MICHELLE SENDYK

**Avaliação tridimensional da descompensação dentária e remodelação óssea
pré-cirúrgica nas más oclusões de classe III**

São Paulo
2018

MICHELLE SENDYK

**Avaliação tridimensional da descompensação dentária e remodelação óssea
pré-cirúrgica nas más oclusões de classe III**

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 de 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

Sendyk, Michelle.

Avaliação tridimensional da descompensação dentária e remodelação óssea pré-cirúrgica nas más oclusões de classe III / Michelle Sendyk ; orientador José Rino Neto. -- São Paulo, 2018.

139p. : fig., tab. ; 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. Tomografia. 3. Cirurgia ortognática. I. Rino Neto, José. II. Título.

Sendyk M. Avaliação tridimensional da descompensação dentária e remodelação óssea pré-cirúrgica nas más oclusões de classe III. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas.

Aprovado em: 14 / 09 / 2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). João Batista de Paiva

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Laurindo Zanco Furquim

Instituição: Universidade Estadual de Maringá

Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Lucia Helena Cevidanes

Instituição: Universidade de Michigan

Julgamento: Aprovada

Aos meus pais, Susan e Wilson, pela vida, pelo amor, pela força e pelos ensinamentos. Por serem minha fonte contínua de inspiração. Por serem a base sólida que alicerça a nossa família, que é tudo para mim.

Ao meu marido, Henrique, pelo amor, apoio, por acreditar nos meus sonhos e viverlos junto comigo todos os dias.

Ao Gabriel, meu maior presente, que eu possa te guiar sempre no caminho da bondade e iluminar seu caminho da mesma forma que você ilumina o meu todos os dias.

Aos meus irmãos, Alessandra e Daniel,
Obrigada pela nossa união familiar tão forte, por acreditarem e apoiarem meu sonho.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Prof. Dr. José Rino Neto, meu orientador, exemplo de competência e profissionalismo. Obrigada por compartilhar a sua sabedoria e ensinamentos, por guiar o meu caminho na Ortodontia e me inspirar a seguir a vida docente.

Dedico minha gratidão por toda a confiança depositada em mim e pelo incentivo constante em minha jornada profissional.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À Profa. Dra. Lucia Helena Soares Cevidanes, minha orientadora no exterior, por me receber na Universidade de Michigan e me possibilitar uma convivência diária de muito aprendizado. Os momentos que passei em Ann Arbor foram muito marcantes na minha vida, não só por todo o aprendizado científico que tive a oportunidade de vivenciar, mas também pela oportunidade de conviver com quem considero exemplo de idoneidade, polidez e generosidade.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. João Batista de Paiva que acompanhou minha jornada desde 2003 quando ingressei no estágio e foi essencial à minha formação profissional. Obrigada pelos constantes ensinamentos, pela dedicação, pela sabedoria e pela oportunidade de ter a minha formação profissional nesta Universidade.

Aos Prof. Dr. João Batista de Paiva, José Rino Neto, Jorge Abrão, Solange Mongelli de Fantini, Gladys Cristina Dominguez, André Tortamano e Lylian Kanashiro pelo crescimento profissional e por tantos conhecimentos. Ao longo de todo meu percurso, eu tive o privilégio de trabalhar de perto e aprender muito com cada um. Obrigada!

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas pela preciosa colaboração e auxílio no desenvolvimento desta tese e por todos os ensinamentos adquiridos neste período.

Aos meus colegas de doutorado Annelise Ribeiro, Liana Fattori Abati, Helena Pereira da Silva, Ricardo Alves de Souza e Lucas Cardinal percorremos um longo trajeto. Entre nós ficará a lembrança de nossos encontros e a certeza de que cada um de nós contribuiu para o crescimento do outro. Obrigada por compartilharem esta jornada comigo!

Aos meus colegas do Departamento de Ortodontia da FOU SP Almir Lima Jr, Daniella Prado Ferreira, Daniele Linhares, Fabio Yanikian, Felipe Tsujinaka, Juliana Daia, Patrick Saraiva, Rafael Golghetto Domingos, Simone Peixe Friedrichsdorf, Tadeu Mendes, Taiana Baldo e Renata de Faria pela amizade, dedicação e companheirismo.

Aos meus queridos amigos da Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, Aline Iost, Anita Ribeiro, Bruno Pasqua, Daniele Sigal Linhares, Fernanda di Sanzo Guilherme, Gustavo Wertheimer, Irina Larusa, Lucio Uchida, Luciana Barrela, Luciana Rocha Coimbra, Marcelo Suzuki, Marcus Trunzo,

Waldemar Pereira Junior, um agradecimento especial pela união, amizade e incentivo. Juntos somos mais capazes do que cada um de nós individualmente!

À minha querida amiga Leile Stavros Bassukos pela amizade de todos os dias, palavras de incentivo e carinho.

Aos amigos da Universidade de Michigan, Marília Yatabe Ioshida, Luciana Muniz e Nathalia Paiva, por tanto aprendizado e por tornarem minha estadia em Michigan muito mais familiar.

Aos meus queridos familiares e colegas de profissão Eliana Sendyk Masijah e Cláudio Sendyk pelo apoio, carinho e pela inspiração diária pela nossa profissão.

Ao Prof. Dr. Fausto Mendes pela análise e interpretação estatística.

Ao Prof. Dr. Israel Chilvarquer pelo incentivo. Minha admiração e meu profundo agradecimento.

Aos funcionários do Departamento de Ortodontia Viviane Passiano, Edina Brito, Edilson L. Rodrigues e Ronaldo Carvalho pelo suporte e pela dedicação com a qual conduzem as atividades do Departamento.

À bibliotecária Glauci Elaine Damasio Fidelis pelo valioso auxílio na revisão e formatação deste trabalho.

À CAPES pela bolsa de Doutorado oferecida durante a elaboração deste trabalho.

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de concretizar minha pós-graduação e permitir a realização de um sonho.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos.”

Paulo Beleki

RESUMO

Sendyk M. Avaliação tridimensional da descompensação dentária e remodelação óssea pré-cirúrgica nas más oclusões de classe III [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de identificar as inclinações dentárias vestibulo-linguais dos dentes inferiores e as características morfológicas da sínfise mandibular decorrentes do movimento de descompensação dentária. A amostra constituiu-se de 30 indivíduos adultos, com deformidade dentofacial de classe III, submetidos ao tratamento ortodôntico pré-cirúrgico. A partir de imagens tridimensionais geradas por exames de tomografia computadorizada de feixe cônico, em dois tempos distintos (inicial e previamente à realização da cirurgia ortognática) foram obtidos modelos virtuais tridimensionais, que foram sobrepostos por meio do registro pelo voxel na base do crânio e na mandíbula, para avaliação da direção e quantidade de rotação mandibular, deslocamento do mento, deslocamento do ponto B, movimento de descompensação dentária dos incisivos e molares inferiores e inclinação e espessura da sínfise mandibular. Os deslocamentos tridimensionais de pontos de referência na sínfise foram quantificados e visualizados por mapas codificados por cores e sobreposições semitransparentes por meio do programa SlicerCMF 3-1[®] versão 4.5.0. O teste de Correlação de Pearson foi utilizado para verificar a correlação entre inclinação dentária, espessura, inclinação da sínfise e deslocamento do ponto B. As espessuras e inclinações médias da sínfise foram comparadas entre os tempos inicial e pré-cirúrgico com uso de testes t-Student pareado. As medidas apresentaram alta reprodutibilidade. A maioria dos pacientes apresentou rotação horária da mandíbula e deslocamento do mento no sentido posterior e inferior. O ponto B se movimentou no sentido posterior e superior. Além disso, os incisivos inferiores apresentaram vestibularização, que foi condizente com o movimento de descompensação dentária originado pelo preparo pré-cirúrgico. Foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre a inclinação dos incisivos inferiores e as medidas de inclinação da sínfise e deslocamento do ponto B. Com relação à espessura da sínfise e a inclinação dos incisivos, não foi encontrada correlação estatisticamente significante. Em relação à comparação entre

os tempos estudados, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes.

Palavras-chave: Ortodontia. Tomografia. Cirurgia Ortognática.

ABSTRACT

Sendyk M. Tridimensional evaluation of presurgical orthodontic decompensation and bone remodeling in subjects with class III dentofacial deformity [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

This research was conducted with the purpose of identifying the buccolingual inclinations of the lower teeth and the morphological characteristics of the mandibular symphysis resulting from the orthodontic decompensation movement. The sample consisted of 30 adults, with class III dentofacial deformity, submitted to presurgical orthodontic treatment. From three-dimensional images generated by cone-beam computed tomography (CBCT) scans, at two different times (initial and before orthognathic surgery), three-dimensional virtual models were obtained and superimposed using automated voxel-based registration at the cranial base and at the mandible to evaluate mandibular rotation, displacement of the chin, B-point displacement, lower molar and incisor decompensation movement and symphysis inclination and thickness. The three-dimensional displacements of landmarks at the symphysis were quantified and visualized with color-coded maps and semi-transparent superimpositions using the SlicerCMF 3-1® 4.5.0 software. Pearson's correlation test was used to verify the correlation between tooth inclination, symphysis inclination and thickness and B-point displacement. The thickness and inclination of the symphysis were compared between the two different scans using paired Student t test. The measurements showed high reproducibility. The majority of patients presented clockwise rotation of the mandible and displacement of the chin in the posterior and inferior direction. Point B moved in the posterior and superior direction. In addition, the patients presented lower incisors proclination, which was consistent with the movement of tooth decompensation caused by the presurgical orthodontic treatment. Statistically significant correlations were found between the inclination of the lower incisors, symphysis inclination and B-point displacement. Regarding the thickness of the symphysis and the inclination of the incisors, no statistically significant correlation was found. Regarding the comparison between the two studied times, no statistically significant differences were found.

Keywords: Orthodontics. Tomography. Orthognathic Surgery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Envelopes de discrepância dos dentes inferiores (Proffit; Ackerman, 1982)	33
Figura 4.1 - Fotografias de indivíduo com má oclusão de classe III: Frontal e Perfil	70
Figura 4.2 - Fotografias intraorais de indivíduo com oclusão em classe III de Angle	70
Figura 4.3 - Fotografias intraorais após a descompensação dos incisivos inferiores	71
Figura 4.4 - Imagem obtida por meio do Programa ITK-SNAP	73
Figura 4.5 - Imagem obtida por meio do Programa Slicer CMF3-1	74
Figura 4.6 - Segmentação do crânio	78
Figura 4.7 - Orientação da cabeça no sentido sagital, coronal e axial	79
Figura 4.8 - Orientação da cabeça no <i>scan</i> no sentido sagital, coronal e axial	80
Figura 4.9 - Pontos de referência (cor vermelha) inseridos na reconstrução tridimensional	82
Figura 4.10 - Modelo de superfície com os pontos de referência.....	83
Figura 4.11 - Modelo de superfície do crânio total com transparência para visualização dos pontos de referência	84
Figura 4.12 - <i>Connected landmarks</i> posicionadas sobre o ponto de referência	85

Figura 4.13 - Modelos de superfície T1 e T2 (em transparência) com as <i>connected landmarks</i> inseridas sobre os pontos de referência.	85
Figura 4.14 - Visualização da mensuração do ângulo de rotação mandibular a partir do ponto médio dos gônios ao ponto mentoniano, em T1 e T2.....	86
Figura 4.15 - Cálculo do ângulo de rotação mandibular na ferramenta Q3DC	86
Figura 4.16 - Cálculo da distância entre os pontos mentoniano em T1 e T2 na ferramenta Q3DC.....	86
Figura 4.17 - Segmentação da mandíbula	87
Figura 4.18 - Modelo de superfície da mandíbula com transparência para visualização dos pontos de referência.....	89
Figura 4.19 - Visualização da mensuração do deslocamento do ponto B em T1 e T2	90
Figura 4.20 - Visualização da mensuração da inclinação do incisivo (A) e molar inferior (B) em T1 e T2.....	91
Figura 4.21 - Visualização da mensuração da distância entre as coroas dos molares em T1 e T2.....	91
Figura 4.22 - Visualização da mensuração da inclinação (A) e espessura da sínfise mandibular (B)	92
Figura 4.23 - Visualização lateral das sobreposições de T1 (vermelho) e T2 (branco semitransparente) para visualização da quantidade de movimento.....	94
Figura 4.24 - Mapas coloridos para visualização do sentido do movimento.....	94
Figura 4.25 - Mapas vetoriais fornecendo a direção dos deslocamentos	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Resultados do cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclass (ICC)	97
Tabela 5.2 - Testes de normalidade para as médias das medidas realizadas em T1 .	97
Tabela 5.3 - Testes de normalidade para as médias das medidas realizadas em T2.	98
Tabela 5.4 - Descrição das médias das medidas realizadas a partir do registro da base do crânio dos indivíduos	98
Tabela 5.5 - Comparação entre lados direito e esquerdo dos incisivos e molares e resultado do teste t-Student pareado	99
Tabela 5.6 - Descrição das médias das medidas realizadas a partir do registro regional da mandíbula dos indivíduos	99
Tabela 5.7 - Correlações entre inclinações dos incisivos inferiores e as características morfológicas da sínfise (T1)	101
Tabela 5.8 - Correlações entre inclinações dos incisivos inferiores e as características morfológicas da sínfise (T2)	102
Tabela 5.9 - Correlações entre inclinações dos incisivos inferiores e o deslocamento do ponto B	102
Tabela 5.10 - Comparação entre os tempos avaliados e resultado do teste t-Student pareado	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCFC	Tomografia computadorizada por feixe cônico
cm	centímetro
mm	milímetro
kVp	Quilovoltagem pico
mA	Miliamperagem
mAs	Miliamperagem por segundo
3D	Tridimensional
µm	Micrômetro
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
Voxel	<i>Volume element</i>
FOV	<i>Field of view</i>
HU	Unidades Hounsfield
NiTi	Níquel-titânio
Esq	esquerdo
SI	Superior-Inferior
DE	Direito-Esquerdo
AP	Anteroposterior
Pog	Pogônio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DE LITERATURA	31
3	PROPOSIÇÃO	67
4	MATERIAL E MÉTODOS	69
4.1	Seleção da amostra	69
4.2	Material	71
4.2.1	Documentação Ortodôntica Inicial	71
4.2.2	Material para obtenção das Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico	72
4.2.3	Material para mensuração das variáveis estudadas	73
4.3	Métodos	74
4.3.1	Tratamento Ortodôntico da amostra	74
4.3.2	Método para a obtenção das Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico	75
4.3.3	Manipulação da imagem nos programas utilizados para avaliação tridimensional das imagens	76
4.3.4	Construção, superposição e análise dos modelos virtuais tridimensionais	76
4.3.4.1	<i>Construção dos modelos virtuais tridimensionais</i>	76
4.3.4.2	<i>Orientação da cabeça</i>	78
4.3.4.3	<i>Aproximação dos scans T1 e T2</i>	81
4.3.4.4	<i>Registro da base do crânio</i>	81
4.3.4.5	<i>Localização dos pontos de referência e mensuração</i>	82
4.3.4.6	<i>Registro na mandíbula dos modelos tridimensionais</i>	87
4.3.4.7	<i>Quantificação dos deslocamentos</i>	93
4.3.4.7.1	Q3DC	93
4.3.4.7.2	Mapas coloridos e semitransparências	93
4.4	Análise Estatística	95

5	RESULTADOS	97
6	DISCUSSÃO	105
7	CONCLUSÕES	115
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICES	127
	ANEXOS	133

1 INTRODUÇÃO

A deformidade dentofacial de classe III é caracterizada por uma discrepância maxilomandibular, a qual pode ser tratada por cirurgia ortognática ou, em casos menos severos, por compensação ortodôntica. Estas deformidades têm um fundamento genético e sua prevalência varia entre diferentes grupos étnicos, podendo ser resultado de mau posicionamento da mandíbula, da maxila ou a combinação de ambos (Pereira-Stabile et al., 2012).

As compensações dentárias são comuns entre os pacientes classe III, tipicamente apresentando incisivos superiores vestibularizados e incisivos inferiores lingualizados. Apesar de alteradas, essas inclinações permitem melhor função e ajudam a camuflar a deformidade dentofacial. Quando o tratamento cirúrgico for planejado, o resultado ideal depende da descompensação dentária (Troy et al., 2009; Pereira-Stabile et al., 2012; Choi et al., 2015).

O tratamento combinado ortodôntico-cirúrgico convencional da deformidade dentofacial de classe III consiste basicamente em três etapas: ortodontia pré-cirúrgica, cirurgia e ortodontia pós-cirúrgica. Sete objetivos devem ser alcançados: estética, função mastigatória, longevidade dos tecidos, estabilidade a longo prazo, satisfação dos pacientes e equilíbrio do sono e da função respiratória. A ortodontia pré-operatória nos pacientes com deformidade dentofacial de classe III, visa a descompensação da inclinação dos incisivos superiores e inferiores para a obtenção das inclinações axiais adequadas, em relação às suas respectivas bases ósseas (Ghassemi et al., 2014). O resultado da fase ortodôntica pré-cirúrgica influencia a magnitude dos movimentos que podem ser obtidos na cirurgia visto que a oclusão é utilizada como guia cirúrgico, além da informação obtida pelo planejamento ortodôntico. Como resultado, a descompensação dos incisivos é um dos principais fatores contribuintes para o resultado geral estético e funcional. Após a recuperação inicial da cirurgia, o paciente prossegue o tratamento ortodôntico para finalização e detalhamento oclusal (Kim et al., 2012; Pereira-Stabile et al., 2012; Coscia et al., 2013; McNeil et al., 2014; Sun et al., 2015; Ahn et al., 2016).

A obtenção de adequada descompensação é algumas vezes dificultada pela função neuromuscular, força oclusal, saúde periodontal e espessura da sínfise mandibular. Para casos de pacientes com sínfise estreita, o movimento sagital pronunciado do incisivo é fator crítico para perda óssea progressiva vestibular e lingual. A largura da região da sínfise e altura alveolar também devem ser consideradas como limitações aos movimentos dentários (Kim et al., 2012; Koerich, et al., 2016b). A morfologia da sínfise mandibular é um fenótipo complexo que resulta da interação de diferentes fatores genéticos, adaptativos e principalmente ambientais visto que a sínfise mandibular mostra uma resposta morfológica adaptativa às forças biomecânicas encontradas no ciclo mastigatório. Indivíduos com más-oclusões de Classe III e predomínio do vetor vertical de crescimento apresentam a sínfise mandibular predominantemente estreita, com pouco osso alveolar por vestibular e por lingual às raízes dos incisivos inferiores (Handelman, 1996). A inclinação dos incisivos inferiores pode afetar a morfologia da sínfise mandibular durante o crescimento ou compensação dentoalveolar (Al-Khateeb et al., 2014). O entendimento da morfologia da sínfise é importante porque serve como referência primária para a estética do perfil facial e é determinante no planejamento da posição do incisivo inferior durante a ortodontia e cirurgia ortognática. Durante o tratamento ortodôntico, limitar o movimento do incisivo dentro da estrutura óssea é essencial para a obtenção de melhores resultados, estabilidade e saúde periodontal (Chung et al., 2008).

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é uma ferramenta diagnóstica indispensável para a avaliação dentoalveolar (Cappellozza et al., 2015; Ahn et al., 2016). A avaliação dos resultados do tratamento ortodôntico-cirúrgico por meio de exames de TCFC tem o potencial de revelar interações entre dentes, ossos e tecidos moles que estão sujeitos a mudanças com este tipo de terapia (Carvalho, 2009). Entretanto, para que seja viável a realização de estudos longitudinais comparativos que possam fornecer dados precisos quanto aos efeitos decorrentes do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico, se faz necessário a utilização de novos métodos de análise tridimensional, visando a padronização das mensurações obtidas ao longo do período de avaliação (Paniagua et al., 2011).

O uso de ferramentas tridimensionais de sobreposição de modelos virtuais permite a identificação e quantificação dos deslocamentos e remodelações ósseas suportadas pelas bases ósseas e sínfise (Cevidane et al., 2005; Carvalho, 2009). A metodologia de sobreposição tridimensional de modelos virtuais para a avaliação dos resultados e estabilidade do tratamento em pacientes classe III foi descrita na literatura ortodôntica (Cevidane et al., 2007).

A sobreposição de estruturas mandibulares estáveis pode ser usada para avaliação de crescimento, tratamento e estabilidade. As imagens tridimensionais podem ser sobrepostas ou registradas utilizando milhares de pontos, formas ou volumes e permitindo a avaliação baseada nas diferenças obtidas diretamente nestas imagens. As sobreposições e as distâncias entre as superfícies em diferentes tempos podem ser utilizadas para identificar e quantificar valores e direção das mudanças (Ruellas et al., 2016b).

A alta reprodutibilidade e precisão de mensurações lineares e angulares em TCFC impulsionaram a possibilidade de realizar sobreposições de modelos virtuais tridimensionais e motivou-nos a realizar este trabalho com o objetivo de avaliar as alterações na inclinação dos incisivos inferiores e sua relação com a morfologia da sínfise, decorrente do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico, visto que o delineamento dos limites da movimentação ortodôntica é fator importante a ser considerado em todos os tratamentos ortodônticos, mas principalmente nos casos de descompensação dentária prévia à cirurgia ortognática.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Lines e Steinhauser, 1974 relataram que a mais frequente indicação para a cirurgia ortognática é o tratamento do paciente com deformidade dentofacial de classe III. O fator etiológico da má oclusão de classe III pode ser tanto a retrusão maxilar quanto a protrusão mandibular, ou uma combinação de ambas. Os autores afirmaram que a utilização da cirurgia ortognática como adjunta à terapia ortodôntica, permite que não existam limitações causadas pelas barreiras anatômicas na obtenção dos resultados ideais, o que poderia comprometer o resultado em casos mais severos.

Mulie e Ten Hoeve (1976) estudaram o efeito do posicionamento anteroposterior dos incisivos inferiores em relação à sínfise mandibular. Os autores utilizaram amostra de 23 pacientes com idades entre 11 e 15 anos, portadores de má oclusão de classe II divisão 1 e 2 de Angle e tratados com a técnica de Begg, avaliados por meio de laminografias. Os autores relataram que a morfologia e largura da sínfise são fatores determinantes na resposta dos incisivos inferiores à biomecânica.

Solow e Tallgren (1977) discutiram a influência do mecanismo dentoalveolar compensatório nas inclinações dentárias e nas relações oclusais. Quando este mecanismo é satisfatório, desvios nas relações sagitais, verticais e transversais das arcadas são compensadas por mudanças correspondentes nas relações dentárias para que a oclusão normal seja mantida.

Solow (1980) afirmou que o mecanismo dentoalveolar compensatório é o sistema que mantém relações interarcos normais. Este mecanismo coordena a erupção e posição dos dentes em relação às suas respectivas bases ósseas para a manutenção de uma relação normal entre os arcos dentários. O autor relatou que os fatores responsáveis pela adaptação dentoalveolar são: sistema eruptivo normal, forças exercidas aos arcos dentários pelos tecidos moles circundantes, como língua, lábios e bochechas, permitindo o equilíbrio da posição dentária; e o mecanismo

dentoalveolar compensatório, caracterizado pela influência na posição dentária exercida pelos dentes vizinhos durante a erupção, oclusão e mastigação.

Sperry et al., 1977 afirmaram que compensações dentárias anteroposteriores estão presentes nos pacientes com prognatismo mandibular. Estas compensações incluem: tendência de vestibularização dos incisivos superiores, lingualização dos incisivos inferiores e trespasse negativo. Os autores avaliaram clínica e cefalometricamente 36 pacientes com prognatismo mandibular que foram tratados ortodonticamente. Um grupo controle de 32 pacientes foi igualmente analisado. Os autores observaram aumento da recessão gengival vestibular e mobilidade dentária nos dentes anteriores superiores e inferiores no grupo estudado.

Proffit e Ackerman, 1982 apresentaram um gráfico ilustrativo das limitações da correção ortodôntica, denominado “envelopes de discrepância”, que representa os limites do movimento dentário em três círculos concêntricos. O invólucro interno, mais central, representa os limites de movimentação dentária ortodôntica, o mediano alterações possíveis com o crescimento; e o mais externo, as possibilidades que podem ser alcançadas por meio da cirurgia ortognática. A observação destes limites durante o diagnóstico e elaboração do plano de tratamento pode contribuir para a escolha da modalidade de tratamento a ser indicada (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Envelopes de discrepância dos dentes inferiores (Proffit; Ackerman, 1982)

Jacobs (1991) relatou que alterações nas posições axiais e verticais em resposta ao crescimento esquelético desarmonioso são chamadas de compensações dentárias. Estas alterações ocorrem devido à influência dos lábios, bochechas e língua. O plano de tratamento para a cirurgia ortognática visa remover estas compensações dentárias para que o cirurgião possa realizar os movimentos cirúrgicos adequados obtendo uma relação de classe I entre molares, caninos e incisivos.

Aki et al., 1994 realizaram um estudo com os objetivos de determinar se a morfologia da sínfise pode ser usada para prever a direção de crescimento mandibular e de avaliar as mudanças que ocorrem na sínfise com o crescimento. Para isto, os autores criaram uma proporção para a morfologia da sínfise baseada em telerradiografias laterais e encontraram uma associação entre a morfologia da sínfise e a direção de crescimento mandibular. Uma mandíbula com direção de crescimento anterior foi associada com sínfise de menor altura e maior profundidade. Com isso, presumiu-se que indivíduos com crescimento anterior da mandíbula, apresentam osso alveolar maior e podem ser menos susceptíveis a ter fenestrações ósseas.

Handelman, 1996 afirmou que a observação dos limites do tratamento ortodôntico em indivíduos adultos é importante em casos ortodôntico-cirúrgico limítrofes. As corticais ósseas vestibulares e linguais ao nível apical dos incisivos

podem representar os limites anatômicos do movimento dentário. Os incisivos inferiores apresentam, frequentemente, maior limitação no tratamento do que os incisivos superiores, devido à pequena largura de seus processos alveolares. Um processo alveolar estreito pode ser encontrado em qualquer padrão esquelético, mas é mais frequentemente encontrado em pacientes com altura facial inferior aumentada e biprotrusão severa. O autor mensurou as espessuras do osso alveolar vestibular e lingual no ápice dos incisivos superiores e inferiores a partir de telerradiografias em norma lateral de 107 indivíduos adultos. Dividiu a amostra do estudo de acordo com a classificação de Angle (classe I, II e III) e de acordo com a divergência do plano mandibular (baixa, média e alta). Pequena espessura de osso alveolar foi encontrada nas faces vestibular e lingual dos incisivos inferiores em pacientes classe I, II ou III com discrepância alta; em um grupo classe III com discrepância média; e na face lingual dos incisivos superiores em pacientes classe II com discrepância alta. Casos clínicos foram apresentados mostrando que o movimento ortodôntico pode ser limitado em pacientes com larguras ósseas alveolares estreitas e que estes pacientes podem apresentar maior incidência de sequelas iatrogênicas.

Shewinvanakitkul et al. (2011) afirmaram que para o estabelecimento de uma oclusão apropriada em máxima intercuspidação e para evitar interferências em balanceio, não deve haver diferenças significantes entre a altura das cúspides vestibular e lingual dos molares superiores e inferiores e dos pré-molares. Os autores desenvolveram um método para mensurar a inclinação vestibulo-lingual de caninos e primeiros molares inferiores por meio da TCFC (2 mA, 120 kVp, campo de visão de 12 polegadas e tamanho de voxel de 0,3 mm), em uma amostra de 37 meninos e 41 meninas, sem histórico de tratamento ortodôntico com idade média de 13,2 anos. A inclinação vestibulo-lingual dos dentes foi mensurada por meio do traçado do longo eixo do dente e de uma linha tangente à borda inferior da mandíbula. Cada dente foi avaliado individualmente e uma imagem diferente foi criada separadamente para os lados direito e esquerdo. Os autores observaram que a borda inferior da mandíbula pode ser usada como um plano de referência reprodutível. A inclinação média dos caninos inferiores foi de 98° ($\pm 4,1$) e dos molares foi de $74,6^{\circ}$ ($\pm 4,9$). A inclinação média dos caninos foi de $97,6^{\circ}$ ($\pm 3,6$) em indivíduos com oclusão de classe I e $97,3^{\circ}$ ($\pm 4,6$) em indivíduos classe III. A

inclinação média dos primeiros molares inferiores foi de $75,6^{\circ}$ ($\pm 4,9$) nos indivíduos classe I e $70,8^{\circ}$ ($\pm 1,3$) nos classe III. Não foram encontradas diferenças entre os gêneros. Os caninos inferiores pré-tratamento parecem estar vestibularizados enquanto que os molares inferiores lingualizados

Cevitanes et al., 2006 descreveram um método de sobreposição que não depende de pontos de referência ou planos, mas comparam as estruturas da base craniana voxel por voxel de cada aquisição da TCFC. Estes procedimentos permitem calcular a rotação e translação entre imagens em dois tempos diferentes, mostrar os modelos virtuais tridimensionais sobrepostos e medir as distâncias entre superfícies de modelos tridimensionais (3D). O primeiro passo no processamento de imagens é converter imagens digitalizadas DICOM para um formato que permite a segmentação de estruturas anatômicas. A segmentação de imagem é um processo de delineamento do formato das estruturas visíveis nas secções transversais de um conjunto de dados volumétricos. Análise da imagem inclui construção dos modelos tridimensionais, registro e sobreposição dos modelos em vários tempos diferentes e cálculo das distâncias entre as superfícies tridimensionais.

Johnston et al., 2006 investigaram resultados do tratamento em pacientes classe III ortodôntico-cirúrgicos. Os autores observaram que o trespasse e inclinação dos incisivos superiores e inferiores aumentou significativamente como resultado do tratamento. Os parâmetros pré-tratamento que não se enquadraram nos limites normais foram trespasse, ANB, SNB e inclinação do incisivo inferior. Houve evidência de descompensação incompleta do incisivo, visto que 46% dos pacientes apresentaram inclinação do incisivo inferior pós-tratamento menor que 87° graus e 33% apresentaram incisivos superiores vestibularizados. O objetivo principal da fase ortodôntica pré-cirúrgica é corrigir a inclinação do incisivo para o valor normal para permitir máxima correção cirúrgica. Resultados de relações esqueléticas abaixo do ideal podem ser devido a uma inadequada descompensação pré-cirúrgica dos incisivos. Quase metade dos pacientes apresentaram incisivos inferiores lingualizados ao final do tratamento (menor que 87°). A descompensação pré-cirúrgica incompleta dos incisivos inferiores pode ter diversas causas, como osso vestibular insuficiente para permitir vestibularização satisfatória dos incisivos inferiores, extrações prévias no arco inferior e resistência da musculatura do lábio inferior à vestibularização do incisivo. Outros fatores associados à descompensação

incompleta do incisivo inferior incluíram a severidade da lingualização pré-tratamento dos incisivos inferiores e o tamanho do trespassse inicial.

Pan et al., 2006 avaliaram as alterações que contribuem para a configuração mandibular de classe III empregando análises morfométricas de telerradiografias laterais de 100 adultos jovens e 70 crianças com más oclusões de classe III que foram comparadas com pacientes com oclusão normal. Os autores afirmaram que a má oclusão de classe III típica é diferenciada por uma série de características craniofaciais e de desenvolvimento, que incluem ângulo de plano mandibular alto, ângulo goníaco obtuso e um subdesenvolvimento da maxila ou excesso de crescimento da mandíbula. Os autores observaram no presente estudo que a morfologia mandibular é significativamente diferente em indivíduos classe III quando comparados a controles normais. A compensação dentoalveolar é característica da má oclusão esquelética de classe III. Em indivíduos com prognatismo, a compensação dentoalveolar é comum em ambos arcos maxilares e mandibulares.

Yamada et al. (2007) afirmaram que para pacientes com má oclusão esquelética de classe III e incisivos inferiores lingualizados, o tratamento pode ser realizado em conjunto com a cirurgia ortognática ou por meio da camuflagem ortodôntica. No tratamento ortodôntico-cirúrgico, a descompensação dentária faz com que os incisivos inferiores inclinem para vestibular; na camuflagem ortodôntica, os incisivos inferiores são lingualizados. A espessura anteroposterior do osso alveolar na região dos incisivos inferiores é fina e a distância disponível para o movimento ortodôntico do incisivo é pequena. A partir destas observações, cuidado deve ser tomado visto que se o ápice do incisivo for movimentado contra a cortical ou através do alvéolo, podem surgir reabsorções radiculares ou deiscências ósseas. Os autores examinaram a possibilidade de correlações entre as inclinações vestibulo-linguais dos incisivos centrais inferiores e o osso alveolar correspondente, e investigaram a posição vestibulo-lingual do ápice dos incisivos inferiores em relação ao osso trabecular associado, em 20 adultos com prognatismo mandibular e sem histórico de tratamento ortodôntico. Para isso, imagens foram obtidas por meio de tomografia computadorizada (espessura de corte de 1,25 mm e campo de visão de 15 cm), e foram mensuradas as inclinações vestibulo-linguais do incisivo central e do osso alveolar, a espessura do osso trabecular e a distância do ápice do incisivo central ao contorno interno das corticais vestibulares e linguais. Não foram

encontradas diferenças significantes entre os gêneros. Os autores observaram que a inclinação vestibulo-lingual do incisivo central foi significativamente correlacionada com as variáveis estudadas. A distância do ápice do incisivo central com o contorno interno da cortical óssea vestibular foi menor do que em relação à cortical óssea lingual. A partir destes resultados, foi concluído que a morfologia do osso alveolar está associada à inclinação dentária. Além disso, em adultos com prognatismo mandibular, quando o incisivo central inferior estiver lingualizado, o osso alveolar associado será menos espesso.

Chung et al., 2008 avaliaram as características morfológicas da sínfise de adultos com má oclusão de classe III e sua relação com mordida cruzada (n=28) ou mordida aberta (n=41) e comparou com indivíduos com oclusão normal. Os autores afirmaram que a morfologia da sínfise mandibular é importante porque serve como referência para a estética do perfil facial e é determinante no planejamento da posição do incisivo inferior durante o tratamento ortodôntico e cirurgia ortognática. Os fatores associados com crescimento e morfologia da sínfise incluem equilíbrio neuro-esquelético funcional, espessura do músculo masseter, ângulo do plano mandibular, sobremordida e inclinação do incisivo inferior. Durante o tratamento ortodôntico, limitar o movimento do incisivo dentro da estrutura óssea é essencial para a obtenção de estabilidade e saúde periodontal. Na má oclusão severa de classe III, a quantidade apropriada de descompensação (inclinação vestibular) dos incisivos inferiores é necessária antes da cirurgia ortognática. O osso mandibular é fortemente influenciado pela função mastigatória. Os autores hipotetizaram que devido à diferença de força de mordida dos incisivos inferiores, as características morfológicas da sínfise mandibular podem variar entre trespasse/sobremordida normal e mordida cruzada, e um trespasse negativo porém com sobremordida positiva. A sobremordida é relatada como sendo um dos principais fatores que influenciam a dimensão da sínfise. Os autores observaram uma diminuição na espessura da região do osso alveolar e na espessura da sínfise em pacientes classe III com mordida aberta. Isto sugere que o osso basal da região da sínfise pode também mostrar uma alteração adaptativa para se obter um equilíbrio neuro-esquelético funcional no complexo craniofacial devido à ausência de contato incisivo. A altura alveolar e altura total da sínfise foram menores nos pacientes classe III com mordida aberta. O osso ativamente responde à carga ou estímulo mecânico e sofre

remodelação. Na região maxilofacial, a ausência de contato incisivo pode induzir à erupção dentária compensatória junto com o alongamento do osso alveolar, que causa aumento da altura alveolar. Em contraste, nos casos de perda dentária, infra oclusão devido à anquilose ou desgaste da dentadura, a altura vertical e o volume do osso alveolar podem diminuir a longo prazo.

Carvalho, 2009 afirmou que a avaliação dos resultados do tratamento ortodôntico-cirúrgico por meio de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico tem o potencial de revelar as interações entre dentes, ossos e tecidos moles que estão sujeitos a mudanças com este tipo de terapia. O uso de ferramentas tridimensionais de superposição de modelos virtuais permite a identificação e quantificação dos deslocamentos e remodelações sofridas pelos fragmentos envolvidos na cirurgia.

Troy et al., 2009 afirmaram que as má-oclusões de classe III são discrepâncias esqueléticas sagitais relativamente raras com influências familiares, que incluem problema mandibular ou maxilar ou ainda uma combinação de ambos que é geralmente afetada pelo desenvolvimento facial vertical. As compensações dentoalveolares (incisivos superiores vestibularizados e incisivos inferiores lingualizados) são comuns em pacientes com más oclusões de classe III e ajudam a manter a função e mascarar a discrepância esquelética subjacente. Pacientes com discrepância esquelética severa podem se beneficiar de uma combinação de tratamento cirúrgico e ortodôntico para receber melhora facial e funcional. O objetivo deste estudo foi determinar se há diferenças entre a inclinação e posição do incisivo em indivíduos com má oclusão de classe III tratados por cirurgia ou camuflagem; entre inclinação de incisivo e valores normais estabelecidos, e entre inclinação de incisivo e relação esquelética em vários tempos durante o tratamento. Os autores observaram que antes do tratamento, os incisivos inferiores estavam significativamente lingualizados, porém sua posição de corpo não estava significativamente diferente da norma. Na fase pré-cirúrgica, eles mostraram vestibularização estatisticamente significativa porém não alcançaram a inclinação normal. Após a cirurgia, os incisivos inferiores, mensurados no plano formado pelos pontos Násio e B, lingualizaram significativamente, porém mantiveram a posição normal de corpo. Não foram observadas diferenças significativas do tempo inicial para o final, indicando que os incisivos inferiores vestibularizaram durante o

tratamento ortodôntico pré-cirúrgico porém retornaram à posição pré-tratamento após a cirurgia. Entre os tempos inicial e pré-cirúrgico, o grupo teste mostrou significativa descompensação dos incisivos inferiores. Após a cirurgia, os incisivos inferiores voltaram à sua posição original compensada. Os autores concluíram que é evidente que a correção cirúrgica de classe II ou III é limitada pela posição dos incisivos.

Cevidanes et al., 2010 discutiram o desenvolvimento de métodos para cirurgia mandibular assistida por computador que permite a incorporação de altos níveis de precisão, necessários para transferir planos virtuais para a sala operatória. Para isso devem ser seguidos alguns passos, como: aquisição dos dados (uma vez que as imagens são obtidas, os arquivos DICOM podem ser importados no programa de análise de imagem); segmentação da imagem (programa ITK-SNAP); identificação de estruturas anatômicas de interesse nos conjuntos de dados de imagens; visualização (programa CMF), diagnóstico (programa CMF) e extração de conhecimento clínico das representação tridimensionais da anatomia. Os programas de análise de imagens tridimensionais disponíveis oferecem ferramentas para segmentação manual, semiautomática e totalmente automática. Para o uso rotineiro, o protocolo de segmentação totalmente automático é preferível. Uma forma simples de segmentar osso na TCFC é *thresholding*. *Thresholding* classifica o voxel dependendo somente da sua intensidade. Uma certa faixa de intensidade é especificada com valores máximos e mínimos. Cada voxel pertence à classe selecionada (osso por exemplo) se seu nível de intensidade estiver dentro da faixa específica. A maior limitação do *thresholding* é a propensão a artefatos. Após a obtenção do resultado da segmentação, pós-processamento manual é normalmente necessário. Artefatos resultantes de elementos metálicos devem ser removidos. O pós-processamento manual geralmente leva algumas horas

Garib et al., 2010 afirmaram que a ortodontia clássica considerava o apinhamento, a posição dos incisivos inferiores e o padrão de crescimento como o tripé que regia o diagnóstico e o plano de tratamento. A ortodontia contemporânea incluiu nessa lista a estética da face e o sorriso. A ortodontia do futuro vai somar a esses quatro fatores a morfologia periodontal inicial do paciente. Na região da sínfise mandibular, não é raro visualizar deiscências ósseas previamente ao tratamento ortodôntico, principalmente em pacientes adultos. A explicação centra-se na

desproporção entre o diâmetro vestibulo-lingual dos incisivos inferiores e do rebordo alveolar, que muitas vezes não apresenta amplitude suficiente para envolver todo volume radicular. Os dolicofaciais apresentam a sínfise mandibular e o rebordo alveolar anteroinferior mais estreito que os demais padrões faciais. Concernente à espessura das tábuas ósseas vestibular e lingual, a diferença entre braquifaciais e dolicofaciais parece se restringir à região dos ápices dentários. A espessura da tábua óssea nos terços cervical e médio da raiz é muito semelhante nos distintos padrões faciais. No entanto, a distância do ápice até a superfície externa da cortical vestibular e lingual apresenta-se maior no braquifacial, se comparado ao dolicofacial. Sob essa perspectiva, nos pacientes com padrão de crescimento horizontal, o planejamento ortodôntico apresenta menos limitações morfológicas para a movimentação vestibulo-lingual dos incisivos inferiores. Contrariamente, os pacientes dolicofaciais apresentam as maiores restrições na possibilidade de movimentação sagital dos incisivos inferiores, principalmente no nível do ápice dos incisivos inferiores. Dessa maneira, diante da necessidade de movimentação dos incisivos inferiores no sentido vestibulo-lingual, o movimento dentário de inclinação deveria ser preferido em vez do movimento dentário de corpo. O movimento dentário de corpo movimentaria, além da coroa, também o ápice, podendo transgredir os limites de sua inserção óssea. Por outro lado, o movimento de inclinação poderia alterar a posição coronal dos incisivos inferiores, enquanto manteria o ápice na região com disponibilidade óssea.

Gracco et al., 2010 verificaram, por meio de tomografia volumétrica (NewTom 3G®), correlação entre a morfologia da sínfise mandibular e os tipos faciais em uma amostra de 148 indivíduos braquifaciais, mesofaciais e dolicofaciais, com idades entre 12 e 40 anos. O protocolo de aquisição das imagens foi 110 kVp, 2 mA, tempo de exposição de 5,4 segundos e espessura do corte de 0,5 mm. Os seguintes parâmetros foram mensurados nos quatro incisivos inferiores: altura, espessura e área da sínfise; altura, espessura e área do osso trabecular; distância entre os ápices dos incisivos e as corticais vestibular e lingual; e a inclinação de cada incisivo. Os autores observaram que a espessura total da sínfise foi maior nos indivíduos braquifaciais que nos dolicofaciais. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes na área total da sínfise entre os três tipos faciais. Nos três grupos, a altura da sínfise e as áreas totais foram maiores nos incisivos centrais

que nos laterais.

Motta et al., 2010 afirmaram que os complexos movimentos durante a cirurgia para correção das deformidades dentofaciais devem ser avaliados tridimensionalmente para melhorar os resultados, a estabilidade e reduzir os sintomas da articulação temporomandibular após a cirurgia. Com o objetivo de avaliar diferentes alterações no mesmo indivíduo, modelos de diferentes fases são sobrepostos por meio de programas que utilizam o método automático de registro por voxel, dispensando a necessidade de se localizar pontos, o que seria influenciado pelo operador e pela sobreposição de estruturas. Como a base do crânio não é alterada pela cirurgia, suas superfícies são utilizadas neste procedimento, onde o programa compara, entre duas imagens tomográficas, a intensidade da escala de cinza de cada voxel da região que será segmentada. O método de sobreposição 3D permite a avaliação de importantes deslocamentos estruturais cirúrgicos e da estabilidade em curto e longo prazo. O método tem sido utilizado primordialmente em casos ortodôntico-cirúrgicos, na avaliação dos deslocamentos esqueléticos decorrentes das diferentes osteotomias, verificação dos resultados e da estabilidade do tratamento em curto e longo prazo. Casos complexos, como deformidades faciais e assimetrias severas, como naqueles de microsomia hemifacial, podem ter seu planejamento e procedimento cirúrgico beneficiados pelo método.

Ahn e Baek, 2011 realizaram um estudo com o objetivo de determinar a compensação inicial, descompensação pré-cirúrgica e compensação pós-cirúrgica dos incisivos inferiores de acordo com a discrepância anteroposterior e tipo vertical em pacientes classe III. Os autores afirmaram que visto que os pacientes classe III apresentam várias discrepâncias esqueléticas anteroposteriores e tipos verticais, os incisivos superiores e inferiores demonstram compensação dentoalveolar diversa para manter sua função oclusal e mascarar as discrepâncias esqueléticas subjacentes. As manobras ortodôntico-cirúrgicas para os pacientes classe III incluem tratamento ortodôntico pré-cirúrgico para descompensar a má oclusão, seguido pela correção cirúrgica da discrepância esquelética e compensação pós-cirúrgica para detalhamento da oclusão. De acordo com a discrepância anteroposterior/tipo vertical previamente ao tratamento, a amostra foi dividida em quatro grupos: grupo 1 (discrepância anteroposterior severa e tipo vertical hipodivergente); grupo 2

(discrepância anteroposterior severa e tipo vertical hiperdivergente); grupo 3 (discrepância anteroposterior moderada e tipo vertical hipodivergente) e grupo 4 (discrepância anteroposterior moderada e tipo vertical hiperdivergente). Antes do tratamento, os incisivos inferiores estavam significativamente compensados de acordo com o IMPA. Os grupos 3 e 2 exibiram os incisivos inferiores mais e menos compensados (IMPA 72° e 85° respectivamente). Apesar da descompensação pré-cirúrgica, nenhum dos grupos alcançou os valores normais. Os grupos 3 e 2 exibiram o menor e o maior grau de descompensação do incisivo inferior. O padrão da mudança do IMPA em cada grupo foi diferente de acordo com a discrepância anteroposterior esquelética. Grupo 1 mostrou considerável descompensação pré-cirúrgica e insignificante compensação do incisivo pós-operatória. No grupo 2, boa descompensação pré-cirúrgica e considerável compensação do incisivo pós-operatória. O IMPA foi usado para avaliar a inclinação dos incisivos inferiores visto que não é afetado pela rotação da mandíbula ou movimento vertical dos dentes inferiores. Antes do tratamento, os incisivos inferiores tendem a erupcionar para manter a sobremordida, o alvéolo alonga e atenua vestibulo-lingualmente nos grupos hiperdivergentes. Durante o tratamento ortodôntico pós-operatório, os incisivos inferiores voltaram à sua posição original devido a quantidade insuficiente de recuo mandibular, resultando em quantidade maior que a usual de compensação pós-cirúrgica. A quantidade de mudança do IMPA durante a descompensação pré-cirúrgica foi de 5 a 8° , durante a compensação pós-cirúrgica foi de 2 a 4° e total no tratamento foi de 3 a 4° .

Ko et al., 2011 realizaram um estudo com o objetivo de comparar as mudanças dentárias e esqueléticas, estabilidade pós-cirúrgica e eficácia do tratamento de 53 pacientes classe III submetidos a cirurgia ortognática tratados com cirurgia antecipada ou tratamento ortodôntico pré-cirúrgico. Os autores afirmaram que o objetivo da ortodontia pré-cirúrgica é remover as compensações dentárias, para evidenciar a deformidade esquelética verdadeira e para obter a máxima correção esquelética na cirurgia. Os autores observaram que o padrão de classe III mostrou *status* inicial similar nas medidas dentárias e esqueléticas em ambos grupos. O SNB em ambos grupos foi quase idêntico. Ambos grupos não mostraram diferença na inclinação do incisivo inferior com o plano mandibular ao final do tratamento. Este ângulo no grupo de cirurgia antecipada mostrou mínimas

diferenças entre o início e final do tratamento. No grupo que realizou ortodontia pré-cirúrgica, este ângulo aumentou 4,3° pré-cirurgicamente e diminuiu 1,9° após a cirurgia.

Nada et al., 2011 afirmaram que o registro de imagem tridimensional pelo voxel é uma técnica semiautomática de sobreposição e comparação entre dois exames de TCFC por meio dos valores de cinza em um volume de interesse, para computar a rotação e translação requeridas para alinhar os dois exames. O objetivo deste estudo foi testar a acurácia e reprodutibilidade da sobreposição na base craniana anterior usando registros de imagem pelo voxel em 16 pares de modelos tridimensionais construídos a partir de exames de TCFC pré e pós-preparo ortodôntico pré-cirúrgico. Os autores concluíram que o registro de imagem pelo voxel na base craniana pode ser considerado um método preciso para sobreposição tridimensional.

Paniagua et al., 2011 afirmaram que os deslocamentos ósseos cirúrgicos são movimentos tridimensionais e em raios-x laterais bidimensionais, as estruturas dos lados direito e esquerdo se sobrepõem, o que limita severamente a quantificação destes componentes como superfícies separadas para correção assimétrica cirúrgica. Por este motivo, procedimentos diagnósticos bidimensionais são frequentemente de ajuda limitada para o entendimento dos defeitos tridimensionais complexos e para o planejamento das correções apropriadas. O primeiro passo após a aquisição das imagens via TCFC é a segmentação da imagem, onde as estruturas anatômicas de interesse são identificadas e delineadas na imagem de TCFC. Na cirurgia ortognática, o objetivo da segmentação é obter uma representação tridimensional (modelo de superfície) do tecido duro que pode ser usado para o planejamento virtual. A segmentação automática não oferece os melhores resultados para o planejamento cirúrgico virtual, visto que os côndilos, a superfície interna dos ramos e a maxila não são segmentadas corretamente utilizando procedimentos automáticos. Os autores utilizam a segmentação semiautomática propiciada pelo ITK-SNAP seguida por um pós-processamento manual.

Kim et al., 2012 afirmaram que a compensação dentária se manifesta em vários graus na maioria dos pacientes que são submetidos à cirurgia ortognática. Em pacientes com deformidades esqueléticas de classe III, o mecanismo compensatório

natural obriga a dentição maxilar a inclinar para vestibular, enquanto que a inclinação lingual dos incisivos e segmentos posteriores é geralmente observada na dentição mandibular. A extensão da descompensação do incisivo obtida durante o tratamento pré-cirúrgico dita a magnitude da mudança esquelética e é o principal fator determinante do sucesso ou fracasso dos resultados do tratamento. Portanto, a obtenção da descompensação dentária durante o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico é indispensável para maximizar a correção cirúrgica e garantir estabilidade dentária. Os autores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o movimento ortodôntico pré-cirúrgico dos dentes inferiores após a descompensação dentária para deformidades esqueléticas de classe III em padrões esqueléticos verticais. Para isso, 62 pacientes receberam tratamento ortodôntico pré-cirúrgico e foram registradas as mudanças na posição dos incisivo central, canino, pré-molar e primeiro molar inferior por meio de TCFC. Os autores concluíram que os incisivos movimentaram para vestibular após a descompensação dentária, portanto não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre pacientes com diferentes padrões faciais. Os caninos, primeiros e segundos pré-molares e primeiros molares se movimentaram transversalmente, porém também não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos, ou seja, o padrão esquelético vertical não afetou a extensão do movimento vestibular do incisivo. Além disso, após a descompensação dentária, os incisivos não só vestibularizaram como extruíram.

Pereira-Stabile et al., 2012 avaliaram cefalometricamente a inclinação pré-cirúrgica dos incisivos em um grupo de 50 pacientes com deformidade dentofacial de classe III. Os autores afirmaram que as compensações dentárias são comuns entre os pacientes classe III, onde os incisivos superiores estão vestibularizados e os incisivos inferiores lingualizados. Estas inclinações dentárias permitem melhor função e ajudam a mascarar a deformidade dentofacial. Quando o tratamento cirúrgico for planejado, o resultado ideal depende da descompensação. Portanto, nos pacientes classe III, a descompensação consiste na lingualização dos incisivos superiores e vestibularização dos inferiores para se obter a inclinação axial adequada nas bases ósseas correspondentes. Isto frequente colabora para a piora da aparência facial durante o período pré-cirúrgico. Esta descompensação tem a influência principal na magnitude e tipo de cirurgia desejada. Descompensação incompleta pode influenciar a qualidade e magnitude do movimento cirúrgico. Os

autores observaram que a inclinação dos incisivos inferiores diminuiu, com ângulo formado entre o incisivo inferior e a linha nasio-ponto B (L1.NB) de 22,53° e IMPA de 83,13°.

Tong et al., 2012 desenvolveram um método para mensurar a angulação mesio-distal e inclinação vestibulo-lingual do elemento dentário utilizando imagens volumétricas tridimensionais geradas de TCFC (110 kVp, 15 mA, tempo de exposição de 17 segundos e campo de visão de 12 polegadas). Os autores utilizaram um modelo plástico com 28 dentes com oclusão ideal, onde foram fixadas esferas de aço inoxidável nos centros oclusais das coroas e dos ápices, bifurcações ou trifurcações das raízes. Uma linha conectando as duas esferas em cada dente, representava seu longo eixo. As imagens obtidas a partir da TCFC foram inseridas no programa Dolphin 3D®. Os autores desenvolveram um programa de análise vetorial de raiz que definiu os longos eixos de cada dente. Algoritmos especiais foram usados para automaticamente calcular as duas variáveis testadas. As mensurações de angulação foram repetidas 5 vezes e comparadas com os valores reais. Após isso, pontos radiculares de 8 dentes selecionados foram modificados para gerar valores de angulação e inclinação conhecida. Os autores observaram que os coeficientes de correlação intraclasse para as medidas de inclinação vestibulo-lingual e angulação mesio-distal foram próximas a 1. As comparações entre as medidas de angulação e inclinação dos 8 dentes selecionados não mostraram diferenças significantes entre o que foi mensurado e os valores conhecidos, portanto a análise vetorial desenvolvida pelos autores é um método válido e preciso e pode ser aplicado clinicamente. O desenvolvimento de uma metodologia para avaliação das inclinações dentárias é importante visto que os aparelhos pré-ajustados são baseados em normas para as coroas, sem considerar as raízes, e portanto, podem não ser uma referência precisa para a definição das inclinações e angulações dentárias.

Coscia et al., 2013 relataram que a descompensação ortodôntica realizada antes da cirurgia ortognática em pacientes classe III fornece adequada inclinação dos incisivos inferiores para permitir correção sagital apropriada, porém pode resultar em deterioração do suporte periodontal especialmente no fino alvéolo vestibular. Este procedimento pré-cirúrgico é necessário para obter resultados esqueléticos e dentários ideais. Para avaliar as mudanças produzidas pelos

procedimentos cirúrgicos e ortodônticos, TCFC e telerradiografias laterais foram obtidas antes do tratamento e após o término do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico. Os autores observaram que todos os pacientes mostraram inclinação significativa dos incisivos inferiores ao final do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico. O estreitamento da largura entre as corticais vestibular e lingual é frequentemente encontrado em pacientes com relação esquelética de classe III e face longa como consequência da altura facial aumentada. Em pacientes com prognatismo mandibular, a ocorrência de perda óssea alveolar é mais comum nos dentes anteriores inferiores e o movimento excessivo vestibular ou lingual dos incisivos não é recomendado para prevenir perdas ósseas irreversíveis nas corticais ósseas.

Kim et al., 2013 realizaram um estudo com o objetivo de quantificar as mudanças dos tecidos moles nos terços médio e inferior da face após a cirurgia ortognática entre grupos de pacientes classe III que realizaram cirurgias de uma ou duas bases ósseas. Os autores utilizaram o programa ITK-SNAP e visto que a base craniana é uma estrutura estável, foi utilizada como ponto de referência no registro das imagens antes da cirurgia e seis meses após a cirurgia. Os autores concluíram que as mudanças dos tecidos moles da face média foram mais evidentes no grupo de realizou cirurgia bimaxilar.

Molina-Berlanga et al., 2013 compararam a compensação dentoalveolar do incisivo inferior e morfologia da sínfise mandibular entre pacientes com má oclusão de classe I e III com diferentes padrões esquelético-faciais. Os autores afirmaram que na má oclusão de classe III, tipicamente, o incisivo superior está vestibularizado, enquanto que o incisivo inferior está lingualizado. Na dimensão vertical, a compensação é alcançada variando o comprimento da sínfise e por meio da erupção dentária. Para a realização do estudo, as dimensões da sínfise mandibular foram quantificadas por meio das seguintes medidas: LP: osso posterior ao ápice do incisivo; LA: osso anterior ao ápice do incisivo e; LH: osso inferior ao ápice do incisivo. Os autores observaram que quando as dimensões da sínfise (LP, LA e LH) dentre as duas má-oclusões foram avaliadas, não foram encontradas diferenças significantes. Variações no plano mandibular tiveram uma correlação negativa com LA e uma correlação positiva com LH em ambos grupos. Nos pacientes classe III, foi encontrada correlação negativa entre o plano mandibular e LP. Além disso, os autores observaram que quanto maior a inclinação do incisivo, maior a quantidade

de osso entre o ápice e a cortical da sínfise. Quanto maior a extrusão, maior a distância basal ao ápice da sínfise. Nos pacientes classe III, extrusão e LH aumentaram e IMPA e LA diminuíram. Dentre os diferentes tipos faciais nos pacientes classe III, não foram encontradas diferenças significantes na quantidade de lingualização do incisivo. Não foram encontradas diferenças significantes entre as dimensões da sínfise entre os pacientes Classe I e III e dentre os diferentes tipos faciais dos pacientes classe III.

Oh et al., 2013 avaliaram as mudanças tridimensionais dos tecidos moles observadas após a cirurgia bimaxilar para o prognatismo mandibular usando sobreposição a partir de TCFC de 25 pacientes. Para isso, os *scans* originais 3D foram obtidos em um formato DICOM e importados no programa ITK-SNAP. Além disso, modelos de superfície tridimensionais em três tempos distintos (antes de cirurgia e 2 e 6 meses após a cirurgia) da base craniana foram criados pela segmentação baseada nas intensidades dos níveis de cinza. As imagens volumétricas pós-cirúrgicas foram sobrepostas na imagem pré-cirúrgica baseada na estrutura óssea da base craniana e reorientadas correspondendo à imagem pré-cirúrgica. Os modelos virtuais da maxila e mandíbula foram criados pela segmentação usando o ITK-SNAP. O programa CMF foi utilizado para mensurar as mudanças faciais e mostrar os mapas de cores calculados a partir da distância do ponto mais próximo em milímetros entre as imagens sobrepostas dos três tempos. Vermelho e azul nos mapas de cores indicaram deslocamentos para fora e para dentro, respectivamente, e verde indicou que não ocorreu mudanças. Os autores concluíram que as mudanças dos tecidos moles pós-cirúrgicas ocorreram no terço médio da face.

De Paula et al., 2013 realizaram um estudo com o objetivo de aplicar um método para avaliar resultados cirúrgicos 1 ano após cirurgia ortognática para 50 pacientes classe III submetidos a dois tipos de protocolos cirúrgicos. Os autores afirmaram que a má oclusão esquelética de classe III pode ser corrigida por conduta ortodôntico-cirúrgica, que além de melhorar a estética e função é estável com o passar do tempo. *Shape correspondence* foi introduzido como um método de quantificar deslocamentos cirúrgicos na área de cirurgia ortognática. Este método não depende de pontos de referência específicos bi ou tridimensionais, porém tem o objetivo de automaticamente obter pontos correspondentes nos modelos

tridimensionais cirúrgicos “antes” e “depois” e é capaz de quantificar as mudanças que ocorreram nos três eixos do espaço (x, y, z). Após a aquisição da TCFC, segmentações semiautomáticas foram completadas para os volumes utilizando ITK-SNAP. Este programa permite a construção de modelos baseado na intensidade da escala de cinza do voxel. Para sobrepor diferentes tempos, todos os modelos pós-cirúrgicos foram registrados à base craniana do volume pré-cirúrgico. O método de registro consiste em um registro rígido baseado no voxel totalmente automático que compara a intensidade das escalas de cinza do voxel na base craniana. Modelos correspondentes distribuídos por pontos de todas as regiões de interesse foram computados. Este método estabelece correspondência baseado da geometria inerente da população. Outra característica fornecida pela análise de *shape correspondence* é a informação de direcionalidade do movimento. Mapas de cores vetoriais mostram os movimentos antes e depois entre estruturas correspondentes, visualmente demonstrando sua rotação ou translação.

Wang et al., 2013 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a descompensação do incisivo inferior e os tecidos periodontais circundantes em 56 pacientes classe III submetidos a ortodontia assistida por corticotomia pré-cirúrgica. Os pacientes foram divididos em dois grupos: pacientes que realizaram corticotomia pré-cirúrgica e pacientes que realizaram ortodontia pré-cirúrgica convencional. As imagens tridimensionais obtidas mostraram que a quantidade de descompensação do incisivo inferior foi maior no grupo 1. No entanto, a quantidade de reabsorção radicular e perda óssea vertical foram menores no grupo 1.

Al-Khateeb et al., 2014 avaliaram telerradiografias laterais de pacientes com má oclusão de classe I, II e III com o objetivo de avaliar a morfologia e dimensão da sínfise mandibular em diferentes relações anteroposteriores da mandíbula. Os autores observaram que a deformidade dentofacial de classe III exibiu um contorno anterior menos côncavo na sínfise mandibular, um aumento na sua dimensão vertical e maior inclinação da sua porção alveolar em direção ao plano mandibular. Além disso, maiores dimensões e área da sínfise mandibular foram observados nos pacientes classe III. Uma correlação fraca porém significativa foi encontrada entre a inclinação dos incisivos inferiores e a porção alveolar da sínfise.

Almukhtar et al., 2014 afirmaram que o método para quantificar as mudanças cirúrgicas utilizando imagens tridimensionais é similar ao método utilizado nas análises bidimensionais, porém com a adição de uma terceira dimensão (a profundidade) que aumenta a quantidade de informação obtida da imagem facial. No entanto, a técnica de sobreposição pré e pós-cirúrgica de imagens tridimensionais é mais complexa devido à natureza 3D das imagens. O volume da imagem é composto de pequenas unidades chamadas voxels, que são unidade volumétricas com dimensões x, y e z isotrópicos em um formato DICOM. Cada voxel tem uma escala de cinza única que depende da opacidade da estrutura digitalizada naquele volume. O registro pelo voxel utiliza diferenças da escala de cinza dos voxels para alinhar duas imagens DICOM na melhor sobreposição atingindo a menor diferença total de densidade de escala de cinza entre as duas imagens. O registro baseado no voxel usa as intensidades ao longo de todo volume selecionado e portanto usa o conteúdo da imagem como a base do registro e é útil onde é difícil de detectar distintas características topográficas de superfície. O objetivo deste estudo foi determinar se há diferença estatisticamente significativa na acurácia da sobreposição da imagem entre dois métodos de registro ou seja, baseado na superfície e baseado no voxel. Os autores afirmaram que apesar do fato de ambos métodos de registro utilizarem a informação fornecida por uma imagem DICOM gerada por TCFC, o registro pelo voxel lida com a informação bruta da imagem DICOM por meio da comparação da intensidade da escala de cinza dos voxels que compõe a imagem DICOM correspondente; por outro lado, o registro pela superfície requer um passo extra envolvendo renderização do modelo 3D para gerar um modelo de superfície tridimensional, na qual o registro é realizado. Este passo adicional pode induzir a erros visto que o algoritmo utilizado para a segmentação do modelo 3D depende do valor Hounsfield da imagem DICOM da TCFC. O registro pelo voxel usa os valores da escala de cinza de todos os voxels inseridos dentro e ao redor da estrutura anatômica e não é dependente de características de superfície. O registro pelo voxel lida com todo o conteúdo do volume selecionado, o que pode teoricamente aumentar a acurácia do método. Os autores observaram que o registro baseado na superfície demonstrou maior variabilidade da sobreposição. Os autores concluíram que não foram detectadas diferenças estatisticamente significantes entre os métodos avaliados. No entanto, o registro pelo voxel mostrou maior consistência na representação das posições reais dos tecidos moles e duros.

Closs et al., 2014 afirmaram que a terapia ortodôntica pode estar associada ao desenvolvimento de recessão gengival. Muitos fatores pode estar envolvidos na causa destes resultados, incluindo aspectos anatômicos e comportamentais. Dentre os aspectos anatômicos, as dimensões da sínfise mandibular podem ser consideradas um fator predisponente. Este estudo avaliou a relação entre as dimensões da sínfise mandibular previamente à terapia ortodôntica e o desenvolvimento de recessão gengival nos incisivos e caninos inferiores. Para avaliar as dimensões da sínfise, sua altura foi mensurada por meio de uma linha vertical tangente ao ponto B, a partir do ponto B até a linha tangente ao limite inferior da sínfise. A maior profundidade da sínfise foi mensurada como a distância da projeção do ponto mais anterior ao ponto mais posterior da sínfise no plano horizontal. A inclinação dos incisivos inferiores foi obtida por meio do IMPA. Os autores observaram que ao final do tratamento, pacientes com diferentes dimensões de sínfise não estavam associados a maiores graus de recessão gengival. Indivíduos com mandíbulas com direção de crescimento anterior foram associados com sínfise de menores alturas e maiores profundidades.

Guedes et al., 2014 afirmaram que pacientes com deformidades dento-esqueléticas requerem movimentos vestibulo-linguais dos incisivos para o tratamento cirúrgico (descompensação) ou ortodontia (compensação). Nestes pacientes, atenção maior é necessária no planejamento dos movimentos vestibulo-linguais dos dentes anteriores superiores e inferiores. Movimentos ortodônticos além dos limites do osso alveolar podem causar deiscências vestibulares que podem predispor à recessão gengival a longo prazo. Ambas corticais vestibular e lingual dos incisivos inferiores são muito finas. Esta preocupação é ainda maior quando há envolvimento esquelético no sentido sagital e vertical, como nos pacientes classe III com dimensões faciais verticais excessivas, onde a sínfise mandibular é ainda menor. Sobre esta perspectiva, com o objetivo de planejar a descompensação ortodôntica dos incisivos inferiores, em pacientes classe III hiperdivergentes, o ortodontista deve considerar, além da quantidade de apinhamento do incisivo, o biótipo gengival e os efeitos do movimento vestibular do incisivo nas corticais ósseas vestibular e lingual. O principal objetivo da descompensação ortodôntica em pacientes classe III é criar uma sobressaliência negativa, permitindo a correção cirúrgica das discrepâncias sagitais. Em geral, os incisivos superiores estão

lingualizados e os incisivos inferiores estão vestibularizados. A descompensação vestibulo-lingual, especialmente dos incisivos inferiores, pode superar os limites biológicos e levar à reabsorção das corticais ósseas.

McNeil et al., 2014 realizaram um estudo com o objetivo de determinar se os incisivos estão adequadamente descompensados no tratamento ortodôntico pré-cirúrgico e quantificar quaisquer diferenças entre os incisivos em pacientes classe II e III a partir de telerradiografias laterais iniciais e pré-cirúrgicas de 86 pacientes que realizaram tratamento ortodôntico e cirurgia ortognática. Os autores afirmaram que aproximadamente 4% da população apresenta deformidade dentofacial necessitando de tratamento ortodôntico-cirúrgico combinado e estes pacientes apresentam quantidade variada de compensação dentoalveolar. O resultado do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico influencia a magnitude dos movimentos que podem ser obtidos na cirurgia, visto que a oclusão é utilizada como guia cirúrgico, em adição às informações obtidas no planejamento predictivo das telerradiografias. A descompensação do incisivo é um dos fatores principais que contribuem para o resultado geral estético e funcional e na ausência de uma adequada descompensação do incisivo, a mudança cirúrgica e a posição esquelética final podem ser limitadas pela extensão do trespasse incisivo. Os autores observaram que a quantidade de descompensação dos incisivos superiores entre pacientes classe II ou III não diferiu, porém a quantidade de movimento dentário dos incisivos inferiores foi estatisticamente maior no classe II. Além disso, adequada descompensação foi mais encontrada na mandíbula do que na maxila.

Nguyen et al., 2014 afirmaram que a má oclusão de classe III pode se apresentar como hipoplasia da maxila, prognatismo da mandíbula ou uma combinação de ambos. Os autores avaliaram as mudanças esqueléticas tridimensionais utilizando a análise de correspondência de forma em 25 pacientes com classe III esquelética tratados com protração maxilar, usando elásticos intermaxilares e mini-placas bilaterais. TCFC foi obtida antes da carga inicial e após 1 ano. Após a aquisição das imagens, modelos virtuais tridimensionais foram criados utilizando o programa ITK-SNAP. Os modelos virtuais foram registrados na fossa craniana anterior. Após o registro, as imagens sobrepostas foram validadas pela precisão, corte por corte, em todos os planos do espaço, por um examinador. Os modelos mandibulares registrados foram orientados ao plano horizontal de

Frankfurt/sagital mediano e divididos em hemimandíbulas para a análise de correspondência de forma. Os modelos de superfície segmentados das hemimandíbulas foram convertidos em malhas de superfície contendo 4002 pontos. Estas mandíbulas foram então transformadas em esferas unitárias usando um processo de mapeamento esférico de mínima distorção chamado “parametrização esférica”. As esferas tem três diferentes polos de eixos com exclusivo sistema de coordenadas 3D para cada ponto individual da esfera. Os modelos de superfície foram alinhados pela computação de uma transformação ótima, linear e geométrica que melhor mapeia os deslocamentos entre os tempos de tratamento. A parametrização esférica estabelece correspondência entre as superfícies, e pontos correspondentes são computados. Vetores das regiões de interesse foram medidos e analisados. Os autores afirmaram que esta metodologia é proposta como uma alternativa à quantificação de mudanças com distâncias da superfície do ponto mais próximo. Este método foi introduzido na análise de imagens tridimensionais pelo seu potencial de reduzir erros operacionais e intraoperadores durante a coleta de dados. Pode ser uma ferramenta válida para avaliar crescimento e respostas ao tratamento em estudos longitudinais. Os autores concluíram que o uso de imagens tridimensionais permite a visualização e interpretação dos resultados de tratamento para protração maxilar.

Wang et al., 2014 avaliaram quantitativamente a descompensação do incisivo inferior e a região periodontal circundante após a ortodontia assistida por corticotomia em pacientes classe III. Os autores hipotetizaram que este tratamento poderia ser benéfico nos pacientes com má oclusão de classe III. Os autores observaram que L1-MP (ângulo do incisivo inferior com o plano mandibular) aumentou do início do tratamento para o pré-cirúrgico. A vestibularização dos incisivos inferiores foi obtida durante o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico e foi mantida após a cirurgia.

Cappellozza et al., 2015 relataram que a avaliação pela TCFC é um método amplamente utilizado em Odontologia. Os autores realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a inclinação dos incisivos superiores e inferiores pré e pós-descompensação ortodôntica em pacientes com má oclusão de classe III. A amostra constituiu-se de seis adultos e o tratamento ortodôntico foi conduzido com aparelhos com canaletas de encaixe 0.022 x 0.030'. A sequência de arcos foi: 0.018 NiTi,

0.016 aço, 0.018 aço, 0.020 aço, 0.019 x 0.025' titânio e aço. Todos os indivíduos foram submetidos a TCFC antes do tratamento e após a colocação dos últimos arcos retangulares. No arco mandibular, um aumento de 15,2° foi observado para os incisivos centrais e 13,6° para os incisivos laterais. A descompensação ortodôntica analisada desencadeou mudanças na inclinação dos incisivos, especialmente inferiores.

Cevitanes et al., 2015 afirmaram que em um procedimento conhecido como segmentação da imagem, é possível identificar e delinear as estruturas anatômicas de interesse da TCFC para obter uma representação tridimensional dos tecidos moles e duros. O maior desafio com a segmentação é que os tecidos moles e duros das imagens de TCFC não tem unidades Hounsfield correspondentes. Uma imagem de TCFC obtida de um indivíduo pode ter diferentes níveis de intensidade para osso, cartilagem e tecidos moles. Não podemos esperar de nenhum método de segmentação padrão que funcione igualmente para todas as tarefas. Muitos programas comerciais incorporam um algoritmo de *thresholding* para suas segmentações. Apesar que isso geralmente funciona bem para ossos espessos e densos como a mandíbula, normalmente falha para ossos finos como côndilos e superfícies vestibulares dos dentes. Portanto, segmentação e representação precisa destas regiões anatômicas são importantes. Os autores utilizam para isso, o ITK-SNAP. O procedimento semiautomático no ITK-SNAP usa métodos de contorno ativo para computar características da imagem baseada nos limites e intensidades dos níveis de cinza das imagens de TCFC. Este programa é mais versátil porque permite o ajuste dos parâmetros para detecção automática de intensidades e limites e permite aos usuários edição interativa dos contornos. O próximo procedimento de análise de imagem consiste em registrar os *scans* e suas respectivas segmentações volumétricas em um sistema de coordenadas comum utilizando uma região como referência. O processo de registro envolve transformações computadorizadas. Transformação é uma operação matemática que aplica a matriz para mover os pontos de uma imagem 3D ou modelo de superfície em múltiplos planos no espaço tridimensional. *Scans* de TCFC longitudinais obtidos em diferentes tempos de tratamento podem ser registrados pela computação de diferenças da posição da cabeça em relação a uma estrutura anatômica de referência estável. Os procedimentos de registro de imagem que os autores consideram mais confiáveis

são, a seguir: (1) estabelecimento de um sistema de coordenadas comum entre os indivíduos não baseada em um simples plano ou linha, é essencial para permitir comparação de grupos e medidas consistentes. Quantificação de direções de mudanças anteroposterior, vertical e transversal requer orientações consistentes da cabeça de todos indivíduos e aquisição de imagem usando posição natural da cabeça; (2) para registros pelo voxel para avaliações longitudinais, a principal força deste método é que o registro não depende do quão precisas as segmentações volumétricas representam a verdade anatômica ou da localização de um número limitado de pontos de referência. Métodos de registro pelo voxel comparam voxel por voxel os valores do nível de cinza em duas imagens de CBCT para calcular os parâmetros de rotação e translação entre elas. Os autores desenvolveram um método totalmente automatizado para registro na base craniana e regional (para avaliar remodelação óssea na maxila e mandíbula). Todos os procedimentos de registro de imagens descritos acima podem ser realizados nos módulos *Transforms* e *CMFRegistration* no programa Slicer. Para análises visuais com exibição gráfica da variabilidade morfológica 3D e mudanças ao longo do tempo, após o registro, as segmentações volumétricas 3D registradas podem ser usadas para: sobreposições com cores contrastantes opacas ou semitransparentes e distâncias lineares 3D exibidas graficamente com mapas codificados por cores calculados usando os pontos de superfície correspondentes ou mais próximos. As sobreposições fornecem avaliação qualitativa visual da localização e direção das mudanças ou diferenças morfológicas. Avaliações quantitativas podem fornecer distâncias e ângulos entre pontos de referência e planos nos modelos de superfície.

Choi et al., 2015 testaram a hipótese que alterações periodontais são similares entre grupos de incisivos inclinados e que sofreram poucas mudanças durante o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico para pacientes Classe III. Os autores afirmaram que em casos de classe III esquelética nos quais está planejada a cirurgia ortognática, tratamento ortodôntico pré-cirúrgico é necessário para descompensação dentária e coordenação de arcos. Incisivos inferiores que estão lingualizados devido à compensação dentária necessitam ser corrigidos, o que pode levar à recessão gengival. Devido ao fato que pacientes classe III com perfis normodivergentes ou hiperdivergentes tendem a ter osso alveolar anterior mandibular mais fino que pacientes classe I ou II com padrões verticais similares, recessão pode ocorrer mais

frequentemente em pacientes classe III com perfis normodivergentes ou hiperdivergentes. Os autores observaram que durante o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico, o incisivo inferior vestibularizou (IMPA aumentou $14,18^\circ$, e a ponta do incisivo inferior moveu 2,65mm para frente e 1,12 mm para cima). Os autores confirmaram a hipótese de que recessão gengival, com reabsorção óssea subjacente, ocorre durante o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico. No entanto, a quantidade de recessão gengival, menor que 1 mm, é similar à que ocorre no tratamento ortodôntico de rotina.

Sun et al., 2015 utilizaram TCFC para obter imagens radiográficas precisas para investigar as características da morfologia do osso alveolar na região dos incisivos inferiores e mudanças após o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico. Os autores afirmaram que a má oclusão esquelética de classe III é comum e afeta a aparência dos pacientes e a oclusão. A combinação entre ortodontia e cirurgia ortognática é um método de tratamento efetivo para adultos com má oclusão esquelética de classe III. O grau de descompensação ortodôntica antes da cirurgia pode afetar diretamente a qualidade e quantidade de movimentos ósseos durante a cirurgia. Para medir os parâmetros dos incisivos inferiores na má oclusão de classe III, os autores usaram a TCFC. Para testar o efeito da descompensação ortodôntica, telerradiografias foram obtidas. Os dados mostraram que SNA, SNB, ANB, Wits e GoGn-SN não foram diferentes antes e após a ortodontia. Porém, FMIA reduziu significativamente de $71,90 \pm 9,42^\circ$ (antes do tratamento) para $57,67 \pm 8,30^\circ$ (1 mês antes da cirurgia ortognática), enquanto que o IMPA aumentou significativamente de $78,79 \pm 8,08^\circ$ (antes do tratamento) para $90,12 \pm 4,14^\circ$ (1 mês antes da cirurgia ortognática).

Weissheimer et al., 2015 realizaram um estudo com o objetivo de validar um método para sobreposição tridimensional rápida da TCFC em 18 pacientes adultos e em crescimento. Os autores relataram que enquanto a sobreposição cefalométrica bidimensional é o método convencional usado para avaliar crescimento e resultados de tratamento, melhoras nos algoritmos de registro de imagem fizeram a sobreposição de volumes de TCFC, o estado-da-arte para avaliação de resultados. O método de sobreposição pelo voxel é o método mais eficiente e compara estruturas de referência imutáveis nos dados volumétricos voxel por voxel, não depende da identificação do ponto de referência e não está limitado a erros de

segmentação.

Ahn et al., 2016 relataram que o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico é tipicamente necessário para corrigir posições dentárias compensadas que resultam de crescimentos mandibulares indesejáveis. A correção das compensações dentárias permite o posicionamento mais favorável dos segmentos mandibulares durante a cirurgia e permite oclusão mais precisa e estável após a cirurgia. Os autores realizaram um estudo com o objetivo de elucidar os efeitos da corticotomia em 30 pacientes classe III antes do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico para descompensar os dentes anteriores inferiores. Os pacientes foram divididos em 2 grupos de acordo com a realização da corticotomia vestibular nos dentes inferiores: experimental (com corticotomia) e controle (sem corticotomia). Imagens de TCFC obtidas antes do tratamento ortodôntico e da cirurgia foram analisadas com o programam odontológico InVivo (Anatomage, San Jose, Calif). O IMPA e a distância mento vert-L1 (menor distância entre a ponta do incisivo central inferior e a linha perpendicular ao plano mandibular, a partir do mento) foram usados para quantificar a quantidade de descompensação dos dentes anteriores inferiores. O IMPA é uma medida considerada relevante pois não é afetada pela rotação mandibular, no entanto, o IMPA não diferencia os tipos de movimento dentário, como inclinação controlada *versus* inclinação incontrolada. Visto que a posição anteroposterior e a inclinação dos incisivos inferiores afeta a quantidade de recuo mandibular na cirurgia ortognática, é necessária uma análise cuidadosa destes dentes. Os resultados mostraram que as mudanças no IMPA foram similares entre os grupos, enquanto que a distância mento vert-L1 foi quase o dobro no grupo com corticotomia. Isto é devido ao fato de que no grupo experimental, o movimento incisivo foi de inclinação controlada e no grupo controle, incontrolada. Isto permite mais movimento de recuo mandibular durante cirurgia ortognática no grupo experimental do que no grupo controle.

Koerich et al., 2016a realizaram um estudo com o objetivo de validar um novo método de sobreposição regional rápida de *scans* de TCFC, testando a acurácia e reprodutibilidade de um método de sobreposição regional da maxila e da mandíbula em pacientes adultos. Os autores afirmaram que existem três tipos básicos de sobreposição que os clínicos precisam conhecer: (1) baseado no ponto de referência; (2) baseado na superfície; e (3) baseado no voxel. O último é mais

eficiente método compara estruturas de referência imutáveis nos dados volumétricos voxel por voxel, não depende da identificação do ponto de referência como no primeiro método e não é limitado pelos erros inerentes à segmentação como no método baseado na superfície. Em ortodontia e cirurgia oral e maxilofacial, a sobreposição dos *scans* de TCFC com grandes campos de visão têm sido usados para avaliar resultados ortopédicos e cirúrgicos. Os autores concluíram que independente do programa utilizado e do tempo consumido para processar a sobreposição, a sobreposição baseada pelo voxel parece ser o padrão ouro quando a base craniana for usada como referência.

Koerich et al., 2016b realizaram um estudo com o objetivo de investigar como os deslocamentos das estruturas maxilo-mandibulares são associados entre si na remoção do *splint* e um ano após a cirurgia de uma ou duas bases ósseas para correção da má oclusão de classe III em 50 pacientes. Os autores afirmaram que a hierarquia de estabilidade de cirurgia ortognática para correção de classe III indica que o avanço maxilar é altamente estável, cirurgia de duas bases ósseas com fixação interna rígida é somente estável e recuo mandibular isolado é o menos estável. Os autores obtiveram imagens de TCFC em três diferentes tempos: antes da cirurgia, na remoção do *splint* em 6 semanas após a cirurgia e em 1 ano. As imagens foram processadas no programa ITK-SNAP e para sobrepor diferentes tempos, os modelos pós-cirúrgicos foram registrados usando a base do crânio do volume pré-cirúrgico como referência. As distâncias de superfície correspondentes foram observadas por mapas vetorizados para observar a direcionalidade entre os deslocamentos. Os autores observaram que os deslocamentos cirúrgicos e adaptações pós-cirúrgicas são frequentemente correlacionados em cirurgias de uma base óssea e são em geral, independentes em cirurgias de duas bases ósseas. Ambos grupos apresentaram rotação horária mandibular na cirurgia e rotação anti-horária ocorreu durante a adaptação pós-cirúrgica.

Lombardo et al., 2016 realizaram um estudo com o objetivo de comparar a pré-maxila e sínfise em indivíduos classe I e III, a partir de TCFC, com relação a inclinação do incisivo, morfologia da sínfise, morfologia do processo alveolar superior e espessura óssea anterior e posterior na maxila e mandíbula em 62 indivíduos com idades entre 11 e 53 anos. Os autores observaram que nos indivíduos mesofaciais, os incisivos superiores são mais vestibularizados na Classe III do que na Classe I.

Todos os incisivos inferiores mostraram diferenças significantes entre os dois grupos, evidenciadas principalmente pela distância entre as margens incisais à linha A-Pog. No grupo dolicofacial, os dados não mostraram diferenças entre Classe III e Classe I, porém muitas foram reveladas nos indivíduos braquifaciais. Os incisivos inferiores, apresentaram-se lingualizados, principalmente nos pacientes classe III. Foi encontrada fraca correlação entre inclinação do incisivo e tipo facial. Com relação à sínfise, os autores enfatizaram a importância de avaliar a posição precisa dos ápices das raízes dos incisivos no osso alveolar antes do início do tratamento para minimizar a possibilidade de reabsorção ou deiscência. Nos pacientes mesofaciais, a proximidade dos ápices dos dois incisivos centrais superiores às corticais internas e externas foram significativamente maior nos Classe III, apesar que nenhuma diferença significativa foi encontrada nos incisivos inferiores. Da mesma forma, não foi encontrada diferença significativa nos pacientes dolicofaciais. Nos braquifaciais, uma maior distância entre o ápice do incisivo lateral esquerdo e dos incisivos inferiores e as corticais vestibulares foi encontrada no classe I do que no classe III. Isto reflete o maior grau de inclinação lingual dos incisivos nos pacientes classe III, não sendo indicado nestes casos a camuflagem ortodôntica. Por último, os autores encontraram que a sínfise é mais espessa em indivíduos classe I comparados aos classe III.

Ruellas et al., 2016a realizaram um estudo com o objetivo de avaliar como a orientação da cabeça interfere com a quantidade de mudança direcional no espaço tridimensional e propor um método para obter um sistema de coordenadas comum utilizando modelos de superfície tridimensionais. Os autores afirmaram que com o advento das avaliações tridimensionais em Ortodontia, modelos tridimensionais gerados pela TCFC têm sido usados para avaliar as modificações causadas pelo crescimento ou diferentes tipos de tratamento. Os deslocamentos dentários e esqueléticos e a remodelação óssea da maxila e mandíbula podem ser quantificados pelas medidas lineares e angulares tridimensionais baseado em pontos de referência homólogos definidos pelos observadores, ou pelas distâncias de superfície linear tridimensionais em milhares de malhas nos modelos de superfície (que podem ser graficamente mostradas como mapas de superfície codificados por cores). Os autores afirmaram que para qualquer estudo envolvendo *scans* com diferentes orientações de cabeça, o entendimento da direção das mudanças maxilo-

mandibulares para todos os pacientes depende do estabelecimento de um sistema de coordenadas comum, a partir do qual projeções direcionais podem ser consistentes através dos pacientes. Inconsistência da orientação da cabeça pode levar a medidas inconsistentes, por exemplo, deslocamentos anteriores se tornariam mais inferiores com a cabeça em rotação horária. Para a realização do estudo, primeiramente foi realizada a aproximação dos *scans* T1 e T2 pelo mesmo observador, tendo como referência o melhor encaixe dos contornos da base craniana utilizando a ferramenta *Transforms* no programa Slicer. Após este passo, foi realizada a construção das segmentações volumétricas tridimensionais da maxila para o T1 e T2 pelo programa ITK-SNAP e a construção de modelos de superfície tridimensionais. Foi realizada a colocação de pontos de referência nas segmentações em T1 e T2. Após isso, foi realizado o procedimento de registro pelo voxel, o qual utiliza as estruturas da base craniana como máscaras de referência, indicando ao programa em quais áreas estáveis ele deve procurar por voxels correspondentes. A orientação da cabeça dos modelos de superfície T1 foi realizada com a ferramenta *Transforms* no programa Slicer utilizando como referência os planos Frankfurt horizontal, sagital mediano e transporiônico. A matriz (arquivo que contém a informação relativa aos movimentos translacionais e rotacionais para obter a orientação) gerada por este passo foi aplicada ao modelo de superfície registrado do T2, obtendo a mesma orientação da cabeça. Os autores concluíram que a quantidade de mudanças direcionais em cada plano tridimensional é fortemente influenciado pela orientação da cabeça. Posicionamento padronizado da orientação da cabeça e um sistema de coordenadas comum permitem avaliações anteroposteriores, vertical e transversal apropriadas. O método proposto de orientação da cabeça é reprodutível.

Ruellas et al., 2016b realizaram um estudo com o objetivo de avaliar três regiões de referência (Bjork, Bjork modificado e corpo mandibular) para o registro da mandíbula por meio da TCFC obtida antes e após o tratamento em uma amostra de 16 pacientes em crescimento por meio de 8 pontos de referência. Os autores afirmaram que a sobreposição em estruturas mandibulares estáveis pode ser usada para avaliar mudanças ocasionadas pelo crescimento ou tratamento na mandíbula sem o uso de implantes metálicos. O método estrutural de sobreposição foi baseado nas seguintes estruturas estáveis da mandíbula: o contorno anterossuperior do

mento, a cortical interna da borda inferior da sínfise mandibular, a estrutura trabecular da sínfise, o contorno do canal mandibular e o contorno inferior do germe em desenvolvimento do terceiro molar antes do início do desenvolvimento radicular. É fato que as imagens tridimensionais podem ser sobrepostas ou registradas usando milhares de pontos, formatos e volumes ao invés de linhas ou curvas e permitindo a avaliação baseada nas diferenças obtidas diretamente de imagens sobrepostas. Um dos objetivos da sobreposição tridimensional de imagens seriadas é entender como mudanças em tamanho e formato e posições espaciais de tecidos esqueléticos, dentários e moles podem contribuir para um específico padrão esquelético e dentário. Os modelos de superfície tridimensionais podem ser sobrepostos para avaliação de crescimento, mudanças ocorridas com o tratamento, estabilidade ou diagnóstico inicial. A distância entre as superfícies em diferentes tempos, pode ser utilizada para identificar e quantificar valores e direção das mudanças. Estruturas anatômicas relatadas como estáveis em telerradiografias laterais para sobreposição regional podem não ser confiáveis para análise tridimensional que também envolva a dimensão transversal. A análise das imagens foi realizada baseada nos seguintes passos:

1. Construção das segmentações volumétricas tridimensionais na base do crânio, maxila e mandíbula em T1, utilizando o programa de código-aberto ITK-SNAP. A segmentação semiautomática no ITK-SNAP utiliza métodos de contorno ativo para computar estruturas anatômicas baseado na intensidade e limites dos níveis de cinza da imagem de TCFC. O *thresholding* foi ajustado *scan por scan* porque o ITK-SNAP permite o ajuste dos parâmetros para detecção automática das intensidades e limites, assim como permite que o usuário edite o contorno interativamente. A segmentação tem dois objetivos: definir a região anatômica de interesse para o programa procurar onde realizar o registro pelos voxels correspondentes e construir modelos de superfície tridimensionais para medição quantitativa e qualitativa utilizando o programa Slicer 4.4.
2. Orientação da cabeça: a partir das segmentações volumétricas tridimensionais em T1, modelos de superfície tridimensionais em T1 são gerados e utilizados para a orientação da cabeça. Os modelos

de superfície tridimensionais em T1 foram orientados utilizando a ferramenta *Transforms* no programa Slicer. A orientação tridimensional foi obtida usando três planos: Frankfurt horizontal, sagital mediano e transporiônico. O plano sagital mediano foi definido pelos pontos glabella, crista galli e basio. O plano horizontal de Frankfurt foi definido bilateralmente pelos pontos porio direito e esquerdo e orbitário direito e esquerdo. O plano transporiônico foi definido bilateralmente pelos pontos porio que estavam perpendiculares ao plano horizontal de Frankfurt. O programa Slicer disponibiliza um sistema de coordenadas tridimensionais fixo (o vermelho, amarelo e verde) que foi usado como referência para orientar os modelos tridimensionais. Utilizando as visualizações axial, coronal e sagital dos modelos tridimensionais, o modelo T1 foi movido para orientar o plano sagital mediano verticalmente, coincidindo com o plano amarelo do sistema de coordenadas tridimensionais. O plano horizontal de Frankfurt teve que coincidir com o plano vermelho. A linha horizontal transporiônica tinha que coincidir com a intersecção do plano vermelho com o quadrado branco de ambos os lados da cabeça. A matriz gerada por este procedimento de orientação sistemático foi aplicado ao *scan* e à segmentação tridimensional do T1, obtendo a mesma orientação da cabeça. Então, as amostras foram orientadas ao mesmo sistema de coordenadas tridimensional, obtendo a orientação da cabeça comum.

3. Aproximação dos *scans* T1 e T2: Os *scans* T1 e T2 foram aproximados, tendo como referência o melhor encaixe dos contornos mandibulares nas seções transversais multiplanares tridimensionais utilizando a ferramenta *Transforms* no programa Slicer.
4. Construção das segmentações volumétricas tridimensionais da mandíbula T2: realizada utilizando o programa ITK-SNAP como descrito para T1.
5. Colocação de pontos de referência nas segmentações volumétricas tridimensionais T1 e T2: Uma camada diferente das camadas

utilizadas para as segmentações volumétricas tridimensionais foi usada para indicar os pontos de referência. Cortes sagitais, axiais e coronais, assim como as reconstruções tridimensionais da imagens, foram utilizadas para o posicionamento dos pontos de referência no programa ITK-SNAP. Os pontos de referência foram definidos nos modelos de superfície mandibulares orientados em sistema de coordenadas consistente.

6. Registro da imagem mandibular pelo voxel: o método de registro pelo voxel completamente automático foi realizado utilizando o programa Slicer. Este método utiliza a segmentação de estruturas anatômicas estáveis como máscara para a região de referência, indicando ao programa em quais áreas ele deve procurar por voxels correspondentes para alcançar o registro. A matriz gerada por este passo foi aplicada à segmentação volumétrica tridimensional do T2 para obter o mesmo registro em relação ao T1. Após o registro, os modelos de superfície tridimensionais mandibulares de T1 e T2 (arquivos .vtk) foram gerados. O registro mandibular foi usado para avaliar diferenças espaciais tridimensionais entre T1 e T2, baseado nas imagens sobrepostas.
7. Avaliação quantitativa por meio dos pontos de referência no programa Slicer – quantificação de componentes tridimensionais (ferramenta Q3DC)

O registro de imagens tridimensionais pela correspondência de voxels, particularmente o registro da base craniana, tem sido usado nos últimos anos para avaliar as mudanças faciais relativas à base craniana. Tanto para o registro da base craniana quanto para o registro regional, os *scans* de TCFC devem ser aproximados para permitir registro do voxel automatizado, visto que os *scans* dos pacientes são comumente obtidos com diferentes posições de cabeça. Os côndilos e ramos não foram incluídos como regiões de referência para o registro regional porque são as mais importantes estruturas responsáveis pela assimetria esquelética mandibular. Os autores observaram que a máscara do corpo mandibular (mandíbula sem dentes, osso alveolar, ramos e côndilos) apresentou excelente concordância e resultados consistentes. As técnicas de registro permitem comparação de diferentes tempos de

tratamento diretamente pelas camadas dos modelos de superfície tridimensionais.

Tyan et al., 2016 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar as características das compensações dentárias transversais em pacientes com assimetria facial e prognatismo mandibular por meio da TCFC em 78 pacientes. Os autores afirmaram que a discrepância transversal deve ser corrigida no início do tratamento pré-cirúrgico. Descompensação dentária adequada em relação ao respectivo osso basal é importante para a obtenção de relação oclusal estável, possibilitando maior estabilidade após a cirurgia.

Zhou et al., 2016 compararam a efetividade do tratamento e estabilidade pós-cirúrgica entre ortodontia pré-cirúrgica mínima e ortodontia pré-cirúrgica convencional para pacientes com má oclusão esquelética de classe III em uma amostra de 40 pacientes. Os autores relataram que as má-oclusões esqueléticas de classe III severas são comumente corrigidas por uma combinação de cirurgia ortognática e tratamento ortodôntico. Para mostrar a verdadeira severidade das discrepâncias esqueléticas e maximizar a estabilidade da oclusão pós-cirúrgica, a ortodontia pré-cirúrgica convencional (CPO) que envolve alinhamento, nivelamento, descompensação e coordenação dos arcos é realizada. A ortodontia pré-cirúrgica mínima (MPO) foca em eliminar ou minimizar interferências oclusais pela intrusão e coordenação dos arcos. Os autores observaram que as mudanças no IMPA e trespasse foram significativamente diferentes entre os grupos. A mandíbula foi recuada por movimentos no ponto B de 5,25mm no MPO e 6,57 mm no CPO. Além disso, o mento moveu 0,38 mm para cima no MPO e 0,57 mm para baixo no grupo CPO. Nas mudanças sagitais e verticais antes e após a cirurgia, não foram observadas diferenças significantes entre os dois grupos, exceto o IMPA.

Ahn et al., 2017 compararam as inclinações vestibulo-linguais dos dentes posteriores em pacientes com má oclusão esquelética de classe III com e sem assimetria facial, com pacientes classe I, para estudar sua relação com as discrepâncias sagitais e esqueléticas, em 63 pacientes adultos, a partir de imagens de TCFC. Os autores observaram que pacientes com má oclusão esquelética de classe III mostraram maiores inclinações para vestibular dos dentes posteriores superiores e inclinações para lingual dos segundos molares inferiores do que paciente classe I.

Sendyk et al., 2017 realizaram um estudo com o objetivo de identificar as inclinações vestibulo-linguais e espessura óssea alveolar de pacientes classe III e comparar estas medidas com pacientes com oclusão normal para verificar, baseada na correlação entre estas duas variáveis, se o processo natural de remodelação óssea fornece uniformidade da espessura óssea ou se ela varia ao redor das raízes devido à inclinação dentária. A amostra consistiu de 35 adultos com oclusão normal e 35 adultos com má oclusão de classe III. Inclinações vestibulo-linguais e espessuras ósseas alveolares foram mensuradas em 3 alturas a partir da junção amelocementária em imagens tridimensionais obtidas de TCFC. Os autores observaram que as maiores inclinações dentárias foram observadas nos incisivos superiores e caninos inferiores e menores inclinações dentárias foram observadas nas raízes vestibulares dos segundos molares inferiores. Nos pacientes classe III, foram encontradas correlações estatisticamente significantes entre inclinação e espessura nos dentes inferiores.

Song et al., 2017 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar as mudanças esqueléticas e dentárias transversais entre pacientes com má-oclusão esquelética de classe III e assimetria facial após a osteotomia vertical de ramo bilateral com e sem preparo ortodôntico pré-cirúrgico em 29 pacientes. No grupo que realizou preparo ortodôntico pré-cirúrgico convencional, os autores observaram verticalização dos dentes posteriores, porém a diferença entre os dois grupos não foi estatisticamente significativa.

Souki et al., 2017 realizaram um estudo retrospectivo para comparar as mudanças esqueléticas mandibulares em pacientes Classe II tratados com aparelho de Herbst *versus* pacientes controle classe II, utilizando protocolo 3D. Os autores relataram que os procedimentos de análise de imagens tridimensional seguiram o protocolo que incluiu a construção de modelos de superfície tridimensionais, orientação do modelo tridimensional nos planos cartesianos, sobreposição da base craniana tridimensional para a análise de deslocamento mandibular, sobreposição regional da mandíbula, avaliação qualitativa utilizando as malhas dos modelos de superfície e mensurações quantitativas utilizando a ferramenta Q3DC do 3DSlicer.

Foosiri et al., 2018 avaliaram a correlação entre as dimensões da sínfise e a espessura do osso alveolar na região anterior de mandíbula, a partir de imagens de

TCFC de 51 pacientes. As espessuras ósseas vestibular e lingual dos dentes anteroinferiores foram medidas a 3mm e a 6mm para apical da junção amelocementária e nos ápices radiculares. A altura e largura da sínfise foram medidas e calculou-se a proporção entre ambas, chamada de proporção da sínfise. Os autores observaram que as espessuras ósseas alveolares apresentaram correlação positiva com a largura da sínfise, porém correlação negativa com a proporção da sínfise. Os autores concluíram que nos dentes anteroinferiores, o osso alveolar apical e o osso alveolar lingual tendem a ser mais espessos nos pacientes com sínfise mais larga e curta, em comparação àqueles com sínfise mais estreita e longa. O osso alveolar vestibular foi, em geral, muito fino e não apresentou relação significativa com a maioria das dimensões da sínfise.

Nagai et al., 2018 revisaram a literatura a respeito dos riscos envolvidos com a movimentação ortodôntica sobre as estruturas anatômicas das tábuas ósseas vestibular e lingual na região dos incisivos inferiores, avaliados por meio de TCFC. Os autores afirmaram que o rebordo alveolar pouco espesso e as posições excêntricas dos dentes no interior do osso alveolar parecem constituir características relacionadas às deiscências ósseas. Movimentos dentários que tendem a descentralizar os dentes do rebordo alveolar, que ocorrem na protrusão, têm maior risco de causar deiscências. A ocorrência de deiscências e fenestrações durante o tratamento ortodôntico depende de fatores como osso alveolar fino, direção do movimento, frequência e magnitude das forças ortodônticas, além da integridade dos tecidos periodontais.

Ponce-Garcia et al., 2018 realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de sintetizar a literatura disponível a respeito da confiabilidade dos métodos de sobreposição tridimensional para avaliação das mudanças dos tecidos duros craniofaciais. Os autores afirmaram as imagens de TCFC podem ser sobrepostas, permitindo uma avaliação tridimensional das mudanças com o crescimento, efeitos do tratamento e estabilidade por meio de pontos de registro, ângulos, formas e volumes. Um dos pontos mais desafiadores da sobreposição tridimensional de imagens seriadas é entender que medidas lineares/angulares em imagens bi e tridimensionais não são diretamente comparáveis devido a diferenças em tamanho, formato e localização espacial dos tecidos moles, esqueléticos e dentários. Os autores afirmaram que o método de registro pelo voxel apresentou menor

variabilidade, visto que todos os passos envolvidos são automatizados, o que permite análise das imagens independentes de erros de observação. A aplicação deste método tem sido amplamente descrita na literatura para avaliar mudanças após cirurgia ortognática e tratamento ortopédico.

3 PROPOSIÇÃO

O estudo da morfologia da sínfise e da inclinação dentária é importante para se determinar os parâmetros da magnitude de descompensação dentária pré-cirúrgica e os limites seguros da movimentação ortodôntica no tratamento ortodôntico-cirúrgico dos pacientes com deformidade dentofacial de classe III. Para isso, este trabalho tem como objetivos avaliar as seguintes modificações decorrentes do preparo ortodôntico-cirúrgico:

1. Avaliar a direção e quantidade de rotação mandibular e deslocamento do mento;
2. Avaliar o deslocamento do ponto B;
3. Avaliar as inclinações vestibulo-linguais dos incisivos e molares inferiores e a translação dos molares inferiores no sentido vertical;
4. Avaliar e comparar a morfologia da sínfise (inclinação e espessura) após o movimento de descompensação ortodôntica pré-cirúrgico;
5. Correlacionar a inclinação vestibulo-lingual dos incisivos inferiores com a espessura, inclinação da sínfise e deslocamento do ponto B;
6. Comparar as medidas de inclinação e espessura da sínfise entre os tempos inicial e pré-cirúrgico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção da Amostra

A amostra desta pesquisa prospectiva foi composta por 30 indivíduos adultos (média de idade: 23 anos e 4 meses), brasileiros, dos gêneros masculino e feminino (sendo 21 indivíduos do gênero masculino e 9 do feminino) com deformidade dentofacial de classe III (Figuras 4.1 e 4.2), que foram selecionados para tratamento na Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática da Disciplina de Ortodontia e Odontopediatria da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP)(Figura 4.3), de acordo com os critérios a seguir:

- Perfil facial côncavo;
- Relação dentária de classe III de Angle, para molares e caninos;
- Dentadura permanente completa;
- Boas condições dentárias e periodontais;
- Indicação para tratamento ortodôntico-cirúrgico;
- Crescimento craniofacial finalizado;
- Ausência de padrão vertical ou horizontal excessivo de crescimento;
- Ausência de tratamento ortodôntico-cirúrgico prévio;
- Ausência de contraindicações locais e/ou gerais para procedimento cirúrgico.

Figura 4.1 – Fotografias de indivíduo com má oclusão de classe III: Frontal e Perfil

Figura 4.2 – Fotografias intraorais de indivíduo com oclusão em classe III de Angle

Figura 4.3 – Fotografias intraorais da descompensação dos incisivos inferiores

O projeto desta pesquisa foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (CEP-FOUSP) e o parecer de aprovação sob o número 1.121.847 encontra-se disponível no Anexo A. O modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido encontra-se disponível no Anexo B.

4.2 Material

4.2.1 Documentação Ortodôntica Inicial

Conforme protocolo da Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática, foi realizado para cada um dos pacientes, documentação ortodôntica inicial, contendo os seguintes exames:

- Fotografias extraorais de frente e perfil;
- Fotografias intraorais;
- Modelos ortodônticos de estudo, em gesso;
- Tomografia computadorizada de feixe cônico, a partir da qual foram obtidas:
 - Telerradiografias em norma lateral e frontal;
 - Radiografia panorâmica.

4.2.2 Material para obtenção das Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico

- Tomógrafo computadorizado de feixe cônico Planmeca ProMax 3D[®] Max (Planmeca Dental Imaging System) com parâmetros de aquisição de 80kVp, 14mA, 12,52 segundos de tempo de exposição, 2-55 segundos de tempo de reconstrução, imagem gerada com voxel isotrópico de 400 µm e FOV estendido com volume de 230x260mm.
- Estação de trabalho (*Macbook Pro* 2,9 GHz, Intel core i7, 16 GB RAM, Apple, Cupertino, CA, EUA) contendo os programas para obtenção das reconstruções multiplanares (coronal, axial e sagital) e em terceira dimensão (3D-TCFC).
- Dispositivo apontador (Might mouse *wireless*) – *i-Mac*[®] (Apple, Cupertino, CA, EUA).

4.2.3 Material para a mensuração das variáveis estudadas

- Programa utilizado para avaliação tridimensional das imagens ITK-SNAP® 3.4.0 (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Imagem obtida por meio do Programa ITK-SNAP

- Programa utilizado para avaliação tridimensional das imagens SlicerCMF3-1® 4.5.0 (Figura 4.5).

Figura 4.5 - Imagem obtida por meio do Programa Slicer CMF3-1

4.3 Métodos

4.3.1 Tratamento Ortodôntico da amostra

Após o planejamento de cada caso, todos os pacientes da amostra utilizaram braquetes Straight-Wire autoligados prescrição Roth 0.022' com acessórios colados com resina fotopolimerizável Transbond® de incisivo central à segundo pré-molar e acessórios soldados às bandas ortodônticas nos primeiros e segundos molares nas arcadas superiores e inferiores, da marca Orthometric® (Marília, SP, Brasil). O tratamento ortodôntico foi conduzido com o protocolo de troca de fios da Clínica de Preparo Ortodôntico para Cirurgia Ortognática da FOU SP:

- Fio .012” NiTi termo ativado
- Fio .016” NiTi termo ativado
- Fio .016” x.022” NiTi termo ativado
- Fio .019” x.025” NiTi termo ativado
- Fio .019” x.025” aço inoxidável

Cada arco foi mantido enquanto ainda havia ativação (aproximadamente 2 meses), levando 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.

4.3.2 Método para a obtenção das Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico

Os indivíduos foram submetidos ao exame de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) em um equipamento Planmeca® modelo ProMax 3D Max (Helsinque, Finlândia), protocolo face estendida. Os exames foram obtidos em dois tempos: inicial (T1) e ao término do tratamento ortodôntico-cirúrgico, previamente à realização da cirurgia ortognática (T2). Todos os modelos tridimensionais foram reconstruídos de imagens obtidas na TCFC com dimensões de voxel de 0,4 mm. Previamente à obtenção da tomografia, o paciente foi paramentado com o avental plumbífero. Após o posicionamento do paciente sentado no tomógrafo em Posição Natural da Cabeça, a cabeça do paciente foi estabilizada na altura da frente por meio de uma atadura com velcro. A seguir, o sensor do tomógrafo foi posicionado de forma a abranger toda a cabeça. O paciente foi instruído a ficar imóvel, com lábios relaxados e a evitar deglutição durante a aquisição. Após as devidas orientações, foi dado início ao protocolo do exame de face estendida, como mencionado previamente.

Os raios X atenuados foram capturados por sensores do tomógrafo e digitalizados por meio de algoritmos de reconstrução, que convertem estes dados para o formato *DICOM* (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). O volume

da tomografia consiste em um grupo de elementos de imagem em 3D denominado voxels, e expresso em unidades *Hounsfield* (HU).

Após a captura no tomógrafo, a reconstrução primária da imagem foi realizada na estação de trabalho, também denominada de *workstation*. Somente após a constatação da precisão da reconstrução da imagem, o paciente foi liberado.

Estações de trabalho são computadores potentes que permitem a manipulação de imagens volumétricas 3D e o exame de áreas anatômicas de interesse em tempo real. Estas estações de trabalho processam informações rapidamente por meio de programas, de modo a produzir imagens detalhadas com grande velocidade, otimizando e complementando a capacidade de aquisição dos tomógrafos.

4.3.3 Manipulação da imagem nos programas utilizados para avaliação tridimensional das imagens

A sequência de arquivos no formato DICOM de cada exame tomográfico foi convertida em formato NIFTI no programa ITK-SNAP 3.4.0, visto que este arquivo ocupa menor espaço em disco, facilitando a leitura e análise e diminuindo o tempo de reconstrução das imagens tridimensionais.

4.3.4 Construção, superposição e análise dos modelos virtuais tridimensionais

4.3.4.1 Construção dos modelos virtuais tridimensionais

Para realizar o processo de segmentação, utilizou-se no programa SlicerCMF 3-1 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. O arquivo foi salvo na extensão nii.gz.

A segmentação das estruturas anatômicas foi realizada com o auxílio do programa ITK-SNAP 3.4 (www.itksnap.org), de modo a construir um modelo tridimensional constituído pela base do crânio, maxila e mandíbula, para cada exame. A segmentação semiautomática do programa utiliza métodos de contornos ativos para calcular características da imagem baseada nas intensidades e limites dos níveis de cinza das imagens de TCFC. O programa permite ajuste dos parâmetros para detecção automática das intensidades e limites e permite edição interativa dos contornos. O processo inicial de segmentação é rápido, cerca de 15 minutos. O pós-processamento manual da segmentação é demorado, podendo levar algumas horas, visto que os côndilos e as porções internas do ramo e corpo mandibular por serem cobertos por uma cortical mais fina do que o restante da mandíbula, demandam controle específico durante o processo de segmentação para que não sejam excluídos do modelo virtual de superfície 3D gerado (Carvalho, 2009). Além disso, a separação dos dentes superiores e inferiores é um processo bastante trabalhoso.

Para a segmentação do crânio, foram realizados os seguintes cortes: horizontal, acima da glabella, eliminando a calota craniana e permitindo a visualização da base do crânio; e vertical, preservando o meato acústico externo e basio. No processo de segmentação, podem ser criadas diferentes camadas, uma para cada região anatômica de interesse. Nesse estudo, para a base do crânio convencionou-se o uso da camada de cor magenta, enquanto que para a maxila foi utilizada a cor cian e para a mandíbula a cor amarela (Figura 4.6).

Após finalizada a segmentação, foram criados os modelos de superfície tridimensionais, no programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0 com o auxílio da ferramenta *Model Maker*. Um novo arquivo foi salvo na extensão .vtk.

Figura 4.6 – Segmentação do crânio

4.3.4.2 Orientação da cabeça

Este procedimento consiste no estabelecimento de um sistema de coordenadas comum para os indivíduos que permita a comparação e medidas consistentes entre os tempos de tratamento por meio de planos de referência intracranianos.

Os modelos T1 foram orientados usando a ferramenta *Transforms* no programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0. A orientação tridimensional foi obtida utilizando três planos: Frankfurt horizontal, sagital mediano e transporiônico. O plano sagital mediano foi definido pelos pontos glabella, crista galli e basio. O plano horizontal de Frankfurt foi definido bilateralmente pelos pontos porio direito e esquerdo e orbitário direito e esquerdo. O plano transporiônico foi definido bilateralmente pelos pontos porio que estavam perpendiculares ao plano horizontal de Frankfurt. O programa Slicer disponibiliza um sistema de coordenadas tridimensionais fixo (vermelho, amarelo e verde) que foi usado como referência para orientar os modelos tridimensionais. Utilizando as visualizações axial, coronal e

sagital dos modelos tridimensionais, o modelo T1 foi orientado a coincidir o plano horizontal de Frankfurt com a linha vermelha, e o plano sagital mediano com a linha amarela do sistema de coordenadas tridimensionais (Figura 4.7). Na vista axial, a linha vertical amarela tinha que coincidir com a crista galli e ponto básico. A matriz (arquivo que contém a informação relativa aos movimentos de rotação e translação para obter a orientação) gerada por este procedimento de orientação sistemático foi aplicado ao *scan* (Figura 4.8) e à segmentação tridimensional do T1, obtendo a mesma orientação da cabeça. Então, as amostras foram orientadas ao mesmo sistema de coordenadas tridimensional, obtendo a orientação da cabeça comum (Ruellas et al., 2016b).

Figura 4.7 – Orientação da cabeça no sentido sagital, coronal e axial

Figura 4.8 – Orientação da cabeça no *scan* no sentido sagital, coronal e axial

4.3.4.3 Aproximação dos scans T1 e T2

Após a realização da orientação da cabeça no *scan* e segmentação do T1, foi realizada a aproximação pelo mesmo observador entre os *scans* T1 e T2, posicionando o exame tomográfico T2 o mais sobreposto possível ao exame T1, tendo como referência o melhor ajuste dos contornos da base craniana em seções transversais multiplanares tridimensionais, utilizando a ferramenta *Transforms* do programa Slicer. Para isso, após carregar os arquivos no programa, ajustamos o *scan* T2 nos três planos do espaço (axial coronal e sagital), deixando a base do crânio em T2 corretamente sobreposta em T1.

Com o *scan* T2 aproximado carregado no programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0, utilizou-se a ferramenta *Intensity Segmenter* para a criação da segmentação da base do crânio em T2. Em seguida, utilizando o programa ITK-SNAP 3.4, a segmentação foi construída da mesma forma que foi descrito para o T1.

4.3.4.4 Registro da base do crânio

Finalmente, é realizado o registro por voxel em pacientes sem crescimento, que utiliza as estruturas anatômicas da base do crânio como máscaras para referência, indicando ao programa em quais áreas estáveis deveria procurar por voxels correspondentes. Para a construção da máscara necessária para o procedimento de registro, a segmentação completa da face foi cortada. A matriz gerada por este passo foi aplicada à segmentação volumétrica tridimensional do T2 para obter o mesmo registro em relação ao T1. Após o registro, os modelos de superfície tridimensionais mandibulares de T1 e T2 (arquivos .vtk) foram gerados. O registro foi usado para avaliar diferenças espaciais tridimensionais entre T1 e T2, baseado nas imagens sobrepostas. Para esta sobreposição, o programa compara os tons de cinza dos voxels da região de referência para a sobreposição, de modo que os modelos tridimensionais sejam reorientados espacialmente. Desta forma, os modelos tridimensionais dos diferentes tempos são sobrepostos, possibilitando as

avaliações, sem a necessidade de identificação de pontos passíveis de erros intrínsecos ao operador ou ainda que as mudanças das estruturas de referência influam nas futuras etapas de quantificação dos deslocamentos (Cevidanes et al., 2015; Ruellas et al., 2016a).

4.3.4.5 Localização dos pontos de referência e mensuração

O próximo passo consistiu na colocação de pontos de referência nas segmentações volumétricas T1 e T2. Para isso, uma camada diferente das outras utilizadas nas segmentações volumétricas tridimensionais foi usada para indicar os pontos de referência (cor vermelha). As visualizações sagital, axial, coronal e a reconstrução 3D foram usadas para este posicionamento no programa ITK-SNAP 3.4 (Figura 4.9). Os pontos de referência foram identificados como:

- Gônio direito
- Gônio esquerdo
- Mento

Figura 4.9 – Pontos de referência (cor vermelha) inseridos na reconstrução tridimensional

Após a criação e demarcação dos pontos de referência, utilizou-se o programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0 para a criação dos modelos de superfície das mesmas, utilizando a ferramenta *Model Maker*. Salvou-se os arquivos correspondentes (Figuras 4.10 e 4.11).

Figura 4.10 – Modelo de superfície com os pontos de referência

Figura 4.11 – Modelo de superfície do crânio total com transparência para visualização dos pontos de referência

Para a mensuração da rotação mandibular a partir do registro da base do crânio, utilizou-se o programa SlicerCMF 3-1 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 dos pontos de referência em T1 e T2. Para cada um dos pontos de referência presentes, foi inserida uma *connected landmark* que são os pontos de referência lidos pelo programa para a realização das mensurações (Figura 4.12).

Figura 4.12 – *Connected landmarks* posicionadas sobre o ponto de referência

Neste passo, foi calculado o ponto médio entre os gônios. A partir daí, foi calculado o ângulo de rotação mandibular (calculado entre o ponto médio do gônio e o mento) no T1 e no T2.

Além disso, foi calculado o deslocamento entre o mento em T1 e T2 (PITCH) (Figuras 4.13 a 4.16) .

Figura 4.13 – Modelos de superfície T1 e T2 (em transparência) com as *connected landmarks* inseridas sobre os pontos de referência

Figura 4.14 – Visualização da mensuração do ângulo de rotação mandibular a partir do ponto médio dos gônios ao ponto mentoniano, em T1 e T2

Figura 4.15 – Cálculo do ângulo de rotação mandibular na ferramenta Q3DC

▼ Calculate angle between two lines:

Line 1 Landmark A: FelipeT1 FelipeT1-1

Line 1 Landmark B: FelipeT1 FelipeT1-4

Line 2 Landmark A: FelipeT2 FelipeT2-1

Line 2 Landmark B: FelipeT2 FelipeT2-4

☒ Calculate Pitch ☐ Calculate Roll ☐ Calculate Yaw

Calculate

		YAW	PITCH	ROLL
1	FelipeT1-1-FelipeT1-4 / FelipeT2-1-FelipeT2-4	-	-0.805 / -179.195	-

/Users/Michelle/Desktop Export

Figura 4.16 – Cálculo da distância entre os pontos mentoniano em T1 e T2 na ferramenta Q3DC

▼ Calculate distance between two landmarks:

Landmarks A: FelipeT1 FelipeT1-1

Landmarks B: FelipeT2 FelipeT2-1

Calculate

		R-L Component	A-P Component	S-I Component	3D Distance
1	FelipeT1-1 - FelipeT2-1	-1.187	-1.099	-4.326	4.619

/Users/Michelle/Desktop Export

4.3.4.6 Registro na mandíbula dos modelos tridimensionais

Para que fosse possível fazer as comparações em diferentes tempos, foi feito o registro regional dos modelos tridimensionais, de modo que os modelos em T1 e T2 fossem sobrepostos e as alterações computadas tendo a estrutura basal como referência. Para isso, foram seguidos os seguintes passos: aproximação pelo mesmo observador entre os *scans* T1 e T2 tendo como referência o melhor ajuste dos contornos do corpo da mandíbula em seções transversais multiplanares tridimensionais, utilizando a ferramenta *Transforms* do programa Slicer (Ruellas et al., 2016b).

Com o *scan* T2 aproximado carregado no programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0, utilizou-se a ferramenta *Intensity Segmenter* para a construção da segmentação da mandíbula (Figura 4.17). Em seguida, utilizando o programa ITK-SNAP 3.4, procedeu-se a construção da máscara da mandíbula necessária para o procedimento do registro.

Figura 4.17 – Segmentação da mandíbula

Foi realizada a segmentação da máscara da mandíbula. Esta máscara contendo toda a borda da sínfise mandibular, anteriormente pelo seu contorno e sua borda inferior cortical é uma região bastante confiável como referência para a sobreposição. Para isso, 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. Finalmente, é realizado então o registro baseado pelo voxel em pacientes sem crescimento, que utiliza as estruturas anatômicas da mandíbula como máscaras para referência, indicando ao programa em quais áreas estáveis deveria procurar por voxels correspondentes para alcançar o registro. A matriz gerada por este passo foi aplicada à segmentação volumétrica tridimensional do T2 para obter o mesmo registro em relação ao T1. Após o registro, os modelos de superfície tridimensionais mandibulares de T1 e T2 (arquivos .vtk) foram gerados. O registro mandibular foi usado para avaliar diferenças espaciais tridimensionais entre T1 e T2, baseado nas imagens sobrepostas (Ruellas et al., 2016b).

O próximo passo consistiu na colocação de pontos de referência nas segmentações volumétricas T1 e T2. Para isso, uma camada diferente das outras utilizadas nas segmentações volumétricas tridimensionais foi usada para indicar os pontos de referência (cor vermelha). As visualizações sagital, axial, coronal e a reconstrução 3D foram usadas para este posicionamento no programa ITK-SNAP

3.4. Os pontos de referência foram identificados como:

1. Coroa do molar direito
2. Raiz do molar direito
3. Coroa do molar esquerdo
4. Raiz do molar esquerdo
5. Coroa do incisivo direito
6. Raiz do incisivo direito
7. Coroa do incisivo esquerdo
8. Raiz do incisivo esquerdo
9. Ponto B
10. Pogônio

11. Mento
12. Gônio direito
13. Gônio esquerdo
14. Pogônio na cortical lingual da sínfise
15. Ponto B na cortical lingual da sínfise
16. Ponto médio entre os gônios.

Após a criação dos pontos de referência, utilizou-se o programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0 para a criação dos modelos de superfície das mesmas, utilizando a ferramenta *Model Maker*. Salvou-se os arquivos correspondentes (Figura 4.18).

Figura 4.18 – Modelo de superfície da mandíbula com transparência para visualização dos pontos de referência

Para a avaliação a partir do registro da mandíbula, utilizou-se o programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0 com a ferramenta Q3DC (*Quantitative 3D Cephalometrics*). Com isso, foram calculados:

- Deslocamento do ponto B (Figura 4.19);
- Inclinação do incisivo direito e esquerdo (PITCH) (Figura 4.20);
- Inclinação dos molares direito e esquerdo (ROLL) (Figura 4.20);
- Distância entre as coroas dos primeiros molares direito e esquerdo (Figura 4.21);
- Inclinação da sínfise (em T1 e T2): ângulo formado pelos pontos B, pogônio, mentoniano e ponto médio entre os gônios (Figura 4.22);
- Espessura total da sínfise (nos pontos B e pogônio) (em T1 e T2)(Figura 4.22).

Figura 4.19 – Visualização da mensuração do deslocamento do ponto B em T1 e T2

Figura 4.20 – Visualização da mensuração da inclinação do incisivo (A) e molar inferior (B) em T1 e T2

Figura 4.21 – Visualização da mensuração da distância entre as coroas dos molares em T1 e T2

Figura 4.22 – Visualização da mensuração da inclinação (A) e espessura da sínfise mandibular (B)

4.3.4.7 Quantificação dos deslocamentos

4.3.4.7.1 Q3DC

Esta ferramenta do programa SlicerCMF 3-1 versão 4.5.0 permite o cálculo em milímetros ou graus das grandezas desejadas.

4.3.4.7.2 Mapas coloridos e semitransparências

Distâncias de superfícies correspondentes foram mostradas por meio da magnitude da distância codificada por cores e mapas vetoriais. Os mapas de distância fornecem a magnitude das mudanças entre dois modelos correspondentes, enquanto que os mapas vetoriais fornecem a direção destes deslocamentos. Avaliação da quantificação de deslocamento das estruturas é determinada visualmente pelos métodos de mapas coloridos e semitransparências. A diferenciação por cores dos movimentos são interpretados da seguinte forma: movimento para dentro de uma superfície em relação a outra (codificação azul) ou para fora (codificação vermelha). A ausência de deslocamento é codificada pela cor verde (Figura 4.23 a 4.25).

Figura 4.23 – Visualização lateral das sobreposições de T1 (vermelho) e T2 (branco semitransparente) para visualização da quantidade de movimento

Figura 4.24 – Mapas coloridos para visualização do sentido do movimento

Figura 4.25 – Mapas vetoriais fornecendo a direção dos deslocamentos

4.4 Análise Estatística

A reprodutibilidade das mensurações varia de acordo com a qualidade do exame e condições sob as quais tais mensurações são realizadas, além do cuidado e habilidade do examinador. Por esta razão, após a mensuração inicial dos exames tomográficos dos indivíduos da amostra (T1), foram selecionados aleatoriamente 20% da amostra, que foram submetidos à nova medição após 14 dias (T2).

Para o cálculo do erro do método, foram calculadas as correlações intraclases com os respectivos intervalos com 95% de confiança para avaliar o erro sistemático.

Para responder os objetivos do estudo, primeiramente foi testada a normalidade de distribuição de probabilidades para as medidas de comparação com uso de testes Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors. Foi realizada análise descritiva para todas as medidas calculadas, obtendo assim os valores de média, desvio padrão, intervalo com 95% de confiança para a média, mediana, mínimo e máximo.

Para as medidas de inclinação de incisivos inferiores foram calculadas as correlações de Pearson com as medidas indicativas das características morfológicas da sínfise e deslocamento do ponto B para verificar a existência de correlação entre estas mensurações.

Para realizar a comparação das medidas de inclinação e espessura da sínfise entre os tempos T1 e T2, foi utilizado o teste t-Student pareado.

Para todas as análises foi considerado um nível de significância de 5%, e os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico MedCalc 17.6 (MedCalc bvba software, Ostend, Bélgica).

5 RESULTADOS

Para avaliar a concordância intra-avaliador, foi aplicado o cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC). A reprodutibilidade das medidas de inclinação foi alta com todos os valores de correlação intraclassa acima de 0,99 (Tabela 5.1). Os dados referentes às medidas encontram-se disponíveis nos apêndices de A a C.

Tabela 5.1 – Resultados do cálculo do Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC)

Variável	Correlação Intraclassa	Intervalo de confiança (95%)	
		Inf.	Sup.
Ângulo de rotação mandibular	0,9960	0,9846	0,9990
Deslocamento do mento (sentido DE)	0,9981	0,9925	0,9995
Deslocamento do mento (sentido AP)	0,9995	0,9979	0,9999
Deslocamento do mento (sentido SI)	0,9973	0,9896	0,9993
Deslocamento do mento (sentido 3D)	0,9991	0,9962	0,9998

Os testes de normalidade de distribuição para as variáveis de comparação concluíram que as mensurações realizadas apresentaram distribuição normal de probabilidades, o que implicou no uso da correlação paramétrica (Tabela 5.2 e 5.3).

Tabela 5.2 - Testes de normalidade para as médias das medidas realizadas em T1

Variável	Kolmogorov-Smirnov	p
Inclinação da sínfise	0,0955	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido DE)	0,1385	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido AP)	0,1440	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido SI)	0,1095	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido 3D)	0,1439	>0,10

Tabela 5.3 - Testes de normalidade para as médias das medidas realizadas em T2

Variável	Kolmogorov-Smirnov	p
Inclinação da sínfise	0,0914	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido DE)	0,1763	0,0182
Espessura da sínfise no ponto B (sentido AP)	0,0879	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido SI)	0,1095	>0,10
Espessura da sínfise no ponto B (sentido 3D)	0,1678	0,0308

Tabela 5.4 - Descrição das médias das medidas realizadas a partir do registro da base do crânio dos indivíduos

Variável	n	Média	Desvio Padrão	IC (95%) para média		Mediana	Mínimo	Máximo
				Inferior	Superior			
Rotação mandibular horária	21	-1,2765	1,2720	-1,8380 e -0,5754		-0,8700	6,0090	-0,1910
Rotação mandibular anti-horária	9	2,0616	1,2886	0,8623 e 2,8629		2,3620	0,7400	4,5580
Deslocamento do mento (3D) >=0	30	3,9826	3,3408	1,9111 e 4,9403		3,0515	0,1910	14,1160
Deslocamento do mento (sentido AP) <0	18	-2,2215	2,6256	-2,6901 e -0,8902		-1,6800	-11,4740	-0,0300
Deslocamento do mento (sentido AP) >=0	12	2,7432	2,6679	0,8720 e 3,5449		2,0285	0,0260	9,0480
Deslocamento do mento (sentido AP) geral	30	-0,2356	3,5861	-1,5713 e 0,6222		-0,1585	-11,4740	9,0480
Deslocamento do mento (sentido SI) <0	22	-2,2915	1,9694	-2,6188 e -0,9308		-1,8270	-7,4350	-0,0520
Deslocamento do mento (sentido SI) >=0	8	3,6480	3,0260	0,6869 e 7,5119		3,5015	0,1340	7,9400
Deslocamento do mento (sentido SI) geral	30	-0,7076	3,4865	-2,1880 e -0,2247		-0,9655	-7,4350	7,9400

A tabela 5.4 mostrou que a maioria dos pacientes apresentou rotação horária da mandíbula com média de 1,27°. No plano sagital, a maioria dos pacientes apresentou deslocamento do mento no sentido posterior, com média de 2,22 milímetros. No plano coronal, a maioria dos pacientes apresentou deslocamento do mento no sentido inferior, com média de 2,29 milímetros, o que pode ser explicado pela rotação mandibular no sentido horário.

Tabela 5.5 - Comparação entre lados direito e esquerdo dos incisivos e molares e resultado do teste t-Student pareado

Variável	Direito		Esquerdo		Diferença média	IC (95%) para média		p
	Média	DP	Média	DP		Inferior	Superior	
Incisivo inferior	-7,1801	7,1681	-8,1876	7,8669	-1,0076	-2,4201 e 0,4050		0,1554
Primeiro molar inferior	-3,2322	6,2604	3,0142	5,4200	6,2464	2,2256 e 10,2671		0,0035

A tabela 5.5, mostra que não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os incisivos direito e esquerdo ($p=0,1554$), porém foi observada diferença estatisticamente significativa entre os molares inferiores dos lados esquerdo e direito ($p= 0,0035$). Por esta razão, somente os incisivos do lado direito serão reportados na análise descritiva, porém os molares em ambos os lados serão relatados.

Tabela 5.6 - Descrição das médias das medidas realizadas a partir do registro regional da mandíbula dos indivíduos

Variável	n	Média	Desvio Padrão	IC (95%) para média		Mediana	Mínimo	Máximo
				Inferior	Superior			
Deslocamento do ponto B (3D) <0	0	0,0000	0,0000	0		0,0000	0,0000	0,0000
Deslocamento do ponto B (3D) >=0	0	0,0000	0,0000	0		0,0000	0,0000	0,0000
Deslocamento do ponto B (3D) geral	30	1,2399	0,9771	0,8750 e 1,6047		0,9070	0,2530	4,8120
Deslocamento do ponto B (AP) <0	22	-0,6257	0,5485	-0,8689 e -0,3825		-0,3960	-1,8270	-0,0150
Deslocamento do ponto B (AP) >=0	8	0,3359	0,3048	0,08105 e 0,5907		0,2880	0,0000	0,8940
Deslocamento do ponto B (AP) geral	30	-0,3693	0,6537	-0,6134 e -0,1252		-0,2495	-1,8270	0,8940
Deslocamento do ponto B (SI) <0	8	-0,4724	0,2456	-0,6777 e -0,2670		-0,5000	-0,7400	-0,0580
Deslocamento do ponto B (SI) >=0	22	0,9957	1,0564	0,5273 e 1,4641		0,5770	0,0380	4,3150
Deslocamento do ponto B (SI) geral	30	0,6042	1,1219	0,1853 e 1,0231		0,2840	-0,7400	4,3150
Pitch Incisivo central direito <0	26	-8,6980	6,4232	-11,2924 e -6,1036		-7,4930	-26,9150	-1,3510
Pitch Incisivo central direito >=0	4	2,6862	1,7659	-0,1237 e 5,4962		2,7330	0,9830	4,2960
Pitch Incisivo central direito geral	30	-7,1801	7,1681	-9,8567 e -4,5034		-7,0395	-26,9150	4,2960
Roll Primeiro molar direito <0	19	-7,1663	4,1393	-9,1614 e -5,1712		-6,2590	-17,8110	-1,4310
Roll Primeiro molar direito >=0	11	3,5631	1,6176	2,4764 e 4,6498		3,2130	0,6880	5,8710
Roll Primeiro molar direito geral	30	-3,2322	6,2604	-5,5699 e -0,8945		-4,6355	-17,8110	5,8710
Roll Primeiro molar esquerdo <0	9	-3,0900	2,9722	-5,3746 e -0,8054		-2,3450	-8,8320	-0,3250
Roll Primeiro molar esquerdo >=0	21	5,6302	3,8870	3,8609 e 7,3996		5,8150	0,0510	13,2580
Roll Primeiro molar esquerdo geral	30	3,0142	5,4200	0,9903 e 5,0380		3,2850	-8,8320	13,2580
Distância coroas 1o molar direito (3D) <0	0	0,0000	0,0000	0		0,0000	0,0000	0,0000
Distância coroas 1o molar direito (3D) >=0	0	0,0000	0,0000	0		0,0000	0,0000	0,0000
Distância coroas 1o molar direito (3D) geral	30	2,0164	1,2936	1,5334 e 2,4995		1,7750	0,2180	5,0570
Distância coroas 1o molar direito (SI) <0	8	-0,4350	0,3768	-0,7500 e -0,1200		-0,3935	-0,8690	-0,0270

continua

Distância coroas 1o molar direito (SI) >=0	22	0,8592	0,7237	0,5383 e 1,1800	0,6975	0,0020	2,7620
Distância coroas 1o molar direito (SI) geral	30	0,5141	0,8674	0,1902 e 0,8380	0,3610	-0,8690	2,7620
Distância coroas 1o molar esq (3D) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Distância coroas 1o molar esq (3D) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Distância coroas 1o molar esq (3D) geral	30	1,8720	1,0377	1,4845 e 2,2595	1,5450	0,2950	4,5080
Distância coroas 1o molar esq (SI) <0	10	-0,6798	0,4306	-0,9878 e -0,3718	-0,5595	-1,6390	-0,2980
Distância coroas 1o molar esq (SI) >=0	20	0,8942	0,8706	0,4867 e 1,3016	0,5185	0,0690	2,9740
Distância coroas 1o molar esq (SI) geral	30	0,3695	1,0600	-0,02632 e 0,7653	0,3700	-1,6390	2,9740
Inclinação da sínfise (T1) <0	30	126,6890	7,0461	-129,3201 e -124,0580	-127,4010	-138,8280	-111,6480
Inclinação da sínfise (T1) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Inclinação da sínfise (T1) geral	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Inclinação da sínfise (T2) <0	30	126,1229	7,6512	-128,9799 e -123,2658	-125,7335	-138,9520	-106,9970
Inclinação da sínfise (T2) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Inclinação da sínfise (T2) geral	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise (Pog)(3D) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise (Pog)(3D) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise (Pog)(3D) geral	30	13,8732	2,0126	13,1217 e 14,6247	14,1125	9,5890	18,3340
Espessura total da sínfise (Pog)(AP) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise (Pog)(AP) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise (Pog)(AP) geral	30	-13,8622	2,0140	-14,6143 e -13,1102	-14,1110	-18,3290	-9,5860
Espessura total da sínfise T1 (B)(3D) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T1 (B)(3D) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T1 (B)(3D) geral	30	7,1186	1,8659	6,4219 e 7,8153	6,9165	4,4190	10,9980
Espessura total da sínfise T1 (B)(AP) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T1 (B)(AP) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T1 (B)(AP) geral	30	-7,1006	1,8760	-7,8011 e -6,4001	-6,9015	-10,9950	-4,3020
Espessura total da sínfise T2 (B)(3D) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T2 (B)(3D) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T2 (B)(3D) geral	30	6,8608	2,2632	6,0157 e 7,7059	6,0155	3,6180	12,2220
Espessura total da sínfise T2 (B)(AP) <0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T2 (B)(AP) >=0	0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0,0000
Espessura total da sínfise T2 (B)(AP) geral	30	-6,8406	2,2698	-7,6881 e -5,9930	-5,9520	-12,2200	-3,5910

conclusão

A tabela 5.6 mostrou que, com relação ao deslocamento do ponto B, a maioria dos pacientes apresentou deslocamento do ponto B em direção posterior, com média de 0,62 milímetros. Com o nivelamento da curva de Spee, ocorreu movimento vertical dos incisivos, no sentido superior, alterando a posição do ponto B no mesmo sentido (média de 0,99 milímetros). Além disso, a maioria dos pacientes apresentou vestibularização dos incisivos inferiores (média de 8,69°).

Com relação ao molar, a maioria dos pacientes apresentou inclinação para vestibular do primeiro molar inferior direito e esquerdo (média de 7,16° e 5,63°, respectivamente). Com relação às distâncias entre as coroas, no sentido vertical, os molares inferiores, apresentaram pequena extrusão durante o tratamento (média de 0,85 milímetros no molar direito e 0,89 milímetros no molar esquerdo), o que foi condizente com o movimento de rotação horária da mandíbula.

Os valores médios de inclinação e espessura da sínfise (nos pontos B e pogônio) também foram descritos.

Tabela 5.7 - Correlações entre inclinações dos incisivos inferiores e as características morfológicas da sínfise (T1)

Inclinação do incisivo direito	N	Correlação	P	Intervalo de Confiança (Inf, e Superior)
Inclinação da sínfise	30	0,5213	P=0,0031	0,1983 e 0,7422
Espessura sínfise no ponto pogônio (AP)	30	0,01923	P=0,9197	-0,3434 e 0,3769
Espessura sínfise no ponto pogônio (3D)	30	-0,01854	P=0,9225	-0,3763 e 0,3440
Espessura sínfise no ponto B (AP)	30	-0,1023	P=0,5907	-0,4461 e 0,2679
Espessura sínfise no ponto B (3D)	30	0,1023	P=0,5907	-0,2679 e 0,4461

Tabela 5.8 - Correlações entre inclinações dos incisivos inferiores e as características morfológicas da sínfise (T2)

Inclinação do incisivo direito	N	Correlação	P	IC
Inclinação da sínfise	30	0,5039	P=0,0045	0,1755 e 0,7314
Espessura sínfise no ponto B (AP)	30	-0,2437	P=0,1943	-0,5553 e 0,1278
Espessura sínfise no ponto B (3D)	30	0,2427	P=0,1962	-0,1288 e 0,5545

As tabelas 5.7 e 5.8 mostraram que, com relação à espessura da sínfise (avaliada tanto no ponto B quanto no ponto Pogônio), não foi encontrada correlação linear estatisticamente significativa entre estas medidas e a inclinação do incisivo inferior ($p > 0,05$). Com relação, à correlação entre a inclinação da sínfise e a inclinação dos incisivos inferiores, foi encontrada correlação linear estatisticamente significativa e direta entre as medidas avaliadas, o que significa que quanto maior a inclinação dos incisivos inferiores, maior a inclinação da sínfise.

Tabela 5.9 - Correlações entre inclinações dos incisivos inferiores e o deslocamento do ponto B

Inclinação do incisivo direito	N	Correlação	P	IC
Deslocamento do ponto B (AP)	30	0,5041	P=0,0045	0,1757 e 0,7315
Deslocamento do ponto B (SI)	30	-0,6008	P=0,0004	-0,7900 e -0,3069
Deslocamento do ponto B (3D)	30	-0,6782	P<0,0001	-0,8346 e -0,4208

A tabela 5.9 mostrou que, com relação à correlação entre o deslocamento do ponto B e a inclinação do incisivo inferior, foi encontrada correlação linear estatisticamente significativa entre as medidas avaliadas nos sentidos anteroposterior, supero inferior e 3D. A correlação entre o deslocamento do ponto B e o incisivo direito foi direta no sentido anteroposterior e inversa no sentido supero inferior.

Tabela 5.10 – Comparação entre os tempos avaliados e resultado do teste t-Student pareado

Variável	T 1		T2		Diferença média	IC (95%) para média		p
	Média	DP	Média	DP		Inferior	Superior	
Inclinação da sínfise	-126.6890	7.0461	-126.1231	7.6514	0.5659	-0.8081 e 1.9399		0.4065
Espessura da sínfise (B)(AP) geral	-7.1006	1.8760	-6.8406	2.2698	0.2600	-0.07031 e 0.5903		0.1183
Espessura da sínfise (B)(3D) geral	7.1186	1.8659	6.8608	2.2632	-0.2578	-0.5876 e 0.07191		0.1206

A tabela 5.10 mostrou que as comparações entre os tempos inicial (T1) e pré-cirúrgico (T2) para a inclinação e espessura da sínfise não apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

6 DISCUSSÃO

Esta pesquisa foi realizada para avaliar os efeitos da movimentação dentária na morfologia da sínfise mandibular após o preparo ortodôntico pré-cirúrgico de pacientes com deformidades dentofaciais de classe III. O intuito de conhecer a amplitude do movimento dos incisivos inferiores e seu efeito na morfologia óssea alveolar sínfiseal se dá pelo fato de que esta estrutura óssea define os limites da movimentação ortodôntica e ultrapassá-la pode redundar em efeitos colaterais iatrogênicos para o periodonto de sustentação e proteção (Lines; Steinhauser, 1974; Proffit; Ackerman, 1982; Handelman, 1996; Garib et al., 2010; Guedes et al., 2014; Nagai et al., 2018).

As medidas realizadas neste estudo apresentaram elevada reprodutibilidade, com os valores do coeficiente de correlação intraclasse acima de 0,9 (Tabela 5.1). Os testes de normalidade de distribuição das medidas comparativas concluíram que a maioria das mensurações realizadas apresentou distribuição normal de probabilidades, o que implicou no uso da correlação paramétrica (Tabela 5.2 e 5.3).

A ferramenta utilizada para a realização desta pesquisa foi a TCFC, visto que a partir deste exame é possível produzir uma representação precisa dos tecidos moles e duros da face, utilizando significativamente menos radiação que a tomografia computadorizada espiral convencional. Além disso, a TCFC permite a obtenção de imagens com maior acurácia, sem diferenças clinicamente significantes entre as medidas feitas nas imagens tridimensionais e as medidas físicas correspondentes (Kim et al., 2013). As imagens tridimensionais obtidas por meio de TCFC fornecem informações diagnósticas adicionais para o planejamento dos casos, as quais permitem a avaliação esquelética nos três planos do espaço, bem como a relação dente/osso, expressa pela posição das raízes e espessura das respectivas corticais alveolares. Os procedimentos de análise de imagens 3D incluem a construção de modelos tridimensionais, registro e sobreposição de modelos em vários tempos de tratamento, cálculo e análise de distâncias entre as superfícies tridimensionais (Cevidane et al., 2006). A obtenção de medidas lineares a partir de imagens de TCFC tem sido considerada precisa para a avaliação de estruturas dentárias e maxilofaciais (Periago et al., 2008; Veyre-Goulet et al., 2008;

Hassan et al., 2009; Tong et al., 2012), além de apresentar melhor qualidade de imagem em relação a radiografias intraorais e panorâmicas e permitir boa visualização mesmo com larguras ósseas reduzidas (Mengel et al., 2005).

Os procedimentos de análise de imagens tridimensionais com aplicações em ortodontia e cirurgia craniofacial incluem: aquisição da imagem, construções dos arquivos volumétricos tridimensionais, registro da imagem e análise visual da variabilidade morfológica tridimensional. Com o procedimento de segmentação da imagem, é possível identificar e delinear as estruturas anatômicas de interesse na TCFC para obter uma representação tridimensional dos tecidos moles e duros. Na literatura ortodôntica, diferentes programas foram descritos para a construção dos arquivos volumétricos tridimensionais como: Maxilim (Nada et al., 2011; Almukhtar et al., 2014), In-Vivo Dental (Coscia et al., 2013), OnDemand 3D (Kim et al., 2012) e ITK-SNAP (Carvalho, 2009; Cevidanes et al., 2010; Paniagua et al., 2011; De Paula et al., 2013; Kim et al., 2013; Oh et al., 2013; Schilling et al., 2014; Cevidanes et al., 2015; Weissheimer et al., 2015; Koerich et al., 2016b; Ruellas et al., 2016a). A segmentação no presente estudo foi realizada no programa ITK-SNAP, visto que é um programa de código livre, que aborda o problema de correspondência tridimensional entre exames pré e pós-operatórios do mesmo paciente. O maior desafio com a segmentação é que os tecidos moles e duros das imagens de TCFC não tem unidades Hounsfields correspondentes. Uma imagem tridimensional obtida em um indivíduo pode ter diferentes níveis de intensidade para osso, cartilagem e tecidos moles. O ITK-SNAP permite segmentação precisa semiautomática, sendo mais versátil que os outros programas de código livre e comerciais, pois permite o ajuste dos parâmetros para detecção automática das intensidades e limites, além de permitir edição interativa de contornos (Cevidanes et al., 2015). Os procedimentos de registro podem usar como opção para referência: pontos, modelos de superfície ou intensidade de cinza dos voxels (Koerich et al., 2016a). *Scans* de TCFC obtidos em diferentes tempos podem ser registrados computando as diferenças de posição da cabeça em relação a uma estrutura de referência anatômica estável. O registro realizado pelo voxel compara valores dos níveis de cinza em duas imagens de TCFC, voxel por voxel, para calcular a rotação e translação entre eles (Cevidanes et al., 2005; Cevidanes et al., 2006; Carvalho, 2009; Motta et al., 2010; De Paula et al., 2013; Almukhtar et al., 2014; Nguyen et al., 2014; Cevidanes et al., 2015;

Weissheimer et al., 2015; Koerich et al., 2016b; Ruellas et al., 2016a; Ruellas et al., 2016b; Ponce-Garcia et al., 2018). No presente estudo, o procedimento de registro de imagem utilizado foi o registro baseado pelo voxel para avaliações longitudinais, visto que a maior força deste método é que o registro não depende de quão precisamente as segmentações volumétricas tridimensionais representam a verdade anatômica ou nem da localização de um número limitado de pontos de referência. A referência utilizada foi a base do crânio e regionalmente, a mandíbula.

As sobreposições tridimensionais fornecem avaliações de crescimento, mudanças com tratamento, avaliações de estabilidade, diagnósticos de assimetrias, análise da morfologia e posições dentárias e observações quantitativas e qualitativas de deslocamentos ósseos e dentários. As sobreposições não dependem dos pontos de referência ou planos, e sim comparam as estruturas da base craniana voxel por voxel em cada aquisição de imagem tridimensional. Este procedimento permite o cálculo da rotação e translação entre dois tempos distintos e mostram os modelos virtuais tridimensionais sobrepostos. A interpretação da sobreposição depende da estrutura de referência usada para o registro (Cevidane et al., 2006; Cevidane et al., 2015). No presente estudo, após o registro realizado na base do crânio, foram observados por meio das sobreposições entre os modelos tridimensionais T1 e T2, as alterações em relação à rotação mandibular e deslocamento do mento. Com relação ao registro regional na mandíbula, foram observadas as alterações relativas à remodelação do ponto B, inclinação dos incisivos inferiores, inclinação dos molares inferiores, distâncias entre as coroas dos molares inferiores e inclinação da sínfise e sua respectiva espessura.

Os exames de TCFC utilizados no presente estudo foram obtidos com tamanho de voxel 0,4 mm. Esta resolução foi definida pela possibilidade de se obter imagens com boa definição, e ao mesmo tempo, com baixa dose de radiação ao paciente, de acordo com o princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).

Previamente à introdução da TCFC na Odontologia, as inclinações vestibulo-linguais dos incisivos eram mensuradas por meio das telerradiografias laterais, que se mostravam satisfatórias para este propósito (Edwards, 1976; Handelman, 1996; Tong et al., 2012). No entanto, devido ao fato destes exames mostrarem uma imagem bidimensional de áreas que são tridimensionais, mensurações na região da

sínfise são susceptíveis a erros intrínsecos devido à sobreposição de estruturas anatômicas, dificuldades na identificação individual de elementos dentários e erros de magnificação, devido à divergência do feixe de radiação. Com o advento da TCFC, a avaliação das inclinações dentárias e o estudo da morfologia sínfiseal em indivíduos com deformidades dentofaciais de classe III, permite guiar o ortodontista na quantidade de descompensação dentária possível no tratamento ortodôntico-cirúrgico destes pacientes, sem a possibilidade de efeitos deletérios ao periodonto (Yu et al., 2009; Gracco et al., 2010; Kim et al., 2012).

Com relação à rotação mandibular, o presente estudo mostrou que a maioria dos pacientes apresentou rotação horária da mandíbula com média de 1,27° (Tabela 5.4). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por (Koerich et al., 2016b), que também encontraram rotação horária da mandíbula na fase pré-cirúrgica. Cevitanes et al., 2006 afirmaram que os métodos de sobreposição que comparam estruturas da base craniana voxel por voxel em cada aquisição de imagem permitem o cálculo da rotação e translação em imagens de dois diferentes tempos, medindo a distância entre os modelos de superfície tridimensionais.

Os incisivos inferiores dos pacientes com deformidades dentofaciais de classe III apresentam diferentes graus de compensação dentoalveolar com o objetivo de manter a função oclusal e mascarar a discrepância anteroposterior subjacente (Sperry et al., 1977). Tipicamente, os incisivos superiores apresentam-se vestibularizados e os incisivos inferiores, lingualizados (Molina-Berlanga et al., 2013; Guedes et al., 2014). O tratamento ortodôntico-cirúrgico para estes pacientes consiste na descompensação ortodôntica pré-cirúrgica da má oclusão seguida pela correção cirúrgica da discrepância esquelética. Se a descompensação pré-cirúrgica do incisivo for inadequada, a qualidade e quantidade de resultado cirúrgico e posicionamento do incisivo pós-cirúrgico pode ficar comprometida (Johnston et al., 2006; Troy et al., 2009; Ahn; Baek, 2011; Pereira-Stabile et al., 2012; Coscia et al., 2013; McNeil et al., 2014; Sun et al., 2015; Ahn et al., 2016). Segundo a literatura ortodôntica (Ahn; Baek, 2011; Ahn et al., 2016), uma das razões para a inadequada descompensação pré-cirúrgica do incisivo, é a presença de um alvéolo estreito, frequentemente encontrado em pacientes com altura facial inferior aumentada e má oclusão esquelética de classe III (Handelman, 1996). De fato, (Sendyk et al., 2017) observaram que os segundos pré-molares e incisivos centrais e laterais superiores

apresentaram maiores inclinações para vestibular e as inclinações dos segundos molares, primeiros pré-molares e incisivos centrais e laterais inferiores foram menores nos pacientes classe III. Além disso, os autores encontraram menor quantidade de osso alveolar na região vestibular das raízes dos dentes anteriores inferiores, em uma amostra de pacientes classe III, sem histórico de tratamento ortodôntico.

Geralmente, para a avaliação da inclinação do incisivo inferior, o ângulo IMPA é utilizado, visto que esta medida não é afetada pela rotação da mandíbula ou movimento vertical da arcada inferior. A quantidade de mudança no IMPA durante a fase de ortodontia pré-cirúrgica descrita na literatura foi de 5 a 8° (Johnston et al., 2006; Ahn; Baek, 2011; Joh et al., 2013; Wang et al., 2013), 10,56° (Coscia et al., 2013), 4,3° (Ko et al., 2011), 11,33° (Sun et al., 2015), 10,95° (Wang et al., 2014), 14,18 ° (Choi et al., 2015) e 7,72° (Zhou et al., 2016). No entanto, o IMPA não diferencia entre os tipos de movimento dentário, como inclinação controlada *versus* inclinação incontrolada (Ahn et al., 2016). Cappellozza et al., 2015 encontraram um aumento de 15,2° de inclinação para os incisivos centrais e 13,6° de inclinação para os incisivos laterais com o preparo ortodôntico pré-cirúrgico. Kim et al., 2012 observaram mudança do IMPA de 6,29° para o grupo hiperdivergente, 6,47° para o grupo normodivergente e 6,09° para o grupo hipodivergente. No entanto, os autores não encontraram diferenças significantes com relação à extensão de mudanças anteroposteriores entre os três grupos. McNeil et al., 2014 afirmaram que a quantidade de descompensação dos incisivos inferiores foi estatisticamente maior nos pacientes classe III quando comparado aos pacientes classe II. No presente estudo, ficou evidente que não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os incisivos direito e esquerdo (Tabela 5.5). A inclinação dos incisivos inferiores (PITCH) foi mensurada a partir do registro regional da mandíbula por meio da avaliação quantitativa baseada em pontos de referência e com o auxílio da ferramenta Q3DC (*Quantitative 3D Cephalometrics*) do programa Slicer, descrita na literatura (Ruellas et al., 2016b; Souki et al., 2017). A partir destas mensurações, foram observados que a maioria dos incisivos inferiores apresentaram vestibularização com média de 8,69° (Tabela 5.6).

As inclinações vestibulo-linguais dos dentes posteriores são críticas para o estabelecimento de uma oclusão ideal. A discrepância transversal é um problema

comum e frequentemente encontrado em pacientes com má oclusão esquelética de classe III, devido a presença de uma maxila pouco desenvolvida em contrapartida a uma mandíbula volumosa associada a postura baixa de língua. Nestes pacientes, os dentes posteriores apresentam uma compensação dentária transversal. O entendimento deste mecanismo de compensação transversal é crucial no planejamento do tratamento ortodôntico cirúrgico (Ahn et al., 2017). Para a avaliação das inclinações vestibulo-linguais dos caninos, pré-molares e molares inferiores, diversos estudos desenvolveram metodologias que se mostraram reprodutíveis e precisas a partir de imagens obtidas de TCFC (Masumoto et al., 2001; Mitra; Ravi, 2011; Shewinvanakitkul et al., 2011; Tyan et al., 2016; Ahn et al., 2017; Sendyk et al., 2017) utilizando como referência a borda inferior da mandíbula. Os resultados destes estudos concluíram que, na arcada inferior, os segundos molares, primeiros pré-molares e incisivos laterais e centrais se apresentam lingualizados em relação à sua base óssea, como parte da compensação existente no sentido vestibular e transversal (Tyan et al., 2016; Ahn et al., 2017; Sendyk et al., 2017). Porém, estes estudos relataram as características de inclinação vestibulo-lingual dos molares inferiores em pacientes, previamente ao tratamento ortodôntico. Durante o preparo ortodôntico pré-cirúrgico para a obtenção da oclusão cúspide-fossa apropriada, faz-se necessário a verticalização dos molares inferiores. No presente estudo, com relação à inclinação (*roll*) dos molares no sentido vestibulo-lingual, a maioria dos molares (19 no lado direito e 21 no lado esquerdo) apresentaram vestibularização no preparo ortodôntico pré-cirúrgico, com média de $7,16^\circ$ (molar direito) e $5,63^\circ$ (molar esquerdo) (Tabela 5.6). O movimento de verticalização do molar inferior ocorreu devido à descompensação dentária dos dentes posteriores inferiores. Nos indivíduos classe III, inicialmente, os dentes posteriores apresentam inclinação lingual e faz-se necessário a verticalização dos mesmos durante o preparo ortodôntico pré-cirúrgico para a obtenção da oclusão cúspide-fossa apropriada. O presente estudo está em concordância com o estudo de Song et al., 2017 no qual, também observou verticalização dos molares inferiores decorrente do tratamento ortodôntico cirúrgico de pacientes classe III.

Com relação ao deslocamento das coroas dos molares, os molares inferiores apresentaram pequena extrusão durante o preparo ortodôntico pré-cirúrgico, condizente com a rotação horária da mandíbula encontrada nestes pacientes

(Tabela 5.6). Kim et al., 2012 avaliaram a posição dos primeiros molares inferiores no sentido vertical por uma linha entre a cúspide mesio-vestibular do primeiro molar inferior e o plano mandibular (M1-MP) e no sentido transversal, por uma linha passando pela cúspide mesio-vestibular do primeiro molar inferior e pelo plano sagital mediano (M1-MSR). Os autores avaliaram estas medidas em pacientes hiperdivergentes, normodivergentes e hipodivergentes e observaram que nenhum dos grupos apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tempos inicial e pré-cirúrgico e nem diferenças entre os tipos faciais. Em M1-MSR, os três grupos apresentaram mudanças estatisticamente significantes entre os tempos (grupo hiperdivergente: $0,38^\circ$; grupo normodivergente: $-0,54^\circ$; grupo hipodivergente: $0,31^\circ$), porém também não foram encontradas diferenças entre os grupos. Os autores concluíram que os primeiros molares mantiveram sua posição original após o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico principalmente no sentido vertical e anteroposterior.

A morfologia da sínfise mandibular é importante porque serve como referência primária para a estética do perfil facial e é determinante no planejamento da posição do incisivo inferior durante o planejamento da cirurgia ortognática (Mulie e Ten Hoeve, 1976). Durante o tratamento ortodôntico, limitar o movimento do incisivo dentro da estrutura óssea é essencial para a obtenção de melhores resultados, estabilidade e saúde periodontal (Chung et al., 2008). O tamanho e formato da sínfise mandibular são importantes na avaliação dos pacientes ortodônticos (Closs et al., 2014). Com uma sínfise mais larga, maior protrusão dos incisivos é aceitável e portanto há uma maior chance de sucesso em um tratamento sem extrações. Acredita-se que uma sínfise com formato mais alongado e estreito está associada com retrusão do mento, aumento da altura facial anterior inferior, plano mandibular inclinado, além dos valores dos ângulos sela-nasio com plano mandibular, articular e goníaco aumentados. Nos casos de sínfise mais curtas e largas, encontra-se mento mais protruído, diminuição da altura facial anterior inferior e valores dos ângulos sela-nasio com plano mandibular, goníaco e articular diminuídos (Aki et al., 1994; Pan et al., 2006). A inclinação dos incisivos inferiores pode indiretamente afetar a morfologia da sínfise mandibular durante o período de crescimento; a compensação dentoalveolar que ocorre durante este período como resultado da discrepância anteroposterior da mandíbula pode refletir na morfologia e dimensões da sínfise

mandibular. O mecanismo dentoalveolar compensatório é o sistema que mantém relações interarcos normais. Este mecanismo coordena a erupção e posição dos dentes em relação às suas respectivas bases ósseas para a manutenção de uma relação normal entre os arcos dentários. Quando, os ossos basais, como a maxila ou mandíbula, se desviam do padrão de crescimento esperado, as estruturas craniofaciais remanescentes reagem como uma tentativa de mascarar a discrepância. Desta forma, durante o crescimento, os dentes podem sofrer alterações nas suas posições axiais e verticais, em resposta a este crescimento esquelético desarmonioso, que são as chamadas compensações dentárias (Solow, 1980; Jacobs, 1991; Molina-Berlanga et al., 2013)., Al-Khateeb et al., 2014 concluíram que indivíduos classe III apresentam menor concavidade anterior da sínfise mandibular e uma maior inclinação da parte alveolar da sínfise em relação ao plano mandibular. Isto porque a retroinclinação dos incisivos inferiores poderia levar a uma remodelação da superfície externa da parte dentoalveolar da sínfise (Mulie e Ten Hoeve, 1976). Lombardo et al., 2016 afirmaram que a espessura da sínfise e processo alveolar é menor em pacientes classe III comparado com pacientes com oclusão normal. No presente estudo, a inclinação da sínfise, foi formada pelos pontos B, pogônio, mento e ponto médio entre os gônios, e foi mensurada no T1 e no T2. No T1, esta medida apresentou média de $126,68^{\circ}$ e $126,12^{\circ}$ no T2. A espessura total da sínfise foi mensurada em dois locais: do ponto B localizado na cortical vestibular ao ponto B projetado na cortical lingual e do ponto Pogônio localizado na cortical vestibular ao ponto Pogônio projetado na cortical lingual. No ponto pogônio, apresentou média de 13,86mm, e no ponto B média de 7,10mm (em T1) e 6,84mm (em T2)(Tabela 5.6). Foosiri et al., 2018 também mensuraram a largura da sínfise a partir do ponto Pogônio até o limite externo do córtex lingual. A moderada e significativa correlação encontrada entre a inclinação da sínfise e a inclinação dos incisivos inferiores ($0,5213^{\circ}$ em T1 e $0,5039^{\circ}$ em T2), indicou que à medida que há alteração na inclinação dos incisivos, no preparo ortodôntico pré-cirúrgico, pode ocorrer alteração na inclinação da sínfise. Esta correlação é linear e direta (Tabela 5.7 e 5.8). Este resultado está de acordo com o estudo de Al-Khateeb et al., 2014 que encontraram correlação fraca, porém significativa, entre a inclinação do incisivo inferior e a inclinação da sínfise mandibular, medida a partir do ponto B. Outros estudos como os de (Ellis; McNamara, 1984; Yamada et al., 2007), relataram correlações mais fortes entre estes dois parâmetros, porém, foram usados pontos de

referência diferentes para expressar a inclinação da sínfise. Esta correlação entre estas duas medidas foi estatisticamente significativa tanto para o T1 quanto para o T2. Com relação à espessura da sínfise, mensurada nos pontos B e pogônio e a inclinação dos incisivos, tanto em T1 quanto em T2, não foi encontrada correlação estatisticamente significativa, indicando que a mudança de inclinação dos incisivos inferiores com o preparo ortodôntico pré-cirúrgico, não alterou a espessura da sínfise (Tabelas 5.7 e 5.8).

A respeito da correlação entre as inclinações dos incisivos inferiores e o deslocamento do ponto B, esta foi considerada estatisticamente significativa entre as medidas avaliadas nos sentidos anteroposterior, supero inferior e 3D, evidenciando que à medida que há alteração na inclinação dos incisivos, no preparo ortodôntico pré-cirúrgico, pode ocorrer alteração na posição do ponto B (Tabela 5.9). Ahn e Baek (2011) afirmaram que o ponto B pode ser influenciado pela rotação da mandíbula e eventualmente pode não ser apropriado para avaliação da modificação do incisivo inferior. Al-Khateeb et al. (2014) afirmaram que qualquer variação neste ponto poderia afetar as medidas angulares e que mudanças na inclinação dos incisivos inferiores poderiam causar remodelação da sínfise mandibular, afetando sua morfologia. Porém, os autores realizaram o estudo em telerradiografias laterais e portanto só puderam avaliar a morfologia da sínfise no sentido anteroposterior. O ponto B pode ser usado para mensurar um parâmetro dentoalveolar visto que representa uma demarcação entre as estruturas dentoalveolares e osso basal. No presente estudo, a maioria dos pacientes apresentou deslocamento do ponto B em direção posterior, o que foi condizente com a vestibularização dos incisivos inferiores, visto que a medida que a raiz dentária se move em direção posterior, o ponto B também se movimenta na mesma direção. Além disso, com o nivelamento da curva de Spee, ocorreu movimento vertical dos incisivos, alterando a posição do ponto B no mesmo sentido (média de 0,99 milímetros)(Tabela 5.6).

As comparações entre os tempos inicial (T1) e pré-cirúrgico (T2) não apresentaram diferenças estatisticamente significantes para as medidas de inclinação e espessura da sínfise (Tabela 5.10).

Diante do exposto é possível afirmar que o movimento ortodôntico vestibulo-lingual de descompensação pré-cirúrgica do incisivo inferior, com média de 8,69°

(Tabela 5.6), é capaz de alterar a inclinação da sínfise mandibular, formada pelos pontos B, pogônio, mento e ponto médio entre os gônios, e reposicionar o ponto B, porém incapaz de alterar a espessura da sínfise. Entender esta correlação, pode ser de grande valia para o planejamento do tratamento, permitindo o respeito aos limites de movimentações dentárias, visto que os movimentos de descompensação dentária devem ser realizados com cautela para evitar a ocorrência de deiscências e fenestrações durante o preparo ortodôntico para a cirurgia ortognática.

Como contribuição clínica deste trabalho consideramos que a partir dos resultados obtidos, conseguimos entender e mapear os efeitos dentários e esqueléticos decorrentes do preparo ortodôntico pré-cirúrgico, a partir da sobreposição de modelos tridimensionais, possibilitando assim a descrição da quantidade e sentido de rotação mandibular e deslocamento do mento, a quantidade de deslocamento do ponto B, a amplitude de descompensação dentária do incisivo e molar inferior, além de definirmos a morfologia da sínfise mandibular nos quesitos de espessura e inclinação.

A realização deste estudo abre uma perspectiva importante para a sequência desta linha de pesquisa, pois será importante a realização de estudos complementares para avaliar os mesmos pacientes após a realização da cirurgia ortognática, comparando as medidas realizadas com os seus níveis iniciais e pré-cirúrgicos, para assim, estabelecer a amplitude e a estabilidade da movimentação dentária após o tratamento ortodôntico-cirúrgico finalizado.

7 CONCLUSÕES

A análise e discussão dos resultados obtidos no presente estudo permitiram-nos concluir que:

1. A rotação horária da mandíbula apresentou média de $1,27^\circ$. Além disso, ocorreu deslocamento do mento no sentido posterior (média de 2,22 milímetros) e no sentido inferior (média de 2,29 milímetros);
2. O deslocamento do ponto B ocorreu no sentido posterior (média de 0,62 milímetros) e no sentido superior (média de 0,99 milímetros);
3. Os incisivos inferiores apresentaram vestibularização média de $8,69^\circ$. Com relação aos molares inferiores, ocorreu vestibularização média de $7,16^\circ$ no molar direito e $5,63^\circ$ no molar esquerdo e pequena extrusão média de 0,85 milímetros no molar direito e 0,89 milímetros no molar esquerdo;
4. A inclinação da sínfise apresentou valor médio de $126,68^\circ$ (T1) e $126,12^\circ$ (T2). A espessura total da sínfise apresentou média de 13,86mm (ponto Pog) e média de 7,10mm (ponto B em T1) e 6,84mm (ponto B em T2);
5. Foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre a inclinação dos incisivos inferiores e as medidas de inclinação da sínfise e deslocamento do ponto B. Com relação à espessura da sínfise e a inclinação dos incisivos, não foi encontrada correlação estatisticamente significativa;
6. As comparações entre os tempos inicial e pré-cirúrgico não apresentaram diferenças estatisticamente significantes para as medidas de inclinação e espessura da sínfise.

REFERÊNCIAS¹

Ahn HW, Baek SH. Skeletal anteroposterior discrepancy and vertical type effects on lower incisor preoperative decompensation and postoperative compensation in skeletal Class III patients. *Angle Orthod*. 2011 Jan;81(1):64-74. doi: 10.2319/031710-158.1.

Ahn HW, Seo DH, Kim SH, Park YG, Chung KR, Nelson G. Morphologic evaluation of dentoalveolar structures of mandibular anterior teeth during augmented corticotomy-assisted decompensation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;150(4):659-69. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.03.027

Ahn J, Kim SJ, Lee JY, Chung CJ, Kim KH. Transverse dental compensation in relation to sagittal and transverse skeletal discrepancies in skeletal Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151(1):148-56. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.06.031.

Aki T, Nanda RS, Currier GF, Nanda SK. Assessment of symphysis morphology as a predictor of the direction of mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;106(1):60-9. doi: 10.1016/S0889-5406(94)70022-2

Al-Khateeb SN, Al Maaitah EF, Abu Alhaija ES, Badran SA. Mandibular symphysis morphology and dimensions in different anteroposterior jaw relationships. *Angle Orthod*. 2014;84(2):304-9. doi: 10.2319/030513-185.1

Almukhtar A, Ju X, Khambay B, McDonald J, Ayoub A. Comparison of the accuracy of voxel based registration and surface based registration for 3D assessment of surgical change following orthognathic surgery. *PLoS One*. 2014;9(4):e93402. doi: 10.1371/journal.pone.0093402.

Cappellozza JA, Guedes FP, Nary Filho H, Capelozza Filho L, Cardoso MeA. Orthodontic decompensation in skeletal Class III malocclusion: redefining the amount of movement assessed by Cone-Beam Computed Tomography. *Dental Press J Orthod*. 2015;20(5):28-34. doi: 10.1590/2177-6709.20.5.028-034.

Carvalho FDAR. Avaliação da estabilidade da cirurgia de avanço mandibular através da superposição de modelo tridimensionais [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2009.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker GR, Jr., Styner MA, Mol A, Phillips CL, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005;34(6):369-75. doi: 10.1259/dmfr/17102411.

Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker SF, Styner MA, Mol A, Phillips CL, et al. Three-dimensional cone-beam computed tomography for assessment of mandibular changes after orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(1):44-50. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.03.029

Cevidanes LH, Ruellas AC, Jomier J, Nguyen T, Pieper S, Budin F, et al. Incorporating 3-dimensional models in online articles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(5 Suppl):S195-204. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.02.002.

Cevidanes LH, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(5):611-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.12.008.

Cevidanes LH, Tucker S, Styner M, Kim H, Chapuis J, Reyes M, et al. Three-dimensional surgical simulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):361-71. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.08.026.

Choi YJ, Chung CJ, Kim KH. Periodontal consequences of mandibular incisor proclination during presurgical orthodontic treatment in Class III malocclusion patients. *Angle Orthod.* 2015;85(3):427-33. doi: 10.2319/021414-110.1.

Chung CJ, Jung S, Baik HS. Morphological characteristics of the symphyseal region in adult skeletal Class III crossbite and openbite malocclusions. *Angle Orthod.* 2008;78(1):38-43. doi: 10.2319/101606-427.1.

Closs LQ, Bortolini LF, dos Santos-Pinto A, Rösing CK. Association between post-orthodontic treatment gingival margin alterations and symphysis dimensions. *Acta Odontol Latinoam.* 2014;27(3):125-30. doi: 10.1590/S1852-48342014000300005.

Coscia G, Coscia V, Peluso V, Addabbo F. Augmented corticotomy combined with accelerated orthodontic forces in class III orthognathic patients: morphologic aspects of the mandibular anterior ridge with cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013;71(10):1760.e1-9. doi: 10.1016/j.joms.2013.04.022.

de Paula LK, Ruellas AC, Paniagua B, Styner M, Turvey T, Zhu H, et al. One-year assessment of surgical outcomes in Class III patients using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42(6):780-9. doi: 10.1016/j.ijom.2013.01.002.

Edwards JG. A study of the anterior portion of the palate as it relates to orthodontic therapy. *Am J Orthod.* 1976;69(3):249-73.

Ellis E, McNamara JA. Components of adult Class III malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg.* 1984;42(5):295-305.

Foosiri P, Mahatumarat K, Panmekiate S. Relationship between mandibular symphysis dimensions and mandibular anterior alveolar bone thickness as assessed with cone-beam computed tomography. *Dental Press J Orthod.* 2018 Jan-Feb;23(1):54-62.

Garib DG, Yatabe MS, Ozawa TO, Silva Filho OG. Morfologia alveolar sob a perspectiva da tomografia computadorizada: definindo os limites biológicos para a movimentação dentária. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2010;15(5):192-205.

Ghassemi M, Hilgers RD, Jamilian A, Hölzle F, Fritz U, Gerressen M, et al. Consideration of effect of the amount of mandibular setback on the submental region in the planning of orthodontic-orthognathic treatment. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014;52(4):334-9. doi: 10.1016/j.bjoms.2014.01.009.

Gracco A, Luca L, Bongiorno MC, Siciliani G. Computed tomography evaluation of mandibular incisor bony support in untreated patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(2):179-87. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.09.030.

Guedes FP, Capelozza Filho L, Garib DG, Nary Filho H, Borgo EJ, Cardoso MeA. Impact of orthodontic decompensation on bone insertion. *Case Rep Dent.* 2014;2014:341752. doi: 10.1155/2014/341752.

Handelman CS. The anterior alveolus: its importance in limiting orthodontic treatment and its influence on the occurrence of iatrogenic sequelae. *Angle Orthod.* 1996;66(2):95-109; discussion -10.

Hassan B, van der Stelt P, Sanderink G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *Eur J Orthod.* 2009;31(2):129-34. doi: 10.1093/ejo/cjn088.

Jacobs SG. Treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery: the significance of tooth inclination and dental compensations. *Aust Dent J*. 1991;36(5):349-55.

Joh B, Bayome M, Park JH, Park JU, Kim Y, Kook YA. Evaluation of minimal versus conventional presurgical orthodontics in skeletal class III patients treated with two-jaw surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013 Oct;71(10):1733-41. doi: 10.1016/j.joms.2013.06.191.

Johnston C, Burden D, Kennedy D, Harradine N, Stevenson M. Class III surgical-orthodontic treatment: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(3):300-9. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.01.023.

Kim BR, Oh KM, Cevitanes LH, Park JE, Sim HS, Seo SK, et al. Analysis of 3D soft tissue changes after 1- and 2-jaw orthognathic surgery in mandibular prognathism patients. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013;71(1):151-61. doi: 10.1016/j.joms.2012.02.005.

Kim YI, Choi YK, Park SB, Son WS, Kim SS. Three-dimensional analysis of dental decompensation for skeletal Class III malocclusion on the basis of vertical skeletal patterns obtained using cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod*. 2012;42(5):227-34. doi: 10.4041/kjod.2012.42.5.227.

Ko EW, Hsu SS, Hsieh HY, Wang YC, Huang CS, Chen YR. Comparison of progressive cephalometric changes and postsurgical stability of skeletal Class III correction with and without presurgical orthodontic treatment. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(5):1469-77. doi: 10.1016/j.joms.2010.07.022.

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

Koerich L, Ruellas AC, Paniagua B, Styner M, Turvey T, Cevitanes LH. Three-dimensional regional displacement after surgical-orthodontic correction of Class III malocclusion. *Orthod Craniofac Res*. 2016b;19(2):65-73. doi: 10.1111/ocr.12114.

Lines PA, Steinhauser EW. Diagnosis and treatment planning in surgical orthodontic therapy. *Am J Orthod*. 1974;66(4):378-97.

Lombardo L, Berveglieri C, Spena R, Siciliani G. Quantitative cone-beam computed tomography evaluation of premaxilla and symphysis in Class I and Class III malocclusions. *Int Orthod*. 2016;14(2):143-60. doi: 10.1016/j.ortho.2016.03.014.

Masumoto T, Hayashi I, Kawamura A, Tanaka K, Kasai K. Relationships among facial type, buccolingual molar inclination, and cortical bone thickness of the mandible. *Eur J Orthod*. 2001;23(1):15-23.

McNeil C, McIntyre GT, Laverick S. How much incisor decompensation is achieved prior to orthognathic surgery? *J Clin Exp Dent*. 2014;6(3):e225-9. doi: 10.4317/jced.51310.

Mengel R, Candir M, Shiratori K, Flores-de-Jacoby L. Digital volume tomography in the diagnosis of periodontal defects: an in vitro study on native pig and human mandibles. *J Periodontol*. 2005;76(5):665-73. doi: 10.1902/jop.2005.76.5.665.

Mitra S, Ravi MS. Evaluation of buccolingual inclination of posterior teeth in different facial patterns using computed tomography. *Indian J Dent Res*. 2011;22(3):376-80. doi: 10.4103/0970-9290.87056.

Molina-Berlanga N, Llopis-Perez J, Flores-Mir C, Puigdollers A. Lower incisor dentoalveolar compensation and symphysis dimensions among Class I and III malocclusion patients with different facial vertical skeletal patterns. *Angle Orthod*. 2013;83(6):948-55. doi: 10.2319/011913-48.1.

Motta ATS, Carvalho FAR, Oliveira AEF, Cevidanes LHS, Almeida MAO. Superposição automatizada de modelos tomográficos tridimensionais em cirurgia ortognática. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2010;15(2):39-41.

Mulie RM, Ten Hoeve A. The limitations of tooth movement within the symphysis studied with laminagraphy and standardized occlusal films. *Journal of Clinical Orthodontics*. 1976; 10(12):882-899.

Nada RM, Maal TJ, Breuning KH, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM. Accuracy and reproducibility of voxel based superimposition of cone beam computed tomography models on the anterior cranial base and the zygomatic arches. *PLoS One*. 2011;6(2):e16520. doi: 10.1371/journal.pone.0016520.

Nagai LHY, Cappellette M, Badreddine FR, Cesário RLG, Beaini TL, Alves FEMM, Cappellette Jr. M. Avaliação da morfologia alveolar e sua repercussão sobre a

movimentação ortodôntica dos incisivos inferiores. *OrtodontiaSPO* 2018;51(2):218-23.

Nguyen T, Cevidanes L, Paniagua B, Zhu H, Koerich L, De Clerck H. Use of shape correspondence analysis to quantify skeletal changes associated with bone-anchored Class III correction. *Angle Orthod.* 2014;84(2):329-36. doi: 10.2319/041513-288.1.

Oh KM, Seo SK, Park JE, Sim HS, Cevidanes LH, Kim YJ, et al. Post-operative soft tissue changes in patients with mandibular prognathism after bimaxillary surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2013;41(3):204-11. doi: 10.1016/j.jcms.2012.09.001.

Pan JY, Chou ST, Chang HP, Liu PH. Morphometric analysis of the mandible in subjects with Class III malocclusion. *Kaohsiung J Med Sci.* 2006;22(7):331-8. doi: 10.1016/S1607-551X(09)70319-5.

Paniagua B, Cevidanes L, Zhu H, Styner M. Outcome quantification using SPHARM-PDM toolbox in orthognathic surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2011;6(5):617-26. doi: 10.1007/s11548-010-0539-z.

Pereira-Stabile CL, Ochs MW, de Moraes M, Moreira RW. Preoperative incisor inclination in patients with Class III dentofacial deformities treated with orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2012;50(6):533-6. doi: 10.1016/j.bjoms.2011.10.016.

Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod.* 2008;78(3):387-95. doi: 10.2319/122106-52.1.

Ponce-Garcia C, Lagravere-Vich M, Cevidanes LHS, de Olivera Ruellas AC, Carey J, Flores-Mir C. Reliability of three-dimensional anterior cranial base superimposition methods for assessment of overall hard tissue changes: A systematic review. *Angle Orthod.* 2018;88(2):233-45. doi: 10.2319/071217-468.1.

Proffit WR, Ackerman JL. Diagnosis and treatment planning. In: Mosby, editor. *Current orthodontic concepts and techniques*. St. Louis 1982.

Ruellas AC, Tonello C, Gomes LR, Yatabe MS, Macron L, Lopinto J, et al. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016a;149(5):645-56. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.10.021.

Ruellas AC, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, et al. 3D Mandibular Superimposition: Comparison of Regions of Reference for Voxel-Based Registration. *PLoS One*. 2016b;11(6):e0157625. doi: 10.1371/journal.pone.0157625.

Schilling J, Gomes LC, Benavides E, Nguyen T, Paniagua B, Styner M, et al. Regional 3D superimposition to assess temporomandibular joint condylar morphology. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(1):20130273. doi: 10.1259/dmfr.20130273.

Sendyk M, de Paiva JB, Abrão J, Rino Neto J. Correlation between buccolingual tooth inclination and alveolar bone thickness in subjects with Class III dentofacial deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;152(1):66-79. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.12.014.

Shewinvanakitkul W, Hans MG, Narendran S, Martin Palomo J. Measuring buccolingual inclination of mandibular canines and first molars using CBCT. *Orthod Craniofac Res*. 2011;14(3):168-74. doi: 10.1111/j.1601-6343.2011.01518.x.

Solow B. The dentoalveolar compensatory mechanism: background and clinical implications. *Br J Orthod*. 1980;7(3):145-61.

Solow B, Tallgren A. Dentoalveolar morphology in relation to craniocervical posture. *Angle Orthod*. 1977;47(3):157-64.

Song HS, Choi SH, Cha JY, Lee KJ, Yu HS. Comparison of changes in the transverse dental axis between patients with skeletal Class III malocclusion and facial asymmetry treated by orthognathic surgery with and without presurgical orthodontic treatment. *Korean J Orthod*. 2017;47(4):256-67. doi: 10.4041/kjod.2017.47.4.256.

Souki BQ, Vilefort PLC, Oliveira DD, Andrade I, Ruellas AC, Yatabe MS, et al. Three-dimensional skeletal mandibular changes associated with Herbst appliance treatment. *Orthod Craniofac Res*. 2017;20(2):111-8. doi: 10.1111/ocr.12154.

Sperry TP, Speidel TM, Isaacson RJ, Worms FW. The role of dental compensations in the orthodontic treatment of mandibular prognathism. *Angle Orthod*. 1977;47(4):293-9.

Sun B, Tang J, Xiao P, Ding Y. Presurgical orthodontic decompensation alters alveolar bone condition around mandibular incisors in adults with skeletal Class III malocclusion. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(8):12866-73.

Tong H, Enciso R, Van Elslande D, Major PW, Sameshima GT. A new method to measure mesiodistal angulation and faciolingual inclination of each whole tooth with volumetric cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(1):133-43. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.12.027.

Troy BA, Shanker S, Fields HW, Vig K, Johnston W. Comparison of incisor inclination in patients with Class III malocclusion treated with orthognathic surgery or orthodontic camouflage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(2):146.e1-9; discussion -7. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.07.012.

Tyan S, Park HS, Janchivdorj M, Han SH, Kim SJ, Ahn HW. Three-dimensional analysis of molar compensation in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. *Angle Orthod.* 2016;86(3):421-30. doi: 10.2319/030915-142.1.

Veyre-Goulet S, Fortin T, Thierry A. Accuracy of linear measurement provided by cone beam computed tomography to assess bone quantity in the posterior maxilla: a human cadaver study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2008;10(4):226-30. doi: 10.1111/j.1708-8208.2008.00083.x.

Wang B, Shen G, Fang B, Yu H, Wu Y. Augmented corticotomy-assisted presurgical orthodontics of class III malocclusions: a cephalometric and cone-beam computed tomography study. *J Craniofac Surg.* 2013;24(6):1886-90. doi: 10.1097/SCS.0b013e3182a245b3.

Wang B, Shen G, Fang B, Yu H, Wu Y, Sun L. Augmented corticotomy-assisted surgical orthodontics decompensates lower incisors in Class III malocclusion patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(3):596-602. doi: 10.1016/j.joms.2013.08.021.

Weissheimer A, Menezes LM, Koerich L, Pham J, Cevdanes LH. Fast three-dimensional superimposition of cone beam computed tomography for orthopaedics and orthognathic surgery evaluation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(9):1188-96. doi: 10.1016/j.ijom.2015.04.001.

Yamada C, Kitai N, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S, Takada K. Spatial relationships between the mandibular central incisor and associated alveolar bone in adults with mandibular prognathism. *Angle Orthod.* 2007;77(5):766-72. doi: 10.2319/072906-309.

Yu Q, Pan XG, Ji GP, Shen G. The association between lower incisal inclination and morphology of the supporting alveolar bone--a cone-beam CT study. *Int J Oral Sci.* 2009;1(4):217-23. doi: 10.4248/IJOS09047.

Zhou Y, Li Z, Wang X, Zou B. Progressive changes in patients with skeletal Class III malocclusion treated by 2-jaw surgery with minimal and conventional presurgical orthodontics: A comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(2):244-52. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.09.018.