Estado: MG

CEP: 30411190

Telefone: (31)3319-4298

Fax:

Email: rti@pucminas.br

CURSOR PARA MICROPERFURAÇÕES ÓSSEAS



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 027289 9

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: SOCIEDADE MINEIRA DE CULTURA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 17178195000167

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Sociedade com intuito não econômico

Endereço: Av. Brasil, 2079 - 10 andar - Funcionários

Cidade: Belo Horizonte

Estado: MG

CEP: 30140.002

País: Brasil

Telefone: 31.3269.3124

Fax: 31.3269-3167

Email: smcjurapoio@pucminas.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): APARELHO INTRA-BUCAL PARA MOVIMENTO DE

DISTALIZAÇÃO DE MOLARES SUPERIORES

Resumo: O aparelho intra-bucal para movimento de distalização dentária ortodôntica descrito na presente patente é um dispositivo dento-muco suportado desenvolvido para promover movimento ortodôntico de distalização de molares superiores. Ele tem como objetivo minimizar os efeitos colaterais indesejáveis, comuns nesse tipo de movimento. Para isso, suas extensões vestibular e palatina permitem a aplicação da força ortodôntica o mais próximo possível do centro de resistência dos dentes, reduzindo ou eliminando a tendência de giroversão que pode ocorrer durante esse tipo de movimento.

Figura a publicar: 1

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Sérgio de Moraes Hanniot

Numero OAB:

Numero API:

CPF/CNPJ: 53589327634

Endereço: Rua Pedra Bonita, nº 213, bairro prado

Cidade: Belo Horizonte

Estado: MG

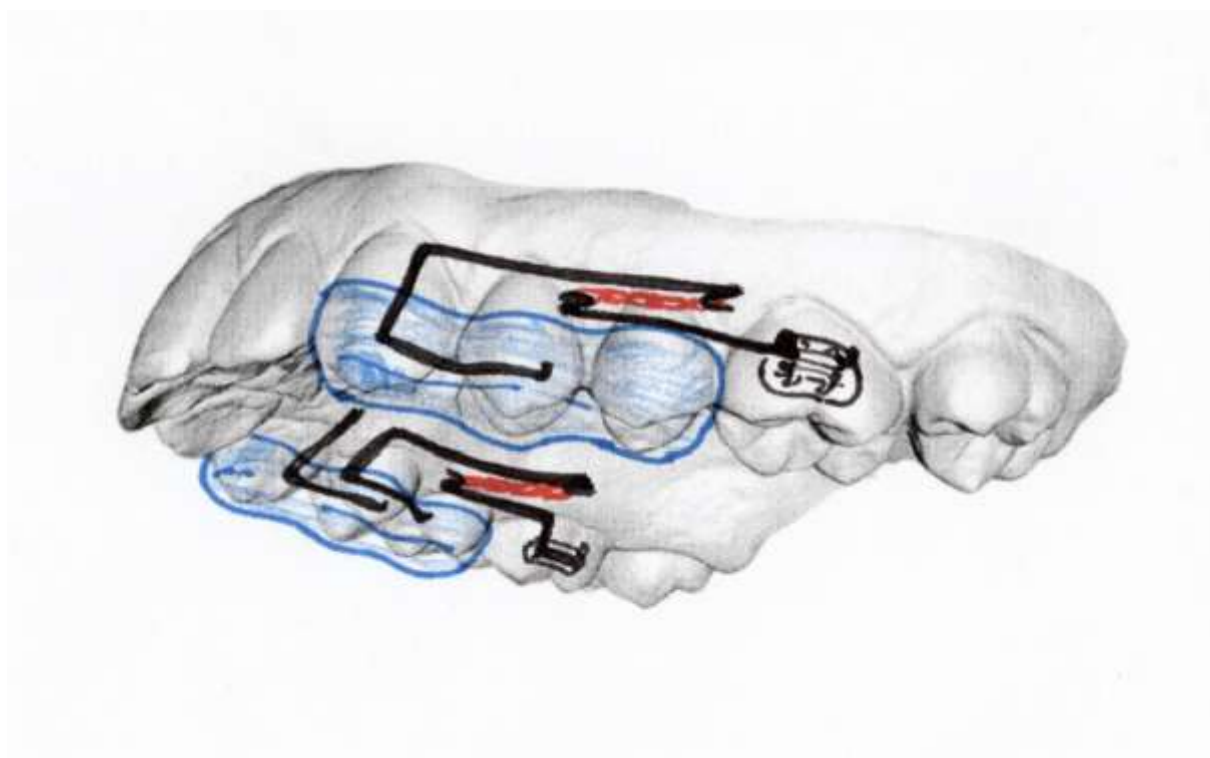
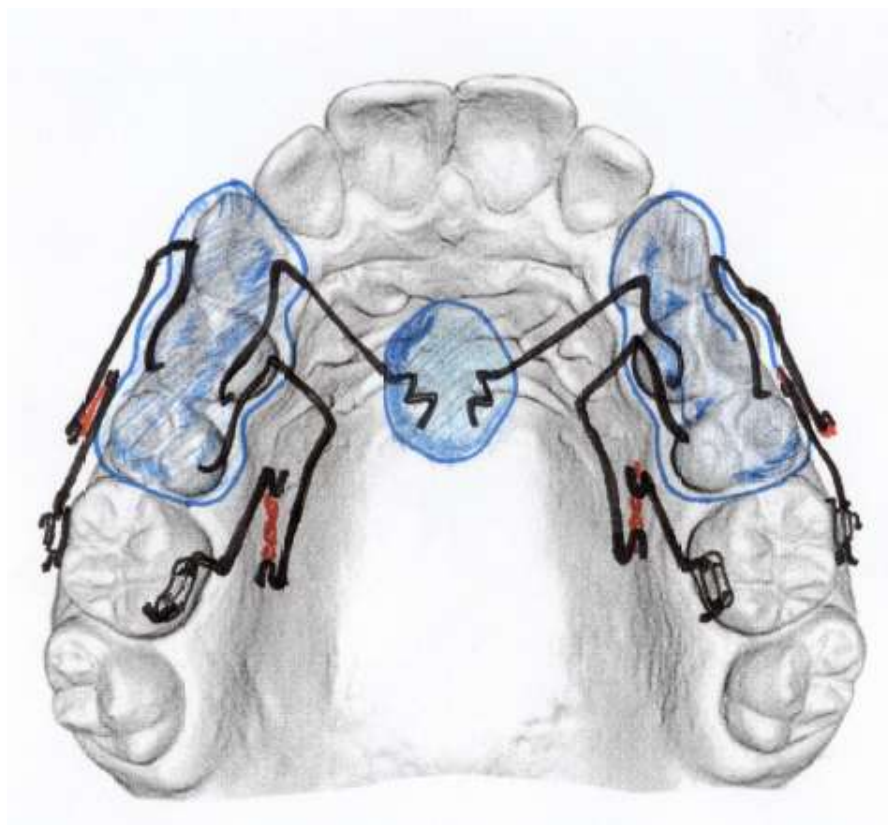
CEP: 30411190

Telefone: (31)3319-4298

Fax:

Email: nit@pucminas.br

**APARELHO INTRA-BUCAL PARA MOVIMENTO DE DISTALIZAÇÃO DE
MOLARES SUPERIORES**



2. Aplicativo: Ortho Help



3. Desenvolvimento de material didático:

a. Boletim informativo



! Odontologia

Cuidados bucais na infância e na adolescência

Bernardo Quiroga Souki

Professor Adjunto do Programa de Pós-graduação em Ortodontia da PUC Minas

Hayder Egg Gomes

Mestrando em Ortodontia na PUC Minas

Carolina Morsani Mordente

Doutoranda em Odontologia na PUC Minas

Júlio Carlos Noronha

Professor Aposentado do Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da UFMG

b. Vídeos - Gotas de Conhecimento

The image shows the YouTube channel page for "[gotas de conhecimento em odontologia] PUC Minas". The channel has 823 subscribers. The navigation bar includes links for INÍCIO, VÍDEOS, PLAYLISTS, CANAIS, DISCUSSÃO, and SOBRE. Below the navigation bar, there is a section for "Envios" with a button to "REPRODUZIR TODOS". The main content area displays four video thumbnails related to orthodontics:

- Gota #28 - Cera ortodôntica** (1:13)
- Gota #27 - Como utilizar passa-fio ou Superfloss** (1:53)
- Gota #26 - Como utilizar a escova interdental** (1:39)
- Gota #25 - Como escovar os dentes durante um...** (1:39)

The fourth video thumbnail includes a text overlay: "Sempre escove seus dentes e aparelho após se alimentar!" (Always brush your teeth and appliance after eating!).

c. Programa de rádio



d. Blog

ODONTOLOGIA PARA VOCÊ

Blog do Programa de Pós-graduação em Odontologia d

[Sobre](#)
[Contato](#)


15 de outubro de 2018 • 0 posts

Estou em tratamento ortodôntico com aparelho fixo. Quais cuidados devo ter com a higiene bucal?

ODONTOLOGIA PARA VOCÊ

Blog do Programa de Pós-graduação em Odontologia

[Sobre](#)
[Contato](#)


19 de outubro de 2018 • 0 posts

Estou em tratamento ortodôntico com aparelho fixo. Quais cuidados devo ter com a alimentação?

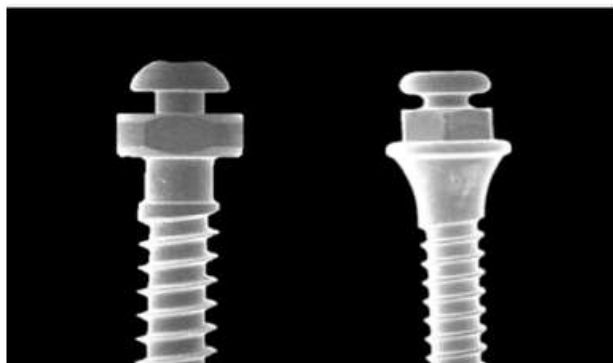
ODONTOLOGIA PARA VOCÊ

Blog do Programa de Pós-graduação em Odontologia

[Sobre](#)
[Contato](#)


19 de outubro de 2018 • 0 posts

Intercorrências que podem acontecer durante o tratamento ortodôntico com aparelho fixo: o que fazer?



Mini-implantes ortodônticos: qual, quando e onde usar?