LIANA FATTORI ABATI

Avaliação da aceleração do movimento dentário produzido pelas micro-osteoperfurações nos casos orto-cirúrgicos durante a fase de retração dos dentes anteriores: um ensaio clínico randomizado

São Paulo

2018

LIANA FATTORI ABATI

Avaliação da aceleração do movimento dentário produzido pelas micro-osteoperfurações nos casos orto-cirúrgicos durante a fase de retração dos dentes anteriores: um ensaio clínico randomizado

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas para obter o título de Doutor em Ciências.

Área Concentração: Ortodontia

Orientador: Prof. Dr. José Rino Neto

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Abati, Liana Fattori

Avaliação da aceleração do movimento dentário produzido pelas micro-osteoperfurações nos casos orto-cirúrgicos durante a fase de retração dos dentes anteriores: um ensaio clínico randomizado / Liana Fattori Abati; orientador José Rino Neto. -- São Paulo, 2018.

231 p. : tab., fig., ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Ortodontia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Ortodontia. 2. Técnicas de movimentação dentária. 3. Fechamento de espaço ortodôntico. I. Rino Neto, José. II. Título.

Abati LF. Avaliação da aceleração do movimento dentário produzido pelas micro-osteoperfurações nos casos orto-cirúrgicos durante a fase de retração dos dentes anteriores: um ensaio clínico randomizado. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovada em: 19/ 09/ 2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jorge Abrão

Instituição: FO-USP

Julgamento: Aprovada

Prof. Dr. João Batista de Paiva

Instituição: FO-USP

Julgamento: Aprovada

Prof. Dr. David Normando

Instituição: UFPA

Julgamento: Aprovada

Ao meu companheiro e amor **Tiago**, seu amor, sua parceria, sua compreensão e sua força nesta jornada são dignas de uma gratidão eterna. Sua capacidade de compreender o mundo e sua visão analítica sobre tudo me fazem ser uma pessoa melhor a cada dia. Seu respeito, seu carinho e nossa família me estimulam a me tornar a melhor versão que posso ser. Obrigada por acreditar nos nossos e, principalmente, nos meus sonhos. Minha eterna gratidão por cada momento desta nossa jornada.

As minhas maravilhosas e doces filhas **Maia e Aira**, vocês são o maior presente e a razão da minha vida. Seus sorrisos, abraços e alegria tornam tudo mais leve e me ajudam a ser a melhor mãe do mundo, a melhor versão de mim mesma. Que minha figura e minha dedicação na elaboração deste sonho inspire vocês ao conhecimento, e a se tornarem mulheres fortes, decididas e independentes. Estarei com vocês em todos os momentos de suas vidas. Meu eterno e devoto amor, sempre, de sua Mommy.

Aos meus pais **Hélio e Maria**, a quem agradeço pela vida, pelos valores, pelo respeito, pela sabedoria e pela força e paixão de viver. Esta também é uma conquista de vocês, a concretização de um sonho que vem desde quando vocês permitiram que aquela menina saísse de casa para cursar Odontologia em outra cidade. Minha eterna gratidão pelo esforço, pelo amor incondicional em todos os momentos de minha vida. É com muito amor que lembro sempre dos olhos de vocês brilhando para mim.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao **Prof. Dr. José Rino Neto**, pela amizade, pelo carinho e respeito, pelos conselhos pessoais e profissionais, pela orientação precisa e pela oportunidade de poder trabalhar com você. Sou muito grata pela confiança que depositou em mim e no meu trabalho. Obrigada por acreditar em mim. Você é o meu exemplo de conduta, de postura profissional. Sua dedicação à Ortodontia, sua ética científica e clínica inspiram a todos que o conhecem. Meu eterno respeito e gratidão por ter sido sua orientada e por você ter aberto as portas desta tão renomada universidade. É com muito orgulho que levarei esta instituição em meu coração. Meu muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos Rossana, Fabiana, Matheus e Mariana pela convivência, amizade, pelos ensinamentos da primeira escola da vida, pelo respeito, pelo carinho e pelo amor eterno. Sou muito feliz de poder contar com vocês em todos os momentos. Obrigada!

Aos meus sogros Abel e Neide e família, que sempre me acolheram com muito amor, me incentivando a conquistar meus objetivos profissionais.

Aos professores do Departamento de Ortodontia da Universidade de São Paulo João Batista de Paiva, Jorge Abrão, André Tortamano, Lilian Kazumi Kanashiro, Gladys Cristina Domínguez-Morea, Solange Mongelli de Fantini, muito obrigada por fazerem parte de minha formação acadêmica e muito obrigada pelo carinho, respeito e amizade.

Às queridas e competentes funcionárias do Departamento Edina Lucia Brito de Souza e Viviane Tkaczuk Passiano, agradeço todos os dias por poder contar com vocês durante todos estes anos. Aos funcionários Ronaldo Carvalho e Antonio Edilson Lopes Rodrigues muito obrigada pela ajuda durante o curso de doutorado.

A minha querida secretária Andreia Caon, minha eterna gratidão por ser meu braço direito e meu braço esquerdo, resolvendo tudo durante minhas ausências para a elaboração desta pesquisa. Sua contribuição foi fundamental nesta conquista.

A minha grande amiga Luciana da Graça Carvalho agradeço a sua amizade, a sua parceria e à disponibilidade de cuidar de meus pacientes enquanto eu estava nos Estados Unidos trabalhando na metodologia deste trabalho.

Aos queridos pacientes e participantes desta amostra pela participação neste ensaio clínico, comparecendo assiduamente em todas as consultas e colaborando em todas as fases de coleta de dados. Minha gratidão e amizade a todos vocês.

Aos meus colegas de formação acadêmica Annelise Ribeiro, Helena Pereira da Silva, Ricardo Alves, Lucas Cardinal, Renata de Faria, Taiana Baldo, Simone Peixe, Almir Lima Júnior, Rafael Golghetto Domingos, Carolina Vivian, Juliana Daia, Patrick Saraiva, Felipe Tsujinaka, Caroline Dantas, Lilian Gabarrone, Fabio Yanikian, Bruno Pasqua e Eloisa Soares Ueno pelo convívio agradável e pela troca de experiências durante o curso. À querida parceira Michelle Sendyk, agradeço o companheirismo e a colaboração durante o curso e durante seus meses na Universidade de Michigan. À querida Daniele Sigal, pela amizade no curso e ajuda com meus pacientes do consultório durante meu doutorado sanduíche. Ao querido Tadeu Mendes Junior pela grandiosa ajuda nos exames tomográficos.

À Prof. Dra. Lucia Helena Soares Cevidanes, agradeço pela oportunidade desta experiência única no exterior, com crescimento pessoal e profissional durante meu curso de doutorado sanduíche. Minha gratidão pelos seus ensinamentos.

Ao Prof. Dr. James McNamara, que acreditou em mim e além de sua experiência profissional e pessoal, me presenteou com sua sabedoria. Minha eterna gratidão pela confiança.

À Prof. Dra. Katherine Kelly agradeço a oportunidade concedida no Departamento de Craniofacial da Universidade de Michigan. Muito obrigada pelo carinho e conselhos sábios.

Aos funcionários da Universidade de Michigan, Marsha De Rosia, Jennifer Obert-Peterson, Tiffani Ford, Jayme Mitchell-Murry, Darlene Slaughter e James Sugai, muito obrigada pelo carinho, pela ajuda e acolhida.

Aos amigos queridos que fiz na Universidade de Michigan Soumya Arun, Silja Furche, Lauren, Zahraa Allohaibi, Natalie Yang, Tobias Fretwurst, muito obrigada pelos ótimos dias em Ann Arbor.

À querida Luciana Muniz, colega de laboratório na Universidade de Michigan, muito obrigada por sua amizade.

À querida Fernanda Rosche Ferreira por cuidar tão bem de meus pacientes enquanto eu estava no doutorado sanduíche.

Ao Prof. Dr. David Normando pela ajuda e orientação impecável em minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Edgard Michel Crosato pela colaboração durante meu curso de doutorado e preparação para o doutorado sanduíche, e também pelo carinho e respeito.

À querida Prof. Dra. Mari Caroline Skelton Macedo pelos ensinamentos, pela alegria e pela confiança.

À Profa. Dra. Liliana Ávila Maltagliati, ao Prof. Dr. Leopoldino Capelozza Filho e ao Prof. Dr. Nivaldo Alonso, fundamentais em minha formação profissional. Muito obrigada pela oportunidade e amizade.

Às funcionárias da pós-graduação Alessandra Moreira, Catia Tiezzi dos Santos, meu muito obrigada pela pronta ajuda.

Às funcionárias da biblioteca Glauci Elaine Damasio Fidelis e Vania Martins Bueno de Oliveira Funaro pela colaboração na formatação desta tese.

À querida Maria Aparecida Barbosa Antunes, do Comitê de Ética da faculdade, meu muito obrigada por toda a ajuda.

Ao Prof. Dr. Fernando Melhem Elias por sua contribuição durante a qualificação deste trabalho.

Às queridas funcionárias Eva, Lucia e Neide, muito obrigada pelo carinho e pela companhia das manhãs no Departamento.

À Prof. Dra. Marinella Holzhausen Caldeira pela colaboração científica neste ensaio clínico e aos amigos Emanuel Rovai e Danilo Balzarini pela participação nesta pesquisa e pela amizade.

Aos colegas ortodontistas da Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, Lucio Uchida, Michelle Sendyk, Aline Victor Iost, Bruno Pasqua, Daniele Sigal, Irina Larusa, Fernanda Di Sanzo Guilherme, Luciana Coimbra, Luciana Barrella, Marcus Trunzo, Marcelo Suzuki e Waldemar Pereira Junior, minha gratidão pela participação neste trabalho e pelos ótimos momentos juntos.

Ao querido colega Felício Zampieri pelo incentivo e ajuda irrestrita neste trabalho, abrindo as portas de sua clínica radiológica e proporcionando que os exames de tomografia fossem feitos, além do escaneamento dos modelos de gesso. Muito obrigada pela amizade de tantos anos.

Ao funcionário Elivelton Mendes Comparini, da clínica radiológica Craneum pela ajuda no escaneamento de todos os modelos de gesso. Minha gratidão.

À CAPES pela bolsa de doutorado oferecida durante uma parte deste curso.

Ao CNPq e Ciências Sem Fronteiras pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche para o exterior.

“A primeira lei da natureza é a tolerância, já que temos todos uma porção de erros e fraquezas”

Voltaire

RESUMO

Abati LF. Avaliação da aceleração do movimento dentário produzido pelas micro-osteoperfurações nos casos orto-cirúrgicos durante a fase de retração dos dentes anteriores: um ensaio clínico randomizado [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

O objetivo deste ensaio clínico foi avaliar a velocidade do movimento dentário durante o fechamento dos espaços das extrações dos pré-molares com a mecânica de deslize e avaliar tridimensionalmente as diferenças entre os grupos que foram submetidos à mecânica tradicional ou às micro-osteoperfurações para aceleração do movimento. Foram selecionados 24 pacientes, com idades entre 18 e 36 anos, portadores de discrepância maxilomandibular indicativa à cirurgia ortognática, que possuíam todos os dentes e apresentavam boa saúde e higiene oral, não fumantes, e que não usavam corticoides ou bifosfonatos. Os pacientes foram alocados aleatoriamente aos grupos controle e experimental. A retração anterior para o fechamento dos espaços foi realizada com a mecânica de deslize ativada sobre dispositivos de ancoragem temporária e a intervenção para aceleração do movimento, as micro-osteoperfurações, realizada nas sessões de ativação enquanto houvesse espaço disponível e seguro para as mesmas. Moldagens foram realizadas a cada uma das sessões de ativação até o fechamento completo dos espaços. Exames de tomografia computadorizada do feixe cônico foram feitos ao início do tratamento e ao fechamento do espaço das extrações. Para a avaliação da taxa de fechamento dos espaços, os modelos de gesso foram digitalizados e medida linear entre os dentes canino e segundo pré-molar foram feitas no programa de código aberto SlicerCMF. Para a avaliação tridimensional, modelos de superfície foram confeccionadas a partir de reconstruções 3D por meio de mapas coloridos, em seguida foram feitas sobreposições destes modelos entre os tempos, para avaliar os deslocamentos obtidos com o tratamento. Os dados foram analisados usando teste paramétrico t-Student e foi aplicado modelo linear ANCOVA para avaliar a dependência entre as variáveis. Dezoito pacientes completaram o estudo, incluindo 11 do sexo feminino e 7 do sexo masculino, com idade média de 25 anos. Os participantes do grupo experimental eram mais velhos que os do grupo controle (20,4 anos e 27,8 anos, respectivamente). O tempo médio para fechamento dos espaços foi de 247 dias. Não

foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p=0,492$) na comparação entre as taxas de fechamento dos espaços das extrações (0,614 mm/mês para o grupo controle e 0,672 mm/mês para o experimental). Na análise tridimensional, o grupo controle apresentou maior movimentação coronária para mesial nos segundos pré-molares (direito $p=0.024$ e esquerdo $p=0.018$); já o grupo experimental apresentou maior movimentação coronária para o incisivo central direito ($p=0,006$). Não se observou resultado estatisticamente significativo para as outras variáveis analisadas. Neste ensaio clínico a hipótese nula foi aceita, as micro-osteoperfurações não induziram a aceleração do movimento dentário durante a retração anterior com a mecânica de deslize. Na análise tridimensional, foram encontradas diferenças entre os grupos para os segundos pré-molares, que apresentaram maior movimentação coronária para a mesial no grupo controle, e para o incisivo central direito, que teve maior movimentação coronária para o grupo experimental.

Palavras-chave: Ortodontia. Fechamento de espaço ortodôntico. Técnicas de movimento dentário

ABSTRACT

Abati LF. Assessment of three-dimensional differences and rate of tooth movement between patients who were designated for pre-molar extraction and decompensation with conventional sliding mechanics vs micro-osteoperforations: a non-blinded randomized clinical trial [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, 2018. Versão Corrigida.

The objective of this “2-arm parallel” trial was to assess the rate of tooth movement and three-dimensional differences between patients who were designated for pre-molar extraction and decompensation and sliding mechanics for anterior retraction with conventional procedure or micro-osteoperforations for accelerated orthodontics. Patients assigned for ortho-surgical treatment and pre-molar extraction were randomly allocated to anterior retraction performed with conventional implant-assisted sliding mechanics or with micro-osteoperforations performed previously to the anterior retraction. CBCT was done pre-treatment and after space closure for three-dimensional analysis; Dental impressions were performed every activation session and plaster models were digitally converted in three-dimensional models for rate of tooth movement assess. Patients with maxillomandibular discrepancy indicative for orthognathic surgery, no previous dental extractions, good oral and general health, non-smokers, and no use of systemic corticosteroids or bisphosphonates were eligible for inclusion. The primary outcome was micro-osteoperforations accelerate tooth movement for the experimental group. Randomization was accomplished using Microsoft Excel random numbers function. Blinding was not applicable to outcome assessment. Data were analyzed using t-Student test, and general linear model, ANCOVA was used to evaluate variables dependency. 18 patients were allocated to the orthodontic treatment, including 11 female and 7 male patients with the mean age of 25 years. Subjects from experimental group were older than the control group (20.4 and 27.8). The average follow-up period for this assessment was 247 days. For rate of tooth movement assessment, groups were categorized equally, with 0.614 mm/month for the control group and 0.672 mm/month for the experimental group (EG) with no statistically differences ($p=0.492$). For three-dimensional analysis, control group showed higher crown movement for the second premolars (right $p=0.024$ and

left $p=0.018$), and the experimental group presented greater crown movement for the right central incisive ($p=0.006$). Micro-osteoperforations were inefficient to accelerated tooth movement during anterior retraction for the experimental group. Three-dimensional differences were found for the second premolars in the crown movement, showing greater values for the control group, and central incisors which had more lingual movement for the experimental group.

Keywords: Orthodontics. Orthodontics space closure. Tooth movement techniques

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	23
3	PROPOSIÇÃO.....	59
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	61
5	RESULTADOS.....	145
6	DISCUSSÃO.....	155
7	CONCLUSÃO.....	169
	REFERÊNCIAS.....	171
	APÊNDICES.....	177
	ANEXOS.....	225

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje se observa maior frequência de procura de tratamento ortodôntico por adultos, que estão mais preocupados com sua saúde bucal e aparência. Ainda que esta procura tenha aumentado entre estes pacientes, muitos ainda evitam o tratamento ortodôntico convencional pelo tempo gasto até se obter resultados.

Embora o tratamento destes pacientes demande um planejamento mais elaborado, a busca por métodos terapêuticos que diminuam a duração do tratamento sem comprometer os resultados é um dos desafios da ortodontia moderna.

Planos de tratamento otimizados, ações que melhorem a colaboração dos pacientes e dispositivos que facilitem a movimentação dos dentes podem ser fatores para alterar o tempo do tratamento. Entretanto controlar ou modificar a resposta biológica do paciente, frente às forças ortodônticas de maneira a otimizar a taxa da movimentação dentária, se tornou mais uma das ações possíveis e testadas clinicamente, porém não totalmente compreendidas na pesquisa odontológica.

Embora ainda carente de fortes evidências científicas, a aceleração do movimento ortodôntico e a possibilidade de reduzir o tempo de tratamento faz com que este conceito se torne uma opção bastante atrativa para ser incorporada nos planos de tratamento dos consultórios de ortodontia ao redor do mundo.

Pesquisadores e clínicos veem desenvolvendo métodos que tem como objetivo alterar a resposta biológica frente aos estímulos ortodônticos, no intuito de diminuir o tempo dos tratamentos de maneira eficaz (Long et al., 2013; Murphy, 2010). Os primeiros relatos de casos tratados com aceleração do movimento ortodôntico foram descritos por Köle, em 1959. Em seguida, várias modalidades foram descritas na literatura para a acelerar o movimento ortodôntico, e dentre elas destacam-se as corticotomias, a laserterapia, o pulso eletromagnético e mais recentemente as perfurações em osso cortical e medular.

As corticotomias alveolares são intervenções cirúrgicas limitadas à porção cortical do osso alveolar, que estimulam um processo biológico na região desejada para a aceleração do movimento ortodôntico, facilitando a movimentação em

situações mecânicas que apresentam dificuldade. As reações teciduais que ocorrem no osso alveolar foram descritas em estudos realizados em animais (Wilcko et al., 2008; Wilcko et al., 2009). Foi observado nestes estudos um fenômeno chamado de FAR (Fenômeno de Aceleração Regional) após o corte do tecido ósseo. Este fenômeno é mediado por diversas citocinas, que potencializam a remodelação óssea e consequentemente agilizam a movimentação dentária (Wilcko et al., 2009).

Nos estudos realizados empregando-se a técnica de corticotomia foram observadas movimentações dentárias potencializadas, que ocorreram de duas a três vezes mais rapidamente quando comparadas à movimentação ortodôntica convencional, sem que houvesse alteração na vitalidade dos dentes ou reabsorções radiculares (Aboul-Ela et al., 2011; Amit et al., 2012; Melo et al., 2013; Murphy et al., 2012; Sanjideh, et al., 2010).

Embora com o efeito de acelerar o movimento, foram observados efeitos adversos no periodonto após as corticotomias com retalho gengival. Estas técnicas invasivas acarretavam perda óssea interdental, redução da gengiva inserida e redução da distância interdental (Amit et al., 2012). Buscando-se procedimentos cada vez menos invasivos e aceitos pelos pacientes, diversas técnicas modificadas de corticotomia foram apresentadas (Köle, 1959).

Ainda com riscos de comprometimento dos tecidos ósseos e periodontais e baixa aceitação por parte dos pacientes em se submeter a procedimentos cirúrgicos, novas abordagens minimamente invasivas, sem abertura de retalho gengival ou uso de instrumentos rotatórios, mas que induziam o FAR (Fenômeno de Aceleração Regional) (Köle, 1959; Teixeira et al., 2010) foram introduzidas, como as micro-osteoperfurações (MOPs).

Conforme relatos clínicos, as MOPs têm se mostrado uma técnica mais simples e menos invasiva.

A possibilidade de potencializar os resultados clínicos de sucesso em acelerar o movimento dentário obtidos a partir das micro-osteoperfurações corticais e alveolares motivou-nos a realizar de um ensaio clínico prospectivo randomizado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para melhor compreensão dos tópicos abordados nesta revisão de literatura, a mesma foi dividida entre os procedimentos para aceleração do movimento, num contexto informativo sobre as técnicas desenvolvidas para esta finalidade, e a literatura sobre a metodologia utilizada nesta pesquisa.

2.1 ACELERAÇÃO DO MOVIMENTO ORTODÔNTICO

Com a complexidade de alguns movimentos ortodônticos e o tempo gasto para alcançar os objetivos terapêuticos, alguns novos procedimentos foram propostos para facilitar a movimentação dos dentes e diminuir o tempo em coloca-los em sua posição ideal. O procedimento cirúrgico, descrito pela primeira vez em 1893, incluía um retalho gengival com uma decorticação da lâmina cortical, chamado corticotomia. Com o objetivo de avaliar a efetividade deste novo procedimento, Fischer (2007) selecionou 6 pacientes jovens, com idades entre 11 e 12.9 anos que apresentavam como característica oclusal o canino superior impactado. Cada paciente serviu como seu próprio controle. Em um dos caninos impactados foi feito o procedimento comum de exposição, no outro foi feita uma corticotomia adicional com lesões circulares no osso mesial e distal adjacentes ao dente impactado. Após 2 semanas do procedimento, os ortodontistas, sem saber qual dos dentes tinha recebido o procedimento cirúrgico, iniciaram as ativações nos caninos, utilizando força de 60 g até que os dentes alcançassem seu posicionamento final. Em todos os casos os caninos que sofreram a corticotomia se posicionaram mais rapidamente em uma taxa maior de 28 a 33%. A taxa de fechamento foi de 1.06 mm/mês contra 0.75 para a tração convencional.

Neste conhecido artigo sobre aceleração do movimento descrito por Wilcko et al. (2008), os autores descrevem o histórico das técnicas para aceleração do movimento e apresentam casos clínicos demonstrando a nova técnica proposta, chamada PAOO (Ortodontia Osteogênica Acelerada Periodontalmente). Esta nova técnica de corticotomia permite aumentar o volume alveolar no tratamento ortodôntico

por meio de material de enxerto após o procedimento cirúrgico. Neste artigo, os autores afirmam que a técnica pode aumentar de 300 a 400% a velocidade do movimento ortodôntico, e que o espaço de uma extração pode ser fechado de 3-4 semanas com forças ortopédicas ou de 6-8 semanas com forças ortodônticas eficientes, além de possibilitar de 2-3 vezes um aumento em volume do osso alveolar nas regiões do procedimento. Para demonstrar estes benefícios, os autores apresentaram 4 casos clínicos para diferentes situações clínicas. Nestes casos, observaram que ocorreu um aumento dramático do *turnover* tecidual na terceira semana após o procedimento cirúrgico de decorticação, permanecendo ativado até a décima primeira semana, quando os índices normais se reestabeleceram. Esta decorticação alveolar seletiva também resulta em uma osteopenia transitória, o FAR (Fenômeno Aceleratório Regional), e ambas características estão diretamente ligadas com a intensidade e a proximidade do trauma cirúrgico.

Para elucidar o procedimento cirúrgico proposto anteriormente, a técnica PAOO, Murphy et al. (2009) afirmam que o objetivo da decorticação durante o procedimento da corticotomia não é criar segmentos móveis de osso, e sim promover o FAR. Ainda reafirmam que não existem estudos que provem ou demonstrem que determinado procedimento ou determinado padrão, extensão ou profundidade do trauma seja superior ou mais indicado que outro.

Neste novo trabalho de 2009, Wilcko et al. descrevem a técnica AOO (Ortodontia Osteogênica Acelerada) e reafirmam que o design dos cortes e perfurações durante o procedimento cirúrgico são irrelevantes para se criar o FAR, caracterizado por uma desmineralização transitória local. O único princípio que deve ser seguido é que a camada cortical deve ser ultrapassada e o osso medular alcançado superficialmente.

Ainda preocupados com o FAR para acelerar o movimento ortodôntico, Kim et al. (2009) afirmaram que a lesão cirúrgica é um fator potencial na indicação deste fenômeno. Assim, a modificação de técnicas cirúrgicas amplas e pouco aceitas por pacientes por conta de sua agressividade, do alto desconforto pós-operatório e do alto risco de complicações se tornou um dos objetivos da classe ortodôntica. Como alternativa a estes procedimentos mais invasivos, os autores propõem a corticisão,

uma técnica de intervenção mínima. Para avaliar os efeitos biológicos desta nova técnica na remodelação alveolar, os autores fizeram um experimento com tratamento ortodôntico em gatos. 16 gatos domésticos foram utilizados e separados em 3 grupos, sendo um grupo controle. Força ortodôntica foi feita do canino ao molar usando mola fechada com força de 100 g. No grupo experimental foi feita a corticisão na região dos caninos a cada 3 dias do experimento. Os animais foram sacrificados nos dias 7, 14, 21 e 28. Como resultado da análise microscópica de luz, encontrou-se no grupo controle uma extensa área de hialinização do ligamento periodontal. O grupo experimental apresentou áreas menos hialinizadas e no dia 14 observou-se maior recrutamento de células osteoclásticas. Os autores afirmam que para que haja a aceleração do movimento, a menor hialinização óssea se faz necessária. Além disso, afirmam que a possibilidade de uma abordagem biológica que controle este processo em vez de apenas um controle mecânico de força, torna o procedimento cirúrgico da corticisão uma alternativa às corticotomias.

Após a introdução das corticotomias na comunidade ortodôntica, e pelas dúvidas e incertezas que o procedimento trazia, um artigo descritivo sobre as indicações e efeitos das corticotomias foi publicado por Oliveira et al. (2010). No artigo, este procedimento cirúrgico que aumenta a eficiência da movimentação dentária foi descrito em vários aspectos. Um dos aspectos abordados foi a descrição dos primeiros relatos de abordagens cirúrgicas para a movimentação dentária, descritos por Brian em 1892 e Cunningham em 1893. Depois em 1959, Köle utilizou uma combinação de corticotomias inter-radiculares e osteotomia supra-apicais para aumentar a velocidade do movimento, mas a técnica acabou não sendo difundida pelos riscos ao periodonto e à vitalidade dos dentes envolvidos. Os autores do artigo ainda são categóricos em afirmar que a justificativa de aceleração do tratamento ortodôntico não é forte o suficiente para se sobrepor aos riscos e invasividade do procedimento cirúrgico. Afirmam que o tratamento ortodôntico é considerado eficiente quando os objetivos planejados são obtidos em menor espaço de tempo, sem comprometimento da qualidade e da estabilidade dos resultados, mantendo a saúde do periodonto a longo prazo.

Com a alta procura do tratamento ortodôntico por parte dos pacientes adultos, conhecer as diferenças e expectativas destes pacientes se torna importante,

principalmente pelo fato destes pacientes não apresentarem mais crescimento e assim, um aumento da chance da hialinização ocorrer durante o tratamento. Segundo Hassan et al. (2010), o desenvolvimento da técnica de corticotomia para o tratamento destes pacientes apresenta inúmeras vantagens, como redução do tempo de tratamento, melhora na expansão dos arcos, diferenciação do movimento dentário, melhora da tração de dentes impactados e maior estabilidade pós-tratamento. O procedimento cirúrgico acelera o tratamento ortodôntico pelo fato de que o dente se move mais rápido quando há menor resistência óssea, causada pelo trauma cirúrgico. Também descreveram que foi encontrada uma correlação entre a severidade do trauma e a intensidade da reparação local, causando um *turnover* ósseo acelerado, chamado Fenômeno de Aceleração Regional (FAR) que se prolonga em até 2 semanas após o procedimento cirúrgico. Os autores indicam nos casos que farão uso de corticotomia, que a ativação do tratamento ortodôntico comece de 1 a 2 semanas após este procedimento. Também sugerem seu uso para os seguintes procedimentos clínicos: dissolução do apinhamento dentário; diminuição do tempo de tratamento; aceleração da retração dos caninos após a extração dos pré-molares; aumento da estabilidade pós-tratamento; auxílio na erupção de dentes impactados; viabilidade da expansão lenta ortodôntica; melhora da intrusão dos molares; correção da mordida aberta; controle de ancoragem. Também descrevem as limitações, como por exemplo, a contraindicação para pacientes com problemas periodontais; casos de recessão gengival; mordidas cruzadas posteriores severas; protrusão bimaxilar; e sorriso gengival. Além disso, citam as complicações do procedimento: perda de osso interdental e gengiva inserida; diminuição da distância interdental; hematomas faciais pós-procedimento; dor pós-operatória; e encurtamento das raízes dos dentes.

Aclamada por reduzir o tempo do tratamento ortodôntico pela diminuição da resistência do denso osso cortical, a técnica da corticotomia foi revista e modificada com o passar do tempo, tendo como objetivo eliminar os riscos, como o dano ao periodonto e a desvitalização da região pela possível interrupção do suprimento sanguíneo no local. Além destas técnicas para incrementar o tratamento, o controle de ancoragem também é um fator imperativo no sucesso de um tratamento. Nos últimos tempos, a ancoragem esquelética proveniente da instalação de dispositivos temporários se tornou uma alternativa eficaz e que não necessita de colaboração dos pacientes para o sucesso. Assim, Aboul-Ela et al. (2011) se propuseram a avaliar a

retração de caninos superiores com a ancoragem esquelética em casos com e sem corticotomia. Para isso 13 adultos que apresentavam Classe II divisão 1 e aumento do *overjet* foram encaminhados para a extração dos primeiros pré-molares e subsequente retração dos caninos. Um dia antes do procedimento cirúrgico, os pré-molares foram extraídos. Em seguida a corticotomia foi feita, unilateralmente, com retalho gengival e perfurações no osso vestibular da região do incisivo lateral ao segundo pré-molar. Molas fechadas de níquel-titânio foram utilizadas para a retração dos caninos, utilizando força de 150 g em cada lado. A cada 30 dias foram feitas moldagens para quantificação do movimento anteroposterior dos caninos. Estas medidas foram feitas tendo como base de referência as rugas palatinas. Como resultados, os autores encontraram taxas de movimentação maiores para o lado operado em 93% e que se mantiveram 2 vezes mais rápida durante os primeiros dois meses pós-cirurgia. Os autores ainda sugerem que os traumas do lado vestibular causam um FAR em todo osso trabeculado do lado palatino. Além disso, a proposta deste trabalho com uma técnica mais conservadora foi reduzir o tempo operatório e o desconforto pós-operatórios dos pacientes, eliminando os indivíduos aos riscos da cirurgia adicional pela palatina.

Com a crescente busca por procedimentos menos invasivos e aceitos pelos pacientes, uma nova técnica original, minimamente invasiva, sem retalho e localizada foi apresentada por Petitbois e Scortecchi (2012). O artigo apresenta os princípios gerais e o protocolo cirúrgico por meio da descrição de um caso clínico. Para promover o trauma ósseo, os autores introduzem o osteotensor, um instrumento cirúrgico que penetra no osso, modificando a tensão na matriz óssea, desencadeando uma sequência de reações biológicas que resultarão na regeneração osteogênica. O número, forma e região dos traumas são de grande importância para o sucesso do procedimento. Os autores descrevem que foi possível observar a fase catabólica após 3 horas do procedimento. Esta fase é caracterizada por grande número de macrófagos e osteoclastos na região, que alteram a matriz óssea mineralizada, sendo o momento ideal para a aplicação da força ortodôntica. Os autores indicam que as perfurações devem preservar a arquitetura do periodonto e evitar a região do ligamento periodontal. Estas também são tidas como bem toleradas e psicologicamente bem aceitas pelos pacientes.

Murphy et al. (2012) definem a proposta clássica do movimento ortodôntico “a hipótese da pressão/tensão” como muito simplista para se perpetuar no século 21. Desta maneira propõem que o padrão de aposição e reabsorção óssea visto no ligamento periodontal durante a o movimento dentário ortodôntico ocorre devido às diferenças da força de cisalhamento durante a flexão óssea alveolar e não ao processo de hialinização. Também intitulam a nova fase que a especialidade se encontra em “terapia ortodôntica facilitada cirurgicamente”. Afirmam que a era da engenharia tecidual do alvéolo dentário é um passo importante na evolução da especialidade e esta não pode ser ignorada.

Além da evolução da especialidade, houve um aumento do número de pacientes adultos no consultório ortodôntico, e os profissionais estavam constantemente em busca de novas maneiras para acelerar o movimento dentário. Assim, Amit et al. (2012) fizeram uma revisão dos procedimentos cirúrgicos que foram descritos ao longo do tempo, sobretudo a técnica PAOO. Esta técnica foi considerada uma corticotomia seletiva, que contém enxerto ósseo e aplicação de forças ortodônticas pós-procedimento, com resultados que levam a um aumento da espessura do osso alveolar, diminuição do tempo de tratamento, aumento da estabilidade pós-tratamento e diminuição da reabsorção periapical. Para os pacientes adultos submetidos a esta técnica, a mobilização celular e a conversão de fibras colágenas são muito mais lentas que em pacientes jovens. Estes pacientes também estão mais sujeitos às complicações periodontais pela presença de um osso alveolar não flexível. Nesta técnica, o osso cortical é traumatizado cirurgicamente em ambos os lados vestibular e palatino/lingual, e posteriormente é feito o enxerto ósseo. O FAR ocorre na fase de reparação, pela diminuição da densidade óssea regional e aceleração do *turnover*, que facilita o movimento dentário. Este fenômeno inicia em poucos dias após o procedimento, com um pico entre 1 a 2 meses, durando no máximo 4 meses. Quando o FAR termina, a osteopenia desaparece e ocorre a remineralização. As complicações deste tipo de procedimento são a perda óssea interdental e perda da gengiva inserida.

As vantagens das técnicas cirúrgicas em acelerar o movimento ortodôntico foram muito descritas nos últimos anos, entretanto, pouco foi abordado sobre as complicações do procedimento. Após algum tempo da introdução destas técnicas,

Uzuner e Darendeliev (2013) fazem uma revisão da literatura sobre técnicas cirúrgicas dentoalveolares combinadas com o tratamento ortodôntico. Os autores citam as complicações destas técnicas cirúrgicas, como por exemplo, nos casos de apinhamento, o risco de danos nas raízes dos dentes, além de complicações referentes à diminuição do suprimento sanguíneo na região. Citam também na revisão que foram atribuídas às corticotomias a característica de diminuir o tempo do tratamento ortodôntico em 1/3 quando comparado à técnica tradicional.

Após a introdução das técnicas modificadas da corticotomia e da descrição de suas indicações e contra-indicações, ainda se discute muito sobre seu uso e se mantem as incertezas sobre estes procedimentos. Por estes motivos, Long et al. (2013), publicaram uma revisão sistemática sobre procedimentos para acelerar o movimento ortodôntico. Com o objetivo de avaliar a efetividade das intervenções para aceleração do tratamento ortodôntico, os autores coletaram artigos sobre o assunto de 1990 a 2011. Após a seleção, 9 artigos foram considerados elegíveis e analisados, entretanto estes apresentavam diferentes modalidades de procedimentos para este fim. Como concordância para tornar possível a revisão, os trabalhos: deveriam ter participantes saudáveis e que estivessem sob tratamento ortodôntico; deveriam sofrer de alguma intervenção para a aceleração do movimento; deveriam mostrar taxa de movimentação e tempo nos resultados. Os estudos apresentaram poucos participantes, variando entre 6 a 13 pacientes. Os procedimentos foram: terapia de laser de baixa intensidade; corticotomia; pulso eletromagnético; distração dentoalveolar ou periodontal; e corrente elétrica. Nos dois artigos que descreviam sobre a corticotomia, os resultados para a taxa de movimentação dentária foram significativamente maiores nos grupos experimentais (0.265mm/semana vs 0.185; 1.89 mm/mês vs 0.75, respectivamente). Num dos artigos, a taxa voltou a ficar igual ao grupo controle no terceiro mês. Os autores concluíram que o laser não tem capacidade para acelerar o movimento e que a corticotomia é segura e acelera o movimento ortodôntico.

Neste artigo sobre ponto e contraponto, Mathews e Kokich (2013) fazem uma análise crítica dos procedimentos de corticotomia, respondendo a questões que podem facilitar a compreensão dos ortodontistas. Baseando-se nos estudos existentes, os autores afirmam que as corticotomias podem acelerar o movimento

ortodôntico em duas vezes. Os autores também descrevem que após um trauma cirúrgico, o organismo envia uma resposta inflamatória exagerada para a reparação do local, acarretando no fenômeno aceleratório local. Embora os doutores Wilcko afirmem que ocorre uma desmineralização regional, os autores duvidam que o exame tomográfico utilizado para esta afirmação possua resolução suficiente para identificar precisamente as diferenças de mineralização no osso medular. Os autores também explicam que a aceleração do movimento ocorre pela remoção adiantada da área de hialinização pelos macrófagos, reação iniciada uma semana após a aplicação da força ortodôntica, e que após 4 semanas do procedimento ocorre o restabelecimento do processo fisiológico normal. Este fenômeno aceleratório seja mantido por até 3 semanas pós procedimento, e para a obtenção de melhores resultados, outro procedimento cirúrgico deveria ser feito após 28 dias, mantendo as altas taxas de movimentação dentária. Os autores são céticos na afirmação de que os procedimentos para aceleração do movimento diminuem o tempo total do tratamento ortodôntico, pois não existem estudos na literatura que fizeram esta análise.

Preocupados com a procura em métodos que diminuam a duração do tratamento ortodôntico sem comprometer os resultados, Alikhani et al. (2013), baseando-se na teoria que a taxa de movimentação dentária é controlada pela taxa de reabsorção óssea, por meio da atividade osteoclástica, propuseram um estudo com o intuito de investigar os marcadores inflamatórios e sua relação com a taxa de movimentação dos dentes. Neste estudo, micro-osteoperfurações (MOPs) foram feitas durante a retração dos caninos. Para isto, os autores selecionaram 20 pacientes com relação completa de Classe II e indicação de extração dos primeiros pré-molares superiores que apresentavam boa saúde periodontal. Os pacientes foram divididos aleatoriamente em dois grupos, o experimental que recebeu as micro-osteoperfurações (MOPs) em um dos lados da boca e o grupo controle. No grupo experimental, a escolha do lado da arcada para as MOPs foi feita aleatoriamente, levando-se em consideração a diferença na taxa de fechamento do espaço existente entre os lados do mesmo paciente. Após 6 meses da extração e já com as fases de alinhamento e nivelamento completadas, iniciou-se a retração dos caninos dos pacientes da amostra. Utilizou-se mola fechada de níquel-titânio e força de 100 g entre o braço de alavanca no canino e um dispositivo de ancoragem temporária. 3 perfurações de 2-3 mm de profundidade foram feitas com o dispositivo Propel na distal

dos caninos antes da consulta de ativação da retração dos caninos. Após 4 semanas da ativação o estudo foi concluído. Durante este período, amostras do fluido crevicular foram coletadas para mensuração do nível dos marcadores inflamatórios nos tempos (T0, 1, 7, 14 e 28 dias). Para avaliação da taxa de fechamento do espaço, modelos de estudo a partir de moldagem em alginato foram feitas ao início do estudo, imediatamente ao início da retração dos caninos e 28 dias após a ativação da retração. Paquímetro digital foi utilizado para medir o espaço em três terços, cervical, médio e incisal. Os pacientes ainda foram avaliados em relação ao desconforto com uma escala numérica para dor. Comparação entre os grupos foi feita com a análise de variância ANOVA, teste Tukey post hoc para análise múltipla em pares e teste T pareado e não pareado. Como resultados, a média das idades foi de 24.7 anos para o grupo controle (GC) e 26.8 para o grupo experimental (GE), sendo 3 homens no GC e 5 no GE, e 7 mulheres no GC e 5 no GE. Após 28 dias, observou-se clinicamente a retração dos caninos na região que recebeu as MOPs e uma mínima ação de retração nas regiões que não receberam o experimento. Na medição dos modelos de gesso, observou-se 2.3 vezes aumento da taxa de movimentação para as regiões que receberam as MOPs, quando comparadas ao lado oposto e ao grupo controle. Em ambos os grupos o movimento do canino foi pendular. As citocinas e quimioquinas foram significativamente diferentes para o grupo experimental nos tempos analisados, com exceção do dia 28, que apresentou taxas normais dos mediadores analisados, com exceção para a Interleucina-1 no grupo controle. Na análise do desconforto, 24 horas após a ativação da retração dos caninos, ambos os grupos apresentaram maiores níveis quando comparados aos índices pré-retração, mas sem significância estatística entre os grupos. Os autores concluíram que: as MOPs aumentam a expressão dos marcadores biológicos, com um maior recrutamento de osteoclastos; aumentam em 2.3 vezes a taxa de movimentação dentária; apresentam um desconforto suave logo após o procedimento; podem reduzir o tempo do tratamento em 62%.

O uso de novas tecnologias, como o desenvolvimento de programas de computador para melhores e mais criteriosos diagnósticos e planos de tratamento, ou ainda a modificação de braquetes ou arcos ortodônticos fez com que houvesse um grande desenvolvimento da ortodontia nos últimos anos, desenvolvimento este coroado pelos ótimos resultados clínicos. Nimeri et al. (2013) indagam neste estudo

se já foi alcançado um limite para os avanços biomecânicos. Assim, a Ortodontia busca hoje o desenvolvimento de métodos que apresentem inovação biomecânica, por meio de procedimentos que acelerem o movimento dentário. Os autores detalham este processo neste artigo, descrevendo que muitas tentativas foram feitas com este objetivo, permanecendo ainda muitas incertezas e perguntas sem resposta sobre elas. Descrevem que as técnicas para acelerar o movimento podem ser divididas em biológicas, físicas, biomecânicas e cirúrgicas, e é muito importante compreender a biologia do movimento dentário para entender como funciona cada uma destas técnicas.

Mediante uma força ortodôntica, que é um estímulo mecânico, observa-se remodelação óssea no periodonto por meio de reabsorção óssea no lado de pressão e formação óssea no lado de tensão. A força aplicada causa alterações no fluxo sanguíneo do ligamento periodontal, levando à secreção de mediadores inflamatórios para a região e como resultado desta secreção, a remodelação óssea acontece. A abordagem biológica para a aceleração do movimento ocorre por meio da aplicação exógena de prostaglandinas e citocinas responsáveis pela remodelação óssea.

Nos tratamentos envolvendo dispositivos, temos a aplicação de forças cíclicas, que em um estudo prévio alcançou 2-3 mm/mês de movimento dentário com uma vibração de 20-30 Hertz por 20 minutos/dia. Outra modalidade de tratamentos para aceleração é a fotobiomodulação ou laserterapia de baixa intensidade, que tem efeito na regeneração óssea, por meio do estímulo à proliferação de osteoclastos, osteoblastos e fibroblastos. O aumento da velocidade do movimento dentário se dá via RANK/RANKL. Na modalidade cirúrgica os autores citam a cirurgia interseptal alveolar, as corticotomias e a piezoincisão. Como conclusão, os autores afirmam que todas estas modalidades apresentam desvantagens e incertezas que as tornam incomuns na prática clínica.

Mais do que acelerar o movimento ortodôntico, é de suma importância que se conheça os efeitos da força ortodôntica e do crescimento na velocidade do movimento ortodôntico, além das variáveis que afetam este movimento. Estas variáveis que afetam a velocidade do movimento dentário, como a magnitude da força aplicada ou a situação do crescimento ainda não são totalmente compreendidas. Existem poucos estudos sobre o assunto e apenas um estudo em humanos que quantificou a força aplicada. Pela escassez de estudos que elucidam esta questão, existe uma limitação

de informação sobre a taxa de movimentação dentária e força aplicada na literatura. Um modelo matemático desenvolvido por alguns pesquisadores relacionou a força aplicada e velocidade do movimento, e estes autores concluíram que as forças leves desencadeiam maior velocidade, com 0.041 mm por dia para 272 g de força. Também descreveram que em indivíduos em crescimento, esta velocidade é duas vezes mais rápida. Com estas informações e indagações, Nickel et al. (2014) selecionaram 41 indivíduos, correspondendo a 82 caninos superiores para retração, recrutados com o objetivo de avaliar as magnitudes de força e o estágio de crescimento na velocidade do movimento dentário. Foram instalados aparelhos de Nance para ancoragem. Duas semanas depois, os primeiros pré-molares foram extraídos, e após duas semanas iniciou-se a retração dos caninos. Esta retração foi feita com um arco auxiliar e seu loop tinha a mesma posição do centro de resistência do dente canino, medido a partir de uma radiografia periapical. Foram aplicados diferentes níveis de stress nos dentes do estudo. O movimento foi mensurado a partir de modelos de gesso, em aspectos lineares e angulares, com o objetivo de mensurar a quantidade e tipo do movimento obtido. Telerradiografias laterais foram feitas para a avaliação do crescimento. Como resultados, observou-se que 30 indivíduos apresentaram crescimento craniofacial e 11 não. No geral, para quase todos os dentes analisados, o maior movimento dentário ocorreu na direção distal e o movimento iniciou-se logo após a aplicação do stress. A velocidade do movimento distal foi de 0.016 a 0.109 mm por dia nos indivíduos em crescimento e 0.012 a 0.066 mm nos sem crescimento, ou seja, 1.6 vezes mais para os em crescimento. Os movimentos mais rápidos aconteceram com maior quantidade de stress aplicado (26, 52 e 78 quilopascal). Mesmo assim, observou-se que as forças mais altas, cerca de 360 g, causaram uma rotação distopalatal, em cerca de 19 graus. Esta rotação foi de 4 a 10 vezes maior quando comparada aos dentes que sofreram menores magnitudes de stress. Com estes resultados estatisticamente significantes, os autores mencionam que contrariamente aos valores apresentados previamente, as maiores velocidades de movimento do canino não se apresentaram com a variação de 100 a 200 g e sim para a variação de 120 a 360 g. Também enfatizam que indivíduos em crescimento apresentam taxas maiores em 1.6 vezes. Mesmo com estes resultados, os autores sugerem que outras variáveis preditoras devem ser levadas em consideração em pesquisas futuras, como por exemplo, o estudo das citocinas inflamatórias.

Assumindo que a boa mecânica ortodôntica e a colaboração dos pacientes pode otimizar um tratamento, a resposta biológica individual pode ser um fator limitante. Assim, identificar os reguladores celulares da movimentação poderiam diminuir o tempo de tratamento de maneira segura. A aplicação da força ortodôntica em suas áreas de pressão e tensão causam uma compressão nos vasos sanguíneos e um dano às células do tecido periodontal. Este fluxo de quimioquinas e citocinas inflamatórias, como osteoblastos, fibroblastos e células endoteliais sustentam a inflamação, recrutando células inflamatórias e osteoclastos, que se diferenciam em células gigantes multinucleadas que são responsáveis pela reabsorção óssea necessária ao movimento dentário. Alikhani et al. (2015) afirmam que o conhecimento deste processo ajuda ao desenvolvimento de terapias seguras que diminuem o tempo de tratamento ortodôntico. Com isso, apresentam uma maneira simples e segura de acelerar o movimento dentário aumentando a resposta biológica do paciente frente às forças ortodônticas. Os autores sugerem a hipótese de que o controle de um micro trauma, causado por MOPs amplifica a expressão dos marcadores inflamatórios que irá acelerar a reabsorção óssea e o movimento dentário. Utilizando a retração dos caninos num estudo prévio em humanos (Alikhani et al. 2013), após 28 dias os autores observaram um aumento de 2.3 vezes no grupo que recebeu as MOPs. Os resultados do estudo demonstraram uma relação direta entre a magnitude do trauma no osso alveolar e a ativação dos marcadores inflamatórios, consequentemente, da taxa de movimentação dentária. Como conclusão, os autores afirmam que o tratamento com MOPs é uma opção viável para ortodontistas que procuram encurtar o tempo de tratamento total para seus pacientes.

Técnicas para diminuir o tempo do tratamento ortodôntico veem sendo desenvolvidas com o intuito de diminuir as complicações periodontais, as possíveis reabsorções radiculares e o aumento do risco de cárie. Partindo deste princípio e objetivando que o fenômeno de aceleração regional ocorra, Cheung et al. (2016) propõem que as micro-osteoperfurações sejam executadas com mini-implantes ortodônticos, tão comumente utilizados pelos ortodontistas. Adicionalmente investigam a presença de reabsorção radicular externa após as MOPs em ratos. Para isso 6 ratos participaram do estudo. Foi aplicada força ortodôntica com mola fechada na maxila de ambos os lados entre os incisivos centrais e os primeiros molares e apenas um dos lados recebeu as MOPs. Cinco MOPs na mesial e palatina dos

primeiros molares foram feitas e após 21 dias de ativação e perfurações os ratos foram sacrificados. A maxila foi então escaneada em MicroCT (micro tomografia computadorizada) e as imagens reorientadas nos três planos do espaço. O espaço entre a distal do primeiro molar e a mesial do segundo molar foi medido para avaliar o movimento dentário e a mesma região foi avaliada em relação a densidade óssea, utilizando valor fixo na aplicação do *threshold* que representasse adequadamente o osso alveolar. As raízes dos primeiros molares também foram volumetricamente reconstruídas e quantificadas. Na análise histológica, foi feita a quantificação de osteoclastos. Como resultados, os autores encontraram distância linear maior no lado que recebeu as MOPs, com valor de 1.86 vezes maior do lado acelerado. A osteopenia demonstrou diminuição do volume e densidade óssea, com diminuição significativamente estatística para o lado experimental. Histologicamente, o lado com MOPs apresentou perda óssea com diminuição da altura do osso trabeculado intrarradicular e aumento do número de osteoclastos (44% mais) em todos os animais do experimento. Três animais também apresentaram suave-moderada a moderada reabsorção radicular e arredondamento do ápice. No lado controle, a altura do osso intrarradicular se apresentou normal e não houve qualquer reabsorção radicular, além dos ápices se apresentarem bem definidos. Também foi observado osso neoformado para o lado das MOPs com valor estatisticamente significativo. A análise estatística não demonstrou diferença estatisticamente significativa quando da reconstrução volumétrica das raízes dos primeiros molares para a comparação dos grupos em relação à reabsorção radicular, fazendo com que os autores concluíssem que as MOPs não causam reabsorção radicular significativa.

O aumento do tempo do tratamento ortodôntico acarreta em inúmeros efeitos adversos, como dor, desconforto, cáries, recessão gengival e reabsorção radicular. Além disso, muitos pacientes adultos desejam terminar seus tratamentos o mais rápido possível, seja por motivos estéticos ou sociais. Assim, procedimentos que possam acelerar o movimento ortodôntico interessam a clínicos e pacientes. Dentre estes procedimentos, o mais aplicado clinicamente e com significativa diminuição do tempo de tratamento é a modalidade cirúrgica, mais especificamente as corticotomias, que estimulam o FAR por meio de citocinas que aumentam a atividade osteoclástica. Embora efetivas em acelerar o movimento ortodôntico, as corticotomias são relativamente invasivas e estão associadas aos riscos cirúrgicos, como dor, inchaço,

afinamento do osso interdental e perda de gengiva inserida. Estas características podem explicar a baixa adesão a este procedimento nas clínicas ortodônticas, e também explicam o desenvolvimento de técnicas mais simples, mais conservadoras, sem uso de retalho gengival, como a corticisão, a piezoincisão e as micro-osteoperfurações.

Com este conhecimento, Alfawal et al. (2016) fizeram uma revisão sistemática, para identificar as evidências da efetividade destes procedimentos minimamente invasivos disponíveis na literatura. Após busca extensa em bancos de dados, ensaios clínicos randomizados com pacientes saudáveis de ambos os sexos, submetidos ao tratamento ortodôntico com aparelhagem fixa e a procedimentos minimamente invasivos para a aceleração do movimento foram incluídos. Dois revisores participaram da seleção das 1184 referências encontradas na busca eletrônica. Foram previamente selecionados 24 estudos, sendo 12 estudos publicados e 12 entradas na plataforma *clinicaltrials.gov* para um exame mais detalhado. Destes, apenas 4 estudos publicados e 9 em andamento foram incluídos, sendo esta pesquisa de doutoramento uma destas entradas registradas na plataforma *clinicaltrials.gov* e incluídas na revisão. Dentre os quatro estudos publicados, dois avaliaram a piezoincisão, um as MOPs e um a redução do osso interseptal. Dos 9 estudos registrados em andamento, cinco são sobre MOPs, três piezoincisão e um a associação de ambos.

Como resultados, os autores descrevem que a retração dos caninos após 1 mês do procedimento (3 estudos) apresentou 0.65 mm a mais para o grupo experimental, quando comparado ao controle. Na avaliação da retração dos caninos após 2 meses (2 estudos), o aumento foi de 1.41 mm com o grupo dos procedimentos minimamente invasivos. Já na análise da retração após 3 meses (1 estudo), o aumento foi de 2 mm. Os resultados relativos ao grande número de estudos em andamento demonstram o grande interesse sobre o assunto na comunidade científica. Para os autores, existe uma baixa evidência de vantagem significativa destes procedimentos até o momento e que o tipo de tratamento empregado parece ter influência na taxa de aceleração, tanto para o tipo de movimento empregado, quanto para o local de aplicação e osso aplicado. O sexo dos participantes também precisaria ser estudado para avaliar se existem diferenças relativas a esta variante.

Pelos resultados dos estudos desta metanálise, após o primeiro mês, ou após o segundo, começa a ocorrer a diminuição da taxa de movimentação dentária entre os grupos avaliados, provavelmente pela normalização do FAR. Possivelmente a

vantagem das técnicas minimamente invasivas seja enfraquecida conforme o tempo passa, fazendo com que se torne mínima nas avaliações finais dos efeitos destes tipos de procedimentos. Os autores sugerem que futuros trabalhos avaliem o efeito de repetidas intervenções na diminuição do tempo de tratamento final e seus efeitos nos tecidos periodontais, principalmente, como índice de placa, profundidade de sulco, perda de inserção e recessão gengival.

Em relação a dor e desconforto, não foram encontrados níveis significantes nos estudos avaliados, sendo possivelmente em decorrência de sua característica conservadora. Também não foi relatado ou avaliado relação com infecção pós-operatória, sangramento, inchaço, reabsorção radicular ou perda de vitalidade. Como conclusões, os autores reafirmam que existe evidência de baixa qualidade na literatura atual, e os procedimentos minimamente invasivos para aceleração do movimento não devem ser atualmente indicados para a prática clínica cotidiana, embora nos casos de retração dos caninos pareça ser significativa pelo menos nos primeiros 2 meses pós-procedimento.

Neste livro sobre aceleração do movimento ortodôntico, Alikhani (2017) e seus colaboradores descrevem sucintamente o movimento dentário e todo seu processo biológico. Os dentes se movem através do osso alveolar mediante forças ortodônticas, e existe uma busca em otimizar este processo reduzindo os riscos inerentes a isso. Existe um consenso de que o dente se move por eventos biológicos que desencadeiam a reabsorção óssea no sentido do movimento e formação óssea do lado oposto para manter a integridade do osso alveolar. As taxas de reabsorção óssea estão diretamente ligadas à velocidade do movimento dentário, enquanto a formação óssea determina o sucesso deste tratamento. Assim, o movimento dentário é dividido em duas fases, uma catabólica, caracterizada pela reabsorção, e uma anabólica, com a formação óssea. Na fase catabólica, a magnitude da força aplicada desencadeará um tipo de movimento que causa um diferente stress no periodonto e osso alveolar. Quanto maior a compressão na região, maior a atividade osteoclástica para ocorrer a reabsorção óssea. Nesta fase catabólica, a resposta do periodonto frente à compressão é uma inflamação asséptica, trazendo quimioquinas para facilitar a adesão de moléculas nos vasos sanguíneos e estimular o recrutamento de células inflamatórias e precursoras para o espaço extravascular. Estas quimioquinas e citocinas inflamatórias são as responsáveis pela ativação e formação osteoclástica,

sem a qual não poderia haver movimento dentário, uma vez que controlam a reabsorção óssea. Seria racional pensar que quanto maior este exsudato inflamatório, maior a taxa de movimentação dentária. Entretanto, não existe esta correlação direta, pois outros fatores também influenciam a quantidade de movimento. Dentre estes fatores, pode-se citar a forma das raízes, a densidade alveolar, as forças oclusais, hábitos de morder ou ainda limitações de design dos aparelhos ortodônticos. Todas estas variáveis são muito difíceis de se controlar em estudos com humanos, pela alta variabilidade encontrada, requerendo amostras com um alto número de indivíduos e que possuam as mesmas características anatômicas, idade, sexo e tipo de má oclusão. Este somatório torna bem difícil o design biológico e experimental adequado aos estudos clínicos e devido a estas limitações, conclusões errôneas podem ser apresentadas. Como parte importante do livro, os autores introduzem uma nova teoria do movimento, afirmando que este processo de reabsorção/formação não ocorre isoladamente, e que as fases catabólica e anabólica acontecem concomitantemente, e não simultaneamente em todo o osso alveolar, independente do tipo de força aplicada, garantindo que o osso alveolar permaneça intacto durante todo o tratamento. Assim, a fase osteoclástica é responsável pela ativação dos osteoblastos. Os autores descrevem a nova técnica, menos invasiva e mais eficiente, as micro-osteoperfurações. Esta técnica, dizem os autores, é capaz de causar um trauma mínimo no osso, ativando o processo inflamatório responsável pela aceleração do movimento sem danificar a estrutura do osso alveolar, causando mínimos efeitos adversos, e dor e desconforto limitados. Sugerem diferentes aplicações clínicas, como por exemplo após a extração dos pré-molares. Para acelerar o movimento dentário de fechamento do espaço da extração, os autores indicam que sejam feitas 3 perfurações na distal do dente canino, quando da retração dos caninos (Figura 2.1). Para a retração anterior dos seis dentes, as MOPs devem ser feitas na distal dos caninos e entre os incisivos (Figura 2.2).

Figura 2.1 – Aplicação de MOPs após fase de alinhamento durante a retração dos caninos. A indicação é que seja feita todo mês ate que a retração dos caninos esteja finalizada para obter aceleração significante

Fonte Alikhani (2017, p. 72)

Figura 2.2 – Aplicação de MOPs durante a retração dos dentes anteriores. A indicação é que sejam realizadas MOPs após a retração dos caninos. Neste objetivo, as MOPs podem ser aplicadas na distal dos incisivos laterais e entre os centrais e laterais (fonte Alikhani)

Fonte: Alikhani (2017, p. 73)

No mais recente trabalho a respeito da efetividade das microperfurações, Alkebsi et al. (2018) avaliaram tridimensionalmente a taxa de movimentação dentária durante a retração de caninos em pacientes Classe II. 32 pacientes foram selecionados neste ensaio clínico boca-dividida. Em um dos lados da boca os pacientes receberam as microperfurações na região das extrações dos primeiros pré-molares, distalmente ao canino. Foram feitas três microperfurações de 3 a 4 mm de profundidade no lado designado à aceleração do movimento, logo que os caninos estivessem prontos para a retração. A retração foi feita logo após este procedimento, utilizando mola fechada ancorada em microparafusos instalados entre o segundo pré-molar e o primeiro molar e a força aplicada foi de 150g. A avaliação foi feita por 3 meses com moldagens feitas mensalmente. Os modelos de gesso gerados foram então escaneados para a análise tridimensional. Em seguida os modelos digitais foram sobrepostos para avaliar a movimentação dos caninos, a perda de ancoragem posterior e a rotação dentária. Como resultados, os autores não encontram diferenças estatisticamente significantes para nenhuma das variáveis analisadas. A média de movimentação dentária mensal nos 3 meses avaliados foi de 0.63 para o lado controle e 0.64 para o lado experimental. No primeiro mês os autores observaram média de 0.67 (± 0.34) para o lado controle e 0.65 (± 0.26) para o lado com MOPs na avaliação da movimentação dos caninos. No segundo mês, a medida total foi de 1.28 (± 0.50) para o lado controle e 1.36 (± 0.49) para o lado com MOPs, e no terceiro mês da avaliação, 1.88 (± 0.67) e 1.93 (± 0.74), respectivamente.

2.2 ANÁLISE TRIDIMENSIONAL

Para a revisão da literatura sobre análise tridimensional, a mesma foi dividida em modelos digitais escaneados a partir dos modelos de gesso e a tomografia computadorizada de feixe cônico.

2.2.1 Modelos Digitais

A análise do espaço é um fator importante a ser considerado nas fases de diagnóstico e plano de tratamento ortodôntico. Esta análise é tradicionalmente feita pelas medidas méso-distais dos dentes de um arco dentário contra a medida da curvatura do arco, entre os primeiros molares. Para a determinação da extensão do arco, os pontos de contato dos dentes servem como orientação e são considerados o espaço presente. Este espaço é influenciado pela interpretação de quem esta medindo, pelas inclinações, rotações e variedades anatômicas, e geralmente é medido em modelos de gesso. Com a introdução dos modelos digitais, fáceis de manusear e estocar, surge a necessidade de verificar seu uso com evidências científicas. Para verificar a confiabilidade e precisão dos modelos digitais, Leifert et al. (2009) se propuseram a comparar a análise de espaço entre modelos digitais e de gesso. Utilizaram 50 modelos de 25 pacientes, que possuíam relação de molar de Classe I, apinhamento e nunca haviam sido tratados ortodonticamente. Dois examinadores fizeram as medições nos modelos de gesso utilizando paquímetro digital. As mesmas medidas foram repetidas utilizando o programa OrthoCad. Os resultados foram semelhantes nos dois métodos comparados. Encontrou-se diferença estatisticamente significativa para as medições nos dentes maxilares, mas a diferença é mínima e não é clinicamente significativa. Observou-se ótima correlação entre os dados obtidos por ambos os métodos e pequeno erro nas análises intra e inter-examinador para ambas as técnicas. Os autores concluíram que a análise de espaço feita nos modelos digitais é adequada e confiável.

Um considerável número de sistemas de medidas em modelos virtuais foi proposto na literatura para substituir a medição manual nos modelos de gesso. Estes modelos virtuais 3D são uma reprodução apropriada e precisa da morfologia dentária, tanto no sistema direto, intraoral, quanto no indireto, com a digitalização dos modelos de gesso. As medidas digitais são tão confiáveis quanto as medidas manuais com paquímetro. Muitos questionamentos foram feitos sobre a precisão do trabalho de Andrews, e utilizando-se da metodologia deste, outros trabalhos foram feitos em amostras diferentes, sempre com o objetivo de avaliar os resultados encontrados e não de investigar a precisão do método. Pela irregularidade da face vestibular dos dentes, é difícil medir a inclinação desta face reproduzindo a metodologia destes estudos prévios. Assim, os objetivos deste estudo foram: desenvolver e validar uma análise dentária digital para avaliar medidas lineares tradicionais, bem como medidas angulares de inclinação e angulação em cada dente. Para isso, Huanca Ghislazoni et al. (2013) avaliando-se previamente o poder da amostra, selecionaram 25 indivíduos (13 homens e 12 mulheres) com idades entre 12-18 anos, dentição permanente completa. Foram escaneados 25 modelos virtuais superiores e 25 inferiores com o scanner 3ShapeTMR-700 (ESM, Ireland) e os arquivos foram convertidos em *.stl. O programa VAM foi utilizado para o trabalho nos modelos virtuais. Cinco pontos foram demarcados para cada dente (mesial e distal na oclusal, gengival e oclusal na face vestibular, e gengival na lingual) e suas coordenadas foram transferidas em um arquivo *.txt. A digitalização e marcação de pontos foi repetida com um mês de intervalo pelo mesmo operador. Para a análise das medidas lineares, utilizou-se um plano passando por todos os pontos gengivais linguais de todos os dentes. Este plano foi construído paralelamente ao plano oclusal, evitando-se a variabilidade do posicionamento dentário, do torque e das curvas de Spee e Wilson (x - largura, y - comprimento sagital, e z - altura). Para as medidas angulares, como inclinação e angulação, o cálculo foi feito utilizando-se trigonometria. As medidas lineares foram feitas entre caninos, pré-molares e molares, além da medida de profundidade do arco e perímetro total. Três medidas transversais foram feitas em cada um dos grupos de dentes, a saber, a medida transversal vestibular (limite oclusal da face vestibular), lingual (limite gengival da face lingual) e a de corpo (entre os centróides tridimensionais da coroa clínica). Análise estatística descritiva foi feita para cada medida linear e angular nos dois tempos escaneados. Teste Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade de distribuição dos dados e o Teste T para

amostras pareadas foi feito para identificar a presença de erro sistemático entre as duas análises. Também foi utilizado o Coeficiente de correlação intraclasse para checar a consistência entre os valores encontrados e o teste Método dos momentos foi feito para identificar a reprodutibilidade e consistência da análise dos modelos.

Como resultados, não houve erro sistemático ou casual e os valores do coeficiente de correlação intraclasse foi maior que 0.7 em todos os valores analisados, indicando uma alta concordância entre os valores. Embora sem erros na atual análise, os autores afirmam que em estudos longitudinais as comparações entre antes e depois podem apresentar erros pelas mudanças que possam ocorrer na coroa clínica dos dentes, como atrito da face oclusal causada pelo bruxismo, restaurações deficientes, inflamação gengival, rotações dentárias, mecânicas de intrusão ou extrusão, ou ainda se o dente não estiver totalmente erupcionado. Assim, este estudo de validação de uma análise em modelos digitais permite medição de inclinação e angulação que podem ser potencialmente utilizadas para entender as diferenças nas prescrições dos braquetes, além de ser útil tanto para o clínico quanto para o pesquisador no entendimento das alterações que ocorrem devido ao crescimento ou ao tratamento ortodôntico, pois esta análise proporciona reprodutibilidade adequada.

Nesta nova revisão sistemática, Rossini et al. (2016) citam que os modelos de gesso sempre foram o padrão ouro para diagnóstico e planos de tratamento, mas que necessitam de muito espaço físico para seu armazenamento e em longo prazo, apresentam problemas de quebras e degradação. Alguns autores afirmaram que os modelos digitais oferecem alto grau de validade quando comparados às medidas nos modelos de gesso, mesmo que existam algumas diferenças entre as medições, uma vez que clinicamente, estas diferenças são insignificantes. Nos oito estudos que avaliaram medidas transversais, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes tanto para a maxila, quanto para a mandíbula. Em relação ao tamanho dos dentes, diferenças entre 0,01 a 0,45 mm foram reportadas. Para a avaliação de comprimento de arco e apinhamento, 12 estudos demonstraram que embora existissem diferenças na comparação, elas não eram clinicamente significantes. Para avaliações oclusais, todos os estudos apresentaram excelente correlação entre as medidas. Foi analisada também a confiabilidade das avaliações intra e inter-examinador, e os resultados mostraram alta confiabilidade. Os autores enfatizam que não foram observadas diferenças estatisticamente significantes na maioria dos

estudos e nos parâmetros analisados e que os modelos digitais são tão confiáveis quanto os modelos de gesso, com alta precisão, confiabilidade e reprodutibilidade e que por suas vantagens de custo, tempo e espaço requerido para armazenamento deveriam ser agora considerados como o padrão ouro na especialidade.

2.2.2 Tomografia Computadorizada

Com a característica de proporcionar imagens exclusivas da anatomia humana e com melhor definição e localização das estruturas, a tomografia computadorizada vem sendo utilizada em inúmeras aplicações clínicas. Uma delas é como auxiliar na elaboração de diagnósticos, e para isso a identificação de landmarks confiáveis e precisas se faz necessária. Assim, Lou et al. (2007) fizeram uma revisão sistemática sobre a confiabilidade e precisão das landmarks na região maxilofacial. Artigos de 1996 a 2006 foram pesquisados, tendo como critério de inclusão a combinação de alguns termos, como tomografia, medidas lineares ou angulares e área maxilofacial. Após criteriosa análise, 8 artigos foram selecionados. Na revisão, foram observados que as medidas lineares na região dentomaxilofacial, provenientes da tomografia computadorizada são precisas e que os dados das landmarks mandibulares são confiáveis. Mesmo as landmarks provenientes dos exames tridimensionais terem mais uma coordenada (eixo z) e assim, teoricamente aumentando a chance de erros, estas são precisas e confiáveis. Ainda assim, os autores concluem que mais pesquisas relacionadas são necessárias para estabelecer a precisão e confiabilidade das landmarks, sugerindo que novos trabalhos sejam feitos.

A avaliação dos resultados dos tratamentos ortodônticos usando a tomografia computadorizada de feixe cônico tem o potencial de revelar as interações entre os componentes dentários, esqueléticos e teciduais resultantes dos tratamentos aplicados, principalmente por meio das sobreposições tridimensionais que desvendam os deslocamentos e remodelações ósseas. O objetivo destas sobreposições é entender como as mudanças em tamanho e forma contribuem para as alterações decorrentes de tratamentos ortodônticos, ortopédicos ou cirúrgicos, potencializando a interpretação das variações de cada paciente a eles. Para entender

esta tecnologia, é necessário entender o processo de registro das imagens tridimensionais e definir quais estruturas estáveis serão utilizadas como referência. Assim, Cevidanes et al. (2011) tiveram como objetivo deste trabalho, descrever o registro na base do crânio baseado em voxels para avaliar as mudanças dentárias, esqueléticas e de tecido mole, proporcionando o entendimento das mudanças ocasionadas pelo crescimento e pelo tratamento. Foram explicados os passos para aquisição das imagens tomográficas, a análise das imagens tridimensionais, a construção dos modelos virtuais, o registro das imagens, e em seguida a sobreposição de transparências e a avaliação quantitativa por meio de mapas coloridos. Os autores afirmam que embora de grande utilização para avaliar crescimento e resultados de terapias, se faz necessário o desenvolvimento de diferentes registros regionais para avaliar o deslocamento relativo dos componentes maxilares e mandibulares. Além disso, dizem que os procedimentos para estas metodologias demandam muito tempo de operação e computação intensiva, tornando estes procedimentos de difícil aplicação clínica e que tem por objetivo simplificar este tipo de análise.

Com a introdução da nova técnica de registro dos exames tomográficos utilizando a base do crânio como referência, novos estudos esclarecedores puderam ser realizados utilizando esta metodologia. Como novos métodos de tratamento para a hipoplasia maxilar foram desenvolvidos utilizando ancoragem esquelética e estudos preliminares utilizando análises convencionais mostraram resultados significantes para o grupo tratado com esta técnica, se faz necessária a identificação precisa da resposta maxilar. Os avanços nos estudos tridimensionais proporcionam uma alternativa para a análise das alterações esqueléticas, assim, Nguyen et al. (2011) sugeriram o desenvolvimento e validação de um método utilizando o registro na porção anterior da base do crânio para ser utilizado na identificação e na localização dos efeitos ortopédicos após a protração maxilar com ancoragem esquelética. Neste estudo prospectivo foram tratados com a técnica de protração maxilar com ancoragem esquelética, 25 indivíduos, sendo 13 meninas e 12 meninos com maloclusão de Classe III esquelética. Todos os pacientes se encontravam no estágio pré-puberal e a duração do tratamento foi de 1.2 anos. Com as miniplacas instaladas, iniciou-se o uso de elásticos intermaxilares de Classe III com força de 100g de cada lado, após um mês aumentou-se a força para 150g, após 3 meses para 250g. Tomografia computadorizada volumétrica de face foi feita em dois tempos, T1 e T2, utilizando

voxel de 0.5x0.5x0.5mm. Com o software ITK-SNAP procedeu-se a construção das segmentações. O registro das imagens foi feito usando a fossa craniana anterior (superfície endocraniana da plataforma cribiforme do osso etmoidal e frontal) como referência, pois os pacientes apresentavam estágio precoce de crescimento completado. Após o registro das imagens, as mesmas foram sobrepostas para avaliação quantitativa utilizando código de cores entre dois modelos tridimensionais, assim as diferenças entre eles puderam ser quantificadas. Como resultados, observou-se que a maxila apresentou um deslocamento médio anterior de 3.73 mm, enquanto os incisivos centrais maxilares e os zigomas 4.27 e 3.6 respectivamente. Como os indivíduos tratados apresentaram diferentes graus de deslocamento anterior, mapas coloridos e transparências foram utilizadas para observar as diferenças que ocorreram entre T1 e T2. Os autores enfatizam que apenas com a avaliação tridimensional pode-se ter uma visão mais global das alterações produzidas pela terapia e não apenas nas regiões de interesse.

Pelo aumento crescente do interesse e desenvolvimento dos exames tridimensionais, e estudos que mostraram pontos controversos a respeito da precisão das medidas obtidas com a tomografia computadorizada, El-Beialy et al. (2011) analisaram se os diferentes posicionamentos de cabeça interferiam nas medidas dos exames tomográficos. Para isso, os autores utilizaram um crânio seco e após a aquisição da imagem em diferentes posições, o trabalho das imagens foi feito seguido do registro das imagens para a comparação. Como resultados, os autores encontraram que houve alta concordância entre as 6 posições analisadas, concluindo que a precisão e reprodutibilidade das medidas obtidas com a tomografia computadorizada não é afetada pela mudança do posicionamento da cabeça durante a aquisição da imagem.

A quantificação de mudanças cirúrgicas usando imagens tridimensionais segue o mesmo método da tradicional análise bidimensional com a adição da terceira dimensão (a profundidade), aumentando a quantidade de informação obtida da imagem facial. Para esta quantificação, um registro adequado precisa ser feito. Existem dois tipos de registro mais utilizados: o baseado em superfície (*surface-based*) e o baseado em voxels (*voxel-based*). O registro *surface-based* foi o método descrito inicialmente para a sobreposição das imagens tridimensionais. O princípio

envolve o alinhamento de duas superfícies por meio da aproximação translacional e rotacional entre landmarks correspondentes em duas imagens.

A imagem volumétrica é composta por pequenas unidades chamadas de voxels, com dimensões que dependem da resolução da imagem. Estas unidades são armazenadas em formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), e possuem uma escala de cinza única, dependente da opacidade da estrutura escaneada. A outra modalidade de registro é a *voxel-based*, que utiliza a diferença da escala de cinza dos voxels para alinhar dois escaneamentos tomográficos, objetivando a melhor sobreposição possível. Este tipo de registro apresenta alta precisão.

Almukhtar e al. (2014) compararam a precisão entre os registros *voxel-based* e *surface-based*, determinando se existiam diferenças estatisticamente determinantes na sobreposição destes dois tipos de registro. Para isto, 31 pacientes de cirurgia ortognática que haviam feito tomografias pré e pós-operatórias foram selecionados neste estudo retrospectivo. Os arquivos DICOM foram segmentados e os modelos de superfície foram exportados em formato *.stl para a análise. O registro *surface-based* foi feito utilizando o programa VRMesh software. Um *template* da região que não havia sofrido alterações em virtude da cirurgia foi feito para os dois exames tomográficos, abrangendo a base do crânio anterior, osso frontal, tecido mole da frente e olhos. A sobreposição foi feita em dois passos: a) registro "*rigid surface*" baseado nas *landmarks* (sutura frontozigomática esquerda e centro da sutura frontonasal, para os tecidos mineralizados e exocanti direito e esquerdo e glabella para os tecidos moles), para que ambos fossem aproximados. Os modelos aproximados e registrados foram salvos em format *.stl.

O registro *voxel-based* foi feito utilizando o programa Maxilim. Para cada paciente, imagens DICOM pré e pós-operatórias foram importadas e segmentadas. O algoritmo do registro *voxel-based* foi aplicado nas imagens, proporcionando que o melhor encaixe entre a intensidade dos tons de cinza fosse feito por meio dos movimentos translacionais e rotacionais. Os novos arquivos foram salvos em formato *.stl.

Os oito modelos foram carregados para análise e as imagens foram cortadas com as mesmas dimensões para padronização. A distância euclidiana (distância métrica) foi medida entre os modelos pré e pós de ambos os tipos de registro. Como resultados, não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos de sobreposição. Com o teste ANOVA (procurando diferenças entre qualquer par entre os 4 grupos)

foram encontradas diferenças entre os grupos. O teste post hoc Duncan mostrou que o tipo de tecido (mole ou duro) influencia a precisão da sobreposição, independente do tipo de registro utilizado. Diferenças estatisticamente significantes foram encontradas entre os registros de tecido mole e mineralizado, utilizando o registro *voxel-based*. Para o registro *surface-based*, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tipos de tecido. No teste de correlação de Pearson para analisar a correlação estatística entre os grupos, houve forte e positiva correlação entre as sobreposições de tecido mineralizado em ambos os registros, mostrando que a sobreposição do tecido duro não apresenta variabilidade entre os dois métodos. Já para o tecido mole houve alta variabilidade.

Apesar de ambos os métodos de registro das imagens tomográficas utilizarem informações providas de uma tomografia volumétrica (CBCT) por meio das imagens geradas em arquivo DICOM, o registro *voxel-based* trabalha com a informação bruta, em seu estado natural de aquisição, comparando a intensidade da escala de tons de cinza entre as imagens correspondentes. Por outro lado, o registro *surface-based* necessita de passos extras envolvendo a construção de modelos tridimensionais para gerar os modelos de superfície, utilizados para este tipo de registro. Este passo adicional pode ser uma possível fonte de erro, pois o algoritmo utilizado para a segmentação dos modelos tridimensionais utiliza e depende da escala de Hounsfield, que pode ser afetada pela qualidade da imagem e pela densidade tecidual.

Um outro parâmetro que deve ser levado em consideração na comparação entre os dois métodos é a quantidade de imagem utilizada para o registro. O registro *surface-based* utiliza a topografia da malha da superfície de um modelo tridimensional, enquanto o registro *voxel-based* utiliza os valores da escala dos tons de cinza dos voxels de uma estrutura anatômica e não depende das características da superfície. Em outras palavras, o *surface-based* utiliza a “concha” que recobre uma estrutura tridimensional, enquanto o *voxel-based* todo o conteúdo do volume selecionado, aumentando teoricamente a precisão do método.

A perda da nitidez de uma imagem tridimensional durante a sua aquisição pode ser uma fonte de erros devido a confusão na estimativa do nível dos tons de cinza e, portanto, ao processo de registro. Entretanto o grau de nitidez de uma imagem DICOM tem um efeito similar no registro *surface-based*, mas de forma indireta e pode não ser detectado devido a suavização automática da imagem. A precisão de um modelo de

segmentação tridimensional feito a partir de uma imagem DICOM é afetado pela qualidade da imagem DICOM.

Com a publicação cada vez mais comum de trabalhos envolvendo modelos tridimensionais, Cevitanes et al. (2015) publicaram um trabalho com o objetivo de introduzir a capacidade de visualização e interação com os modelos tridimensionais. Inicia a introdução discorrendo que decisões clínicas mais racionais e efetivas para pacientes ortodônticos e ortognáticos requerem técnicas cuidadosas de análises tridimensionais. Estas novas técnicas que incluem CBCT, modelos virtuais, escaneamentos intraorais proporcionam sobreposições populacionais e individuais para avaliações longitudinais. Estas sobreposições tridimensionais promovem avaliações de crescimento, conhecimento das mudanças ocorridas pelo tratamento, avaliação dos resultados, diagnósticos avançados para assimetria, morfologia dentária, análises quantitativas e qualitativas sobre o crânio, deslocamentos dentários, além de estudos das articulações temporomandibulares. A interpretação dos resultados depende diretamente da referência utilizada para o registro. Ao apresentar os resultados destes estudos, as revistas publicam imagens bidimensionais dos modelos tridimensionais. Assim, se torna importante capacitar profissionais para ver e interagir com as publicações das imagens tridimensionais. Os procedimentos para análise das imagens tridimensionais incluem sua aquisição, construção dos arquivos tridimensionais, registro das imagens e análise visual com gráficos da variabilidade morfológica e suas mudanças. As imagens volumétricas provenientes das tomografias podem ser visualizadas por imagens cross-seccionais, por imagens tridimensionais projetadas (representações tridimensionais) ou ainda podem ser utilizadas para construir malhas poligonais ou de superfícies de estruturas anatômicas específicas de interesse. No procedimento conhecido como segmentação, identificamos e delineamos estruturas anatômicas de interesse no exame obtido da CBCT para obter uma representação dos tecidos moles e duros. Estas segmentações gastam bastante tempo para serem processadas. O grande desafio nas segmentações é que os tecidos moles e duros não possuem unidades Hounsfield correspondentes, além de que uma imagem de CBCT tirada de um indivíduo pode ter diferentes intensidades para os ossos, cartilagens e tecidos moles. Nenhum método de segmentação padronizada pode ter a expectativa de trabalhar igualmente para todas as tarefas. Muitos softwares possuem um algoritmo de

intensidade de *thresholding* para sua segmentação, que funciona frequentemente bem para ossos largos e densos, como a mandíbula e falha muitas vezes para ossos finos, como os côndilos e superfícies vestibulares dos dentes. O programa *opensource* utilizado como escolha para as segmentações é o ITK-SNAP que utiliza em seu procedimento semiautomático de segmentação, o uso de métodos de contorno ativos para computar as características das imagens baseando-se em intensidade dos tons de cinza e limites das estruturas de interesse. Este software possibilita o ajuste dos parâmetros para detecção automática das intensidades e limites e permite usar edição interativa de contornos.

Após a segmentação, o mapa colorido tridimensional (segmentação) pode ser salvo como um modelo de superfície tridimensional (malha poligonal ou triangular tridimensional). O próximo passo no processo de análise das imagens tridimensionais consiste no registro dos escaneamentos e suas respectivas segmentações tridimensionais usando um sistema de coordenadas comum e baseando-se em uma região de interesse como referência. O processo de registro das imagens pode usar como referência, *landmarks*, modelos de superfície ou intensidade dos tons dos voxels. O processo de registro envolve transformações computacionais. Esta transformação é uma operação matemática que aplica uma matriz para mover os pontos de uma imagem tridimensional em múltiplos planos e graus no espaço tridimensional.

Escaneamentos obtidos em diferentes tempos podem ser registrados, nivelando as diferenças relativas ao posicionamento da cabeça, utilizando uma estrutura anatômica estável como referência. Assim, as informações relativas ao posicionamento translacional e rotacional são conhecidas como registro rígido (*rigid*).

Existem também procedimentos para computar as diferenças em tamanho, conhecida como registro *affine*, mais conhecido como registro não-rígido (*non-rigid*).

A dificuldade em utilizar o registro *non-rigid* para estudos clínicos, é que a integridade da morfologia pode não ter sido preservada e que os modelos tridimensionais podem estar deformados. Para prevenir estas alterações, o registro *non-rigid* pode ser utilizado para computar as transformações considerando as diferenças entre tamanho e forma, e então, aplicar apenas os movimentos *rigid* (rotacional e translacional) para preservar o tamanho real e as características morfológicas.

Os procedimentos de registro das imagens que os autores utilizam é:

- Estabelecimento de um sistema de coordenadas comuns para todos os indivíduos do grupo para permitir que sejam feitas as comparações;
- Registro *voxel-based*, permitindo que o software faça o registro automático utilizando em uma região específica pré-determinada, a similaridade dos tons de cinza (comparação de voxel para voxel entre as imagens de dois exames tomográficos, calculando os parâmetros de rotação e translação entre eles). Os modelos de superfície tridimensionais são apenas utilizados neste registro como referência das estruturas anatômicas. Importante ressaltar que dependendo da região registrada, os resultados poderão ter interpretações diferentes.
- Após o registro das imagens, os modelos de superfície tridimensionais podem ser salvos e usados: como *overlays* semitransparentes ou opaco contrastantes; para medições lineares bidimensionais entre landmarks; distâncias lineares tridimensionais por meio de uso de mapas coloridos obtidos por meio de pontos próximos (*closets points*) ou pontos de superfície correspondentes (*corresponding surface points*). Estes *overlays* proporcionam uma avaliação visual qualitativa da localização e direção das mudanças morfológicas. As avaliações quantitativas podem proporcionar distâncias e ângulos entre as *landmarks* e ainda planos nos modelos de superfície ou mapas coloridos das distâncias em modelos de superfície.
- As distâncias tridimensionais dos modelos de superfície computadas nos vértices dos ângulos da malha triangular podem ser feitas por duas maneiras: pontos próximos (*closets points*) entre duas malhas de superfície diferentes ou como homólogas (*homologus*) ou pontos correspondentes (*correspondent points*) entre malhas de superfície correspondentes. A computação obtida das distâncias de superfície pode ser armazenada como distância *color-coded* em arquivos de formato *.vtk. A ferramenta *closets-points* mede as distâncias mais próximas entre os vértices da malha triangular entre duas superfícies e não as distâncias correspondentes entre pontos anatômicos de dois modelos obtidos longitudinalmente. A ferramenta não computa superfícies correspondentes baseando-se na geometria anatômica e frequentemente subestima grandes movimentos rotacionais e translacionais. As distâncias *closets-points* podem ser apresentadas como mapas coloridos.
- A correspondência de forma (*shape correspondence*), computada com o módulo Spharm-PDM, computa modelos de superfície *point-based*, onde todos os modelos têm o mesmo número de triangulações e vértices em locais correspondentes.

- Distâncias em superfícies correspondentes e vetores podem ser calculados com a ferramenta “*model to model distance*”, uma extensão do “*Shape Population Viewer*”. Os modelos tridimensionais são “achataados” em imagens estáticas bidimensionais, reduzindo significativamente o valor da análise dos autores e a habilidade do leitor em interagir com o conteúdo. Os autores concluem que com as inovações no processo de análise de modelos tridimensionais, autores agora podem carregar seus modelos tridimensionais e assim, permitir que leitores interajam com eles e ainda sejam permitidos de baixa-los. As interações com os modelos tridimensionais em artigos online podem agora proporcionar aos leitores uma melhora na compreensão e visualização dos resultados.

Uma relação intermaxilar correta depende de interações adequadas entre adaptações basais e dentoalveolares nos planos sagital, coronal e axial tanto em decorrência do crescimento como do tratamento.

As alterações faciais podem ser quantificadas por meio de medidas em imagens cross-seccionais, em modelos de superfície tridimensionais em 2 ou mais tempos ou entre exames ou modelos de superfície registrados relativos a uma estrutura estável de referencia, como a base do crânio.

Deslocamentos dentários e esqueléticos e remodelação óssea da maxila e mandíbula podem ser quantificadas por medidas tridimensionais lineares e angulares baseadas em *landmarks*, ou por distâncias lineares em superfícies tridimensionais compostas por milhares de malhas triangulares nos modelos de superfícies.

Embora as distâncias tridimensionais lineares sejam uma simplificação das alterações morfológicas complexas, elas fornecem relevante análise clínica das mudanças no espaço entre dois tempos avaliados. Estas distâncias tridimensionais expressam diferentes quantidades de mudanças nos três planos do espaço e as questões clínicas precisam de informações mais precisas, relativas à localização e quantidade das alterações em cada uma das direções.

Clínicos planejam o resultado de seus tratamentos baseando-se nos movimentos e deslocamentos em todas as direções. Entretanto a quantificação das diferenças em cada um dos planos de espaço pode ser obtida pela decomposição das distâncias projetadas nas *landmarks* tridimensionais nas coordenadas x, y e z.

Para casos em que os escaneamentos foram feitos com posições de cabeça diferentes, o entendimento das direções das alterações maxilomandibulares para

todos os pacientes depende do estabelecimento de um sistema de coordenadas comum, assim as projeções direcionais podem ser consistentes, caso contrário, a identificação de alguma *landmark* que depende da orientação da cabeça poderia ficar comprometida, caso a mesma estivesse rotada ou inclinada.

Medidas confiáveis e precisas devem ser usadas para um diagnóstico preciso e para acompanhamento do resultado de tratamentos. Inconsistências nestas medidas pode afetar a conclusão de estudos e de planos de tratamento.

Com estas informações e questionamentos, Ruellas et al. (2016b), publicaram um estudo que tinha como objetivos: avaliar a influência da orientação da cabeça na avaliação das mudanças tridimensionais longitudinais em cada plano do espaço; propor um método para alcançar um sistema de coordenadas comum utilizando modelos tridimensionais; e testar a reprodutibilidade inter e intra observador do método. Para isso, 30 pacientes em crescimento, com idades entre 9 e 13 anos que possuíam 2 exames tomográficos de toda face, em menos de 18 meses foram selecionados aleatoriamente. Os arquivos DICOM foram convertidos em *.gipl utilizando o programa ITK-SNAP. Com o programa SlicerCMF, foi feita a aproximação dos exames T1 e T2, levando em consideração o melhor encaixe entre as imagens da base do crânio em todas as imagens multiplanares cross-seccionais. Após a aproximação, foi feita a construção da segmentação com o programa ITK-SNAP. Esta segmentação é feita automaticamente através de métodos ativos de contorno para computar as imagens baseando-se na intensidade dos tons de cinza e limites das imagens tomográficas, por meio de ajuste dos parâmetros de detecção destas intensidades e limites das estruturas anatômicas, indicando ao software onde procurar pelos voxels correspondentes. Após as segmentações, foram construídos os modelos tridimensionais de superfície no programa VAM.

Em seguida foram colocadas, pelo mesmo operador, as *landmarks* nos modelos volumétricos utilizando uma cor diferente da segmentação. 4 landmarks para a maxila e 3 para a mandíbula (espinha nasal anterior, espinha nasal posterior, primeiro molar superior direito, primeiro molar inferior esquerdo, Côndilo direito e esquerdo e Pogônio). Em seguida foi feito o registro *voxel-based*. Este procedimento usa as estruturas anatômicas da base do crânio como uma máscara de referência, indicando ao programa qual a região que se deve procurar para fazer a correspondência dos voxels. Após o registro, os modelos volumétricos gerados são a referência para a construção dos modelos de superfície, feitos com o programa SlicerCMF. Com os

modelos de superfície gerados, foi feita a avaliação quantitativa das *landmarks*. Em cada um dos exames tomográficos (T1 e T2), foram medidas as distâncias tridimensionais entre as *landmarks* para largura e comprimento mandibular. Entre os tempos foram feitas as medidas da maxila e mandibular tendo como referência a base do crânio (onde foi feito o registro).

Após as medidas, foi feita a orientação da cabeça em T1 utilizando-se o programa SlicerCMF, levando-se como referência o Plano de Frankfurt, a linha sagital mediana (Glabela, Crista Gali e Básio), o Plano inter-Pórios para alinhar os modelos nos planos sagital, axial e coronal. O arquivo gerado com as coordenadas do posicionamento especial foi aplicado no modelo de superfície T2 registrado, fazendo com que este apresentasse a mesma orientação de cabeça. Seguiu-se com a comparação das medidas quantitativas nos modelos com a orientação de cabeça e foi feita comparação entre as medidas geradas em ambos os processos em cada escaneamento.

Em seguida foi feita a comparação longitudinal das mudanças entre os dois processos, comparando-se as diferenças entre T1 e T2 antes e depois da orientação da cabeça. Para avaliar a reprodutibilidade, testes intra e inter-observador foram feitos em todos os processos, com 1 semana de intervalo. Após a análise estatística, observou-se os seguintes resultados:

- Para a análise entre pré e pós orientação de cabeça em T1, todas as medidas apresentaram diferença estatisticamente significativa;
- Na análise entre T1 e T2, antes e depois da orientação de cabeça, as médias e desvios padrão foram similares tanto nas medidas da maxila quanto da mandíbula, entretanto observou-se diferença estatisticamente significativa nos componentes tridimensionais para a maxila no eixo-z e para a mandibular no eixo-y.
- Na análise intra e inter-observador observou-se concordância extremamente alta.

A precisão das imagens tridimensionais já foi avaliada anteriormente e os resultados mostram alta fidelidade nas medidas tridimensionais sem que existam diferenças discrepantes das medidas clínicas. Durante a aquisição das imagens faciais, grandes esforços são feitos com o intuito de se obter uma posição natural de cabeça, mesmo assim alguns desvios ocorrem e a existência de ferramentas que proporcionem a correção do posicionamento da cabeça após a aquisição de imagens é bastante favorável aos estudos craniofaciais. As comparações entre as medidas antes e depois da orientação da cabeça entre os tempos T1 e T2, mostraram não haver diferenças nas medidas lineares de largura e comprimento da mandíbula, entretanto as medidas

representativas aos eixos anteroposterior, superoinferior e mediolateral das distâncias tridimensionais em cada plano do espaço mostraram-se diferentes estatisticamente em todas as medidas feitas.

Os resultados mostraram que a quantidade de diferença direcional na avaliação de apenas um dos tempos pode ser erroneamente interpretado dependendo do posicionamento da cabeça, como por exemplo assimetrias. Dependendo da orientação da cabeça no momento do escaneamento, medidas em uma direção podem ser mais alteradas que em outra. Já os resultados entre os tempos não mostraram diferenças em relação ao posicionamento da cabeça, embora todas as medidas tenham sido menores. As diferenças só foram observadas para o eixo-z na maxila e o eixo-y na mandíbula. Como na ortodontia é bastante comum estudos avaliando-se as alterações entre 2 tempos, a padronização da orientação da cabeça deve ser bastante recomendada. Outro detalhe observado, após a orientação de cabeça, as alterações anterior, vertical e lateral se tornam comparáveis. Estas diferenças em milímetros podem ser insignificantes quando as alterações entre os dois tempos são pequenas, mas podem ser bastante representativas para casos cirúrgicos.

O entendimento sobre crescimento e alterações esqueléticas que ocorrem durante o tempo requerem medidas da forma e tamanho em vez de depender de pontos fixos, como *landmarks* e implantes metálicos. Além da importância da orientação em estudos cross-seccionais. Os autores reconhecem a limitação da metodologia utilizando-se das *landmarks* para avaliar morfologia, mas afirmam que o uso de componentes tridimensionais pode dar mais informação que as medidas lineares tridimensionais, pois permitem melhor compreensão da direção e quantidade de mudanças em todos os planos do espaço.

Afirmando que uma correta relação dos maxilares depende de interações dentoalveolares e basais adequadas em todos os planos do espaço, e que para efetuar as sobreposições das estruturas maxilares de modo a avaliar o crescimento e mudanças decorrentes dos tratamentos efetuados, regiões estáveis devem ser utilizadas, Ruellas et al. (2016a) propõem a sobreposição tridimensional por meio do uso de exames de tomografia computadorizada volumétrica, por proporcionar a sobreposição de toda a estrutura de interesse e não apenas linhas ou pontos, além da falta da distorção bilateral que os exames bidimensionais apresentam e ainda

menores taxas de erros no posicionamento da cabeça. Com o intuito de também analisar se as estruturas conhecidamente estáveis nos exames bidimensionais são também confiáveis na análise tridimensional, já que esta envolve uma terceira dimensão, os autores avaliaram as diferenças entre 2 regiões maxilares no registro baseado em voxels, além de testar a reprodutibilidade intra e inter-examinador destes registros. Foram utilizados exames de tomografia computadorizada de 16 pacientes em crescimento, sendo 8 tratados com expansão rápida da maxila para a mordida cruzada e 8 com aparelho Herbst para a correção da Classe II. Os exames tinham como característica voxel isotrópico de 0.4 mm e campo de 16x22 cm e foram feitos em dois tempos, pré e pós-tratamento. Após a conversão dos arquivos DICOM, foi feita a aproximação manual no programa SlicerCMF3-1 tendo como referência o melhor encaixe maxilar nos três planos. Em seguida foi feita a construção das segmentações volumétricas no programa ITK-SNAP e procedeu-se a construção dos modelos de superfície e geradas as *landmarks*. Estes pontos foram posicionados em diferentes regiões da maxila para evitar erros de *pitch*, *roll* e *yaw*, a saber: processo zigomático da maxila em ambos os lados, superfície vestibular dos primeiros molares superiores de ambos os lados, espinha nasal anterior e contato interproximal dos incisivos centrais. Após a definição dos pontos, dois tipos de máscara foram criados para o registro baseado em voxel. A máscara MAX, correspondente ao osso maxilar, cortada inferiormente no processo alveolar, superiormente ao plano dos pontos orbitais de ambos os lados, bilateralmente no processo zigomático e posteriormente na distal dos segundos molares. A máscara PIZ correspondeu ao palato e região infrazigomática. Foram feitos os registros utilizando ambas as máscaras, e o programa utilizou as estruturas anatômicas presentes na máscara como referência para a correspondência dos voxels de cada exame tomográfico, para registrar T2 em relação a T1. O registro foi feito no programa SlicerCMF, que comparou os valores dos tons de cinza voxel por voxel da região de referência, ou seja, da máscara. Após os registros, foram construídos os modelos de superfície com as *landmarks* para a comparação entre os registros. Foi feita análise descritiva e Coeficiente de correlação intraclassa para a comparação entre as coordenadas x, y e z das *landmarks*. Como resultados, foi encontrada excelente consistência na reprodutibilidade intra e inter-observador; as diferenças entre os dois modelos para cada tipo de máscara foi de menos de 1 mm, indicando que os modelos possuíam a mesma posição espacial após o registro. Como conclusão, os autores afirmam que ambas as máscaras são

consideradas clinicamente comparáveis e reprodutíveis, pois as sobreposições dos modelos foram praticamente perfeitas. A região correspondente a “*Key Ridge*” é reprodutível para as sobreposições tridimensionais, assim como nos exames bidimensionais. Adicionalmente os autores sugerem, embora sem testar, que quando presente retração anterior, a máscara PIZ seria mais indicada, pois não utiliza a suposta remodelação do processo alveolar.

Com o objetivo de avaliar regiões de referência para o registro mandibular, Ruellas et al. (2016c) descrevem que a sobreposição de estruturas estáveis mandibulares pode ser usada para avaliar crescimento e tratamentos sem o uso de implantes metálicos. Assim, tendo como áreas estáveis o contorno superior da sínfise, sua borda inferior, o trabeculado desta mesma região, o contorno do canal mandibular, e o contorno inferior do germe coronário dos terceiros molares, os autores utilizam exames de tomografia computadorizada como ferramenta para a sobreposição das imagens, pois a mesma utiliza milhares de pontos, forma e volume, além das linhas e pontos tradicionais das imagens bidimensionais, e permitem uma avaliação baseada nas diferenças obtidas diretamente da sobreposição de duas imagens. Desta maneira, a compreensão das alterações espaciais em todas as estruturas envolvidas pode ser feita em todas as etapas, como diagnóstico, avaliações do crescimento craniofacial, mudanças decorrentes de tratamentos empregados, e estabilidade. As diferenças e distâncias entre as superfícies podem ser computadas para identificar e quantificar valores e direções das alterações. Para este estudo, os exames tomográficos com FOV (Field of view) estendido e voxel isométrico de 0.4 mm de 16 pacientes em crescimento foi utilizado em dois tempos. Inicialmente fez-se a construção das segmentações em T1 com o programa ITK-SNAP. Em seguida foi feita a orientação de cabeça com os modelos de superfície gerados a partir das segmentações, tendo como referência: o plano Frankfurt, o plano sagital mediano, e o plano transpório. Os modelos foram movimentados até que coincidissem com os planos de referência tridimensionalmente. Em seguida foi feita a aproximação dos escaneamentos T1 e T2, com a melhor sobreposição mandibular nos três planos do espaço. Após a construção do novo modelo aproximado e das *landmarks*, foram feitos os registros utilizando 3 tipos de máscara para análise. O registro feito foi o baseado em voxels que leva em consideração os voxels correspondentes na máscara utilizada, que deve ser construída com estruturas anatômicas estáveis. Em seguida foram feitas as medições

para cada um dos registros por meio das *landmarks*. Como resultados, encontrou-se que a máscara mais extensa, a do corpo mandibular, apresentou resultados mais consistentes. A aproximação manual feita inicialmente tem como objetivo proporcionar um registro adequado, uma vez que os diferentes escaneamentos podem apresentar posições de cabeça diferentes. Após, a construção da máscara indica ao programa as regiões que devem servir como referência perfeita para o registro, que proporciona a comparação em diferentes tempos diretamente pela sobreposição dos modelos de superfície. Esta sobreposição permite a identificação de mudanças quantitativas, uma vez que apenas a visualização das sobreposições é subjetiva e depende de experiência profissional. As mudanças quantitativas alcançadas por meio da marcação de landmarks são precisas.

3 PROPOSIÇÃO

Após considerarmos os aspectos descritos nesta revisão de literatura, a proposta deste trabalho delineado como um ensaio clínico randomizado, é comparar a eficácia da intervenção para a aceleração do movimento com as micro-osteoperfurações (MOPs) durante o fechamento dos espaços provenientes de extrações dentárias terapêuticas.

As proposições deste trabalho são:

- **Objetivo principal:** testar a hipótese nula: As micro-osteoperfurações não aceleram o movimento dentário quando comparadas à movimentação ortodôntica convencional.
- **Objetivo secundário:** avaliar o tipo (qualidade) do movimento dentário na técnica convencional e na técnica de micro-osteoperfurações para a aceleração do movimento por meio de análise tomográfica tridimensional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - CEP-FOUSP e aprovado sob o parecer número 2.291.627 (Anexo A).

Todos os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo CEP-FOUSP (Anexo B).

Para realizar o cálculo amostral, foi utilizado como referência o artigo de Yee et al. (2009). Neste trabalho, a taxa média de fechamento mensal com o tratamento convencional para a retração do canino, utilizando força leve, foi de 0.6 mm nos três meses do experimento, com variabilidade de 0.36 mm (Desvio Padrão). Utilizando esta medida como o melhor cenário para a movimentação mensal, ou seja, 0.6 mm ao mês e esperando que a técnica cirúrgica (perfurações) aumente essa taxa para pelo menos 0.7 mm ao mês e utilizando poder de 80% e confiança de 95%, a amostra necessária para a realização do estudo seria de 203 pacientes em cada grupo.

4.1 MATERIAL

Para realização desta pesquisa prospectiva, foram selecionados 18 indivíduos, pacientes da Clínica de preparo ortodôntico para a Cirurgia Ortognática da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, com discrepâncias esqueléticas severas o suficiente para justificar o tratamento ortodôntico-cirúrgico e que apresentavam os critérios includentes, a seguir:

- Nacionalidade brasileira;
- Crescimento craniofacial finalizado;
- Indicação para tratamento ortodôntico-cirúrgico;
- Indicação de extração dentária de pré-molares para tratamento ortodôntico-cirúrgico (vestibularização dos dentes anteriores, apinhamento anterior e falta de espaço posterior); (figuras 4.1 – 4.10)
- Ausência de extrações dentárias prévias, com exceção dos terceiros molares;
- Sem contra-indicações locais e/ou sistêmicas para procedimento cirúrgico;

- Boas condições dentárias e periodontais;
- Não fumantes;
- Não utilizar medicamentos à base de bifosfonatos ou corticóides.

Figuras 4.1 – Fotografia facial frontal

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOU SP (São Paulo, SP).

Figura 4.2 – Fotografia de perfil

Figura 4.3 – Fotografia de sorriso

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.4 - Radiografia Panorâmica

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.5 – Telerradiografia em norma lateral

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.6 - Fotografia intraoral lateral direita

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.7 - Fotografia intraoral frontal

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.8 - Fotografia intraoral lateral esquerda

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.9 - Fotografia intraoral oclusal superior

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.10 – Fotografia intraoral oclusal inferior

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

E os critérios excludentes:

- Necessidade de Expansão Rápida da Maxila Cirurgicamente Assistida (ERMAC).

- Presença de síndromes com repercussão craniofacial e deficiência cognitiva;
- Presenças de fissuras labiopalatais.

Antes do início do tratamento, os participantes da amostra foram encaminhados ao setor de cirurgia para a exodontia dos terceiros molares permanentes.

Com o intuito de caracterizar morfológicamente os indivíduos selecionados, as seguintes grandezas cefalométricas foram utilizadas: SNA, SNB, ANB, NS.Gn, NsGoGn, 1.NS e IMPA.

Após a seleção dos participantes, estes foram divididos aleatoriamente em dois grupos. Para isso, foi utilizada a função “aleatório” do programa Microsoft Excel, versão 15.0 2013 (Jones, Chicago, EUA). Após a criação da coluna com os números aleatórios, os dados da tabela foram selecionados e classificados do menor para o maior. Com os dados dos participantes da pesquisa reordenados aleatoriamente, foi feita a divisão em dois grupos:

- **Grupo 1 – Experimental: Técnica de aceleração do movimento ortodôntico (AMO)**: 9 indivíduos foram alocados neste grupo que seguiu o protocolo, descrito na metodologia deste projeto, para a aceleração do movimento ortodôntico.

- **Grupo 2 - Controle**: 9 indivíduos foram alocados neste grupo e a condução da mecânica ortodôntica para o fechamento dos espaços das extrações foi feita sem a técnica da aceleração do movimento ortodôntico, com o mesmo critério de ativação e periodicidade das ativações de fechamento dos espaços das extrações realizados no Grupo I.

Salientamos que durante a fase de delineamento da pesquisa, utilizamos critérios na seleção dos participantes com o intuito de caracterizar uma população específica que se encaixasse nos critérios de inclusão e exclusão descritos acima.

A ausência de cegamento no delineamento deste ensaio clínico foi devida ao experimento testado ser uma intervenção cirúrgica. Assim, observadores (ortodontistas) e observados (participantes da pesquisa) possuíam total conhecimento em qual grupo estavam alocados.

Conforme diagrama de fluxo dos participantes da amostra (figura 4.11), a diminuição deste número diz respeito a alguns pacientes não terem o espaço fechado

(e uma outra paciente que esta grávida de 7 meses) em tempo suficiente para a elaboração da tese. Para a futura publicação, estes pacientes serão incluídos.

Figura 4.11 - Diagrama de fluxo dos participantes da pesquisa

Fonte: o autor.

4.1.1 Documentação Ortodôntica

Foi solicitada para cada paciente da amostra, nas seguintes fases:

- Documentação ortodôntica inicial,
- Documentação ortodôntica após o fechamento do espaço das extrações,

Contendo os seguintes exames:

- Fotografias extraorais de frente e perfil, em repouso e sorrindo, laterais $\frac{3}{4}$ direita e esquerda;
- Fotografias intraorais;
- Tomografia computadorizada de feixe cônico;
- Telerradiografias em norma lateral e frontal (filme 18x24 cm);
- Radiografia panorâmica;
- Radiografias periapicais dos incisivos superiores e inferiores;
- Modelos ortodônticos de gesso, para estudo.

4.1.2 Modelos Digitais

Para a obtenção dos modelos digitais, foram feitas impressões das arcadas dos sujeitos da pesquisa com alginato tipo II, Jeltrate Dustless, (Dentsply Caulk, Dentsply International, Milford, Delaware, EUA), seguindo-se as recomendações do fabricante e, em seguida, confeccionou-se modelos em gesso especial tipo IV, Durone (Dentsply Caulk, Dentsply International, Milford, Delaware, EUA) das arcadas submetidas à extração nos seguintes tempos:

- T1: modelo inicial;
- T2: consulta de início da ativação da retração anterior;
- T3: 28 dias após o início da ativação;
- T4-Tx: a cada 28 dias até o fechamento dos espaços direito e esquerdo.

Após a obtenção dos modelos de gesso recortados, os mesmos foram escaneados a laser no equipamento de mesa XCAD 3D Scanner (True Image, Belo Horizonte, Brasil) na Craneum Radiologia, São Bernardo do Campo, pelo mesmo operador para a criação dos modelos digitais (Figura 4.12). Utilizando o programa

Maestro 3D OrthoStudio (AGE Solutions, Pisa, Itália) (Figura 4.13), os arquivos digitais foram salvos no formato *.stl (*standard triangle language*), tipo de arquivo que contem dados necessários para descrever um objeto tridimensional, e armazenados em disco utilizando nomenclatura por ordem cronológica.

Figura 4.12 – Scanner utilizado para digitalização dos modelos confeccionados a cada consulta de ativação da retração anterior desta pesquisa

Fonte: o autor.

Figura 4.13 – Estação de trabalho com programa de obtenção das imagens digitalizada

Fonte: o autor.

4.1.3 Tomografia Computadorizada do Feixe Cônico

Os exames de tomografia computadorizada (TC) inseridos no protocolo de documentação ortodôntica para pacientes ortodôntico-cirúrgicos do Departamento de Ortodontia da FOUSP são feitos em 3 tempos: (TC inicial, pré-cirúrgica e final).

Para esta pesquisa, foram utilizadas as tomografias:

- **T1**: exame tomográfico inicial,
- **T2**: tomografia computadorizada pré-operatória,

Os exames tomográficos T1 foram realizados no tomógrafo de feixe cônico da FOUSP, na Disciplina de Radiologia do Departamento de Estomatologia. Equipamento Planmeca ProMax 3D Plus CBCT, (Planmeca, Helsinque, Finlândia), com parâmetros de aquisição de 80 Kv, 14 mA, 2x18 segundos de tempo de exposição, e imagem gerada com voxel isotrópico de 400 μ m e FOV estendido com volume de 230x260 mm.

Os exames tomográficos T2 foram realizados no tomógrafo de feixe cônico da Craneum Radiologia – Unidade Moema, equipamento i-CAT Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, Estados Unidos), com parâmetros de aquisição de 120Kv, 7mA, 2x20 segundos de tempo de exposição, e imagem gerada com voxel isotrópico de 300 μ m e FOV estendido com volume de 160x220 mm.

Após a aquisição das imagens tomográficas, a reconstrução das imagens foi feita na estação de trabalho MacBook Pro 2.9 GHz Intel Core i7 16 GB RAM e HD de 500 GB (Apple, Cupertino, CA, EUA), contendo programas específicos para as reconstruções multiplanares (sagital, coronal e axial) e em terceira dimensão (3D-TCFC).

4.1.3.1 Programas de análise das variáveis do estudo

- 1) **ITK-SNAP**: versão 3.4.0 de 30 de novembro de 2015 (www.itksnap.org) desenvolvido por Yushkevich et al, em 2006.
- 2) **SlicerCMF3-1**: versão 4.5.0 de 17 de abril de 2016 (www.slicer.org)

4.2 MÉTODOS

Após o planejamento de cada caso, previamente à instalação de qualquer acessório ortodôntico, foram feitas as extrações dos primeiros pré-molares pelo mesmo operador: 13 pacientes tiveram os primeiros pré-molares superiores extraídos e 5 os primeiros pré-molares inferiores. A extração foi indicada previamente ao início do tratamento ortodôntico com a finalidade de eliminar o FAR produzido pela extração dentária, objetivando que a possível aceleração de movimento fosse resultante apenas das microperfurações terapêuticas.

Como a principal indicação para extrações dos primeiros pré-molares é corrigir a inclinação dos incisivos, posicionando-os corretamente em sua base apical, o fechamento dos espaços foi efetuado sob ancoragem esquelética.

Foram introduzidos extra-alveolarmente, dispositivos de ancoragem temporários como ponto de apoio para as retrações (TADs), miniparafuso ortodôntico Morelli (Morelli, Sorocaba, Brasil) comprimento de 10 mm, diâmetro de 1,5 mm e transmissão de 2,0 mm, entre os dentes primeiro e segundo molares superiores bilateralmente (figura 4.14 e figura 4.15).

Figura 4.14 – Foto intrabucal mostrando a localização do acessório de ancoragem na Crista Infrazigomática

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Para a retração da arcada inferior, os minimplantes (TADs), miniparafuso ortodôntico Morelli (Morelli, Sorocaba, Brasil) comprimento de 10 mm, diâmetro de 1,5 mm e transmissão de 2,0 mm, foram colocados no *shelf* mandibular bilateralmente.

Figura 4.15 – Foto intrabucal mostrando a localização do acessório de ancoragem na Crista Infrazigomática

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

O canal de ancoragem da cabeça do minimplante foi posicionado de modo a anular a componente vertical de força durante a retração anterior.

Todos os pacientes da amostra utilizaram braquetes autoligados Orthoclip SLB (Orthometric, Marília, Brasil), prescrição Roth 0.022", colados com resina fotopolimerizável Transbond XT (3M Unitek, CA, EUA) nos dentes de incisivo central à segundo pré-molar e acessórios prescrição Roth (Orthometric, Marília, Brasil) soldados às bandas ortodônticas (Orthometric, Marília, Brasil), cimentadas com cimento de ionômero de vidro nos primeiros e segundos molares.

O tratamento ortodôntico foi conduzido com o protocolo de troca de fios da Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática da FOU SP. Os fios (Orthometric, Marília, Brasil) utilizados nesta pesquisa foram:

- 0.012" Termoativado
- 0.016" Termoativado
- 0.016" x.022" Termoativado
- 0.019" x.025" Termoativado
- 0.019" x.025" aço inoxidável

O tempo de ação de cada fio variou a cada caso tratado. Cada fio foi mantido enquanto ainda havia ativação. Levou-se em consideração a deflexão residual e a possibilidade de introdução do fio subsequente sem grandes dificuldades, para que as forças do nivelamento e alinhamento fossem leves.

Em todos os casos foram confeccionados batentes desoclusores com o intuito de eliminar as forças oclusais que poderiam interferir na taxa de movimentação dentária (figura 4.16).

Figura 4.16 – Batente desoclusor confeccionado em resina

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

O início da ativação do fechamento do espaço da extração foi feito após 28 dias da inserção do fio 019" x.025" aço inoxidável, pela tração ortodôntica dos 6 dentes anteriores, utilizando mecânica de deslize. A periodicidade das ativações foi de 28 dias. Este intervalo teve como objetivo não alterar a circulação sanguínea na região e, conseqüentemente, não afetar a capacidade de reparação óssea (Long et al., 2013), proporcionando que a osteopenia terapêutica fosse mantida durante todo o período, facilitando assim, a movimentação ortodôntica (Nimeri et al., 2013).

Para a retração anterior, foi utilizado mola fechada Flexy NiTi 9 mm (Orthometric, Marília, Brasil), presa do canal de ancoragem do TAD até um gancho bola reto dobrado para mesial, posicionado na distal dos caninos (figura 4.17). Foi utilizado 200 gramas de força de cada lado a cada ativação, aferido com dinamômetro (Zeusan, São Paulo, Brasil).

Foto 4.17 – Sistema de ativação da retração anterior e as perfurações ao final da consulta

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOU SP (São Paulo, SP).

Utilizou-se fio de aço para amarrilho metálico 0.008" para prolongar o sistema de mola conforme a necessidade em cada caso. As ativações da retração anterior foram feitas em cada um dos lados direito e esquerdo até o completo fechamento do espaço, tendo como referência a obtenção de ponto de contato entre o dente canino e o segundo pré-molar. Nos casos em que um lado fechou antes do outro, ativações do lado necessário continuaram sendo feitas até o completo fechamento do espaço da extração.

A inclinação dos dentes adjacentes à extração ao final do fechamento do espaço não foi levada em consideração para a avaliação da taxa de movimentação dentária e das características tridimensionais dos arcos com a técnica de aceleração do movimento. Recursos mecânicos adicionais foram e estão sendo feitos individualmente para o preparo adequado dos dentes à cirurgia ortognática e para boa finalização.

Após o preparo pré-cirúrgico e cirurgia ortognática, o tratamento ortodôntico se prolongará até a completa finalização de cada caso, utilizando os meios ortodônticos individuais necessários.

4.2.1 Perfurações corticais – Grupo 1 – Experimental (Aceleração do Movimento Ortodôntico)

As perfurações corticais sem retalho para a aceleração do movimento ortodôntico foram feitas a cada sessão de retração anterior, entre os dentes canino e segundo pré-molar, enquanto houvesse espaço físico para a execução das microperfurações sem que houvessem lesões ou danos ao ligamento periodontal e às raízes dos dentes adjacentes:

Cada participante do grupo experimental recebeu as perfurações até que o espaço residual não mais possibilitasse perfurações seguras, sem que fosse atingido o ligamento periodontal. Foram utilizados dois parâmetros para isso, a sensibilidade do paciente durante a sessão de MOPs e/ou a presença de menos de 2 mm para o fechamento do espaço entre o canino e o segundo pré-molar.

A média de sessões de perfurações para o grupo experimental foi de 7, sendo o máximo de 8 e o mínimo de 5 sessões de MOPs.

Para a realização das MOPs, foi solicitado aos sujeitos da pesquisa do grupo experimental que fizessem bochecho de 15 ml de solução de Clorexidina 0,12% por 1 minuto antes do início do procedimento.

Após o bochecho, foi feita anestesia infiltrativa vestibular e palatina na região do dente extraído do lado direito e esquerdo de cada um dos participantes.

O planejamento do local das perfurações foi feito seguindo-se o seguinte critério: 3 perfurações vestibulares, sendo a primeira de 2-3 mm apicalmente à crista gengival marginal, seguidas da segunda e terceira a cada 3-4 mm, conforme imagem ilustrativa (Figura 4.18):

Figura 4.18 – Esquema das perfurações da pesquisa

Fonte: o autor.

Para as microperfurações foi utilizado instrumento manual Excellerator RT (*Propel – Propel Orthodontics LLC, Ossining, NY, EUA*), introduzindo a ponta rosqueante Excellerator RT Tip (*Propel – Propel Orthodontics LLC, Ossining, NY, EUA*) (figuras 4.18 e 4.19) na profundidade de 6 mm, até ultrapassar a cortical vestibular. Ao ultrapassar a cortical, a perfuração promove um trauma limitado característico pelo pequeno sangramento subperiostal, sem risco de infecções, que mantém a vascularização periférica da matriz óssea e não compromete a arquitetura óssea (Teixeira et al., 2010) (figuras 4.19 – 4.24).

Figuras 4.19 - Excellerator RT e a ponta rosqueante Excellerator RT Tip (*Propel – Propel Orthodontics LLC*)

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figuras 4.20 - Excellerator RT e a ponta rosqueante Excellerator RT Tip (*Propel – Propel Orthodontics LLC*); Figura 4.19 - Conjunto montado pronto para o procedimento

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.21 – Posicionamento da ponta auto-perfurante e início da MOP

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.22 - – Procedimento para realização da MOP – visão oclusal

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.23 – Procedimento finalizado com ponta introduzida completamente na medida de profundidade desejada

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

Figura 4.24 – Segunda MOP sendo finalizada

Fonte: Arquivo de Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, FOUSP (São Paulo, SP).

O protocolo cirúrgico escolhido para que ocorresse o FAR (Fenômeno de Aceleração Regional) foi sem retalho, para preservar a saúde periodontal e ser de mínima invasividade e sem sequelas (Alikhani, 2017). evitando e preservando o ligamento periodontal (Alikhani et al., 2013; Long et al., 2013).

4.2.2 Medidas do espaço da extração nos modelos digitais

Foram feitas moldagens com alginato nos tempos descritos na seção “4.1.5.2”, para a obtenção dos modelos de gesso e posteriormente a criação dos modelos de superfície digitalizados.

Utilizando a ferramenta “Q3DC” do software livre SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) foram feitas as medidas lineares, conforme os seguintes procedimentos:

- O modelo de superfície do arco da extração foi aberto no software, em seguida, utilizando-se o cursor, posicionou-se o modelo em norma oclusal (Figura 4.25).

Figura 4.25 – Modelo digital em vista oclusal

Fonte: o autor

- *Landmarks* (pontos de referência) foram adicionadas, tendo como referência o ponto equidistante da largura vestibulo-lingual (Figura 4.26), em norma oclusal que coincidissem com:

- Ponto mais distal da face distal do dente canino,
- Ponto mais mesial da face mesial do segundo pré-molar

Figura 4.26 – *Landmarks*

Fonte: o autor.

Assim, foram selecionados 4 pontos para cada modelo de superfície, nomeados com a data da impressão dos modelos, que correspondeu a sessão da ativação da retração anterior, e ordinariamente pelos dentes adjacentes ao espaço da extração, começando pelo lado direito. Assim, por exemplo, o modelo da data de 14 de setembro de 2016 teve as *landmarks* nomeadas (Figura 4.27):

- Distal do dente 13: 2016_09_14_IDdoParticipante_1
- Mesial do dente 15: 2016_09_14_IDdoParticipante_2
- Distal do dente 23: 2016_09_14_IDdoParticipante_3
- Mesial do dente 25: 2016_09_14_IDdoParticipante_4

Figura 4.27 – Nomenclatura das *landmarks*

Fonte: o autor.

O software utiliza para o posicionamento da *landmark* o ponto de triangulação da malha do modelo de superfície. Desta maneira, o local escolhido sempre estará, exatamente, na superfície do modelo. O centro da esfera da landmarks ficará em contato com um ponto da triangulação na malha da superfície (Figuras 4.28 e 4.29).

Figura 4.28– Malha da superfície na visualização “surface”

Fonte: o autor.

Figura 4.29 - Triangulações na visualização “web”

Fonte: o autor.

Após a obtenção e conferência do posicionamento das *landmarks*, foi feito o cálculo da distância entre eles, automaticamente. As distâncias calculadas foram:

- entre as landmarks final 1 e final 2 (lado direito)
- entre as landmarks final 3 e final 4 (lado esquerdo)

Ex: 2016_09_14_IDdoParticipante_1 - 2016_09_14_IDdoParticipante_2

A ferramenta calcula o valor 3D entre duas *landmarks* e exporta um arquivo *.csv da medida. O valor 3D independe do posicionamento espacial do modelo, apenas computa a distância linear entre dois pontos (Figura 4.30).

Figura 4.30 – Cálculo automático das distâncias lineares entre as *landmarks* pré-definidas

▼ Calculate distance between two landmarks:

Landmarks A: 2017_06_AM 2017_06_AM-3

Landmarks B: 2017_06_AM 2017_06_AM-4

Calculate

		R-L Component	A-P Component	S-I Component	3D Distance
1	2017_06_AM-1 - 2017_06_AM-2	2.229	-0.009	-5.4	5.842
2	2017_06_AM-3 - 2017_06_AM-4	-0.96	-0.373	-5.498	5.594

/Applications Export

Fonte: o autor.

4.2.3 Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

Para o trabalho com as imagens tridimensionais, foram necessários passos detalhados e criteriosos, descritos a seguir.

4.2.3.1 Aquisição das imagens

Os pacientes foram submetidos ao exame de tomografia computadorizada de feixe cônico com protocolo de alta definição, utilizando FOV de 22cm. Para as aquisições em T1, no equipamento Planmeca ProMax 3D Plus CBCT utilizou-se voxel isométrico de 0,4mm; nas aquisições em T2, o equipamento foi o i-CAT, modelo Classic (Kavo, Danaher, Hatfield, USA) com voxel isométrico de 0,3 mm.

Após o posicionamento do paciente no tomógrafo, o sensor do tomógrafo foi posicionado de forma a abranger toda a cabeça.

O paciente foi instruído a ficar imóvel, com lábios relaxados, dentes desocluídos e a evitar deglutição durante a aquisição.

Após a captura no tomógrafo, a reconstrução primária da imagem foi realizada na estação de trabalho (*workstation*) de cada tomógrafo, e os dados obtidos foram convertidos para o formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

A sequência de arquivos no formato DICOM de cada exame tomográfico foi convertida em formato NIFTI (Neuroimaging Informatics Technology Initiative) no *software* livre ITK-SNAP 3.4.0 (<http://www.itksnap.org>). Os desenvolvedores do *software* indicam este formato por ser mais compatível e em formato reconhecido pelos *softwares* livres desenvolvidos pela *Universidade North Caroline* e que serão utilizados nesta pesquisa. Além disso o arquivo NIFTI ocupa menor espaço em disco por se apresentar como um único arquivo, facilitando a leitura do mesmo nos *softwares*, o que acarreta na diminuição do tempo de reconstrução das imagens tridimensionais. Este processo favorece a análise das imagens sem alterar: a qualidade das mesmas; as informações métricas; ou ainda a proporção de 1:1 das imagens tomográficas.

4.2.3.2 Construção dos modelos tridimensionais virtuais

- *Segmentação*

Para iniciar o processo da segmentação, utilizou-se no software livre SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) a ferramenta *Intensity Segmenter*. Esta ferramenta segmenta a imagem tomográfica de acordo com a intensidade dos valores da escala *Hounsfield* (HU) e estes valores podem ser classificados em diferentes *labels*, conforme especificação prévia num arquivo simples de extensão *.txt.

Assim, utilizando uma série específica (*range*) pré-determinada para a intensidade dos valores de uma tomografia de face total, foi feita a segmentação inicial do exame de tomografia computadorizada T1 (Figura 4.31). O arquivo foi também salvo na extensão NIFTI.

Figura 4.31 – Segmentação inicial com a ferramenta “Intensity Segmenter”

Fonte: o autor.

Para o detalhamento e refinamento da segmentação das estruturas anatômicas de interesse foi utilizado o software ITK-SNAP 3.4 e ITK-SNAP 3.6 (www.itksnap.org).

No software ITK-SNAP carregou-se o arquivo compactado do exame de tomografia computadorizada como “exame principal” e o arquivo compactado com a segmentação inicial como “arquivo de segmentação”.

Selecionou-se a ferramenta “*Active Contour Segmentation Mode*” do software para proceder ao refinamento da segmentação inicial. Em seguida, dependendo da sub-região segmentada, escolheu-se um dos modos para presegmentação (*Thresholding* ou *Edge Attraction*). Estas são as duas maneiras que o software computa as características da imagem tomográfica. Em um dos modos (*Thresholding*) a ferramenta é atraída pelos limites ou descontinuidades das intensidades dos voxels, na outra, a ferramenta (*Edge Attraction*) é atraída pelos limites das regiões de uniformidade das intensidades. Escolher qual das ferramentas será utilizada para cada região depende da habilidade do operador. Assim, para algumas partes de cada estrutura segmentada, utilizou-se um dos modos da presegmentação automática do software.

Após todo o crânio segmentado, salva-se um novo arquivo, nomeado estrategicamente para sua identificação.

- *Máscara*

Em seguida, preparou-se uma máscara específica para posterior criação dos modelos de superfície que tivesse os seguintes pontos craniométricos preservados: Glabela, Pório e Básio (Figuras 4.32, 4.33 e 4.34). Para isso, foram feitos cortes:

- **Horizontal:** acima da Glabela e eliminando-se a calota craniana, possibilitando a visualização da base do crânio.

- **Vertical:** sagitalmente, posterior ao meato acústico externo direito e esquerdo para preservar o Pório; coronalmente, posterior à porção basilar do forame magno, preservando o ponto Básio. Foi obtido um novo arquivo, salvo em disco.

Figura 4.32 – Máscara em visão frontal

Fonte: o autor.

Figura 4.33 – Máscara em visão lateral

Figura 4.34 – Máscara em visão superior

Fonte: o autor.

- *Modelos de Superfície*

Com a obtenção do arquivo do crânio total segmentado e feito a máscara, carregou-se o mesmo no software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) para a construção dos modelos de superfície.

Utilizou-se a ferramenta “*Model Maker*” para a criação do modelo de superfície. Um novo arquivo foi salvo na extensão *.vtk (Figura 4.35).

Figura 4.35 – Modelo de superfície

Fonte: o autor.

- *Orientação de Cabeça*

Também no software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>), utilizou-se a ferramenta “*Easy Clip*” para se obter um posicionamento padronizado do modelo de superfície, no centro da caixa do software (Figura 4.36), clicando no botão “*COMPUTE AROUND BOUNDING BOX*”.

Figura 4.36 – Modelo centralizado para transformação

Fonte: o autor.

Em seguida, utilizando a ferramenta “*Transforms*”, foram feitos os procedimentos para a padronização requerida nesta pesquisa. O posicionamento deveria ser equivalente a postura natural de cabeça. Para isso, modificou-se o posicionamento do modelo do crânio (Figura 4.37), levando em consideração:

- **Sagitalmente (linha S-I – superior/inferior):** o ajuste dos modelos coincidiu com a linha sagital mediana da face anteriormente e com a Crista Galli e ponto Básio em vista superior;

Figura 4.37 – Visão superior com coincidência do ponto Básio e Crista Galli

Fonte: o autor.

- **Axialmente (A-P – anterior/posterior):** o ajuste dos modelos coincidiu tridimensionalmente com os pontos Pório direito e esquerdo e os pontos Orbital direito e esquerdo, simultaneamente (Figuras 4.38 e 4.39);

Após o ajuste dos modelos, os mesmos foram salvos na nova posição (figuras 4.40 e 4.41), em novo arquivo e também foram salvos os arquivos da matriz da posição para cada um dos modelos, correspondentes a cada sujeito da amostra desta pesquisa.

Figura 4.38 – Visão frontal com coincidência dos pontos Orbitais

Fonte: o autor.

Figura 4.39 – Visão lateral com coincidência dos pontos Orbitais e Pório direito

Fonte: o autor.

Figura 4.40 – Modelo de superfície antes da orientação

Fonte: o autor.

Figura 4.41 – Modelo de superfície orientado

Fonte: o autor.

- *Aplicação da Matriz*

Com os modelos orientados, foi aplicada a matriz nos arquivos previamente feitos correspondentes ao escaneamento inicial e a segmentação completa e refinada. Deste modo, foram gerados novos arquivos agora reorientados. Esta reorientação tem como objetivo reposicionar e padronizar todos os arquivos tridimensionalmente, fazendo com que os modelos possam ter a mesma referência e que comparações entre eles possam ser feitas sem erros (Figuras 4.42 – 4.47).

Para que esta alteração fosse feita nos arquivos, foi utilizada a ferramenta “*Apply Matrix*” no software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>). Carregou-se o arquivo do escaneamento tomográfico inicial compactado, o arquivo da segmentação do crânio e o arquivo da matriz. Após o reposicionamento dos crânios, novos arquivos foram salvos.

Figura 4.42 – Exame tomográfico antes da orientação da cabeça, visão axial

Fonte: o autor.

Figura 4.43 - Exame tomográfico depois da orientação da cabeça, visão axial

Fonte: o autor.

Figuras 4.44 – Exame tomográfico antes da orientação da cabeça, visão sagital

Fonte: o autor.

Figuras 4.45 – Exame tomográfico depois da orientação da cabeça, visão sagital

Fonte: o autor.

Figuras 4.46 – Exame tomográfico antes da orientação da cabeça, visão coronal

Fonte: o autor.

Figuras 4.47 – Exame tomográfico depois da orientação da cabeça, visão coronal

Fonte: o autor.

- *Segmentações e Modelos das Regiões de Interesse (ROI)*

Após a reorientação, as segmentações foram melhoradas e foram criados arquivos contendo segmentações individuais da ROI, a saber:

- **Mandíbula**: para a segmentação da mandíbula, foi selecionada toda a mandíbula anatomicamente, tendo como limite todo contorno esquelético disponível, incluindo os dentes inferiores (figura 4.48).

Figura 4.48 – Mandíbula segmentada

Fonte: o autor.

- **Maxila:** foi selecionada como limite inferior os dentes maxilares em sua porção incisal/oclusal, como limite superior as suturas zigomático-maxilar, nasomaxilar e frontomaxilar e assoalho da órbita, limite anterior a espinha nasal anterior e posteriormente, a espinha nasal posterior (Figura 4.49).

Figura 4.49 – Maxila segmentada

Fonte: o autor.

- **Dentes:** foram separados os dentes de seu osso alveolar e sua base óssea e criado um arquivo, individual (Figura 4.50).

Figura 4.50 – Dentes superiores segmentados

Fonte: o autor.

Após o detalhamento de cada estrutura, foram salvos arquivos com as reconstruções tridimensionais para cada uma delas individualmente.

4.2.3.3 Registro Regional dos Modelos Tridimensionais

Para que fosse possível fazer as comparações dos resultados do tratamento ortodôntico com a retração anterior para fechamento dos espaços das extrações nos dois grupos, foi feito o registro regional dos modelos tridimensionais. O registro regional tem como objetivo sobrepor as estruturas maxilares individualmente tendo como referência uma região estável e já validada da própria estrutura craniofacial, a máscara. O programa faz uma correspondência dos voxels presentes na área da máscara e reposiciona a segunda tomografia conforme esta região (Ruellas et al., 2016a). Desta maneira, após a execução de todos os passos para o registro regional, os modelos em T1 e T2 foram sobrepostos e as diferenças computadas. Dependendo da estrutura maxilar (maxila ou mandíbula) submetida às extrações dentárias desta pesquisa, o registro regional foi efetuado. Para isso, foram seguidos os seguintes passos:

4.2.3.3.1 *registro regional da maxila*

- Aproximação Manual

Esta etapa teve como objetivo facilitar o registro automático com base na maxila, posicionando o exame tomográfico T2 o mais sobreposto possível do exame em T1. Para sua execução, utilizamos o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) e carregamos os escaneamentos T1 orientado e T2 no programa. Utilizando a ferramenta “*Transforms*”, modificamos a imagem T2, até que a mesma ficasse o mais sobreposto possível tridimensionalmente sobre T1. Para isso, ajustamos o *scan* T2 nos três planos do espaço, deixando a maxila em T2 perfeitamente sobreposta sobre T1 (Figuras 4.51 – 4.53). Após a sobreposição, transformamos o *scan* T2 para a nova posição. Ao final do processo, um arquivo contendo as informações espaciais do novo posicionamento é gerado.

Figuras 4.51 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 antes da aproximação manual – visão axial

Fonte: o autor.

Figuras 4.52 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 antes da aproximação manual – visão sagital

Fonte: o autor.

Figuras 4.53 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 antes da aproximação manual – visão coronal

Fonte: o autor.

Após a aproximação manual e o uso da ferramenta “*Transforms*”, utilizando a ferramenta “*Apply Matrix*”, aplicou-se as informações no scan T2 inicial, criando-se um novo volume. O novo arquivo do volume aproximado manualmente foi salvo (Figuras 4.54 – 4.56).

Figuras 4.54 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 já manualmente aproximado – visão axial

Fonte: o autor.

Figuras 4.55 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 já manualmente aproximado – visão sagital

Fonte: o autor.

Figuras 4.56 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 já manualmente aproximado – visão coronal

Fonte: o autor.

- Segmentação da Maxila

Com o scan T2 aproximado carregado no software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>), utilizou-se a ferramenta “*Intensity Segmenter*” para a construção da segmentação do volume do crânio. Utilizou-se uma série específica (range) para a intensidade dos valores de HU (Hounsfield).

Em seguida, utilizando o software ITK-SNAP 3.4 (www.itksnap.org), carregou-se o arquivo da segmentação e procedeu-se a construção da máscara da maxila necessária para o procedimento do registro. Carrega-se o arquivo *scan* aproximado T2 e a segmentação feita sobre este arquivo.

- Máscara MAX

Para construção da máscara MAX, necessária para o registro regional da maxila, a segmentação completa da face foi cortada inferiormente na altura das raízes dos dentes superiores, posteriormente no início do processo pterigoideo, superiormente na altura do início das Órbitas e lateralmente no início do processo zigomático do osso maxilar, preservando a região do ponto KR (*Key Ridge*), considerado estável para as sobreposições estruturais da maxila. (Figura 4.57 e 4.58)

Figura 4.57 – Imagens do corte na maxila para formar a máscara utilizada no registro regional baseado nos voxels – visão oblíqua

Fonte: o autor.

Figura 4.58 – Imagens do corte na maxila para formar a máscara utilizada no registro regional baseado nos voxels – visão inferior

Fonte: o autor.

- Registro Regional Utilizando a Maxila (*Voxel Registration Maxilla Based*)

Para criar os arquivos registrados pela maxila, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>).

Com a ferramenta “*Non Growing Registration*” carregou-se os arquivos *scan* T1 orientado, segmentação T1 orientada, *scan* T2 aproximado e o arquivo da segmentação da máscara da maxila (MAX) em T2. Aplicou-se a ferramenta automática e dois novos arquivos foram salvos, um *scan* T2 e uma segmentação T2 registrados pela maxila. O registro automático leva em consideração a similaridade dos voxels na região da máscara presentes em ambos os exames tomográficos.

A partir do registro da maxila feito, as análises puderam ser efetuadas.

- Pontos de Referência (*Landmarks*)

Após a separação da segmentação da maxila, utilizou-se o software ITK-SNAP 3.4 (www.itksnap.org) para a construção dos pontos de referência utilizados nesta pesquisa, nos exames tomográficos em T1 e T2 (Figuras 4.59 e 4.60):

1) Pontos Esqueléticos (*label* vermelha)

- **ANS** – Espinha Nasal Superior

- **A_Point** – Ponto A

Figura 4.59 – Visualização das landmarks esqueléticas (ANS e A_Point) no corte sagital

Fonte: o autor.

Figura 4.60 – Visualização das landmarks esqueléticas (ANS e A_Point) na reconstrução tridimensional

Fonte: o autor.

2) Pontos Dentários (*label* rosa)

- **Apex** – Ápice radicular de pré-molar direito a pré-molar esquerdo (6 dentes, excluindo os incisivos laterais direito e esquerdo). Para os dentes pré-molares que apresentaram duas raízes, a raiz vestibular foi a de escolha, inclusive pela incidência de raízes únicas nestes dentes.

- **Crown** – Porção mais incisal e mediana da face incisal dos dentes anteriores (4 dentes, caninos e incisivos centrais) e ponta da cúspide vestibular dos pré-molares (2 dentes) (Figura 4.61).

Figura 4.61 – Posicionamento das landmarks “crown” em T1

Fonte: o autor.

Para o exame tomográfico T1, o primeiro pré-molar foi ignorado durante a marcação das landmarks.

Com a ferramenta “*Paintbrush Mode*”, desenhou-se uma esfera tridimensional nos pontos de interesse (raio de 5), validando a posição nos três planos (Figura 4.62). A esfera foi feita com uma “*active label*” diferente da utilizada na segmentação da estrutura (Figura 4.63 - 4.65). Salvou-se um arquivo específico deste tipo de segmentação para ambos os scans T1 e T2.

Figuras 4.62 – Visualização das landmarks dentárias no corte sagital

Fonte: o autor.

Figuras 4.63 – Visualização das landmarks dentárias na reconstrução tridimensional

Fonte: o autor.

Figura 4.64 – Visualização dos pontos de referência “apex” e “crown” simultaneamente

Fonte: o autor.

Figura 4.65 – *Landmarks* posicionadas na reconstrução tridimensional

Fonte: o autor.

Após a criação das landmarks, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) para a criação dos modelos de superfície das mesmas, utilizando a ferramenta “*Model Maker*”. Salvou-se os arquivos correspondentes, que são gerados separadamente para cada uma das *labels* utilizadas na segmentação (Figuras 4.66 e 4.67).

Figura 4.66 – Modelo de superfície das *landmarks* e modelo de superfície da maxila com transparência

Fonte: o autor.

Figura 4.67 – Imagem dos modelos de superfície das *landmarks* esqueléticas e dentárias no programa SlicerCMF

Fonte: o autor.

- Mensuração Esquelética

Para a avaliação quantitativa dos deslocamentos das estruturas ANS e A_Point (Espinha nasal anterior e ponto A, respectivamente) durante a retração dos dentes anteriores, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) com a ferramenta “Q3DC” (*Quantitative 3D Cephalometrics*).

Carregou-se os 4 arquivos: os modelos de superfície de T1 orientado, T2 registrado e os arquivos com os modelos de superfície das landmarks esqueléticas em T1 e T2 (Figuras 4.68 e 4.69).

Figuras 4.68 – *Landmarks* esqueléticas

Fonte: o autor.

Figura 4.69 - Modo de triangulações

Fonte: o autor.

Figura 4.70 - Marcação das *landmarks* em T1

Fonte: o autor.

Figura 4.71 - Marcação das *landmarks* em T2

Fonte: o autor.

Para cada uma das landmarks presentes, foi adicionada uma “*connected landmark*” (Figuras 4.70 e 4.71). Em seguida foi calculada, automaticamente, a distância entre elas. (Figura 4.72)

Figura 4.72 – Cálculo da distância entre as *landmarks* de interesse no programa SlicerCMF3-1

▼ Calculate distance between two landmarks:

Landmarks A: A_point_T1 A_point_T1-1

Landmarks B: A_point_T2 A_point_T2-1

Calculate

		R-L Component	A-P Component	S-I Component	3D Distance
1	ANS_T1-1 - ANS_T2-1	-0.195	1.96	1.606	2.541
2	A_point_T1-1 - A_point_T2-1	-0.167	0.443	0.566	0.738

/Applications Export

Fonte: o autor.

- Mensuração Dentária

Para a avaliação quantitativa das diferenças de posicionamento dos dentes envolvidos na retração anterior e próximos a área da extração e perfurações, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) com a ferramenta “Q3DC” (Quantitative 3D Cephalometrics).

Carregou-se os 4 arquivos: os modelos de superfície de T1 orientado, T2 registrado e os arquivos com os modelos de superfície das landmarks dentárias em T1 e T2 (Figura 4.73).

Figura 4.73 – *Landmarks* dentárias do ápice radicular e da incisal/ oclusal em T1 (lilás) e T2 (azul)

Fonte: o autor.

Para cada uma das landmarks presentes, foi adicionada uma “*connected landmark*” (Figuras 4.74 – 4.76). Em seguida foram automaticamente calculadas (Figura 4.76):

- 1) Distância linear entre ápices do mesmo dente em T1 e T2
- 2) Distância linear entre as coroas do mesmo dente em T1 e T2
- 3) Diferença angular da inclinação dos 6 dentes de interesse entre T1 e T2. Para esta medida angular foi considerada apenas o valor de “*Pitch*”, a inclinação dos dentes no eixo latero-lateral, ou seja, a diferença vestibulo-lingual nos dentes anteriores e a angulação méso-distal para os pré-molares.

Figura 4.74 – “*Connected landmarks*” adicionadas em T1, iniciando-se pelo segundo pré-molar do lado direito e sequencialmente até o último dente do lado esquerdo

Fonte: o autor.

Figura 4.75 – “*Connected landmarks*” adicionadas em T2, iniciando-se pelo segundo pré-molar do lado direito e sequencialmente até o último dente do lado esquerdo

Fonte: o autor.

Figura 4.76 – Visualização das “*Connected landmarks*” em T1 e T2

Fonte: o autor.

Figura 4.77 – Cálculo da distância entre as *landmarks* de interesse no programa SlicerCMF3-1

▼ Calculate distance between two landmarks:

Landmarks A: Crown_T1 Crown_T1-4

Landmarks B: Crown_T2 Crown_T2-4

Calculate

		R-L Component	A-P Component	S-I Component	3D Distance
1	Crown_T1-1 - Crown_T2-1	-2.404	0.555	-0.163	2.472
2	Crown_T1-2 - Crown_T2-2	1.037	-8.928	0.661	9.012
3	Crown_T1-3 - Crown_T2-3	1.432	-7.704	-1.625	8.002

/Applications Export

Fonte: o autor.

4.2.3.3.2 registro regional da mandíbula

- Aproximação Manual

Esta etapa teve como objetivo facilitar o registro automático com base na mandíbula, posicionando o exame tomográfico T2 o mais sobreposto possível do exame em T1. Para sua execução, utilizamos o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) e carregamos os escaneamentos T1 orientado e T2 no programa. Utilizando a ferramenta “*Transforms*”, modificamos a imagem T2, até que a mesma ficasse a mais sobreposta possível tridimensionalmente sobre T1.

Para isso, ajustamos o *scan* T2 nos três planos do espaço, deixando a mandíbula em T2 perfeitamente sobreposta sobre T1 (Figuras 4.78 – 4.80). Após a sobreposição, transformamos o *scan* T2. Ao final do processo, um arquivo contendo as informações espaciais do novo posicionamento é gerado.

Após a aproximação manual e o uso da ferramenta “*Transforms*”, utilizando a ferramenta “*Apply Matrix*”, aplica-se as informações no *scan* T2 inicial, criando-se um novo volume. O novo arquivo do volume aproximado manualmente foi salvo.

Figura 4.78– Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 já manualmente aproximado pela mandíbula – visão axial

Fonte: o autor.

Figuras 4.79 – Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 já manualmente aproximado pela mandíbula – visão sagital

Fonte: o autor.

Figuras 4.80– Visualização dos exames tomográficos de T1 orientado e T2 já manualmente aproximado pela mandíbula – visão coronal

Fonte: o autor.

- Segmentação da Mandíbula

Com o scan T2 aproximado carregado no software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>), utilizou-se a ferramenta “*Intensity Segmenter*” para a construção da segmentação do crânio total. Utilizou-se uma série específica (*range*) para a intensidade dos valores de HU (*Hounsfield*).

- Máscara Mandibular

Em seguida, utilizando o software ITK-SNAP 3.4 (www.itksnap.org), procedeu-se a construção da máscara da mandíbula necessária para o procedimento do registro. Carrega-se o arquivo *scan* aproximado T2 e a segmentação feita sobre este arquivo.

A segmentação completa da face foi cortada posteriormente, perpendicular ao corpo mandibular na altura do primeiro molar permanente e superiormente na altura das raízes dos dentes (Figura 4.81). Esta máscara contendo toda a borda da sínfise mandibular, anteriormente pelo seu contorno e sua borda inferior cortical é uma região bastante confiável^{4,9} como referência para a sobreposição (Figura 4.82).

Figura 4.81 – Definição da área da máscara para o registro regional da mandíbula

Fonte: o autor.

Figura 4.82 – Máscara para registro regional mandibular definida

Fonte: o autor.

- Registro Regional utilizando a Mandíbula (*Voxel Registration Mandible Based*)

Para criar os arquivos registrados pela mandíbula, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>).

Com a ferramenta “*Non Growing Registration*” carregou-se os arquivos *scan* T1 orientado, segmentação T1 orientada, *scan* T2 aproximado e o arquivo da segmentação da máscara mandibular em T2. Aplicou-se a ferramenta automática e dois novos arquivos foram salvos, um *scan* T2 e uma segmentação T2 registrados pela mandíbula.

A partir do registro feito, as análises puderam ser efetuadas.

- Pontos de Referência (*Landmarks*)

Utilizou-se o software ITK-SNAP 3.4 (www.itksnap.org) para a construção dos pontos de referência utilizados nesta pesquisa, nos exames tomográficos em T1 e T2 (Figuras 4.83 e 4.84):

1) Pontos Esqueléticos (*label* verde)

- **Pog** – Pogônio

- **B_Point**– Ponto B

Figura 4.83 – Visualização das *landmarks* esqueléticas (Pog e B_Point) no corte sagital

Fonte: o autor.

Figura 4.84 – Visualização das *landmarks* esqueléticas (Pog e B_Point) na reconstrução tridimensional

Fonte: o autor.

2) Pontos Dentários (*label* azul claro)

- **Apex** – Ápice radicular de pré-molar direito a pré-molar esquerdo (6 dentes, excluindo os incisivos laterais direito e esquerdo).

- **Crown** – Porção mais incisal e mediana da face incisal dos dentes anteriores (4 dentes, caninos e incisivos centrais) e ponta da cúspide vestibular dos pré-molares (2 dentes) (Figura 4.85).

Para o exame tomográfico T1, o primeiro pré-molar foi ignorado durante a marcação das landmarks.

Figura 4.85 – Posicionamento das *landmarks* “crown” em T1

Fonte: o autor.

Com a ferramenta “*Paintbrush Mode*”, desenhou-se uma esfera tridimensional nos pontos de interesse (raio de 5), validando a posição nos três planos (Figura 4.86). A esfera foi feita com uma “*active label*” diferente da utilizada na segmentação da estrutura (Figura 4.87). Salvou-se um arquivo específico deste tipo de segmentação para ambos os *scans* T1 e T2.

Figura 4.86 – Visualização das *landmarks* dentárias no corte sagital

Fonte: o autor.

Figura 4.87 – Visualização das *landmarks* dentárias na reconstrução tridimensional

Fonte: o autor

Após a criação das *landmarks*, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) para a criação dos modelos de superfície das mesmas, utilizando a ferramenta “*Model Maker*”. Salvou-se os arquivos correspondentes, que são gerados separadamente para cada uma das *labels* utilizadas na segmentação (Figura 4.88).

Figura 4.88 – Modelo de superfície da mandíbula e diferentes *landmarks*

Fonte: o autor.

- Mensuração Esquelética

Para a avaliação quantitativa dos deslocamentos das estruturas Pog e B_Point (Pogônio e ponto B, respectivamente) durante a retração dos dentes anteriores, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) com a ferramenta “Q3DC” (*Quantitative 3D Cephalometrics*).

Carregou-se os 4 arquivos: os modelos de superfície de T1 orientado, T2 registrado e os arquivos com os modelos de superfície das landmarks esqueléticas em T1 e T2 (Figura 4.89).

Figura 4.89 – *Landmarks* esqueléticas em T1 (verde) e T2 (amarelo)

Fonte: o autor.

Para cada uma das *landmarks* presentes, foi adicionada uma “*connected landmark*” (Figura 4.90). Em seguida foi calculada, automaticamente, a distância entre elas (Figura 4.91).

Figura 4.90 – Adição das *landmarks* em T1 e T2

Fonte: o autor.

Figura 4.91 – Cálculo da distância entre as *landmarks* de interesse no programa SlicerCMF3-1

▼ Calculate distance between two landmarks:					
Landmarks A:		B_point_T1	↕	B_point_T1-1	↕
Landmarks B:		B_point_T2	↕	B_point_T2-1	↕
Calculate					
		R-L Component	A-P Component	S-I Component	3D Distance
1	Pog_T1-1 - Pog_T2-1	-1.014	-0.371	-0.262	1.111
2	B_point_T1-1 - B_point_T2-1	-0.927	-0.793	1.157	1.681

Fonte: o autor.

- Mensuração Dentária

Para a avaliação quantitativa das diferenças de posicionamento dos dentes envolvidos na retração anterior e próximos a área da extração e perfurações, utilizou-se o software SlicerCMF3-1 versão 4.5.0 (<http://www.slicer.org>) com a ferramenta “Q3DC” (Quantitative 3D Cephalometrics).

Carregou-se os 4 arquivos: os modelos de superfície de T1 orientado, T2 registrado e os arquivos com os modelos de superfície das landmarks dentárias em T1 e T2.

Figura 4.92 – “Connected landmarks” inseridas no modelo das landmarks dentárias em T1

Fonte: o autor.

Figura 4.93 – *Connected landmarks* em T1 e T2 posicionadas

Fonte: o autor.

Para cada uma das landmarks presentes, foi adicionada uma “*connected landmark*” (Figura 4.92 e 4.93). Em seguida foram automaticamente calculadas (Figura 4.94):

- 1) Distância linear entre ápices do mesmo dente em T1 e T2
- 2) Distância linear entre as coroas do mesmo dente em T1 e T2
- 3) Diferença angular da inclinação dos 8 dentes de interesse entre T1 e T2. Para esta medida angular foi considerada apenas o valor de “*Pitch*”, a inclinação dos dentes no eixo latero-lateral, ou seja, a diferença vestibulo-lingual (Figura 4.95 e 4.96).

Figura 4.94 – Cálculo do ângulo entre as duas linhas de interesse (longo-eixo) no programa SlicerCMF3-1

▼ Calculate angle between two lines:

Line 1 Landmark A: Crown_T1 Crown_T1-3

Line 1 Landmark B: Apex_T1 Apex_T1-3

Line 2 Landmark A: Crown_T2 Crown_T2-3

Line 2 Landmark B: Apex_T2 Apex_T2-3

☒ Calculate Pitch ☐ Calculate Roll ☐ Calculate Yaw

Calculate

		YAW	PITCH	ROLL
1	Crown_T1-1-Apex_T1-1 / Crown_T2-1-Apex_T2-1	-	15.133 / 164.867	-
2	Crown_T1-2-Apex_T1-2 / Crown_T2-2-Apex_T2-2	-	17.074 / 162.926	-
3	Crown_T1-3-Apex_T1-3 / Crown_T2-3-Apex_T2-3	-	26.363 / 153.637	-

/Applications Export

Fonte: o autor.

Figura 4.95 – Longo eixo do segundo pré-molar inferior em T1 e em T2 (conexão entre *landmarks* Apex_T1 com Crown_T1 e Apex_T2 com Crown_T2) para computar o ângulo de diferença entre os dois tempos

Fonte: o autor.

Figura 4.96 – Representação dos longos eixos do incisivo central direito em T1 e T2

Fonte: o autor.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

- **Intra-examinador**

Em relação a reprodutibilidade e repetibilidade das medidas obtidas neste estudo, 20% das medidas foram repetidas após 35 dias da primeira medição. Foram geradas novas landmarks para todas as variáveis deste estudo e efetuadas as novas medidas. Em seguida foi aplicado o Coeficiente de Correlação Intraclass, com intervalo de confiança de 95%.

As variáveis analisadas foram:

- Variável 1: Medidas lineares dos modelos digitais

- Variável 2: Medidas lineares dentárias entre as coroas (Crown)
- Variável 3: Medidas lineares dentárias entre os ápices (Apex)
- Variável 4: Medidas angulares entre os longos eixos dos dentes
- Variável 5: Medidas esqueléticas

- **Taxa de movimentação dentária e análise tridimensional**

Para estas avaliações, foram calculadas a taxa de fechamento mensal para cada lado e cada paciente e posteriormente calculada a taxa média dos lados para cada paciente. As idades, características morfológicas craniofaciais, espaço inicial, taxas de fechamento do espaço, medidas realizadas nos modelos e tempo até o fechamento foram descritos segundo grupos com uso de medidas resumo (média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo) e comparados entre os grupos com o uso de testes t-Student não pareado, sendo a suposição de normalidade testada com o uso do teste Kolmogorov-Smirnov.

O tempo de fechamento foi comparado entre os grupos corrigindo-se o espaço inicial com o uso de modelo linear, tendo o espaço inicial como covariável da análise.

Esta Análise de Covariância teve como objetivo ajustar as médias do fechamento em função da média da covariável, espaço inicial, uma vez que os espaços iniciais entre os grupos se apresentavam diferentes e esta diferença é independente do efeito do tratamento, aumentando assim, a precisão do experimento.

Foram também descritas as aberturas avaliadas segundo grupos em S1, S2, S3, S6 e S9, correspondentes às sessões mensais de ativação da retração anterior, e comparadas entre grupos e momentos com o uso de equações de estimação generalizadas (EEG).

Para a comparação das alterações nos modelos tridimensionais entre os grupos, foi feita correção da idade dos participantes com uso de modelo linear.

Neste caso, a Análise de Covariância teve como objetivo ajustar as idades dos participantes (covariável), uma vez que a média entre os grupos se apresentava diferente e esta diferença é independente do efeito tridimensional do tratamento.

O sexo dos participantes da amostra foi descrito segundo grupos com uso de frequências absolutas e relativas. Para a verificação da associação do sexo dos participantes com os grupos estudados, usou-se o teste exato de Fisher.

NOTA:

Para realização de todas as análises foi utilizado o software IBM-SPSS for Windows versão 20.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA) e para tabulação dos dados foi utilizado o software Microsoft Excel 2003 (Jones, Chicago, EUA). Os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Após análise dos dados coletados, os seguintes resultados foram obtidos.

5.1 INTRA-EXAMINADOR

Foi utilizado o Cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC) para avaliar a concordância intra-avaliador em 20% das medidas em cada uma das variáveis utilizadas no estudo. (Tabela 5.1.1)

- Variável 1: Medidas lineares dos modelos digitais
- Variável 2: Medidas lineares dentárias entre as coroas (Crown)
- Variável 3: Medidas lineares dentárias entre os ápices (Apex)
- Variável 4: Medidas angulares entre os longos eixos dos dentes
- Variável 5: Medidas esqueléticas

Tabela 5.1.1 – Resultados do ICC para as 5 variáveis analisadas

VARIÁVEL	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO INTRACLASSE	INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%	
		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1	0.999	0.997	0.999
2	0.999	0.998	1
3	1	1	1
4	0.999	0.998	1
5	1	0.999	1

Fonte: o autor.

Para a avaliação intra-examinador, o ICC apresentou valores próximos de 1, representando uma excelente concordância entre as medidas.

5.2 TAXA DE MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA E ANÁLISE TRIDIMENSIONAL

Tabela 5.2.1 – Apresentação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov segundo grupos para as variáveis do estudo

Variável	Controle		Experimental	
	K-S Valor Z	p	K-S Valor Z	p
5_D_Crown	0.25	0.106	0.20	0.200
5_D_Apex	0.20	0.200	0.15	0.200
5_E_Crown	0.17	0.200	0.34	0.004
5_E_Apex	0.37	0.001	0.23	0.200
3_D_Crown	0.14	0.200	0.18	0.200
3_D_Apex	0.18	0.200	0.21	0.200
3_E_Crown	0.23	0.188	0.15	0.200
3_E_Apex	0.21	0.200	0.13	0.200
1_D_Crown	0.21	0.200	0.27	0.057
1_D_Apex	0.16	0.200	0.18	0.200
1_E_Crown	0.17	0.200	0.20	0.200
1_E_Apex	0.16	0.200	0.24	0.165
5_D_Tip	0.17	0.200	0.21	0.200
5_E_Tip	0.18	0.200	0.26	0.083
3_D_Tip	0.17	0.200	0.29	0.033
3_E_Tip	0.30	0.022	0.28	0.036
1_D_Tip	0.24	0.149	0.29	0.026
1_E_Tip	0.15	0.200	0.14	0.200
ANS	0.23	0.200	0.20	0.200
A_Point	0.25	0.200	0.25	0.200
Pog	0.26	#	0.18	#
B_Point	0.26	#	0.36	#

Não foi possível calcular

Fonte: o autor.

A Tabela 5.2.1 apresenta os resultados do teste da normalidade da distribuição dos dados desta pesquisa, mostrando que para a maioria das variáveis analisadas a suposição de normalidade foi estatisticamente aceita.

Tabela 5.2.2 - Descrição das características dos pacientes e das taxas e tempos de fechamento segundo grupos e resultado dos testes estatísticos

VARIÁVEL	GRUPO		TOTAL	p	Poder Observado
	Controle (N=9)	Experimental (N=9)	(N= 18)		
Idade (anos)				0.005	0.863
<i>Média ± DP</i>	20.4 ± 2.6	27.8 ± 6.3	25.1 ± 6		
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	20 (18; 24)	30 (18; 36)	22 (18; 36)		
Sexo				>0.999*	0.072
<i>Feminino</i>	5 (55.6%)	6 (66.7%)	11 (61.1%)		
<i>Masculino</i>	4 (44.4%)	3 (33.3%)	7 (38.9%)		
Espaço Inicial (mm)				0.026	0.638
<i>Média ± DP</i>	3.49 ± 1.7	5.38 ± 1.55	4.43 ± 1.85		
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	2.71 (2.12; 7.46)	5.69 (3.16; 7.37)	3.7 (2.12; 7.46)		
Taxa de fechamento mensal (mm)				0.492	0.101
<i>Média ± DP</i>	0.614 ± 0.173	0.672 ± 0.175	0.643 ± 0.171		
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	0.55 (0.34; 0.82)	0.712 (0.43; 0.88)	0.65 (0.34; 0.88)		
Tempo de Fechamento (dias)				0.008	0.804
<i>Média ± DP</i>	205.3 ± 72.7	289.3 ± 42	247.3 ± 72		
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	168 (112; 308)	280 (224; 364)	280 (112; 364)		

* Teste Exato de Fischer

Fonte: o autor.

A Tabela 5.2.2 apresenta como resultados: os participantes do grupo experimental foram estatisticamente mais velhos que os do grupo controle ($p = 0,005$); o espaço inicial foi estatisticamente maior nos pacientes do grupo experimental ($p = 0,026$); o tempo de fechamento foi estatisticamente maior no grupo experimental ($p = 0,008$), porém após o ajuste do espaço inicial na análise entre os grupos, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos no tempo de fechamento do espaço das extrações ($p = 0.130$).

Gráfico 5.2.1. Valores médios dos espaços remanescentes (aberturas) e respectivos erros padrões no modelo segundo grupos ao longo dos momentos de avaliação (sessões de ativação da retração anterior).

Fonte: o autor.

O Gráfico 5.2.1 sugere que o espaço remanescente (abertura) no grupo experimental foi sempre maior até S6; em S9 os grupos parecem ter este valor remanescente igualado, sendo que ambos os grupos apresentam redução dos valores correspondentes ao espaço remanescente (abertura) ao longo dos momentos de avaliação (sessões).

Tabela 5.2.3 - Descrição das aberturas (espaços remanescentes) segundo grupos ao longo dos momentos de avaliação (sessões de ativação) e resultado dos testes comparativos.

VARIÁVEL	GRUPO		<i>p</i>	<i>p</i>	<i>p</i>
	Controle (N=9)	Experimental (N=9)	Grupo	Momento	Interação
Abertura			0.013	<0.001	0.027
S1					
Média ± DP	3.5 ± 1.7	5.4 ± 1.5			
Mediana (mín.; máx.)	2.7 (2.1; 7.5)	5.7 (3.2; 7.4)			
S2					
Média ± DP	3 ± 1.7	4.8 ± 1.5			
Mediana (mín.; máx.)	2.3 (1.7; 6.9)	5.2 (2.4; 6.7)			
S3					
Média ± DP	2.3 ± 1.5	4.1 ± 1.4			
Mediana (mín.; máx.)	2 (0.7; 5.8)	3.8 (2.1; 6.3)			
S6					
Média ± DP	0.9 ± 1.3	2.6 ± 1.2			
Mediana (mín.; máx.)	0 (0; 3.2)	2.2 (1.2; 4.8)			
S9					
Média ± DP	1.8 ± 0.5	1.3 ± 0.7			
Mediana (mín.; máx.)	1.8 (1.4; 2.4)	1.2 (0; 2.3)			

Fonte: o autor.

A Tabela 5.2.3 demonstra que o comportamento médio da abertura (espaços remanescentes) foi estatisticamente diferente entre os grupos ao longo dos momentos de avaliação ($p = 0,027$).

Tabela 5.2.4 Resultado das comparações múltiplas da abertura (espaços remanescentes) entre grupos e momentos de avaliação (sessões de ativação).

Comparações de Pares							
Grupo/ Momento	Comparações	Diferença média	Erro Padrão	df	p	95% CI	
						Lower	Upper
Controle	S1 - S2	0.54	0.13	1	0.002	0.11	0.97
	S1 - S3	1.18	0.19	1	<0.001	0.57	1.79
	S1 - S6	2.75	0.23	1	<0.001	2.00	3.50
	S1 - S9	3.31	0.32	1	<0.001	2.26	4.35
	S2 - S3	0.64	0.13	1	<0.001	0.21	1.07
	S2 - S6	2.22	0.19	1	<0.001	1.59	2.84
	S2 - S9	2.77	0.30	1	<0.001	1.80	3.73
	S3 - S6	1.57	0.14	1	<0.001	1.12	2.03
	S3 - S9	2.13	0.27	1	<0.001	1.26	2.99
	S6 - S9	0.55	0.23	1	0.709	-0.19	1.30
Experimental	S1 - S2	0.60	0.13	1	<0.001	0.17	1.03
	S1 - S3	1.31	0.19	1	<0.001	0.71	1.92
	S1 - S6	2.83	0.23	1	<0.001	2.09	3.56
	S1 - S9	4.25	0.26	1	<0.001	3.40	5.11
	S2 - S3	0.71	0.13	1	<0.001	0.28	1.14
	S2 - S6	2.22	0.19	1	<0.001	1.62	2.83
	S2 - S9	3.65	0.23	1	<0.001	2.90	4.40
	S3 - S6	1.51	0.13	1	<0.001	1.08	1.95
	S3 - S9	2.94	0.19	1	<0.001	2.31	3.56
	S6 - S9	1.42	0.14	1	<0.001	0.97	1.88
S1	Controle - Experimental	-1.89	0.68	1	0.261	-4.12	0.34
S2	Controle - Experimental	-1.82	0.68	1	0.344	-4.05	0.41
S3	Controle - Experimental	-1.75	0.68	1	0.466	-3.98	0.48
S6	Controle - Experimental	-1.81	0.69	1	0.365	-4.05	0.42
S9	Controle - Experimental	-0.94	0.71	1	>0.999	-3.26	1.38

Bonferroni's multiple comparisons

Fonte: o autor.

A Tabela 5.2.4 demonstra que em ambos os grupos houve redução média estatisticamente significativa entre os momentos de avaliação, sendo que no grupo experimental reduziu entre todos os momentos avaliados ($p < 0,05$) e no grupo controle só não houve diferença de S6 para S9 ($p = 0,709$). Entre os grupos não houve diferença média estatisticamente significativa na abertura (espaço remanescente) em nenhum momento avaliado ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.5 – Comparação das características morfológicas dos pacientes da amostra

	GRUPO		
	Controle (N=9)	Experimental (N=9)	p
SNA			0.391
<i>Média ± DP</i>	82.02 ± 2.83	83.24 ± 3.01	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	81.64 (78.00; 87.52)	83.80 (77.53; 86.48)	
SNB			0.913
<i>Média ± DP</i>	81.18 ± 8.27	81.56 ± 6.12	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	81.53 (65.37; 91.09)	79.49 (75.44; 88.44)	
ANB			0.294
<i>Média ± DP</i>	-1.37 ± 5.07	1.63 ± 6.60	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	-1.34 (-9.20; 5.84)	0.88 (-6.80; 9.40)	
NS.GoGn			0.840
<i>Média ± DP</i>	37.13 ± 5.97	37.79 ± 7.62	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	37.29 (28.52; 44.79)	37.50 (29.91; 48.76)	
NS.Gn			0.185
<i>Média ± DP</i>	64.54 ± 4.10	70.36 ± 6.96	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	64.54 (58.88; 68.42)	72.40 (62.76; 75.91)	
1.NS			0.390
<i>Média ± DP</i>	118.96 ± 8.64	114.39 ± 4.76	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	117.03 (111.80; 131.49)	114.39 (110.26; 118.51)	
IMPA			0.334
<i>Média ± DP</i>	86.84 ± 17.22	96.37 ± 22.98	
<i>Mediana (mín.; máx.)</i>	81.31 (69.99; 110.96)	95.82 (67.78; 126.35)	

Fonte: o autor.

A Tabela 5.2.5 apresenta a comparação das características morfológicas craniofaciais dos participantes dos grupos controle e experimental. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos para nenhuma das grandezas avaliadas.

Tabela 5.2.6 - Descrição das alterações ocorridas entre T1 e T2 para os dentes analisados nos modelos tridimensionais, segundo grupos e resultado das comparações (distância linear 3D)

VARIÁVEL*	GRUPO		TOTAL (N= 18)	p	Poder Observado	p**
	Controle (N=9)	Experimental (N=9)				
5_D_Crown				0.024	0.668	0.169
Média ± DP	3.22 ± 0.96	2.25 ± 0.61	2.74 ± 0.93			
Mediana (mín.; máx.)	2.98 (2.03; 4.38)	2.15 (1.63; 3.36)	2.47 (1.63; 4.38)			
5_D_Apex				0.142	0.306	0.233
Média ± DP	3.61 ± 1.62	2.6 ± 1.12	3.1 ± 1.45			
Mediana (mín.; máx.)	3.15 (1.39; 5.57)	2.58 (0.82; 4.82)	2.95 (0.82; 5.57)			
5_E_Crown				0.018	0.698	0.295
Média ± DP	3.78 ± 1.25	2.22 ± 1.25	3 ± 1.45			
Mediana (mín.; máx.)	3.71 (1.93; 5.7)	2 (1.02; 4.34)	2.74 (1.02; 5.7)			
5_E_Apex				0.067	0.455	0.620
Média ± DP	4.73 ± 2.44	2.93 ± 1.27	3.83 ± 2.11			
Mediana (mín.; máx.)	3.98 (2.35; 9.99)	3.19 (0.66; 5.07)	3.51 (0.66; 9.99)			
3_D_Crown				0.901	0.052	0.537
Média ± DP	8.3 ± 4.19	8.49 ± 1.63	8.4 ± 3.09			
Mediana (mín.; máx.)	7.79 (3.53; 15.41)	7.96 (5.84; 11.49)	7.91 (3.53; 15.41)			
3_D_Apex				0.266	0.192	0.901
Média ± DP	5.06 ± 2.09	4.11 ± 1.28	4.58 ± 1.75			
Mediana (mín.; máx.)	4.58 (2.53; 7.81)	3.63 (2.83; 6.15)	4.38 (2.53; 7.81)			
3_E_Crown				0.507	0.099	0.469
Média ± DP	7.64 ± 2.75	8.33 ± 1.24	7.98 ± 2.1			
Mediana (mín.; máx.)	8.88 (2.99; 10.65)	8.36 (6.29; 10.55)	8.53 (2.99; 10.65)			
3_E_Apex				0.575	0.084	0.702
Média ± DP	4.37 ± 2.39	4.92 ± 1.54	4.64 ± 1.97			
Mediana (mín.; máx.)	3.61 (2.24; 9.91)	4.89 (2.46; 7.14)	4.46 (2.24; 9.91)			
1_D_Crown				0.006	0.853	0.018
Média ± DP	5.98 ± 2.58	9.48 ± 2.01	7.73 ± 2.88			
Mediana (mín.; máx.)	6.23 (2.73; 10.07)	8.34 (7.35; 12.73)	7.78 (2.73; 12.73)			
1_D_Apex				0.611	0.078	0.436
Média ± DP	2.98 ± 1.45	3.29 ± 1.05	3.13 ± 1.24			
Mediana (mín.; máx.)	2.95 (0.88; 5.47)	3.17 (2.02; 5.01)	3.06 (0.88; 5.47)			
1_E_Crown				0.028	0.619	0.156
Média ± DP	6.63 ± 3.26	9.68 ± 1.95	8.16 ± 3.04			
Mediana (mín.; máx.)	6.59 (3.09; 12.19)	9.32 (7.01; 12.14)	8.45 (3.09; 12.19)			
1_E_Apex				0.487	0.103	0.254
Média ± DP	2.83 ± 1.15	3.2 ± 1.07	3.02 ± 1.1			
Mediana (mín.; máx.)	2.87 (0.77; 4.55)	2.7 (1.81; 4.6)	2.79 (0.77; 4.6)			

* Variáveis: 5 (segundos pré-molares), 3 (caninos), 1 (incisivos centrais); D (direito), E (esquerdo); Crown (medidas entre as coroas), Apex (medidas entre os ápices)

** Modelo linear ajustado pela idade

Fonte: o autor.

A Tabela 5.2.6 mostra que as medidas “5_D_Crown” e “5_E_Crown” foram estatisticamente maiores no grupo controle que experimental ($p = 0,024$ e $p = 0,018$). Após o ajuste feito pela idade, as diferenças ocorridas não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Já para a medida “1_D_Crown” houve diferença estatisticamente significativa com e sem ajuste pela idade ($p < 0,05$), sendo os valores maiores para o grupo experimental. Resultado confirmado pelo alto valor obtido no poder do teste para esta variável, de 85,3%, apresentando-se maior que o valor de beta estabelecido de 80%.

Tabela 5.2.7 – Descrição das alterações ocorridas entre T1 e T2 para as medidas esqueléticas nas medidas dos modelos segundo grupos e resultado das comparações

VARIÁVEL	GRUPO		TOTAL (N= 18)	<i>p</i>	Poder Observado	<i>p</i> *
	Controle (N=9)	Experimental (N=9)				
ANS				0.815	0.056	0.917
Média ± DP	1.42 ± 0.97	1.3 ± 0.77	1.36 ± 0.85			
Mediana (mín.; máx.)	1.11 (0.45; 3.01)	1.13 (0.42; 2.51)	1.11 (0.42; 3.01)			
A_Point				0.230	0.213	0.318
Mediana (mín.; máx.)	2.86 ± 2.58	1.4 ± 1.17	2.19 ± 2.12			
Média ± DP	2.6 (0.01; 6.89)	0.96 (0.3; 3.18)	1.31 (0.01; 6.89)			
Pog				0.370	0.118	0.723
Média ± DP	1.24 ± 0.51	0.93 ± 0.18	1.06 ± 0.33			
Mediana (mín.; máx.)	1.24 (0.89; 1.6)	0.93 (0.75; 1.11)	0.93 (0.75; 1.6)			
B_Point				0.648	0.091	0.330
Média ± DP	2.18 ± 1.62	1.47 ± 0.18	1.75 ± 0.91			
Mediana (mín.; máx.)	2.18 (1.03; 3.32)	1.38 (1.35; 1.68)	1.38 (1.03; 3.32)			

Fonte: o autor.

A tabela 5.2.7 mostra que as medidas esqueléticas analisadas não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos ($p > 0,05$).

Tabela 5.2.8 – Descrição das alterações ocorridas entre T1 e T2 para as medidas angulares (*pitch*) dos dentes analisados, segundo grupos e resultado das comparações

VARIÁVEL	GRUPO		TOTAL (N= 18)	p	Poder Observado	p*
	Controle (N=9)	Experimental (N=9)				
5_D				0.724	0.063	0.411
Média ± DP	-0.42 ± 11.35	-1.94 ± 5.76	-1.18 ± 8.76			
Mediana (mín.; máx.)	-3.1 (-14.3; 18.8)	-4.3 (-7.9; 7.4)	-3.4 (-14.3; 18.8)			
5_E				0.704	0.065	0.432
Média ± DP	-6.3 ± 19.08	-2.99 ± 17.17	-4.64 ± 17.69			
Mediana (mín.; máx.)	-7.2 (-42.2; 20.5)	-8.7 (-26.6; 21.9)	-7.95 (-42.2; 21.9)			
3_D				0.635	0.074	0.107
Média ± DP	-2.94 ± 15.25	-7.53 ± 24.03	-5.24 ± 19.67			
Mediana (mín.; máx.)	-6.6 (-23; 25.5)	-17.8 (-36.5; 27.6)	-11.9 (-36.5; 27.6)			
3_E				0.800	0.057	0.154
Média ± DP	-5.4 ± 12.53	-7.73 ± 23.89	-6.57 ± 18.54			
Mediana (mín.; máx.)	-7.5 (-16.4; 22.3)	-22.1 (-31.3; 29.6)	-12.85 (-31.3; 29.6)			
1_D				0.587	0.082	0.491
Média ± DP	-7.14 ± 17.59	-2.37 ± 18.95	-4.76 ± 17.9			
Mediana (mín.; máx.)	-8.3 (-29; 24.7)	-8.7 (-31.8; 25.1)	-8.55 (-31.8; 25.1)			
1_E				0.680	0.060	0.315
Média ± DP	-1.03 ± 11.37	-2.74 ± 4.49	-1.89 ± 8.43			
Mediana (mín.; máx.)	-0.6 (-23.8; 14.4)	-3.6 (-10.5; 4.9)	-1.75 (-23.8; 14.4)			

Fonte: o autor.

A tabela 5.2.8 mostra que as medidas angulares analisadas não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos ($p > 0,05$).

6 DISCUSSÃO

Atualmente um grande desafio na Ortodontia é diminuir o tempo do tratamento ortodôntico sem comprometer o resultado do mesmo (Uzuner e Darendeliler, 2013; Long et al., 2013; Alikhani et al., 2013; Alikhani et al., 2015; Aksakalli et al., 2016), pois trata-se de uma questão importante para os pacientes (Oliveira et al., 2010; Sakthi et al., 2014; Alfawal et al., 2016), sendo um fator determinante da recusa de muitos deles em iniciar o tratamento ortodôntico (Al-Naoum et al., 2014). Com o objetivo de diminuir o tempo de tratamento sem perder a qualidade dos resultados, a especialidade vem avançando há muito tempo, no sentido de desenvolver dispositivos mais efetivos, aparelhos mais eficientes, mecânicas mais elaboradas, ou ainda envolvendo pacientes para obter o máximo de sua colaboração (Nimeri et al., 2013; Alikhani et al., 2015; Alfawal et al., 2016). Embora com sucesso nestas abordagens, estes sistemas provavelmente alcançaram seus limites (Nimeri et al., 2013) e, mesmo assim, todo este esforço ainda parece não ter sido suficiente para os pacientes. Neste contexto, ainda persiste a busca pelo desenvolvimento de novos métodos para acelerar o tratamento ortodôntico.

Por outro lado, utilizando os conceitos da biologia da movimentação dentária, das forças ótimas e da resposta adequada do periodonto frente às forças ortodônticas (Wilcko et al., 2008), alguns autores tem proposto técnicas para acelerar o movimento ortodôntico desde o século passado. As técnicas propostas vão desde abordagens biológicas, com a administração de substâncias químicas; estimulação física ou mecânica; e também as abordagens cirúrgicas (Kim et al., 2009; Long et al., 2013; Jahanbakhshi et al., 2016).

Intervenções cirúrgicas que afetam a estrutura alveolar e aceleram o movimento veem sendo utilizadas de maneira mais refinada desde a publicação de Köle em 1959, quando o autor propôs uma decorticação para facilitar o tratamento ortodôntico, por acreditar que as lâminas duras da cortical óssea seriam as responsáveis por oferecer resistência à movimentação dentária (Wilcko et al., 2008; Amit et al., 2012; Hassan et al., 2010; Murphy et al., 2012; Sakthi et al., 2014; Al-Naoum et al., 2014; Jahanbakhshi et al., 2016).

Com o conhecimento dos processos biológicos envolvidos nestas intervenções cirúrgicas, sobretudo o fenômeno de aceleração regional (FAR), as técnicas cirúrgicas

evoluíram e diversas modalidades foram propostas (Murphy et al., 2012; Alfawal et al., 2016).

O FAR se caracteriza por uma reação tecidual frente a um estímulo, um trauma que aumenta a capacidade de reparação dos tecidos afetados, por meio da aceleração transitória das atividades celulares normais. As duas principais características do FAR são a diminuição da densidade óssea e o *turnover* ósseo acelerado, responsáveis por facilitar o movimento dentário (Wilcko et al., 2008; Wilcko et al., 2009; Kim et al., 2009; Aboul-Ela et al., 2011; Mathews e Kokich, 2013; Sakthi et al., 2014; Cheng et al., 2016; Aksakalli et al., 2016). O *turnover* ósseo e a osteopenia transitória se localizam na área imediatamente adjacente ao trauma cirúrgico, e sua intensidade esta diretamente ligada a intensidade do trauma (Wilcko et al., 2008). Wilcko et al. (2009) acreditam que este trauma necessita de uma extensão ao osso medular, e que o design dos cortes/ perfurações é irrelevante para que o FAR ocorra. Seguindo esta linha de pensamento, todo trauma cirúrgico é um fator potencial para induzir o FAR, que se inicia poucos dias após o procedimento, com pico entre 1 a 2 meses, e finaliza após 4 meses, quando a osteopenia transitória alcança novamente níveis de normalidade (Amit et al., 2012; Mathews e Kokich, 2013).

Das técnicas propostas com o objetivo de acelerar o movimento, a corticotomia ganhou destaque. Após sua popularização (Wilcko et al., 2009; Murphy et al., 2012), a técnica ficou conhecida por facilitar alguns movimentos ortodônticos considerados desafiadores, como por exemplo, facilitar a expansão dos arcos dentários, a tração de dentes impactados, e a melhora da estabilidade pós-tratamento (Hassan et al., 2010; Amit et al., 2012).

Muitas críticas à técnica, pela sua invasividade, o risco ao periodonto, desconforto pós-operatório e a pouca aceitação por parte dos pacientes, além de pouca adesão por parte dos ortodontistas (Amit et al., 2012; Alfawal et al., 2016), levaram clínicos e pesquisadores a procurarem outras alternativas. Assim, um número grande de tentativas de modificação da técnica foi feito, sempre com o objetivo de se obter resultados mais rápidos, mesmo assim, estas modificações ainda apresentam muitas incertezas e questões não respondidas (Long et al., 2013, Nimeri et al., 2013). As corticotomias ainda necessitam de mais evidências que comprovem seus benefícios e excluam suas adversidades.

As descobertas científicas do século XXI nas áreas de biologia celular e molecular proporcionaram um conhecimento preciso em engenharia tecidual que

beneficia os tratamentos ortodônticos (Wilcko et al., 2008; Murphy et al., 2012). Com isso, foram criadas alternativas menos agressivas para produzir o FAR, com o mesmo objetivo de acelerar o movimento ortodôntico, como a corticisão, a piezocisão e as micro-osteoperfurações (Alfawal et al., 2016; Aksakalli et al., 2016).

Com finalidade de eliminar o FAR causado pela extração dentária, que ocasionaria o fechamento do espaço das extrações mais rápido logo após este procedimento (Sakthi et al., 2014), interferindo nos resultados deste ensaio clínico, ainda na fase de delineamento da pesquisa foi decidido que haveria um espaço de tempo entre as extrações e a retração anterior.

Desse modo, as extrações terapêuticas dos primeiros pré-molares foram feitas pelo menos 6 meses antes do início da retração anterior e pelo mesmo operador. Esta decisão teve como objetivo diminuir a variabilidade dos resultados, e esta em concordância com o trabalho de Alikhani et al. (2013), que também utilizou as MOPs para a aceleração do movimento. Já na pesquisa de Aboul-Ela et al. (2011) que utilizaram a corticotomia como técnica cirúrgica para aceleração do movimento, as extrações e sessão de corticotomia tiveram apenas um dia de diferença.

Clinicamente, objetivando a aceleração do movimento causada pelo FAR, as extrações devem e podem ser feitas em momento oportuno, durante o tratamento ortodôntico (Sakthi et al., 2014).

Com a preocupação de influenciar a taxa de movimentação dentária apenas pela real inferência causal, as forças oclusais, conhecidas por interferir e afetar esta taxa (Alikhani et al., 2013) foram eliminadas, ou minimizadas nesta pesquisa. Sendo assim, os participantes da amostra, selecionados para o preparo orto-cirúrgico e dispensados da preocupação em alcançar metas oclusais durante este tipo de tratamento, receberam batentes desoclusores em resina fotopolimerizável. Estes batentes tiveram como objetivo, remover as possíveis interferências oclusais que poderiam atrapalhar a movimentação dos dentes e, consequentemente, a análise dos dados desta pesquisa, que teve como objetivo, analisar a taxa de fechamento do espaço entre dois grupos distintos. Os batentes desoclusores permaneceram nos dentes dos participantes apenas durante a retração anterior, e foram gradualmente desgastados após a finalização da mesma.

As MOPs foram escolhidas como intervenção cirúrgica indicada à aceleração do movimento nesta pesquisa pelos seguintes motivos: falta de forte evidência científica que comprovasse sua eficiência; por ser um procedimento simples e

facilmente disponível nos consultórios ortodônticos (Cheung et al., 2016); e para testar as afirmações já feitas em estudos prévios, que citam como características das MOPS, estimular a remodelação do osso alveolar, aumentando a velocidade do movimento dentário, sem criar um trauma cirúrgico, sem retalho, enxerto ósseo ou sutura (Cheung et al., 2016).

A decisão de se fazer perfurações apenas do lado vestibular ocorreu baseando-se em estudos anteriores, que assumem que o FAR induzido pelo trauma na região vestibular se estende à região não afetada do lado palatino/ lingual. Estas perfurações vestibulares também foram escolhidas com os objetivos: testar um procedimento mais conservador, que apresenta reduzido tempo operatório e desconforto pós-operatório, e que é descrito como uma técnica de mínimo efeito adverso ao periodonto (Amit et al., 2012). Outra característica que nos levou a escolha deste procedimento, foi a de eliminar a exposição do paciente ao procedimento pelo lado palatino/ lingual, procedimento este que além de maior desconforto, também apresenta maior desafio de posicionamento do instrumento para perfuração.

Por se tratar de um ensaio clínico randomizado sobre a eficácia da técnica das MOPS em acelerar o movimento dentário, objetivando a comparação entre os grupos do experimento este foi realizado o mais próximo possível das condições ideais, assim, o tratamento ortodôntico e as sessões de ativação da retração foram realizados de forma padronizada e protocolada para ambos os grupos, conforme o planejado na fase de delineamento da pesquisa.

Da mesma maneira, a metodologia detalhada utilizada nesta pesquisa foi bastante treinada. Após a coleta e análise dos dados observou-se a alta concordância, consistência e reprodutibilidade das medidas desta pesquisa. O teste de concordância (ICC) intra-examinador mostrou valores altos (>0.99) (Tabela 5.1.1). Estes resultados estão em concordância com os resultados de Ruellas et al. (2016a), que utilizou a mesma metodologia aplicada nesta pesquisa e também apresentou ICC >0.99 . Outros trabalhos utilizando a tomografia computadorizada e metodologias tridimensionais com softwares específicos para a análise de dados também apresentaram resultados excelentes na análise de concordância intra classe (Oliveira et al. 2009; Damstra et al. 2011; Koerich et al. 2016).

Na avaliação da taxa de movimentação dentária entre os grupos controle e experimental não foi observada diferença estatisticamente significativa nos resultados provenientes das medições dos modelos digitais (Tabela 5.2.2). Este resultado esta

em concordância com Alkebsi et al. (2018), que também não encontraram diferenças entre os grupos controle e experimental nos 90 dias da retração dos caninos, utilizando as MOPs como método para a aceleração do movimento. Já Alikhani et al. (2013) encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os grupos na avaliação da retração dos caninos em 28 dias. Neste estudo, as MOPs aceleraram o movimento em 2.3 vezes, com alterações em marcadores biológicos.

Cheung et al. (2016), em um estudo com ratos, observaram aceleração de 1.86 vezes com a MOPs, e histologicamente, 44% mais osteoclastos na região estudada, 55% mais osteoclastos na região de pressão, e maior quantidade de neoformação óssea quando comparado ao lado controle, demonstrando que a aceleração de movimento causada pelas MOPS foi decorrente de uma mais rápida remodelação óssea. Para confirmar estes achados em humanos, mais estudos envolvendo as microperfurações são necessários.

Foi encontrado neste ensaio clínico, taxa de movimentação dentária semelhante para ambos os grupos. No grupo controle a taxa mensal foi de 0,614 mm e para o grupo experimental, com as MOPs, 0,672 mm (Tabela 5.2.2). Estes resultados são similares aos de Alkebsi et al. (2018), que em seu ensaio de boca dividida, encontraram as taxas de 0,67 mm para o grupo controle e 0,65 mm para o grupo experimental no primeiro mês de avaliação da movimentação dos caninos que estavam sendo retraídos. Nickel et al. (2014) em uma avaliação do stress na velocidade do movimento, afirmaram que a velocidade de movimentação dentária, segundo seu estudo, foi de 0,012 a 0,066 mm por dia, com força de 120 a 360 g, o que em 28 totalizaria de 0,336 a 1,848 mm, colocando este estudo dentro desta faixa normal de movimentação.

Para Yee et al. (2009), na avaliação entre forças leves (50 g) e pesadas (300 g) na movimentação dentária, as taxas de retração dos caninos variaram de 1 a 0,87 mm para as forças leves, e de 1,48 a 1,87 mm para as forças pesadas. Aksakalli et al. (2016) encontraram esta mesma faixa de movimentação em seu estudo sobre piezocisão, com 1,00 mm para o grupo controle e 1,53 mm para o experimental. Já Fischer (2007), que utilizou a corticotomia, observou taxas menores, 1,06 mm/mês para o grupo experimental, contra 0,75 mm/ mês para o grupo controle. Com resultados bem diferentes dos obtidos por Fischer (2007), Jahanbakhshi et al. (2016) também utilizando a corticotomia para retrain os caninos superiores, encontraram que a velocidade do movimento foi de 1.8 mm/mês contra 1.1 mm/mês do grupo controle.

Sakth et al. (2014) encontraram a mesma taxa média para o grupo experimental durante a retração em massa com corticotomia (1,8mm/mês) e 1,1mm/mês para o grupo controle, durante os 4 meses de seu estudo.

Embora seja relatado nos estudos envolvendo técnicas cirúrgicas para acelerar o movimento que o FAR seja transitório e limitado a 3-4 meses pós-procedimento (Wilcko et al., 2008; Aksakalli et al. 2016), nesta pesquisa foram feitas sessões de aceleração do movimento com as microperfurações em todas as sessões da ativação (média de 7 sessões no grupo experimental). Desse modo, não se deve responsabilizar a falta do FAR para explicar a ausência de diferenças estatisticamente significantes na taxa de movimentação dentária.

A comparação entre os estudos presentes na literatura é bem difícil de ser feita, mesmo utilizando o mesmo procedimento para a aceleração do movimento, as MOPs. Não encontramos estudos que apresentassem o mesmo delineamento desta pesquisa para discutir os resultados referentes a taxa de movimentação de maneira mais consistente. Além disso, na revisão sistemática e meta-análise sobre procedimentos minimamente invasivos para acelerar o movimento dentário, feita em 2016 por Alfawal et al., apenas 1 estudo com MOPs foi incluído, e, surpreendentemente, pela carência de trabalhos no assunto, os autores incluíram protocolos de pesquisa inscritos na plataforma *clinicaltrials.gov*. Cinco protocolos foram selecionados após a seleção, e este ensaio clínico foi um deles.

Mesmo com a presença de arcos maxilares e mandibulares na medição da taxa de movimentação dentária desta pesquisa, os resultados não sofreram interferência. Sakthi et al. (2014) mostraram que a taxa de movimentação dentária foi semelhante em ambas as arcadas e não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes para a retração dos dentes anteriores, tanto na maxila, quanto na mandíbula. Os mesmos resultados foram encontrados por Dudic et al. (2013), que não encontraram diferença na taxa de movimentação dentária induzida ortodonticamente para a localização, ou seja, sejam dentes superiores ou inferiores.

Como uma alternativa viável para ortodontistas que procuram diminuir o tempo de tratamento em seus pacientes, Alikhani et al. (2015) indicam com confiança o tratamento com as MOPs. Já pelos resultados obtidos nesta pesquisa, que demonstram não ter havido diferenças no tempo de fechamento dos espaços entre os grupos controle e grupo experimental, a vantagem da diminuição do tempo de tratamento foi descartada. (Tabela 5.2.2).

A crítica de que o número de MOPs realizados nesta pesquisa seria insuficiente para causar a aceleração do movimento na retração dos seis dentes anteriores, pode ser refutada pelo fato de que as MOPs foram feitas em todas as sessões de ativação da retração no grupo experimental. Mesmo com sessões a cada mês das ativações da retração anterior, a aceleração do movimento não ocorreu.

No estudo de Sakthi et al. (2014), os espaços iniciais pós-extração dos primeiros pré-molares foram semelhantes para os grupos experimental e controle, em ambas as arcadas. Já nesta pesquisa, os espaços iniciais pós-extração dos grupos controle e experimental foram diferentes.

A quantidade de espaço para a retração anterior foi aferida após a extração inicial dos pré-molares e ao final das fases de alinhamento e nivelamento, com a inserção e ação do fio de aço inoxidável .019" x .025". Nestas fases, cada caso foi individualizado de acordo com a sua necessidade ortodôntica. Para Sakthi et al. (2014), os casos apresentavam biprotrusão e consequentemente mínimo apinhamento; já os participantes desta pesquisa apresentavam indicação de extração com finalidade de promover o correto posicionamento dos dentes no arco dentário e prepará-los para a cirurgia ortognática. Alguns pacientes apresentavam os dentes apinhados na região anterior e nunca haviam sido tratados ortodonticamente e outros foram tratados previamente com outros profissionais na tentativa de compensação e, consequentemente, apresentavam alinhamento inicial e vestibularização dos dentes anteriores. Desta maneira, após as fases de alinhamento e nivelamento pré-retração, o espaço remanescente foi diferente para cada caso e na média entre os grupos, se apresentou diferente estatisticamente. Para a análise comparativa entre os grupos, foi feita a correção estatística, que viabilizou a comparação, sem alterar os resultados (Tabela 5.2.2)

Outro fator importante que pode desempenhar um papel importante na velocidade do movimento dentário é a idade. Este efeito está ligado à densidade óssea ou ainda à taxa de recrutamento e ativação dos osteoclastos (Alikhani et al., 2013), assim, apenas adultos entre 18-36 anos foram recrutados para este ensaio clínico randomizado. Diferente de Alikhani et al. (2013) e Alkebsi et al. (2018) que utilizou boca dividida e, consequentemente, os mesmos indivíduos em cada um dos grupos, a média dos grupos para esta variável não se apresentou similar, assim, foi aplicado um modelo estatístico para testar se a idade teria sido uma variável confundidora, o que não foi confirmado (Tabela 5.2.2).

Nesta pesquisa, assim como Alikhani et al. (2013) e Alkebsi et al. (2018), três MOPs na distal dos caninos foram feitas com o objetivo de testar a aceleração do movimento. Diferentemente dos trabalhos citados, que promoveram a retração do canino individualmente, nesta pesquisa a retração foi feita com os seis dentes anteriores e mecânica de deslize. Alikhani (2017) não possui orientação para este tipo de movimento, apenas faz menção às perfurações indicadas à retração dos caninos e à retração anterior dos 4 incisivos.

Este é o primeiro estudo na literatura que contabiliza o fechamento completo do espaço das extrações na avaliação da aceleração do movimento. Para avaliar o comportamento dos grupos durante o fechamento dos espaços foram descritas as aberturas das sessões mensais até o nono mês de ativação da retração (Tabela 5.2.3). Observou-se que os grupos se comportaram diferente estatisticamente entre os momentos analisados (Tabela 5.2.3). Embora o grupo controle tenha apresentado valores menores que o grupo experimental, não houve significância estatística (Tabela 5.2.4). Em ambos os grupos houve diminuição da taxa de fechamento mensal gradativamente até o sexto mês (Gráfico 5.2.1). Na avaliação do nono mês, embora não tenha havido diferenças estatisticamente significantes entre os grupos (Tabela 5.2.4), observou-se que os valores médios dos grupos foram similares (Gráfico 5.2.1). Esta diminuição ocorreu para ambos os grupos e ainda que MOPs tenham sido feitas a cada sessão no grupo experimental. Este resultado se assemelha aos encontrados na literatura por Yee et al. (2009), Jahanbakhshi et al. (2016) e Alkebsi et al. (2018), que descrevem taxas para a retração do canino decrescentes a cada mês avaliado.

Para Al-Naoum et al. (2014), Wilcko et al. (2008), Aboul-Ela et al. (2011), e Sakthi et al. (2014) a aceleração do movimento ocorre de maneira mais intensa logo após o procedimento cirúrgico, nos primeiros 60 dias. Um dado interessante nesta pesquisa é que a abertura decrescente encontrada na taxa de fechamento mensal (Gráfico 5.2.1) seguiu esta padronização mesmo com a presença das MOPs a cada sessão de ativação e similarmente ao grupo controle, indicando que as MOPs não interferiram no padrão biológico já descrito na literatura.

No artigo de Köle em 1959, a retração dos caninos foi obtida entre 6 a 12 semanas, para Wilcko et al. (2008), o fechamento se completaria entre 3-4 semanas para forças ortopédicas e entre 6-8 semanas para forças ortodônticas eficientes. Neste ensaio clínico, a média de fechamento do espaço da extração com a retração

anterior pela mecânica de deslize ancorada nos dispositivos de ancoragem temporária na crista infrazigomática, para os dois grupos foi de 247 dias, ou 35 semanas.

Ainda que existam as críticas a estes procedimentos invasivos, muito se fala na diminuição do tempo de tratamento ortodôntico com o emprego da corticotomia e outras técnicas cirúrgicas, como a piezocisão e até as MOPs. Embora os artigos enfatizem que exista esta diminuição do tempo de tratamento (Wilcko et al., 2008; Wilcko et al. 2009; Hassan et al., 2010; Amit et al. 2012; Murphy et al., 2012; Petitbois e Scortecchi, 2012; Alfawal et al., 2016; Jahanbakhshi et al., 2016), não existem estudos clínicos que avaliem este fator na literatura (Mathews e Kokich, 2013). O que se observa nos estudos publicados, é uma diminuição do tempo de movimento para algumas situações específicas empregando-se a corticotomia. Por exemplo, diminui o tempo de retração dos caninos, e não o tempo de tratamento geral (Jahanbakhshi et al., 2016). Mesmo os casos que mostram uma diminuição do tempo de retração dos caninos, as avaliações são, na maioria dos estudos, apenas com tempo de observação de menos de 1 mês (Alikhani et al., 2013), ou ainda apenas durante o fechamento deste espaço. Assim, afirmar que as técnicas cirúrgicas para acelerar o movimento diminuem o tempo de tratamento ortodôntico é inadequado, uma vez que trabalhos com este objetivo não foram feitos, e de que é impossível medir o tempo de tratamento sem medir a qualidade do mesmo (Mathews e Kokich, 2013). Sugere-se que ensaios clínicos com o objetivo de se medir tempo e qualidade dos resultados sejam feitos para responder esta questão tão discutida na especialidade.

Para avaliar se as MOPs seriam realmente efetivas em diminuir o tempo de tratamento ortodôntico; determinar o número e frequência das MOPs para otimizar a indução da aceleração do movimento e reduzir ao máximo a duração do tratamento ortodôntico (Cheung et al., 2016); ou ainda se o design das perfurações faz diferença nos resultados, novos estudos devem ser executados para responder esta questão. O design e quantidade de MOPs deste ensaio clínico não podem ser considerados insuficientes em apresentar os resultados que rejeitariam a hipótese nula, pois estão de acordo com o que já foi descrito na literatura, por Alikhani et al. (2013), Alikhani (2017) e Alkebsi et al. (2018).

Na descrição das características morfológicas craniofaciais dos participantes da amostra (Tabela 5.2.5), observa-se igualdade nas grandezas cefalométricas esqueléticas entre os grupos controle e experimental em todas as medidas padrão analisadas, com exceção da medida NS.Gn, que embora não tenha apresentado

diferença estatisticamente significativa entre os grupos, pode ser caracterizada de maneira diferente cefalometricamente, com o grupo controle apresentando uma direção de crescimento facial equilibrada ($64,5 \pm 4.10$ graus), enquanto o grupo experimental apresenta um padrão mais vertical (70.36 ± 6.96 graus). O mesmo acontece com o IMPA, que apresenta valores maiores para a grupo experimental em 10 graus.

Na avaliação tridimensional comparativa sobre os efeitos das duas técnicas no resultado das retrações, observou-se diferença estatisticamente significativa para as medidas de coroa dos segundos pré-molares direito e esquerdo entre T1 e T2. Estes dentes no grupo controle apresentaram maior movimentação para a mesial, caracterizando maior perda de ancoragem destes dentes. O grupo controle apresentou uma diferença de 3,22 mm do lado direito e 3,78 mm para o lado esquerdo entre T1 e T2 e o grupo experimental 2,25 mm e 2,22 mm, respectivamente (Tabela 5.2.6). Embora o grupo controle tenha tido maior perda de ancoragem dos segundos pré-molares durante a retração, surpreendentemente, os espaços iniciais para este grupo eram menores ao início das ativações e, racionalmente, deveriam ter apresentado menor mesialização.

Na avaliação entre os segundos pré-molares foi feito ajuste da idade para a comparação dos resultados, pois a média de idade do grupo experimental era maior e poderia ser considerada uma variável confundidora. Após o ajuste, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes.

Outra diferença estatisticamente significativa durante a avaliação comparativa entre os grupos foi em relação ao incisivo central direito na medição coronária. Os dentes do grupo experimental apresentaram maior quantidade de movimentação para palatina, ou seja, maior magnitude de movimentação durante a retração. Foram 9,48 mm de diferença para o grupo experimental, contra 5,98 mm para o controle. A idade dos participantes do ensaio clínico estava na faixa indicada para não haver influência do crescimento nos resultados e, ainda assim, foram encontradas diferenças nas duas avaliações, com e sem ajuste da idade (Tabela 5.2.6).

Embora sem resultados estatisticamente significantes, os incisivos centrais do lado esquerdo também apresentaram diferenças clinicamente relevantes entre os grupos, de 9.68 mm no grupo experimental contra 6,63 mm do controle (Tabela 5.2.6). Este resultado pode ser devido aos maiores valores encontrados nas medidas 1.NS e IMPA (Tabela 5.2.5) ao início do tratamento e à diferença do espaço inicial para a

retração. O maior espaço para a retração anterior e consequentemente, maior vestibularização inicial dos incisivos pode ocasionar maior verticalização dos dentes anteriores ao final do fechamento do espaço das extrações.

Nas medidas esqueléticas analisadas neste ensaio clínico, não foram observadas diferenças entre os grupos. Mesmo com a maior retração dos incisivos centrais no grupo experimental a retração anterior não tem o poder de remodelar o ponto A ou ainda a espinha nasal anterior para os dentes superiores, ou ponto B ou Pogônio para os inferiores (Tabela 5.2.7).

Para a avaliação da diferença angular entre os dentes analisados, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos. Embora com médias angulares diferentes, as medianas se assemelharam muito durante a análise, com exceção dos caninos, únicos dentes que apresentaram medianas bem diferentes. Os caninos do lado direito apresentaram mediana de angulação para distal de 17,8 graus para o grupo experimental e 6,6 graus para o grupo controle; e o canino esquerdo 22,1 graus e 7,5 graus, respectivamente. Esta diferença pode ser explicada também pela maior quantidade do espaço inicial e consequentemente, maior quantidade e movimentação (Tabela 5.2.8).

Com estes resultados na análise comparativa dos efeitos tridimensionais entre os grupos do ensaio clínico, hipoteticamente, se não fosse pela diferença do espaço inicial entre os grupos, as poucas diferenças encontradas nos resultados não ocorreriam, uma vez que os resultados estatisticamente significantes estão de alguma maneira ligados a maior extensão de movimento de retração que um grupo teve em comparação ao outro.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve muita dificuldade e grandes desafios no recrutamento dos indivíduos para compor a amostra. Além dos critérios includentes e excludentes bem criteriosos, a porcentagem de indivíduos na população indicados para o tratamento orto-cirúrgico é a menor entre as modalidades de tratamento. Somado a isso, os participantes deveriam ter indicação de exodontia dos pré-molares com a finalidade de preparo à cirurgia ortognática. Esta outra característica diminuiu ainda mais o número dos potenciais participantes, que já eram poucos.

A metodologia escolhida para as avaliações tridimensionais requer muito tempo de trabalho operacional e muito tempo de trabalho computacional. Novas ferramentas e/ou novas metodologias devem ser estudadas e desenvolvidas para proporcionar mais trabalhos que utilizem esta metodologia.

Como limitações deste estudo podemos citar o tamanho amostral, inviável pelo cálculo realizado na fase de delineamento da pesquisa ($n=203$ por grupo). Refazendo o cálculo amostral após a coleta de dados e utilizando agora o desvio padrão encontrado nesta pesquisa ($DP= 0,17$), o número amostral deveria ser de 45 por grupo. Ainda assim não foi possível alcançar este número ideal. Embora com uma amostra pequena, a variabilidade apresentada nesta pesquisa foi menor que a apresentada no artigo de referência (Yee et al. 2009) e menor que no mais recente trabalho publicado sobre MOPs (Alkebsi et al. 2018).

Com o intuito de aumentar a sensibilidade do teste estatístico utilizado na análise desta pesquisa (teste T-student), uma vez que o tamanho amostral foi pequeno, empregou-se o cálculo de poder do teste para as variáveis analisadas, após não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significantes. Algumas variáveis que não apresentaram diferenças estatisticamente significantes, também apresentaram poder baixo, tornando os resultados inconclusivos estatisticamente para estas medidas. Clinicamente, não vemos relevância na diferença de 2 ou 3 graus na medida angular de um dente.

Além do número de participantes, outra limitação do estudo poderia ter sido a quantidade de micro-osteoperfurações feitas para testar a hipótese nula. Este design poderia ter sido ineficiente para causar o FAR em todos os dentes anteriores e assim promover a aceleração do movimento. Esta questão fica ainda mais improvável após

a publicação recente do artigo com MOPs (Alkebsi et al. 2018), em que o mesmo design foi feito para retrair apenas o canino e ainda assim não apresentou diferenças entre os grupos. A questão pertinente seria: quantas perfurações seriam necessárias para causar uma real aceleração, se estas ainda realmente fossem efetivas, e até que ponto os pacientes estariam dispostos a recebê-las. Se faz necessário por parte dos ortodontistas um real balanço entre custo e benefício destes procedimentos.

Assim, considerando os aspectos discutidos e as limitações do estudo, ainda não se pode afirmar que a técnica das MOPs seja eficiente em acelerar o movimento dentário, sobretudo durante a retração dos seis dentes anteriores com a mecânica de deslize. Há a necessidade de investigar mais as MOPs e esclarecer ainda mais seus efeitos.

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo conclui-se que a hipótese nula foi aceita, pois não houve diferença na taxa de fechamento dos espaços provenientes das extrações.

Na comparação tridimensional entre os grupos utilizando as MOPs, foram encontradas diferenças entre os grupos controle e experimental no movimento coronário dos segundos pré-molares direito e esquerdo, com maior movimentação para a mesial no grupo controle; houve também diferença no movimento coronário para o incisivo central direito, com maior movimentação vestibulo-lingual para o grupo experimental.

REFERÊNCIAS

- Aboul-Ela SM, El-Beialy AR, El-Sayed KM, Selim EM, El-Mangoury NH, Mostafa YA. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Feb;139(2):252-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.04.028.
- Aksakalli S, Calik B, Kara B, Ezirganli S. Accelerated tooth movement with piezocision and its periodontal-transversal effects in patients with Class II malocclusion. *Angle Orthod*. 2016 Jan;86(1):59-65. doi: 10.2319/012215-49.1.
- Alfawal AM, 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. *Progress in Orthodontics*. 2016 Dec;17(1):33.
- Alikhani M, Alansari S, Sangsuwon C, Alikhani M, Chou MY, Alyami B, Nervina JM, Teixeira CC. Micro-osteoperforations: minimally invasive accelerated tooth movement. *Semin Orthod*. 2015 Jun;21(3):162-9. doi: 10.1053/j.sodo.2015.06.002
- Alikhani M, editor. *Clinical guide to accelerated orthodontics: with a focus on micro-perforation*. Springer, Switzerland: Springer; 2017.
- Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B, Corpodian C, Barrera LM, Alansari S, Khoo E, Teixeira C. Effect of micro-osteoperforation on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Nov;144(5):639-48. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.06.017.
- Almukhtar A, Ju X, Khambay B, McDonald J, Ayoub A. Comparison of the accuracy of voxel based registration and surface based registration for assessment of surgical change following orthognathic surgery. *PLoS ONE* 2014 Apr 9(4):e93402. doi: 10.1371/journal.pone.0093402.
- Al-Naoum F, Hajeer MY, Al-Jundi A. Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2014 Oct;72(10):1880-9. doi:10.1016/j.joms.2014.05.003.
- Amit G, Kalra JPS, Pankaj B, Suchinder S, Parul B. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO)-a review. *J Clin Exp Dent*. 2012 Dec;4(5):e292-6. doi: 10.4317/jced.50822.
- Cevitanes LH, Oliveira AE, Grauer D, Styner M, Proffit WR. Clinical application of 3D imaging for assessment of treatment outcomes. *Semin Orthod*. 2011 Mar;17(1):72-80.

Cevitanes LH, Ruellas AC, Jomier J, Nguyen T, Pieper S, Budin F, Styner M, Paniagua B. Incorporating 3-dimensional models in online articles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 May;147(2 Suppl):S195-204. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.02.002.

Cheung T, Park J, Lee D, Kim C, Olson J, Javadi S, Lawson G, McCabe J, Moon W, Ting K, Hong C. Ability of mini-implant-facilitated micro-osteoperforation to accelerate tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 Dec; 150(6):958-67. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.04.030.

Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Reliability and the smallest detectable difference of measurements on 3-dimensional cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Sep;140(3):e107-14. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.02.020

Dudic A, Giannopoulou C, Kiliaridis S. Factors related to the rate of orthodontically induced tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 May;143(5):616-21. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.12.009.

El-Beialy AR, Fayed MS, El-Bialy AM, Mostafa YA. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography measurements: influence of head orientation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Aug;140(2):157-65. doi:10.1016/j.ajodo.2010.03.030.

Fischer T.J. Orthodontic treatment acceleration with corticotomy-assisted exposure of palatally impacted canines: a preliminar study. *Angle Orthod*. 2007 May;77(3):417-20.

Hassan AH, Al-Fraidi AA, Al-Saeed SH. Corticotomy-assisted orthodontic treatment: review. *Open Dent J*. 2010 Aug;4:159-64. doi: 10.2174/1874210601004010159.

Huanca Ghislanzoni LT, Lineberger M, Cevitanes LH, Mapelli A, Sforza C, McNamara JA Jr. Evaluation of tip and torque on virtual study models: a validation study. *Prog Orthod*. 2013 Jul;14:19. doi: 10.1186/2196-1042-14-19.

Jahanbakhshi MR, Motamedi AM, Feizbakhsh M, Mogharehabet A. The effect of buccal corticotomy on accelerating orthodontic tooth movement of maxillary canine. *Dent Res J*. 2016 jul-aug;13(4):303-8.

Kim SJ, Park YG, Kang SG. Effects of corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 2009 Mar;79(2):284-91. doi:10.2319/020308-60.1.

Koerich L, Bburns D, Weissheimer A, Claus JD. Three-dimensional maxillary and mandibular regional superposition using cone beam computed tomography: a validation study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2016 May; 45(5):662-9. doi: 10.1016/j.ijom.2015.12.006.

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

Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Jul;136(1):16.e1-16.e4. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.11.019.

Long H, Pyakurel U, Wang Y, Liao L, Zhou Y, Lai W. Interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2013 Jan;83(1):164-71. doi: 10.2319/031512-224.1.

Lou L, Lagravere MO, Compton S, Major PW, Flores-Mir C. Accuracy of measurements and reliability of landmarks identification with computed tomography (CT) techniques in the maxillofacial area: a systematic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Sep;104(3):402-11.

Mathews DP, Kokich VG. Accelerating tooth movement: the case against corticotomy-induced orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Jul;144(1):4-12. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.008.

Melo ACEO, Carneiro LOT, Pontes LF, Cecim RL, Mattos JNR, Normando D. Factors related to orthodontic treatment time in adult patients. *Dental Press J. Orthod.* 2013 sep/oct;18(5):59-63.

Mostafa YA, Fayed MMS, Mehanni S, ElBokle NN, Heider AM. Comparison of corticotomy-facilitated vs standard tooth-movement techniques in dogs with miniscrews units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Oct;136(4):570-7. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.10.052.

Murphy NC. Accelerated osteogenic orthodontics *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Jan;137(1):2. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.08.025.

Murphy NC, Bissada NF, Davidovitch ZE, Kucska S, Bergman RT, Dashe J, Enlow DH. Corticotomy and tissue engineering for orthodontists: A critical history and commentary. *Semin Orthod.* 2012;18(4):295-307. doi:10.1053/j.sodo.2012.06.008.

Nickel JC, Liu H, Marx DB, Iwasaki LR. Effects of mechanical stress and growth on the velocity of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014 Apr;145(4 Suppl):S74-81. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.06.022.

Nimeri G, Kau CH, Abou-Kheir NS, Corona R. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment--a frontier in orthodontics. *Prog Orthod.* 2013 Oct 29;14:42. doi: 10.1186/2196-1042-14-42.

Nguyen T, Cevidanes L, Cornelis MA, Heymann G, de Paula LK, De Clerck H. Three-dimensional assessment of maxillary changes associated with bone anchorage maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Dec;140(6):790-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.04.025.

Oliveira AE, Cevidanes LH, Philips C, Motta A, Burke B, Tyndall D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmarks identification on cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Feb;107(2):256-65. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.05.039.

Oliveira DD, Oliveira BF, Soares RV. Corticotomias alveolares na Ortodontia: indicações e efeitos na movimentação dentária. *Dent Press J Orthod*. 2010 jul/aug;15(4):144-57.

Petitbois R, Scortecchi G. Alveolar corticotomy: A new surgical approach based on bone activation: principle and protocol. *International Orthodontics*. 2012 Dec;10(4):432-38. doi: 10.1016/j.ortho.2012.09.003.

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 Feb;149(2):161-70. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.06.029.

Ruellas AC, Huanca Ghislazoni LT, Gomes MR, Danesi C, Lione R, Nguyen T, McNamara JA Jr, Cozza P, Franchi L, Cevidanes LH. Comparison and reproducibility of 2 regions of reference for maxillary regional registration with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016a Apr;149(4):533-42. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.09.026.

Ruellas AC, Tonello C, Gomes LR, Yatabe MS, Macron L, Lopinto J, Goncalves JR, Garib Carreira DG, Alonso N, Souki BQ, Coqueiro Rda S, Cevidanes LH. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016b May;149(5):645-56. doi:10.1016/j.ajodo.2015.10.021.

Ruellas AC, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, Franchi L, Cevidanes LH. 3D mandibular superposition: comparison of regions of reference for voxel-based registration. *PLoS One* 2016c Jun;11(6):e0157625. doi: 10.1371/journal.pone.0157625.

Sakthi SV, Vikraman B, Shobana VR, Iyer SK, Krishnaswamy NR. Corticotomy-assisted retraction: an outcome assessment. *Indian J Dent Res*. 2014 nov/dec;25(6):748-54. doi: 10.4103/0970-9290.152191.

Sanjideh PA, Rossouw PE, Campbell PM, Opperman LA, Buschang PH. Tooth movements in foxhounds after one or two alveolar corticotomies. *Eur J Orthod*. 2010 Feb;32(1):106-13. doi: 10.1093/ejo/cjp070.

Teixeira CC, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM, Khabensky I, Gart LP, Cisneros G, Alikhani M. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res*. 2010 Oct;89(10):1135-41. doi:10.1177/0022034510373764.

Uzuner FD, Darendeliler N. Dentoalveolar surgery techniques combined with orthodontic treatment: A literature review. *Eur J Dent*. 2013 Apr;7(2):257-65. doi: 10.4103/1305-7456.110201.

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 Dec;14(4):305-16. doi: <http://doi.org/10.1053/j.sodo.2008.07.007>.

Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NF, Bouquot JE. Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Oct;67(10):2149-59. doi:10.1016/j.joms.2009.04.095.

Yee JA, Turk T, Elekdag S, Turk, Cheng, LL Ali M. Darendelilere. Rate of tooth movement under heavy and light continuous orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 Aug;136(2):150.e1-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.03.026.

Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, Gerig G. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*. 2006 Jul 1;31(3):1116-28.

APÊNDICE A – Sobreposições dos modelos de superfície dos participantes da amostra
(*Overlays*)

Participante 1

Fonte: o autor.

Participante 2

Fonte: o autor.

Participante 3

Fonte: o autor.

Participante 4

Fonte: o autor.

Participante 5

Fonte: o autor.

Participante 6

Fonte: o autor.

Participante 7

Fonte: o autor.

Participante 8

Fonte: o autor.

Participante 9

Fonte: o autor.

Participante 10

Fonte: o autor.

Participante 11

Fonte: o autor.

Participante 12

Fonte: o autor.

Participante 13

Fonte: o autor.

Participante 14

Fonte: o autor.

Participante 15

Fonte: o autor.

Participante 16

Fonte: o autor.

Participante 17

Fonte: o autor.

Participante 18

Fonte: o autor.

APÊNDICE B – Tabelas para análise do ICC

Participante	Medida	5R_T1_T2 _Crown	5R_T1_T2 _Apex	5L_T1_T2 _Crown	5L_T1_T2 _Apex	3R_T1_T2 _Crown	3R_T1_T2 _Apex	3L_T1_T2 _Crown	3L_T1_T2 _Apex	1R_T1_T2 _Crown	1R_T1_T2 _Apex	1L_T1_T2 _Crown	1L_T1_T2 _Apex
		3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D
4	Normal	4.383	3.15	5.047	9.992	9.859	4.576	8.879	9.914	10.072	3.222	9.747	3.15
5	Normal	4.053	1.588	4.417	4.095	4.634	3.229	2.989	2.904	3.947	0.88	3.405	0.88
10	Normal	2.99	1.754	2.037	3.188	11.491	3.631	10.546	3.134	12.726	5.007	11.875	2.99
11	Normal	2.45	0.819	1.343	3.347	7.96	5.029	9.3547	4.676	11.013	2.604	12.139	4.05
4	Repet	4.386	3.02	5.032	10.004	9.765	4.536	8.907	9.98	10.054	3.261	9.786	3.15
5	Repet	4.032	1.558	4.458	4.078	4.701	3.321	3.056	2.945	3.947	0.9	3.537	0.88
10	Repet	3.07	1.698	2.109	3.232	11.54	3.643	10.672	3.213	12.672	5.012	11.871	2.99
11	Repet	2.54	0,795	1.309	3.342	7.98	5.012	9.675	4.678	11.095	2.598	12.236	4.05

Fonte: o autor.

con

Participante	Medida	5R_T1_T2 _Tip	5L_T1_T2 _Tip	3R_T1_T2 _Tip	3L_T1_T2 _Tip	2R_T1_T2 _Tip	2L_T1_T2 _Tip	1R_T1_T2 _Tip	1L_T1_T2 _Tip
		Pitch	Pitch	Pitch	Pitch	Pitch	Pitch	Pitch	Pitch
4	Normal	-12.99	-16.00	-23.01	-7.52	-21.86	-23.82	-29.04	-23.82
5	Normal	3.75	-7.23	-11.91	-11.53	-9.09	-7.13	-5.43	-1.87
10	Normal	-7.26	-26.64	-36.50	-31.27	-33.73	-39.23	-31.85	-4.02
11	Normal	-7.93	-8.72	-14.75	-23.53	-20.35	-16.27	-13.54	-10.45
4	Repet	-12.91	-16.12	-23.14	-7.55	-21.90	-23.90	-29.03	-23.89
5	Repet	3.70	-7.20	-11.94	-11.50	-9.11	-7.21	-5.40	-1.90
10	Repet	-7.30	-26.60	-36.52	-31.53	-33.75	-39.57	-31.81	-4.15
11	Repet	-7.90	-8.70	-14.81	-23.50	-20.40	-16.30	-13.66	-10.59

continua

conclusão

Participante	Medida	ANS_T1_T2				Apont_T1_T2			
		R-L	A-P	S-I	3D	R-L	A-P	S-I	3D
4	Normal	-0.337	0.633	-0.201	0.745	-0.306	0.004	0.904	0.954
5	Normal	0.181	0.318	0.257	0.447	0.441	1.325	2.261	2.657
10	Normal	0.204	-1.205	0.12	1.228	0.215	-0.106	0.179	0.299
11	Normal	0.287	-0.387	0.537	0.722	0.109	1.144	2.963	3.178
4	Repet	-0.345	0.639	-0.219	0.74	-0.321	0.003	0.954	0.922
5	Repet	0.128	0.327	0.27	0.49	0.45	1.317	2.269	2.663
10	Repet	0.221	-1.211	0.19	1.223	0.21	-0.123	0.176	0.302
11	Repet	0.23	-0.39	0.544	0.78	0.112	1.1	2.912	3.17

	Medida	S1_DIR	S1_ESQ	S2_DIR	S2_ESQ	S3_DIR	S3_ESQ	S4_DIR	S4_ESQ
1	Normal	3.614		3.059		2.271		1.351	
2	Normal	2.401	1.848	1.829	1.473	1.291	0.697	1.333	1.038
1	Normal	5.876	5.510	5.594	5.508	4.822	2.828	4.475	2.687
2	Normal	4.134	2.189	4.174	0.583	4.282		3.724	
1	Repet	3.592		3.123		2.307		1.302	
2	Repet	2.432	1.902	1.879	1.475	1.279	0.781	1.303	1.102
1	Repet	5.901	5.503	6.034	5.520	4.898	2.734	4.501	2.634
2	Repet	4.12	2.179	4.238	0.602	4.3		3.698	

continua

conclusão

S5_DIR	S5_ESQ	S6_DIR	S6_ESQ	S7_DIR	S7_ESQ	S8_DIR	S8_ESQ	S9_DIR	S8_ESQ	S9_DIR
0.666										
0.907										
3.585	2.058	2.798	1.574	2.560	1.929	2.384	1.790		1.790	
2.286		1.803		1.763		1.481		1.094		1.094
0.666										
0.934										
3.575	2.117	2.798	1.565	2.566	2.001	2.345	1.768		1.768	
2.282		1.814		1.732		1.49		1.089		1.089

Fonte: o autor.

APÊNDICE C – Tabela com os dados de medição dos espaços das extrações nos modelos digitais e medidas da análise tridimensional

Identif	Id-Grupo	Sexo	Idade	Grupo	5R_T1_T2_ CrownR-L	5R_T1_T2_ CrownA-P	5R_T1_T2_ _CrownS-I	5R_T1_T2_ _Crown3D	5R_T1_T2_ _ApexR-L	5R_T1_T2_ _ApexA-P	5R_T1_T2_ _ApexS-I
1	1	1	18	1	-1.14	3.997	-0.182	4.16	-0.163	5.238	-1.354
2	2	1	23	1	2.055	0.147	0.381	2.096	-0.211	1.346	-0.288
3	3	1	19	1	0.766	2.208	0.884	2.499	-1.339	2.407	-1.077
4	4	2	20	1	-3.416	-2.714	0.422	4.383	-1.367	2.467	1.402
5	5	2	20	1	-2.178	2.413	2.42	4.053	0.391	1.242	0.91
6	6	1	24	1	-0.88	-0.559	-1.737	2.025	0.647	4.308	-3.462
7	7	1	24	1	-1.453	-2.445	0.893	2.981	0.287	2.918	0.24
8	8	2	18	1	2.408	-1.069	-0.133	2.638	3.778	0.997	-0.343
9	9	2	18	1	-2.086	-3.493	0.786	4.144	-3.066	3.712	2.732
10	1	2	21	2	2.021	-2.081	0.723	2.99	-1.629	0.428	0.489
11	2	2	21	2	0.529	-1.977	1.349	2.45	-0.151	0.431	-0.68
12	3	1	30	2	-1.388	-1.033	-0.022	1.73	-1.645	1.163	1.611
13	4	1	30	2	-0.029	0.377	-1.589	1.634	-1.129	1.34	-1.274
14	5	1	30	2	-1.774	0.388	0.205	1.828	0.098	2.881	0.641
15	6	1	30	2	0.87	1.439	-0.36	1.719	-2.408	3.737	-1.86
16	7	1	34	2	-0.408	3.315	0.358	3.359	-0.624	2.515	1.075
17	8	1	36	2	-2.422	0.028	0.007	2.422	-1.504	1.169	-0.92
18	9	2	18	2	-2.009	0.145	0.738	2.145	-1.717	1.536	2.422

CC

Legenda

Sexo	
1	Feminino
2	Masculino
Grupo	
1	Controle
2	Experimental

continuação

5R_T1_T2_ Apex3-D	5L_T1_T2_C rownR-L	5L_T1_T2_C rownA-P	5L_T1_T2_C rownS-l	5L_T1_T2_Cr own3D	5L_T1_T2_ ApexR-L	5L_T1_T2_ ApexA-P	5L_T1_T2_ ApexS-l	5L_T1_T2_A pex3D	3R_T1_ rownR-l
5.413	3.061	4.683	-1.094	5.701	5.192	5.21	-1.571	7.521	
1.392	-0.857	3.264	0.638	3.435	0.547	2.274	0.17	2.345	
2.957	1.269	3.022	1.492	3.602	0.807	3.206	1.995	3.861	
3.15	4.409	-2.046	1.36	5.047	4.96	4.656	7.318	9.992	
1.588	2.873	3.043	1.413	4.417	1.328	3.631	1.349	4.095	
5.565	0.234	0.044	2.025	2.038	2.051	1.643	2.913	3.923	
2.942	1.083	-1.564	-0.297	1.926	-0.51	2.657	-0.458	2.744	
3.923	4.094	0.353	-0.379	4.127	0.797	3.525	-1.672	3.982	
5.536	0.409	-3.139	1.934	3.71	3.407	2.067	1.252	4.144	
1.754	-0.836	1.172	1.442	2.037	1.464	2.545	1.243	3.188	
0.819	0.459	-1.242	-0.218	1.343	1.638	2.473	-1.552	3.347	
2.58	-0.975	0.337	0.642	1.215	1.185	2.418	1.102	2.909	
2.166	0.737	-0.02	-0.702	1.018	-0.578	-0.319	-0.007	0.66	
2.953	2.37	3.579	0.537	4.326	1.994	2.924	0.276	3.55	
4.819	1.161	1.601	-0.277	1.997	3.435	0.399	-0.143	3.461	
2.805	-0.622	1.598	-0.314	1.743	1.479	2.103	1.008	2.762	
2.116	1.538	-0.271	1.243	1.996	0.723	1.186	-0.276	1.416	
3.343	3.119	0.806	2.908	4.34	0.831	2.347	4.418	5.071	

CO

continuação

3R_T1_T2_C rownA-P	3R_T1_T2_C rownS-I	3R_T1_T2_C rown3D	3R_T1_T2_ ApexR-L	3R_T1_T2_ ApexA-P	3R_T1_T2_ ApexS-I	3R_T1_T2_ Apex3D	3L_T1_T2_C rownR-L	3L_T1_T2_C rownA-P	3L_T1_ rownS-
-2.431	-1.386	3.527	6.814	-1.906	-1.513	7.235	0.594	-4.425	.
-6.031	1.905	6.372	3.936	-0.93	1.047	4.178	0.879	-4.241	.
-5.606	-4.595	7.79	1.95	0.739	-1.438	2.533	-3.801	-4.343	
-9.773	-0.911	9.859	4.259	1.191	-1.176	4.576	2.582	-8.337	
-4.367	1.184	4.634	1.431	-1.548	2.447	3.229	1.104	-2.729	
-0.384	-2.7	3.687	-0.488	-0.657	-2.722	2.842	-3.469	-9.917	
-9.532	-0.043	10.507	4.402	-3.099	0.203	5.387	0.88	-9.96	
-11.119	-9.778	15.407	2.14	7.05	-2.262	7.707	1.156	-7.352	.
-10.432	7.103	12.914	5.383	-2.048	5.28	7.814	-0.945	-10.022	
-11.482	0.025	11.491	3.523	-0.872	0.107	3.631	-1.847	-10.299	
-7.713	1.481	7.96	3.53	-3.319	-1.35	5.029	1.016	-9.299	.
-8.385	2.751	8.83	2.788	-3.626	2.031	5.004	-0.803	-8.328	
-9.585	1.907	9.811	3.164	-2.907	-4.405	6.153	0.533	-8.054	
-9.203	1.383	9.451	2.114	-1.137	1.502	2.832	1.524	-6.026	
-7.613	1.583	7.855	2.829	-0.728	0.376	2.945	0.837	-7.589	
-5.575	1.674	5.835	2.128	-1.784	1.541	3.176	-2.301	-7.142	
-7.27	2.741	7.837	2.414	-1.048	-1.077	2.843	-0.44	-7.805	
-7.316	-0.203	7.348	4.706	-2.399	1.061	5.388	0.13	-7.354	

continuação

3L_T1_T2_Crown3D	3L_T1_T2_ApexR-L	3L_T1_T2_ApexA-P	3L_T1_T2_ApexS-I	3L_T1_T2_Apex3D
6.51	-2.585	1.504	-0.37	3.013
4.411	-5.077	-2.007	0.012	5.459
6.057	-1.817	0.852	0.997	2.242
8.879	-8.552	-4.18	-2.768	9.914
2.989	-2.75	-0.126	-0.926	2.904
10.651	-3.373	-1.255	-0.243	3.607
10.116	-3.865	-0.724	1.581	4.238
8.937	-1.398	1.404	-1.534	2.506
10.178	-3.953	-3.133	2.143	5.48
10.546	-1.455	2.566	1.061	3.134
9.3547	-3.073	-3.463	-0.655	4.676
8.7	-1.703	-4.752	3.584	6.191
8.949	0.916	-2.11	-5.134	5.635
6.285	-2.804	-2.279	1.509	3.916
7.647	-2.078	0.725	1.101	2.461
7.506	-4.592	-1.837	3.743	6.203
8.363	-3.124	-1.405	-3.488	4.888
7.594	-3.728	-3.605	4.909	7.141

continua

continuação

1R_T1_T2_Cr ownR-L	1R_T1_T2_Cr ownA-P	1R_T1_T2_Cr ownS-I	1R_T1_T2_Cro wn3D	1R_T1_T2_A pexR-L	1R_T1_T2_A pexA-P	1R_T1_T2_A pexS-I	1R_T1_T2_Ap ex3D	1L_T1_T wnR-L
3.789	-1.385	-2.628	4.814	0.838	2.268	-1.69	2.95	
0.317	-6.266	-0.688	6.331	0.8	0.408	0.398	0.982	
-2.198	-0.628	-1.497	2.733	-0.466	2.121	-2.002	2.954	
-0.766	-9.893	-1.726	10.072	-1.54	2.657	-0.974	3.222	
0.534	-3.837	-0.757	3.947	0.308	0.471	0.677	0.88	
-4.328	-4.504	-1.454	6.413	-2.342	0.876	-3.165	4.033	
3.208	-9.106	1.334	9.746	1.341	-1.998	-0.318	2.428	
0.218	-3.522	0.448	3.557	0.02	-0.274	-3.879	3.889	
-0.643	-5.591	2.67	6.229	1.043	-3.211	4.298	5.465	
0.393	-12.274	-3.337	12.726	1.805	-0.505	-4.643	5.007	
1.69	-10.866	-0.594	11.013	0.867	-0.653	-2.367	2.604	
0.818	-11.6	-0.02	11.629	0.435	-2.773	1.673	3.249	
-1.218	-10.042	3.134	10.59	0.66	-1.974	-4.433	4.897	
0.966	-7.551	-0.234	7.616	0.287	-1.928	0.576	2.02	
0.771	-8.05	2.021	8.336	1.914	-1.919	1.653	3.174	
-0.485	-7.921	0.326	7.943	-1,244	2.951	1.61	3.584	
-1.747	-6.319	3.313	7.345	-0.306	0.309	-2.402	2.441	
-0.601	-7.745	-2.293	8.1	2.133	-0.782	1.305	2.62	

continuação

1L_T1_T2_C rownA-P	1L_T1_T2_C rownS-I	1L_T1_T2_Cr own3D	1L_T1_T2_ ApexR-L	1L_T1_T2_ ApexA-P	1L_T1_T2_ ApexS-I	1L_T1_T2_A pex3D	5R_T1_T2_T ipPitch	5L_T1_T2_T ipPitch	3R_T1_ ipPitch
1.143	-1.943	3.397	1.27	0.931	-3.487	3.826	-3.1	-1.3	
-6.864	-1.375	7.099	-0.831	1.063	-1.869	2.305	-3.7	-12.1	
-2.39	-1.29	3.092	-1.632	1.168	-0.695	2.124	-0.5	-17.1	
-9.587	-1.698	9.747	1.608	3.108	-0.341	3.516	-13	-16	
-3.084	1.404	3.405	-0.205	0.458	-0.582	0.768	3.8	-7.2	
-7.541	-1.338	9.39	-1.543	0.131	-3.137	3.499	-14.3	0.8	
-10.935	4.992	12.191	0.352	-0.27	-1.969	2.019	14.9	17.9	
-4.774	-0.452	4.796	-0.685	1.095	-2.566	2.873	-6.7	-42.2	
-5.65	1.729	6.585	-0.369	-2.744	3.612	4.551	18.8	20.5	
-11.527	-2.345	11.875	-0.886	1.68	-1.874	2.674	-7.3	-26.6	
-11.963	-1.827	12.139	0.357	-3.204	-3.278	4.598	-7.9	-8.7	
-12.013	0.663	12.032	-0.774	-2.032	1.629	2.693	-5.4	-10.3	
-9.602	2.804	10.034	-0.127	-2.108	-3.949	4.478	1.8	21.9	
-7.62	-0.573	7.86	0.239	-1.893	-0.059	1.909	-7.7	-18.7	
-8.427	2.411	8.803	1.258	-0.715	-1.093	1.813	7.4	17.4	
-9.317	-0.168	9.319	0.317	4.129	0.235	4.148	2.2	-7	
-6.974	4.085	8.088	-0.626	1.836	-1.883	2.704	3.7	15.9	
-6.637	-2.252	7.009	-0.59	-2.48	2.845	3.82	-4.3	-10.8	

continuação

3L_T1_T2_TipPitch	1R_T1_T2_TipPitch	1L_T1_T2_TipPitch	ANS_T1_T2R-L	ANS_T1_T2A-P	ANS_T1_T2S-I	ANS_T1_T23D	Apont_T1_T2L
-15.7	-8.3	2.1	2.011	-0.793	-1.203	2.474	1.7
-16.4	-5.8	2.7	-0.211	1.346	-0.268	1.392	0.7
-6	-12.1	-0.6	-0.027	0.74	-0.021	0.741	-0.0
-7.5	-29	-23.8	-0.337	0.633	-0.201	0.745	-0.3
-11.5	-5.4	-1.9	0.181	0.318	0.257	0.447	0.4
-14.2	-24	-4.9	-1.021	-0.0404	-0.141	1.107	-0.9
22.3	24.7	12					
-6.1	-19.8	-9.3	-0.792	-2.896	0.246	3.012	-0
6.5	15.4	14.4					
-31.3	-31.8	-4	0.204	-1.205	0.12	1.228	0.2
-23.5	-13.5	-10.5	0.287	-0.387	0.537	0.722	0.7
-22.5	-8.4	-5.9	-0.349	-0.106	-0.198	0.415	-0.0
29.6	25.1	-1.6					
-14.8	-8.7	2	0.269	2.06	1.401	2.506	-0.0
18	19.4	-3.6					
-25.5	-11.3	-1.2	-0.85	0.528	0.29	1.039	-0.8
22.5	18.4	4.9					
-22.1	-10.5	-4.8	1.205	-1.205	-0.808	1.885	1.7

conclusão

Apont_T1_ T2A-P	Apont_T1_ T2S-I	Apont_T1_ T23D	POG_T1_ T2R-L	POG_T1_ T2A-P	POG_T1_ T2S-I	POG_T1_T 23D	Bpoint_T1_ T2R-L	Bpoint_T1_ T2A-P	Bpoint_T1_ T2S-I	Bpoint T23D
1.751	-0.697	2.595								
0.547	0.96	1.111								
0.007	0.011	0.013								
0.004	0.904	0.954								
1.325	2.261	2.657								
4.412	3.695	5.837								
			0.605	-0.129	-0.636	0.887	0.401	-0.809	-3.198	
3.776	5.715	6.887								
			0.372	0.006	1.558	1.602	0.708	-0.584	0.466	
-0.106	0.179	0.299								
1.144	2.963	3.178								
-0.385	0.399	0.555								
			-1.014	-0.371	-0.262	1.111	-0.927	-0.793	1.157	
0.408	0.443	0.602								
			0.635	-0.406	-0.011	0.754	0.582	-1.147	-0.493	
0.74	2.193	2.481								
			0.105	-0.655	-0.649	0.928	0.062	1.316	0.315	
0.647	0.248	1.314								

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DA EMENDA**

Título da Pesquisa: Avaliação da aceleração do movimento dentário durante o tratamento ortodôntico, na fase de retração dos dentes anteriores

Pesquisador: LIANA FATTORI

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 42159215.8.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.291.627

Apresentação do Projeto:

Emenda para inserção de um questionário de qualidade de vida, para conhecer as percepções dos sujeitos da pesquisa. O questionário utilizado será o OHIP-14 validado para a língua portuguesa.

Este projeto de pesquisa, pretende investigar a aceleração do movimento ortodôntico e a possível redução do tempo de tratamento através de corticotomia alveolar, considerando a estimulação causada pelos mecanismos de reparação tecidual. Cinquenta pacientes, participantes da pesquisa, com indicação de cirurgia ortognática da Faculdade de Odontologia da USP, com discrepâncias esqueléticas severas o suficiente para justificar o tratamento e que apresentem os critérios de inclusão apresentados no projeto, serão divididos em dois grupos de 25: o que será submetido à técnica de aceleração do movimento dentário e o que será submetido a tratamento tradicional.

Serão utilizadas radiografias, tomografias, modelos de gesso e fotografias para documentação e análise dos resultados, com construção de modelos tridimensionais usando-se programas indicados no projeto. As perfurações corticais sem retalho para a aceleração do movimento ortodôntico serão feitas em 3 tempos (T): T1: 28 dias após a introdução do fio de aço inoxidável e primeira sessão de retração anterior; T2: 28 dias após T1 e data da segunda ativação da retração anterior e T3: 56 dias após T1, e data da

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA USP - SÃO
PAULO

Continuação do Parecer: 2.291.627

terceira ativação da retração anterior.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal deste estudo é testar se o movimento dentário é mais rápido após as perfurações no osso cortical e medular adjacente à movimentação ortodôntica. A pesquisa também objetiva comparar a movimentação dentária convencional com a movimentação dentária utilizando a técnica de perfurações no osso cortical e medular para a aceleração do movimento, avaliar a eficiência da técnica de perfurações no osso cortical e medular no fechamento do espaço da extração dentária, avaliar se as perfurações no osso cortical e medular alteram a densidade da matriz óssea do osso alveolar na área de aceleração de movimento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são os próprios e inerentes à cirurgia ortognática e à extração dentária indicada no tratamento, com desconforto durante a aplicação da anestesia infiltrativa para realização das perfurações, dependendo da sensibilidade dolorosa individual, sendo necessário também que haja uma boa assepsia bucal e regional para diminuição do risco de infecção. Os benefícios, para os participantes da pesquisa submetidos à terapia de aceleração seriam a possível diminuição do tempo de tratamento e o tratamento em si, para todos participantes da pesquisa, corrigindo seus problemas ortodônticos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante, que deve ser realizada com adequada supervisão e atenção, por se tratar de tratamento cirúrgico com perfuração óssea.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE recebeu a informação da aplicação de um questionário ao participante da pesquisa e os demais itens (informações básicas do projeto, projeto detalhado e folha de rosto) estão conformes.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

**FACULDADE DE
ODONTOLOGIA USP - SÃO
PAULO**

Continuação do Parecer: 2.291.627

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Emenda Aprovada.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_972840_E2.pdf	05/09/2017 17:19:33		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_final_QoL_Liana_Fattori.docx	05/09/2017 17:19:03	LIANA FATTORI	Aceito
Outros	OHIP_14.pdf	14/08/2017 15:38:50	Maria Aparecida Barbosa Antunes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_LianaFattori.docx	21/06/2016 12:44:15	LIANA FATTORI	Aceito
Outros	autorizacao_clinica_Liana_Fattori_assinada.pdf	24/02/2015 21:16:21		Aceito
Folha de Rosto	Folharosto_LianaFattoriAbati.pdf	09/02/2015 12:41:31		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 22 de Setembro de 2017

Assinado por:
Marla Gabriela Haye Blazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**PESQUISA: AVALIAÇÃO DA ACELERAÇÃO DO MOVIMENTO DENTÁRIO DURANTE O TRATAMENTO ORTODÔNTICO, NA FASE DE RETRAÇÃO DOS DENTES ANTERIORES**

Pesquisadores responsáveis: **LIANA FATTORI ABATI, JOSÉ RINO NETO**

Instituição: **FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Local: **FOUSP**

Você está sendo convidado(a) para participar voluntariamente desta pesquisa que tem como objetivo, reconhecer uma técnica conservadora para a aceleração da movimentação dos dentes durante o tratamento ortodôntico, diminuindo o tempo total do mesmo. A técnica proposta para a aceleração do movimento já foi testada anteriormente e provou-se acelerar a movimentação dentária em até 4 (quatro) vezes. Para que este movimento ortodôntico acelerado ocorra, serão necessários até 3 (três) procedimentos feitos na região onde foi feita a extração dentária. Para isso será feita uma anestesia infiltrativa na região e alguns pontos da sua gengiva serão perfurados superficialmente, sem que haja dor intra-operatória ou grande sangramento. Os cuidados pós-procedimento são simples, como fazer bochechos com antisséptico comum e caso seja necessário, o uso de analgésicos.

Para a avaliação dos resultados utilizaremos as tomografias computadorizadas que já fazem parte do protocolo de exames necessários para casos de cirurgia ortognática. Além disso faremos moldagens dos seus dentes durante o fechamento dos espaços da extração, a cada 28 dias. No mesmo dia de suas consultas serão feitos os exames tomográficos e as moldagens para esta pesquisa. Além disso, o participante da pesquisa responderá um questionário para avaliarmos suas percepções em relação aos procedimentos para o fechamento dos espaços das extrações terapêuticas indicados no seu tratamento ortodôntico.

Em nenhum momento o participante da pesquisa será identificado. As informações fornecidas serão confidenciais e de conhecimento apenas dos pesquisadores.

O participante da pesquisa não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar desta pesquisa. As moldagens e as tomografias serão gratuitas.

Rubrica Participante da Pesquisa _____
Responsável _____

Rubrica Pesquisador

Os riscos a que os participantes da pesquisa serão submetidos são moderados, podendo haver algum desconforto durante a aplicação da anestesia infiltrativa e dependendo da sensibilidade dolorosa individual, apresentar pequena dor pós-operatória localizada na região das perfurações ósseas, para isto, a administração de analgésicos é suficiente. Além disso é necessário que haja uma boa assepsia bucal e regional para que não ocorra infecção no local das perfurações.

Os benefícios de participar desta pesquisa serão: a constatação da movimentação acelerada durante o fechamento do espaço das extrações e menor tempo de preparo à cirurgia Ortognática. Além disso, sua contribuição à ciência, ao conhecimento é imensurável, pois terá oportunidade de disseminar através de sua participação, de uma nova técnica para diminuição do tempo de tratamento ortodôntico em casos específicos.

Serão realizadas fotografias extraorais e intraorais em diversas fases do tratamento, sendo que é concedido a FOUSP e aos pesquisadores totais direitos quanto ao uso do material coletado, com finalidade de ensino e divulgação, tais como: estudos e apresentações em congressos, publicações em revistas científicas nacionais e internacionais, assegurando o sigilo de identidade de todos os participantes.

Mesmo aceitando participar desta pesquisa, você é livre para deixar de participar a qualquer momento sem nenhum prejuízo, procedendo ao tratamento ortodôntico e cirurgia ortognática normalmente.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa e do tratamento ortodôntico, o participante da pesquisa poderá entrar em contato com: Liana Fattori, telefone 4994-0003 ou e-mail lianafattori@usp.br, ou ainda com a secretaria de Ortodontia, telefone 3091-7892, Universidade de São Paulo: Av Prof Lineu Prestes, 2227, São Paulo.

Qualquer dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o CEP-FOUSP - Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – Avenida Professor Lineu Prestes nº 2227 – 05508-000 – São Paulo – SP – Telefone (11) 3091.7960 – e-mail cepfo@usp.br. O horário de atendimento ao público e pesquisadores é: de segunda a sexta-feira das 9 as 12h e de 14 as 16h (exceto em feriados e recesso universitário). O Comitê é um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. (Resolução CNS nº 466 de 2012).

Após ter sido informado e ter minhas dúvidas suficientemente esclarecidas pelo pesquisador concordo em participar de forma voluntária desta pesquisa

Este documento foi elaborado em duas vias sendo uma do pesquisador responsável e a outra do participante da pesquisa

Rubrica Participante da Pesquisa _____

Rubrica Pesquisador Responsável _____

Nome do Participante da Pesquisa:

Assinatura do Participante da Pesquisa/representante legal

Data_____/_____/_____

Assinatura da testemunha _____ Data____/____/____

(Para casos de participante da pesquisa analfabetos, semianalfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual).

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação nesta pesquisa.

Nome do Pesquisador Responsável: _____

Assinatura _____

Data_____/_____/_____