



**Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Odontologia de Araraquara**



PATRICIA BICALHO DE MELLO

**ESTABILIDADE ESQUELÉTICA TRIDIMENSIONAL DA
MULTISEGMENTAÇÃO MAXILAR**

**Araraquara
2014**



**Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara**



PATRICIA BICALHO DE MELLO

**ESTABILIDADE ESQUELÉTICA TRIDIMENSIONAL DA
MULTISEGMENTAÇÃO MAXILAR.**

Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Ciências Odontológicas área de Ortodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista para obtenção do título de doutora em Ciências Odontológicas.

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

**Araraquara
2014**

Mello, Patrícia Bicalho de

Estabilidade esquelética da multisegmentação maxilar / Patrícia Bicalho de Mello.-- Araraquara: [s.n.], 2014.

90 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

1. Cirurgia ortognática 2. Maxila 3. Tomografia 4. Imagem

tridimensional I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley C. Chiusoli Montagnoli, CRB-8/5646

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

Patricia Bicalho de Mello

**ESTABILIDADE ESQUELÉTICA TRIDIMENSIONAL DA
MULTISEGMENTAÇÃO MAXILAR.**

Tese para obtenção do grau de Doutora em Ciências Odontológicas.

BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador..... Prof. Dr. João Roberto Gonçalves

2º ExaminadorProf. Dr. Alexandre Fortes Drummond

3º ExaminadorProfa. Dra. Rita de Cássia Moura Carvalho Lauris

4º ExaminadorProf. Dr. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior

5º ExaminadorProf. Dr. Ary dos Santos Pinto

Araraquara, 22 de setembro de 2014

Dados curriculares

Nome **Patricia Bicalho de Mello**

Nascimento **06/03/1977-Belo Horizonte/MG**

Filiação **Celso Affonso de Mello**

Maria Cristina Roscoe Bicalho de Mello

Formação Acadêmica

1997-2001

Curso de Graduação

Curso de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

2005-2008

Curso de Especialização em Ortodontia

Faculdade Mozarteum de São Paulo/GESTOS-Grupo de Estudos Ortodônticos e Serviços

2008-2010

Curso de Pós-Graduação em Ortodontia, nível de Mestrado

Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

2011-2014

Curso de Pós-Graduação em Ortodontia, nível de Doutorado

Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

Dedicatória

Aos meus queridos pais,

Celso e Cristina,

A presença de vocês é fundamental em minha vida. Agradeço pela formação e valores que me ensinaram. Vocês iluminaram minha vida com amor, afeto, carinho e atenção, dando exemplo de família e união. Agradeço sobretudo, por ajudarem a realizar meus sonhos e acreditarem sempre em mim. Sou eternamente grata a vocês.

Ao meu marido,

Adriano,

Seu amor, paciência e compreensão foram fundamentais para a realização dos meus trabalhos. Deus o colocou em minha vida para juntos, realizarmos nossos sonhos de família. Essa missão de esposa e mãe ao seu lado é sempre uma alegria. Você é meu suporte, meu companheiro, minha luz nos dias escuros, minha certeza nos momentos de dúvida. Com todo o amor dedico a você essa conquista.

À minha amada filha,

Micaela,

Alegria da minha vida. Presente de Deus! Você me ensinou o significado de amor incondicional. Continuo a ser quem eu era antes, porém diferente. Sua presença, seu abraço, olhar, seu sorriso me fazem mais feliz. Te amo, flor!

Aos meus irmãos,

Ana Luisa, Rodrigo, Gustavo e Ana Paula,

Meus cunhados Melícia, Leo e Daniela e meus sobrinhos Dedé, Bia e Lipe, vocês sempre torceram por mim e vibraram comigo a cada vitória, cada conquista. Sem o apoio de vocês tudo seria mais difícil. Obrigada pela alegria, pelos sorrisos e carinho.

À minha avó,

Carmen (*in memoriam*),

Eterno exemplo de alegria e força. Agradeço pelas lições de vida e sabedoria e agradeço a Deus pelo tempo em que esteve junto de mim. Saudades!

Agradecimentos

A Deus e Mãe Rainha,

Pela proteção e bênçãos concedidas. Por me ampararem em momentos difíceis, dando força interior para superar dificuldades e mostrar o caminho nas horas incertas. Refúgio e fortaleza, fonte de vida, de inteligência e de bondade sempre me iluminando a mente, o coração e fortalecendo a vontade para atingir os objetivos, dou graças!

Ao meu orientador, **Professor Dr. João Roberto Gonçalves**, meus sinceros agradecimentos pelos ensinamentos transmitidos. Pelo incentivo, colaboração, apoio, paciência e conhecimentos passados durante o desenvolvimento desse trabalho, além da amizade formada.

Ao **Prof. Dr. Larry Wolford** por ceder seus arquivos para a seleção da amostra, pela atenção e sugestões que contribuíram para esse trabalho.

Ao **Professor Dr Luiz Gonzaga Gandini Júnior**, pela forma como me acolheu em Araraquara e no programa de pós graduação, pela generosa maneira de conduzir seus alunos, abrindo grandes oportunidades de crescimento e possibilidades de trabalhar e contribuir para o desenvolvimento da ciência. Admirável é seu exemplo que merece ser seguido profissionalmente e pessoalmente. Agradeço ter-me aberto as portas do seu consultório e da sua casa. Tudo o que aprendi com o senhor levarei para sempre e há de tornar-me sempre melhor como pessoa.

À **Professora Dra Márcia Gandini**, serei sempre agradecida pela amizade e por acreditar e contribuir para o meu crescimento profissional. Sua capacidade de realização, criatividade, sugestões e incentivo permanente abriram as portas para a realização dessa caminhada. Agradeço à Sra e ao Dr Luiz pelo incentivo, paciência e amizade durante os anos em que fiquei em Araraquara. Além de conhecimentos teóricos e práticos aprendi lições de vida valiosas. Obrigada de coração por tudo.

À **Professora Dra Lídia Parsekian Martins**, agradeço pela amizade e conhecimentos transmitidos. A senhora como profissional e mulher é um exemplo a ser seguido. Obrigada também pelo apoio, ensinamentos, confiança e carinho.

Ao **Professor Dr. Dirceu Barnabé Raveli**, por acreditar e contribuir para meu crescimento profissional. Sou muito grata e sempre o terei como um exemplo. Pelos ensinamentos transmitidos e experiências compartilhadas desde a época da Especialização foram muito importantes para mim. Obrigada pelas orientações e pela amizade de toda a família.

Ao **Professor Dr. Ary dos Santos Pinto**, sou eternamente agradecida por sua generosidade em partilhar seus conhecimentos e seu entusiasmo pela pesquisa. O senhor é um exemplo de competência e dedicação. Obrigada pela amizade, confiança e incentivo, pela disponibilidade e atenção em me atender e pelas sugestões para esse

trabalho. A pessoa humana que é e também profissionalismo com que conduz seus alunos o tornam digno de respeito e admiração.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, na pessoa da atual Diretora Profa. Andreia Affonso Barreto Montadon e Vice-Diretora Profa. Elaine Maria Sgavioli Massucato.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, na pessoa do Coordenador Prof Dr. Osmir Batista de Oliveira Júnior, pela oportunidade de participar deste conceituado programa de Pós-Graduação.

Aos docentes do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, Profa. Dra. Angela Cristina Cilense Zuanon, Prof. Dr. Cyneu Aguiar Pansani, Profa. Dra. Elisa Maria Aparecida Giro, Prof. Dr. Fábio César Braga De Abreu e Lima, Profa. Dra. Josimeri Hebling Costa, Profa. Dra. Lourdes Aparecida Martins Dos Santos Pinto, Profa. Dra. Rita De Cássia Loiola Cordeiro, Profa. Dra. Fernanda Lourenção Brighenti, Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli, Prof Dr. João Roberto Gonçalves, Profa. Lídia Parsekian Martins, Prof. Dr Luiz Gonzaga Gandini Júnior e Prof. Dr. Maurício Tatsuei Sakima pelos conhecimentos compartilhados.

Ao Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli, Prof Dr. João Roberto Gonçalves, Profa. Lídia Parsekian Martins, Prof. Dr Luiz Gonzaga Gandini Júnior que foram para mim exemplos de dedicação ao ensino e à pesquisa, meu respeito e admiração. Obrigada por partilhar seus conhecimentos bem como experiências profissionais e de vida.

Aos professores do “Gestos Gestos – Grupo de Estudos Ortodônticos e Serviços”, Dra. Márcia Gandini, Dra. Carolina Cirelli, Dr. Renato Parsekian Martins, Dra. Luana Sampaio, Dra. Taísa Raveli, Dra. Isabela Parsekian Martins, pela amizade, companheirismo, compartilhamento de conhecimento e de experiências de vida. A convivência com vocês me tornou uma pessoa melhor.

À todos os funcionários do “Gestos – Grupo de Estudos Ortodônticos e Serviços”, Ozita, Adriana, Márcia, Eloise, Camila, Ariela pela prontidão com que me atenderam sempre que precisei. Agradeço por toda a gentileza, atenção, amizade e carinho que me dispensaram durante esses anos.

Aos funcionários da Seção de Pós – Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, em especial Mara Cândida Munhoz do Amaral e José Alexandre Garcia e Flávia Souza de Jesus, pelo auxílio prestado durante todo o curso e pela atenção com que sempre atenderam às minhas solicitações.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, pela disponibilidade, em especial à Sonia Maria Tircailo, pela atenção e amizade.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, em especial à Ceres Maria Carvalho Galvão de Freitas e Marley Cristina Chiusoli Montagnoli, pela atenção e disponibilidade em ajudar.

Aos colegas Jonas e Jaqueline pelas contribuições para esse grupo de estudos. O empenho de vocês vai gerar muitos frutos.

Ao Deusdeidt Spavieri Júnior e Prof. Roland Koberle, pelo conhecimento compartilhado pela prontidão em ajudar, pela paciência em explicar várias vezes as informações ao longo desse período para a realização desse trabalho. Agradeço imensamente.

Ao Celso Boen pela disposição e colaboração para esse estudo.

Aos meus amigos de turma Alexandre, Betina, Sandra e Sergei que compartilharam as dificuldades, anseios, conquistas e pelos bons momentos que passamos juntos.

Aos Pós – Graduandos das turmas de mestrado e doutorado pela agradável convivência e companheirismo.

Aos meus familiares que sempre me incentivaram e torceram por mim.

Aos amigos de Araraquara e de Belo Horizonte pela amizade e apoio, também pelos momentos de descontração e alegria.

Aos meus sogros Paulo e Isa por me acolherem na família de vocês com muito carinho.

À União de Famílias, família de famílias, que com suas orações me deram força e ânimo para percorrer essa caminhada.

À “Tati”, por cuidar com tanto carinho da minha pequena jóia para que eu conseguisse realizar esse trabalho.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte financeiro concedido.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram, para a realização desta pesquisa, muito obrigada!

Mello PB de. Estabilidade esquelética tridimensional da multisegmentação maxilar [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de odontologia da UNESP; 2014.

Resumo

O objetivo desse estudo foi colaborar com o conhecimento atual sobre a estabilidade da multisegmentação maxilar que é controverso na literatura. Foram estudados aspectos relacionados à estabilidade esquelética, verificando-se possíveis relações da instabilidade com a amplitude dos movimentos cirúrgicos realizados, direção dos movimentos cirúrgicos realizados, tempo de acompanhamento e idade. TCFC digitalizadas antes e após cirurgia ortognática com osteotomia maxilar em forma de Y em 3 segmentos de 30 indivíduos em três momentos distintos foram analisadas (T1-pré-cirurgia; T2-pós-cirurgia imediata e T3-mínimo de 11 meses de acompanhamento). Os volumes tomográficos pré e pós-cirúrgicos foram superpostos, utilizando a base do crânio como referência para todos pacientes. Após a segmentação da maxila foi realizada a quantificação dos deslocamentos entre os modelos nos diferentes momentos por ICP (*iterative closest point*). Os valores médios dos deslocamentos e seus respectivos intervalos de confiança foram determinados por reamostragem não paramétrica; Man-Whitney para comparações duplas e Kruskal-Wallis para comparações múltiplas. Para as medidas de correlação, o coeficiente de correlação de Spearman foi calculado. Quanto maior a amplitude do deslocamento maior a instabilidade; a correlação da instabilidade com idade e tempo de acompanhamento foram muito pequenas.

PALAVRAS-CHAVE: cirurgia ortognática, maxila, tomografia, imagem tridimensional

Mello PB de. Tridimensional skeletal stability of maxillary multisegmentation [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2014.

Abstract

The present study was undertaken to collaborate with up to date knowledge about the stability of maxillary multisegmentation that presents itself quite controversially in literature. Aspects related to skeletal stability were studied verifying the possible involvement of instability with the extent and direction of surgical movements performed and age. CBCT scanned before and after orthognathic surgery with maxillary osteotomy Y-shaped in 3 segments of 30 subjects at three different times were analyzed (T1 - pre-surgery, T2 - immediate post operative and T3 - at least 11 months follow up) . Pre and postoperative CT volumes were superimposed using the base of the skull as a reference for all patients. After segmenting the maxilla, quantification of displacements between models at different moments was performed. The mean values of the desplacements and their respective confidence intervals were determined by nonparametric resampling; Man-Witney for double comparisons and Kruskal-Wallis for multiple comparisons. To measure the correlation, Spearman coefficient was calculated. As the displacement increase the instability increase; the correlation of instability with age and follow-up were very small.

KEYWORDS : orthognathic surgery, maxilla, tomography, three-dimensional image

Sumário

1 Introdução	10
2 Revisão de Literatura	14
3 Proposição	41
3.1 Objetivo Geral	42
3.2 Objetivos Específicos	42
4 Material e Método	44
4.1 Caracterização da amostra	44
4.2 Protocolo para obtenção das tomografias	47
4.3 Compressão dos arquivos	47
4.4 Segmentação das estruturas	48
4.5 Registro e superposição	51
4.6 Regiões de interesse	52
4.7 Mensuração cefalométrica	57
4.8 Planejamento Estatístico	58
5 Resultado	60
6 Discussão	73
7 Conclusão	82
8 Referências	85
9 Anexos	93

1 Introdução

1 Introdução

As más oclusões esqueléticas em adultos frequentemente exigem tratamento ortodôntico associado a tratamento cirúrgico. Dentre os diversos procedimentos cirúrgicos executados, as osteotomias maxilares estão entre as mais realizadas. Associadas ou não às osteotomias mandibulares, as osteotomias Le Fort I maxilares^{11,23} têm grande versatilidade e são indicadas para correções sagitais, verticais e transversais. Esse tipo de osteotomia pode ser realizada em um segmento único ou em múltiplos segmentos (multisegmentação), mais comumente em 3 distintos segmentos dento-ósseos.

A cirurgia Le Fort I segmentada possui vantagens e indicações precisas: aumento transversal, possibilidade de movimentação tridimensional em um único procedimento cirúrgico, reposição do segmento maxilar anterior com simultânea correção da inclinação dos incisivos, versatilidade para nivelar e obter boa oclusão durante a cirurgia⁵⁵.

A discrepância transversal dos maxilares é um problema comum no tratamento de deformidades dento faciais, sendo reportada prevalência de 9.4% de deficiência transversal maxilar na população geral¹⁴. Aproximadamente 30% dos pacientes adultos que procuram tratamento ortodôntico apresentam um componente de deficiência maxilar transversal⁶⁴. Quando tratada antes da fusão da sutura palatina mediana essas discrepâncias transversais são altamente efetivas e previsíveis^{6,28,41,51,52}. Após a fusão da sutura palatina mediana, no entanto, as opções de tratamento envolvem cirurgia e são menos previsíveis, acompanhando maior morbidade associada^{1,27}.

Cirurgiões e ortodontistas dividem-se em dois grupos distintos quanto à conduta a seguir frente à desarmonias esqueléticas que necessitam de cirurgia. Um desses grupos opta por duas cirurgias, sendo a primeira feita no início do tratamento ortodôntico e destinada exclusivamente à correção transversal (disjunção maxilar cirurgicamente assistida)^{6,7,62}. O segundo grupo de profissionais (bem menor do que o primeiro) opta pela correção cirúrgica simultânea de todas as alterações no final do preparo ortodôntico pré-cirúrgico através da multisegmentação maxilar^{10,43,44,74}.

A maior estabilidade da disjunção cirurgicamente assistida (cirurgia de expansão rápida da maxila) ainda é controversa em relação à estabilidade da cirurgia ortognática^{19,49}.

Pacientes classe II de Angle e hiperdivergentes possuem características peculiares como atresia maxilar, aumento da altura facial anterior, crescimento maxilo-mandibular com rotação horária. A possibilidade de correção de alterações verticais, sagitais e transversais num único procedimento cirúrgico é, sem dúvida nenhuma, uma contribuição muito importante para esse tipo de paciente. Sua estabilidade, no entanto, ainda não está adequadamente estudada^{3,4,40,48,49,62,65}.

O acompanhamento a longo prazo do tratamento orto-cirúrgico é importante para a avaliação dos resultados desse tipo de abordagem, pois remodelação esquelética e mudanças adaptativas após a cirurgia podem ocorrer com certa frequência⁶⁷.

A análise por pontos mais próximos entre si (ICP) é uma ferramenta precisa em localizar e quantificar mudanças morfológicas entre as superfícies e constitui um método mais confiável do que a marcação de pontos anatômicos utilizada na análise

cefalométrica tradicional. Por isso tem aumentado o interesse de quem trabalha com análise de arquivos DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*). A superposição de volumes tridimensionais permite a quantificação da rotação e translação, visualização de diferenças entre duas imagens de modelos 3D. O método de superposição volumétrica por equivalência de *voxels*, compara áreas estáveis para superposição identificando *voxels* idênticos nos dois volumes que serão analisados o que dispensa a imprecisa identificação de pontos de referências similares aos usados nas análises cefalométricas¹⁸.

Até o momento, não temos conhecimento de estudos que avaliaram a estabilidade da multissegmentação maxilar e fatores correlacionados utilizando essas novas tecnologias baseadas em volumes tomográficos com emprego de métodos de superposição volumétrica automática ou semi-automática.

2 Revisão de Literatura

2 Revisão de Literatura

As deficiências esqueléticas transversais da maxila possuem vários tipos de tratamento⁵⁹. A expansão rápida da maxila parece ser o melhor tratamento para pacientes em crescimento, corrigindo a atresia maxilar e melhorando o apinhamento dentário^{33,50}. Porém, para pacientes jovens com maturidade esquelética ou adultos onde a sutura palatina mediana já está consolidada, a expansão rápida da maxila não é eficaz e o tratamento requer uma abordagem ortodôntica juntamente com a cirúrgica⁷⁰, pois, após a maturidade esquelética a expansão rápida da maxila pode causar dor severa, inabilidade em ativar o aparelho, inclinação e extrusão de dentes, dobra do osso alveolar, necrose pela pressão no aparelho nos tecidos do palato e recidiva incontrolável após a remoção do aparelho¹³. É geralmente aceito que a expansão rápida da maxila sem o auxílio da cirurgia possui sucesso clínico somente até a idade de 14 a 16 anos⁷¹.

As deficiências transversais podem ser divididas em duas categorias: relativa e absoluta³⁷. A diferença entre elas é observada quando os modelos de gesso são manipulados em classe I de canino. Caso a deficiência transversal seja corrigida com o alinhamento dos arcos é considerada relativa. A discrepância transversa absoluta existe quando um ou ambos os segmentos posteriores estão cruzados quando os modelos são manipulados em classe I.

Prevalência da deficiência transversal maxilar

Proffit et al.⁶⁴ (1990) observaram que aproximadamente 23% dos adultos que procuraram tratamento ortodôntico na Universidade da Carolina do Norte apresentaram algum grau de deficiência transversal da maxila. Nesse estudo foram examinados arquivos de 1193 pacientes para os quais foi apresentada a opção de cirurgia ortognática com o intuito de determinar qual era a pretensão quanto ao tratamento dessas pessoas. As mulheres apresentaram o dobro da procura por essa modalidade de tratamento do que os homens. Considerando a mordida cruzada posterior unilateral ou bilateral, os autores citam a prevalência de 6% na população geral, enquanto essa porcentagem aumenta para 23% para pacientes que procuram tratamento.

Brunelle et al.¹⁴ (1996) avaliaram características oclusais em mais de 7000 indivíduos variando de 8 a 50 anos de idade. Dentre as medidas realizadas, a mordida cruzada posterior (incluída caso pelo menos dois dentes distais aos caninos estavam cruzados), foi observada em menos de 10% dessa população, sendo 9.1% no gênero feminino e 9.6% no masculino.

Tratamento da deficiência transversal maxilar em adultos

De acordo com Betts et al.¹³ (1995) a escolha do método de tratamento da deficiência transversal da maxila depende do tipo da deficiência (esquelética,

dentária ou uma combinação de ambas), do crescimento esquelético do paciente (se a sutura palatina mediana já está fusionada ou não), da magnitude da discrepância e do estado dos tecidos periodontais envolvidos. Os autores também sugerem que os benefícios da correção transversal incluem a melhora da estabilidade dentária e esquelética, menor chance de extração dentária, melhora da estética pela eliminação do corredor bucal, potencial ao longo prazo de melhora da saúde periodontal e também melhora da respiração nasal.

A correção de uma deficiência transversal significativa apenas pelo tratamento ortodôntico, às custas de inclinação dentária é extremamente instável. A recidiva em algum nível já é esperada. Kahl-Nieke et al.³⁸ (1996) realizaram um estudo longitudinal de 226 pacientes tratados ortodônticamente e avaliaram o período de pós contenção de pelo menos 10 anos. Todos os pacientes já eram adultos na época da avaliação. Eles observaram que a recidiva maior da largura do arco ocorreu na distância intermolar. Houve uma recidiva na região posterior de 2.5 mm ou mais, em 25.8% da amostra e uma diminuição de 2 mm ou mais, em 13.8% na região anterior. A expansão na área de molares foi de 4 mm ou mais, e na área de caninos foi de 2.5 mm ou mais.

Bailey et al.³ (2004) e Proffit et al.⁶⁶ (2007) relataram que os procedimentos cirúrgicos considerados altamente estáveis seriam aqueles com chance de menos de 10% de mudanças significativas pós tratamento. Os procedimentos estáveis seriam os com chance de menos de 20% de mudanças significativas pós tratamento e casos com fixação rígida. E os procedimentos problemáticos seriam os com probabilidade considerável de mudanças no período pós tratamento. Foram

classificados como problemáticos três procedimentos definidos como chance de 40-50% de mudanças: o reposicionamento posterior da mandíbula, o reposicionamento inferior da maxila e a expansão maxilar. O objetivo dessa observação é tomar medidas adicionais para levar a estabilidade a níveis mais previsíveis quando esses movimentos cirúrgicos são necessários.

Existem dois tipos de tratamento cirúrgico para pacientes com maturidade esquelética e que possuem deficiência transversal: 1) expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida ou 2) osteotomias Le Fort I segmentadas.

Expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida

A expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida, envolve uma combinação de osteotomias laterais com uma osteotomia mediana, seguida da expansão rápida maxilar que após completa, passa por um período de contenção de três meses. Esse procedimento é melhor indicado para pacientes que necessitam somente de correção da dimensão transversal^{37,47,60}.

Bell, Jacobs⁸ (1979) observaram as seguintes indicações para expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida: 1) como um adjuvante ortodôntico pré cirúrgico de casos que necessitam de cirurgia ortognática e não requerem o reposicionamento vertical ou sagital da maxila; 2) para aliviar a discrepância do arco onde a segmentação e o reposicionamento pode exceder os limites biológicos da cirurgia maxilar; 3) para casos onde houve falha na expansão ortodôntica ou quando houve recidiva transversal no tratamento ortodôntico com extrações; 4) para

melhorar a coordenação do arco quando a cirurgia da mandíbula é necessária; e 5) para corrigir uma morfologia anormal do arco maxilar onde a cirurgia é necessária para correção vertical e sagital.

Jacobs et al.³⁷ em 1980 relataram que uma das indicações da expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida é a quantidade de apinhamento dentário do arco superior. Caso a deficiência de espaço seja mínima a moderada, a expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida permite um alinhamento dos dentes pelo aumento da circunferência do arco.

Betts et al.¹³ (1995) citam a deficiência transversal maior que 5 mm verificada pela análise da radiografia PA, a deficiência transversal maxilar associada a uma mandíbula larga, expansão ortodôntica que tenha recidivado, pacientes que requerem uma expansão maior que 7 mm, tecido gengival extremamente fino ou recessão gengival e pacientes com maturação esquelética como indicações para esse tipo de cirurgia.

Bailey et al.⁴ (1997) relatam as seguintes indicações principais para a expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida: 1) deficiência transversal em pacientes com maturidade esquelética e 2) maxila atrésica unilateral ou assimétrica.

A expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida é um procedimento relativamente estável com recidiva que vai de 8% a 23% na região dos primeiros molares. O estudo retrospectivo de Bays, Greco⁷ (1992) avaliou modelos de gesso de 19 pacientes que foram submetidos à expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida. Houve uma média de recidiva de 8% na região de caninos, somente 1% na região de premolar e 7% na região de molar.

Pogrel et al.⁶² (1992) avaliaram 12 pacientes que tiveram a maxila expandida cirurgicamente em média 7.7mm (6-13 mm). Esses pacientes posteriormente realizaram cirurgia ortognática em um segmento e na região de molares a recidiva foi em média de 0.9mm (12%).

Chamberland, Proffit¹⁹ (2008) analisaram a quantidade de expansão dentária e esquelética e sua estabilidade após a expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida. Avaliaram 20 pacientes antes do tratamento, após a expansão máxima e após a remoção do expensor (6 meses) utilizando radiografias póstero-anteriores e modelos de gesso. A expansão máxima na região de molares foi de 7.48 mm com uma recidiva de 2.22 mm (30%). A expansão esquelética máxima foi de 3.49 mm, sendo considerada estável. A conclusão dos autores foi que os ortodontistas clínicos devem prever a recidiva dentária antes do tratamento, apesar da expansão esquelética ser estável e que a quantidade de recidiva dessa técnica é similar à expansão não cirúrgica e à osteotomia Le Fort I segmentada.

Os mesmos autores²⁰ em 2011 apresentaram dados longitudinais para a estabilidade a curto e longo prazo da expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida. Trinta e oito pacientes envolvidos nesse estudo tiveram seus dados coletados antes da expansão, na expansão máxima, na remoção do expensor (6 meses após a expansão), antes de alguma outra intervenção cirúrgica, ao final do tratamento ortodôntico e após dois anos de acompanhamento por meio de radiografias PA e modelos de gesso. A média de expansão máxima na região de molares foi de 7.60 ± 1.57 mm, e a média de recidiva foi de 1.83 ± 1.83 mm (24%). Uma recidiva modesta após o final do tratamento não foi estatisticamente

significante para todos os dentes exceto para os primeiros molares superiores ($0.99 \pm 1.1\text{mm}$). Uma relação significativa ($p < 0.0001$) foi observada entre a quantidade de recidiva após a expansão rápida cirurgicamente assistida e a observação do tratamento. Foi obtido uma expansão esquelética de no máximo $3.58 \pm 1.63\text{mm}$ e isso foi estável. A conclusão foi que as mudanças esqueléticas foram modestas, mas, estáveis. A recidiva dentária foi quase totalmente atribuída ao movimento lingual dos dentes posteriores; 64% dos pacientes tiveram mais do que 2mm de mudanças dentárias. A segunda intervenção cirúrgica não afetou a recidiva dentária.

Osteotomia Le Fort I segmentada

A outra alternativa cirúrgica para a deficiência transversal maxilar em pacientes com maturação óssea são as osteotomias Le Fort I segmentadas. Essa modalidade é indicada para pacientes que requerem um reposicionamento vertical e sagital, além da correção transversal. Utilizando a Le Fort I mudanças podem ser realizadas nos três planos do espaço, permitindo correções de excesso vertical maxilar, mordida aberta esquelética e problemas sagitais juntamente com a expansão transversal (Morgan, Fridrich⁵⁵, 2001).

Jacobs et al.³⁷ (1980) indicam que quando a morfologia do arco mostra atresia maxilar, porém, a área de caninos não necessita de muita expansão, uma Le Fort em dois ou três segmentos deve ser considerada. E em casos onde a dimensão vertical é importante, o procedimento deve ser a Le Fort em três ou quatro segmentos. Eles concluem que as osteotomias multisegmentadas são indicadas em

casos em que a discrepância transversal se encontra juntamente com uma discrepância antero posterior e/ou vertical e que o movimento lateral necessário seja menor que 6-7 mm.

Quanto à recidiva, estudos mostram que a movimentação antero posterior e vertical da maxila é relativamente estável, principalmente com os métodos atuais de fixação, enxertos ósseos, uso de goteira (Proffit et al.⁶⁵, 1987 ; Proffit et al.⁶³, 1996).

A estabilidade transversal da maxila nas cirurgias realizadas com osteotomias Le Fort I segmentadas é que são de difícil avaliação devido aos movimentos cirúrgicos nesse tipo de cirurgia serem não somente transversais, mas, combinados com correções sagitais e verticais (Kahnberg, Hagberg³⁹, 2007)

Philips et al.⁶⁰ (1992) avaliaram a estabilidade transversal maxilar de cirurgias Le Fort I segmentadas em 39 pacientes por meio de modelos de gesso. 26 pacientes foram submetidos à cirurgia em dois segmentos e 13 à cirurgia em 3 segmentos. A expansão foi maior na região posterior com média de 5.4 mm na região de segundos molares, diminuindo até 2.8 mm na região de primeiros pré-molares. A recidiva pós cirúrgica também foi maior na região posterior apresentando-se com 49% na região de segundos molares e 30% na região dos primeiros pré-molares. Três quartos dos pacientes apresentaram recidiva na região de primeiros molares. Uma recidiva severa (maior que 3 mm) foi reportada em 28% dos pacientes. Não houve diferença significativa entre os grupos de dois ou três segmentos e a constrição no arco foi significativa ($p < 0.02$) para todos os dentes, exceto para os caninos. As limitações do estudo incluem a não descrição específica da técnica cirúrgica, como foi realizada a contenção e a diferença da recidiva

dentária ou esquelética.

Bailey et al.⁴ (1997) numa revisão de literatura expõem sobre a expansão maxilar cirúrgica. Na visão dos autores é importante observar as similaridades e diferenças entre a expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida (ERMCA) e a Le Fort I com segmentação maxilar, a relativa estabilidade e as indicações para esses dois procedimentos. Na ERMCA o padrão de abertura da maxila é como se uma dobradiça estivesse na parte posterior e superior. Já na Le Fort I segmentada o padrão de expansão pode variar e a região posterior pode ser aberta como se a dobradiça estivesse na parte anterior da maxila. A ERMCA usualmente alarga mais a maxila na região de caninos do que a Le Fort I segmentada. Existem duas razões para uma expansão maxilar: para produzir uma oclusão correta, corrigindo a mordida cruzada posterior causada pela deficiência transversal; ou para fornecer espaço para o alinhamento dos dentes anteriores apinhados. Outro ponto observado foi a estabilidade. Os autores criticam que os estudos apresentados até a época do artigo não descrevem o período de contenção que é importante para a estabilidade das duas técnicas mencionadas. Quanto à indicação, cada técnica tem a sua, mas, para os autores, caso o paciente requeira a correção cirúrgica maxilar adicional à transversal não existe razão para submetê-lo a duas cirurgias.

Hoppenreijns et al.³⁶ (1998) usaram uma amostra de 130 pacientes para avaliar a estabilidade das dimensões transversais dos arcos maxilares após cirurgia para correção de mordida aberta. Foi realizada expansão ortodôntica seguida de Le Fort I em um único segmento em 77 pacientes. 23 pacientes receberam cirurgia em dois segmentos, 17 receberam cirurgia em três segmentos e 3 em quatro

segmentos. Os autores não descrevem os procedimentos cirúrgicos. Após um acompanhamento médio de 69 meses, apenas 20% dos pacientes mostraram recidiva na dimensão transversal. A distância inter molar no grupo de dois segmentos foi significativamente maior do que no grupo de três segmentos. Após uma média de expansão de 2.9 mm (inter pré-molar) e 3.4 mm (inter molar) houve recidiva de 46% e 73% respectivamente. Alguns pacientes mostraram uma diminuição da largura do arco durante o tratamento associada aos movimentos anteriores e posteriores dos segmentos cirúrgicos. Os autores notaram porém, que o estreitamento do arco maxilar geralmente continuou no período de acompanhamento.

Em 2003, Arpornmaeklong et al.², compararam a estabilidade da cirurgia de avanço Le Fort I em um segmento e em três segmentos. Análise cefalométrica lateral foi realizada em 26 casos, sendo 11 casos submetidos a cirurgia maxilar em um segmento e 15 casos em três segmentos. Os traçados foram superpostos e digitalizados por um *software* no computador. As mudanças esqueléticas foram analisadas antes da cirurgia, imediatamente após a cirurgia e em no mínimo um ano após a cirurgia. Os valores diferentes foram comparados por testes t pareado e não pareado e foi realizada um teste de correlação de Pearson. Os valores significativos foram colocados num intervalo de confiança de 95%. A maxila foi avançada em média de $5.0 \pm 1.6\text{mm}$ ($p < 0.001$) e a maxila anterior foi reposicionada inferiormente em média $1.5 \pm 3.3\text{mm}$ ($p < 0.05$). A maxila recidivou posteriormente numa média de $0.6 \pm 1.2\text{mm}$ ($p < 0.05$) e superiormente (maxila anterior) numa média de $0.8 \pm 1.1\text{mm}$ ($p < 0.001$). A sobressaliência e a sobremordida não mudaram significativamente

($p > 0.05$). A conclusão foi que o avanço maxilar utilizando fixação rígida e enxerto ósseo foi estável nos dois grupos, particularmente no plano horizontal. Entretanto, no grupo da cirurgia em um segmento a recidiva no plano vertical foi significativamente maior que no grupo em três segmentos ($p < 0.05$). Recidivas esqueléticas menores foram compensadas por movimentações ortodônticas pós operatórias. Procedimentos com segmentação são recomendados quando é requerido uma melhora nos resultados oclusais.

Proffit et al.⁶⁶ (2007) utilizando elementos do banco de dados da Universidade da Carolina do Norte achou ser a expansão transversal da maxila um procedimento instável e que a maior recidiva ocorreu na região posterior de segundos molares com 50% de recidiva em média. Ocorreu mais que 2 mm de recidiva em dois terços dos pacientes. Eles atribuem esse fator a inelasticidade do tecido da mucosa palatina que tende a voltar a sua posição original.

Marchetti et al.⁴⁹ (2009) compararam a estabilidade a longo prazo de modelos de gesso de 10 pacientes submetidos Le Fort I segmentada e 10 modelos de pacientes submetidos a cirurgia de expansão rápida da maxila. Foram medidas as distâncias inter canina e inter pré-molar antes da expansão (T1), após a expansão (T2) e dois anos após a expansão (T3). No grupo Le Fort I segmentado, a média de expansão foi 2,75mm na região de caninos e 3,75 mm na região de molares. A recidiva foi de 0,25 (25%) na região de caninos e 0,75 (20%) na região de molares. Foi concluído que a região de molares parece ser mais estável que a de caninos para essa técnica.

Kretchmer et al.⁴² (2009) publicaram um estudo do efeito da segmentação

maxilar e os diferentes movimentos dos segmentos das osteotomias Le Fort I no fluxo sanguíneo ósseo em pacientes que foram submetidos a esse tipo de cirurgia. As variáveis foram o tempo (T1-antes das osteotomias Le Fort I; T2-após as osteotomias Le Fort I; T3-após a segmentação e fixação da maxila) e magnitude do movimento cirúrgico maxilar nos sentidos sagital, vertical, transversal medidos em milímetros. O pacientes foram divididos em dois grupos de risco (alto/baixo) dependendo da quantidade de movimento. A variável com resultado primário foi o fluxo sanguíneo ósseo maxilar medido com laser Doppler em quatro locais: pré maxila, segmentos laterais direito e esquerdo e mandíbula. Nenhuma diferença significativa foi observada entre as três regiões maxilares. A diminuição média do fluxo sanguíneo maxilar entre T1 e T2 assim com a redução do fluxo entre T2 e T3 foi estatisticamente significante para todas as regiões ($p=0.028$ a $p=0.005$ para T1/T2; $p=0.003$ a $p=0.028$ para T2/T3). Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os dois grupos de risco (alto ou baixo risco) de movimento maxilar (avanço, reposicionamento superior e expansão de 2 mm foram considerados como risco e caso o paciente possuía dois ou três desses movimentos foram considerados de alto risco). A conclusão foi que as osteotomias multisegmentadas maxilares levam a uma redução significativa de fluxo sanguíneo. Os movimentos maxilares moderados não têm influência significativa no suprimento sanguíneo.

Os mesmos autores⁴⁵ em 2010 pesquisaram o efeito da expansão maxilar das osteotomias maxilares Le Fort I segmentadas no fluxo sanguíneo ósseo. Cinco ovelhas foram submetidas à cirurgia e o fluxo sanguíneo foi medido por fluxometria Doppler a laser na pré-maxila, segmentos laterais e na mandíbula antes das

osteotomias, no momento intra operatório, após as osteotomias e segmentações assim como após expansão de 4mm, 8mm e 12mm com um Hyrax. Uma redução significativa do fluxo sanguíneo foi observada após a osteotomia e segmentação com um fator de 3.10 e entre 4mm e 8mm de expansão com um fator de 1.81. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre 0mm e 4mm de expansão ou entre 8 e 12 mm. Esses resultados sugerem que uma expansão maior que 4mm em osteotomias segmentadas aumenta o risco de sequela avascular. Apesar de grandes alargamentos maxilares terem sido realizados sem complicações avasculares, os autores frisam que maiores estudos devem ser realizados em relação à recuperação da perfusão.

Ainda em 2010, Kretschmer et al.⁴³ investigaram o efeito da segmentação na estabilidade das osteotomias Le Fort I em procedimentos bimaxilares. A pesquisa foi realizada com 60 pacientes que foram submetidos a osteotomia maxilar em um segmento e 60 que foram submetidos a osteotomias maxilares em 3 segmentos. Análises cefalométricas foram realizadas antes da cirurgia (T1), imediatamente após a cirurgia (T2) e após um acompanhamento de 12 a 15 meses (T3). Foram medidos os ângulos SNA, SNB, IMPA, 1.NA, SN-GoMe e também marcados os pontos de referência incisal do incisivo superior, cúspide mesial do primeiro molar superior, espinha nasal anterior, espinha nasal posterior que foram medidos na superposição das teleradiografias. As variáveis do estudo no T1, as mudanças cirúrgicas (T2-T1) e as mudanças pós cirúrgicas (T3-T2) não mostraram diferenças entre os grupos de um segmento e três segmentos maxilares. Porém, uma tendência de maior recidiva vertical foi observada no grupo com três segmentos. Um movimento inferior

significativo foi observado na cúspide mesial do primeiro molar superior no grupo de um segmento maxilar (0.5mm) e no grupo de três segmentos maxilares (0.4mm). Em ambos os grupos e em todas as direções as mudanças de T2 para T3 não apresentaram correlações significativas com as mudanças de T1 para T2. Nenhuma diferença foi observada entre os reposicionamentos superior e inferior. Os autores concluíram que a segmentação da maxila não provoca maior ou menor instabilidade e deve ser considerada quando indicada. E que o enxerto ósseo fornece uma boa estabilidade no reposicionamento inferior e anterior da maxila.

Em 2011, Kretschmer et al.⁴⁴ realizaram um estudo com 87 pacientes (modelos de gesso e Radiografias PA) para avaliar a estabilidade transversal dento alveolar e esquelética da multisegmentação maxilar da Le Fort I em três diferentes técnicas (osteotomia do palato unilateral-grupo A; osteotomia do palato bilateral-grupo B; osteotomia unilateral do palato com fixação com placas reabsorvíveis-grupo C). No grupo A foi utilizado enxerto ósseo em 9 pacientes. Radiografias PA e modelos de gesso foram realizados antes da cirurgia (T1), imediatamente após a cirurgia (T2) e após um período de 12 a 15 meses de acompanhamento (T3). As medidas esqueléticas foram realizadas entre a interseção do contorno lateral do processo alveolar maxilar e o contorno inferior do processo maxilo-zigomático. A largura dento-alveolar foi medida entre os primeiros pré-molares e os primeiros molares. De acordo com a magnitude da expansão, os grupos foram divididos em subgrupos: negativo (constricção), de 0 a 2mm, de 2 a 4mm, maior que 4mm. Foram avaliadas as mudanças cirúrgicas (T2-T1) e a estabilidade pós cirúrgica (T3-T2). As variáveis (T1), as mudanças cirúrgicas (T2-T1) e as pós cirúrgicas (T3-T2) não

mostraram diferenças significativas entre os três grupos. Entretanto, uma tendência a menor recidiva em caso com maiores expansões foi observada no grupo C. A amostra toda teve uma média de expansão de 2.13mm na base esquelética, 1.11mm na região de pré-molar e 1.99mm na região de molar. A média de recidiva foi de 0.20mm (9%) na base esquelética, 0.76mm (68%) na região de pré-molar e de 1.20mm (60%) na região de molar. O enxerto não teve nenhuma influência significativa no grupo A. O reposicionamento anteroinferior ou pósteroinferior não resultou em recidivas significativas. Esse estudo mostrou uma estabilidade transversal maxilar esquelética, porém houve instabilidade dentária.

Ho et al.³⁵ (2011) avaliaram as complicações associadas à cirurgia de segmentação maxilar por meio de uma revisão retrospectiva em fichas médicas, radiografias e modelos de estudo de 85 pacientes consecutivos com idade média de 23.3 anos (de 14-51 anos); proporção de homens e mulheres de 1:2 (57 mulheres e 28 homens), tratados entre 1995 e 2009. Os tipos de deformidades apresentadas eram mordida aberta anterior (n=30), deficiência transversal maxilar (n=24), mordida aberta anterior com deficiência transversal maxilar (n=28), e excesso vertical anterior (n=3). Setenta maxilas foram segmentadas em três partes (82%), treze em duas partes (15%), duas em quatro partes (2%). Trinta e um pacientes (25%) tiveram enxertos ósseos. A fixação foi realizada usando mini placas de titânio em 80 pacientes (94%), e mini placas de titânio mais placas reabsorvíveis em 5 pacientes (6%). A porcentagem de complicações no total foi de 27%. Três pacientes (4%) tiveram uma desvitalização de dentes, 3 (4%) desenvolveram pequenos defeitos periodontais, e um teve uma perda de dente (já com mobilidade antes da cirurgia). Oito

pacientes (9%) tiveram suas placas removidas, e dois pacientes desenvolveram uma fístula palatal persistente pós operatória. O resultado mostrou que o número de complicações foram relativamente baixas e que a segmentação maxilar é segura em casos cuidadosamente selecionados.

Em 2012, Venugoplan et al.⁷² estimaram o número e tipo dos procedimentos ortognáticos realizados nos hospitais dos Estados Unidos. Os dados foram retirados de 10.345 internações hospitalares de 2008 com finalidade ortognática. O procedimento mais realizado (45.8% das internações) foi a segmentação maxilar, mostrando uma tendência a ser seguida.

Fatores que influenciam na estabilidade pós-cirúrgica

Bell, Scheidman⁹ (1981) observaram em seu estudo que a recidiva da maxila ocorre durante os primeiros dois a três meses após a cirurgia e que um osso neoformado pode não resistir adequadamente às forças dos músculos da mastigação.

O tipo de corte ósseo cirúrgico influencia no tipo de abertura da expansão maxilar. Philips et al.⁶⁰ (1992) observou que numa Le Fort I em dois segmentos a expansão ocorre progressivamente da região anterior para a posterior. Já numa Le Fort I segmentada a expansão na área de caninos é minimizada. A região de pré molares e molares podem ser expandidas em maior quantidade.

Segundo Misch, Dietsch⁵³ (1993) quando um espaço entre os ossos é deixado após a cirurgia, blocos de hidroxiapatita são usados e promovem aposição óssea a partir de osso já existente, possuem pouca ou nenhuma reabsorção,

estabilidade e biocompatibilidade.

Hoppenreijns et al.³⁶ (1998) mostraram que pacientes que foram estabilizados com fixação rígida interna, após cirurgia de multisegmentação maxilar apresentaram melhor estabilidade transversal que os que não utilizaram esse tipo de fixação.

Outra técnica proposta com o intuito de manter a estabilidade transversal da multisegmentação maxilar é o uso de splint interoclusal por um período de seis a oito semanas após a cirurgia (Fridrich, Williamson²⁵, 1989).

A inelasticidade da mucosa do palato é outro fator que Wolford et al.⁷⁴ (2002) citaram. A tensão exercida sobre as fibras colágenas da mucosa palatina, conseqüente à ampliações transversais da maxila, cria um vetor de força contrário ao movimento cirúrgico. Esta situação pode ser anulada por uma incisão sagital da mucosa palatina permitindo uma movimentação lateral extensa sem esticar a mucosa.

O fato é que na literatura atual a estabilidade a longo prazo das duas técnicas cirúrgicas (expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida ou osteotomias Le Fort I segmentadas) e a taxa de recidiva varia entre os autores. Além disso, poucos estudos analisam a estabilidade da osteotomia Le Fort I segmentada.

Metodologias recentes utilizando tomografia computadorizada de feixe cônico

Um plano de tratamento orto-cirúrgico adequado necessita de um diagnóstico correto dos exames de imagem para que os resultados sejam alcançados. O diagnóstico orto-cirúrgico era realizado somente por meio de

radiografias tradicionais, traçados cefalométricos e fotografias — recursos explorados em duas dimensões (2D). No entanto, essas análises apresentam limitações bem conhecidas pelos cirurgiões e ortodontistas, tais como: magnificação e distorção da imagem; sobreposição de estruturas, desarranjos de projeção (o que pode alongar ou encurtar a percepção da dimensão de um objeto); erros de rotação e transformação de projeção linear. Na última década a tomografia computadorizada de feixe longo tem se tornado uma importante fonte de dados para um bom diagnóstico. Por isso, a criação de novos métodos de análise tridimensionais devem ser desenvolvidos e pesquisados (Kapila et al.⁴⁰, 2011).

Com o aumento da utilização das tomografias computadorizadas de feixe cônico surgem mudanças na metodologia do diagnóstico e plano de tratamento, assim como treinamento na manipulação de imagens tridimensionais pelos cirurgiões (Halozonetis³², 2005).

Grauer et al.³⁰ (2009) ressaltaram pontos importantes ao manipular arquivos DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). A unidade que forma as imagens tridimensionais é o *voxel*. Cada uma dessas unidades contém um valor da escala de cinza representando quanto de radiação foi absorvida na área.

Cevidanes et al.¹⁶ (2005) e Cevidanes et al.¹⁸ (2006) desenvolveram um processo de registro que não depende da precisão da superfície dos modelos 3D. Esse processo já validado compara os níveis de cinza de *voxel* (compõe a imagem 3D) por *voxel* (cada *voxel* possui um valor de nível de cinza baseado no cálculo indireto da quantidade de radiação absorvida ou capturada e calculada por um algoritmo) nas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). A

região para comparação é definida pelo usuário. Uma matriz de translação e rotação é computada e aplicada para a imagem TCFC. Esse método é considerado o mais avançado e utilizado em vários estudos para avaliação tridimensional dos efeitos do tratamento orto-cirúrgico.

Grauer et al.³⁰ (2009) descreveram em um artigo três *softwares* utilizados na ortodontia para analisar imagens DICOM (*digital imaging and communications in medicine*). Foram o 3dMDvultus (3dMD, Atlanta, Ga), o Dolphin Imaging (Dolphin Imaging, Chatsworth, Calif), e o InVivoDental (Anatomage, San Jose, Calif). Existem outros *softwares* disponíveis (até mesmo com *download* gratuito) para lidar com arquivos DICOM. Ainda nesse artigo os autores descrevem a segmentação, registro e superposição das imagens tridimensionais utilizando esses *softwares*. Os autores acreditam que o método de registro baseado em superfícies compostas por milhares de pontos de referência (3dMDvultus) é melhor do que o que somente utiliza alguns pontos selecionados pelo usuário do *software* (Dolphin Imaging e o InVivoDental). Entretanto, ainda dependem da precisão da superfície dos modelos 3D.

Cevidanes et al.¹⁷ (2010) realizaram um estudo para determinar a morfologia condilar 3D e avaliar a extensão da reabsorção em côndilos com osteoartrite; avaliar a extensão da reabsorção condilar em pacientes sintomáticos e assintomáticos e determinar se há correlação entre a reabsorção condilar e a intensidade e duração da dor em côndilos com osteoartrite. A metodologia consistiu em segmentação dos côndilos e determinação de scores dos modelos condilares utilizando a correspondência de forma, que é automática e mais precisa em localizar e quantificar mudanças morfológicas entre as superfícies.

Em 2010, um método de superposição automática que compara os níveis de cinza dos *voxels* baseado na teoria da informação mútua utilizando o *software* Ondemand3D (Cybermed, Seoul, Korea) foi desenvolvido e disponibilizado comercialmente. Esse método não necessita de segmentação prévia e a superposição é realizada de maneira rápida e fácil segundo os autores. Porém, ainda não foi validado, necessitando de mais pesquisas (Choi, Mah²², 2010).

Numa revisão sistemática realizada por Guijarro-Martínez, Swennen³¹ em 2011, foram relatados dezoito *softwares* diferentes destinados à análise tridimensional e mensuração das vias aéreas superiores, a grande maioria sem estudos de validação. Os autores destacam uma inconsistência e discrepância dos estudos em reportar as condições de aquisição das imagens, os limites e parâmetros das avaliações. Ainda relatam que a segmentação manual parece possuir melhor acurácia, apesar de consumir maior tempo do pesquisador.

Weissheimer et al.⁷³ (2012) compararam a precisão e acurácia de seis *softwares* de imagens para medir volumes de vias aéreas superiores em TCFC. A amostra foi de 33 pacientes em crescimento e um *phantom* de acrílico da orofaringe, escaneados pelo mesmo aparelho tomógrafo. O volume do *phantom* foi utilizado como padrão ouro. Segmentações semi automáticas das orofaringes dos pacientes e do *phantom* com protocolo de limites fixos e interativos foram realizadas pelos *softwares* Mimics (Materialise, Leuven, Belgium), ITK-Snap (www.itksnap.org), OsiriX (Pixmeo, Geneva, Switzerland), Dolphin3D (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, Calif), InVivo Dental (Anatomage, San Jose, Calif), e Ondemand3D (CyberMed, Seoul, Korea). A confiabilidade foi alta para todos os

softwares. O protocolo com limite interativo (Mimics, Dolphin3D, OsiriX, and ITK-Snap) mostrou menos de 2% de erro no volume comparado com o padrão ouro. Ondemand3D e InVivo Dental tiveram um erro maior que 5%. Com os limites fixos os erros de volume foram similares entre os *softwares* (-11.1% a -11.7%). As segmentações com o ITK-Snap, Mimics, OsiriX e Dolphin3D foram estatisticamente diferentes ($P < 0.05$) em comparação ao InVivo Dental. Não houve diferença estatisticamente significativa ($P > 0.05$) entre os programas InVivo Dental e o OnDemand3D. A conclusão foi que todos os 6 programas foram precisos, mas apresentaram erros no volume da segmentação. Mimics, Dolphin3D, ITK-Snap e OsiriX foram considerados similares e com maior acurácia em comparação ao InVivo Dental e Ondemand3D.

Nada et al.⁵⁶ (2013) avaliaram tridimensionalmente as mudanças do tecido mole da região orofacial em pacientes que foram tratados com expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida. Os modelos tridimensionais foram construídos, superpostos e registrados na base anterior do crânio pelos níveis de cinza dos *voxels* no *software* Maxilim (Medicim, Mechelen, Belgium), método já testado anteriormente. Mapas coloridos entre os modelos superpostos foram computados para avaliar o grau de mudanças esqueléticas e de tecido mole na região maxilar.

Magnusson et al.⁴⁸ (2013) realizaram um estudo longitudinal avaliando as mudanças na forma externa do nariz após expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida e tratamento ortodôntico. Para isso, utilizaram a tomografia e modelos tridimensionais, baseados em superposição na base anterior do crânio (a primeira no início do tratamento e a última após o tratamento ortodôntico, cerca de

18 meses após a cirurgia. Os autores utilizaram uma versão modificada da técnica de Cevitanes et al.^{15,18} 2006 e 2010. O registro e a superposição foram realizados antes da segmentação, que foi semi automática com o software AMIRA (Mercury Computer System, Berlin, Germany). A região de interesse é realçada nos cortes seccionais e algoritmos aplicados para mostrar o caminho que melhor se encaixa na superfície da imagem. O software Di2Mesh (Institute for Surgical Technology & Biomechanics, University of Bern, Bern, Switzerland) computou a relação de pontos mais próximos entre as regiões de interesse no pré cirúrgico e no pós cirúrgico num sistema Euclidiano de coordenadas no espaço.

Hino et al.³⁴ (2013) avaliaram tridimensionalmente o crescimento e efeitos do tratamento na face média e na dentição superior produzidos pela terapia com máscara facial (MF) associada com expansão rápida da maxila (ERM) comparados à protração maxilar ósseo ancorada (PMOA). A metodologia foi a mesma de Cevitanes et al.¹⁵ (2010). Modelos tridimensionais foram gerados pelas tomografias tiradas antes e após (aproximadamente 1 ano) o tratamento pelo *software* ITK-SNAP. O registro foi na base anterior do crânio pelo *software* IMAGINE de forma automática alinhando os níveis de cinza dos *voxels*. A visualização e avaliação das mudanças foi realizada usando o *software* CMF (M. E. Muller Institute for Surgical Technology and Biomechanics, University of Bern, Bern, Switzerland). As distâncias dos pontos mais próximos das superfícies entre T1 e T2 que foram disponibilizadas em mapas de cores quantificaram as diferenças entre as imagens superpostas. Semi transparências também foram utilizadas para visualizar os deslocamentos.

Stefanovic et al.⁶⁹ (2013) avaliaram e compararam tridimensionalmente

mudanças nas vias aéreas faríngeas em pacientes tratados ortodonticamente com e sem extrações. Os volumes da nasofaringe e orofaringe, área de máxima constrição faríngea e o perímetro do arco superior foram visualizados no *software* Dolphin Imaging versão 11 (Dolphin Imaging, Chatsworth, CA, USA) nos cortes da tomografia no T0 e T1 e mensurados no *software* InVivo Dental Software (Anatomage Inc., San Jose, CA, USA).

Solem et al.⁶⁸ (2013) avaliaram a relação das mudanças entre o tecido mole e duro de pacientes asiáticos tratados ortodonticamente. As tomografias foram registradas (níveis de cinza de *voxels*) na base do crânio e fossa pelo *software* Amira (version 5.4.2, Visage Imaging). As mudanças do tecido mole e duro foram determinadas por meio do deslocamentos de pontos mais próximos de referência e mapas coloridos (InvivoDental5.0; Anatomage, San Jose, Calif).

Nessa recente revisão sistemática, Pittayapat et al.⁶¹ (2013) avaliaram evidência da eficácia do diagnóstico pela cefalometria tridimensional na ortodontia focando na acurácia das medidas e reprodutibilidade de pontos de identificação. Foi encontrada uma limitada evidência da eficácia da cefalometria tridimensional. Somente 6 estudos preencheram os critérios de nível moderado de evidência. Os autores relatam que a identificação de pontos de referência e mensuração tridimensional é confiável assim como nas representações bidimensionais. Isso pode depender do método de análise dos estudos. Mesmo diferentes máquinas podem proporcionar uma diferença nos resultados encontrados. Diferentes pontos de referência mostraram diferenças em sua confiabilidade, reprodutibilidade e precisão na área tridimensional. De acordo com essa revisão sistemática ainda são

necessários estudos com metodologia padronizada utilizando análise com cefalometria tridimensional.

Em um estudo piloto Le Cornu et al.⁴⁶ (2013) analisaram mudanças esqueléticas em pacientes classe II tratados com aparelho de Herbst e compararam as mudanças com pacientes classe II tratados com elásticos (grupo controle). Para isso, utilizaram técnica de superposição tridimensional. Modelos tridimensionais foram gerados pelo *software* ITK-SNAP (<http://www.itksnap.org>), registrados na base anterior do crânio (*software* IMAGINE) e analisados (Vectra Analysis Model - Canfield Imaging Systems, Fairfield, NJ) utilizando pontos mais próximos entre si com mapas coloridos e mensurações ponto a ponto.

Baratiei et al.⁵ (2013) examinaram tridimensionalmente o efeito ortopédico de forças na câmara pulpar do primeiro molar superior e incisivo central superior em crianças em crescimento após a expansão rápida da maxila (ERM) e crianças sem tratamento. Tomografias 3D foram realizadas antes do tratamento e após um ano da fase ativa da ERM. Inicialmente a visualização tridimensional de todas as câmaras pulpares dos dentes foi feita pelo Dolphin Imaging software (version 11.0; Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, Calif). Todas as imagens foram padronizadas com o mesmo contraste e brilho. Cortes transversais e longitudinais foram usados para as mensuração dos molares e incisivos.

Franco et al.²⁴ (2013) avaliaram tridimensionalmente a posição dos côndilos, ramo e mento de 1 a 3 anos após a cirurgia de avanço mandibular. Tomografias de 27 pacientes classe II com sobremordida normal ou profunda foram realizadas (ITK-SNAP- (<http://www.itksnap.org>) e os modelos tridimensionais foram superpostos pela

base do crânio automaticamente (IMAGINE-
<http://www.ia.unc.edu/dev/download/Imagine/index.htm>) para verificar remodelação óssea e mudanças visualmente mostradas e quantificadas pelos mapas de cor (CMF- M.E. Muller Institute for Surgical Technology and Biomechanics, University of Bern, Bern, Switzerland, under the funding of the Co-Me network; <http://co-me.ch>). Análise de covariância com presença de genioplastia, idade, gênero e variáveis foi utilizada para estimar e testar as médias das mudanças em cada região de interesse.

Gamble et al.²⁶ (2013) aplicaram um método de análise estatística de configuração de regiões ou pontos de interesse (região específica) aplicado em dados de tomografias tridimensionais de expansão maxilar rápida. Esse método utilizou homologia persistente e redução dimensional para analisar efeitos do tratamento em regiões específicas envolvendo dois tipos de expansão maxilar comparados ao grupo controle. O método identificou a largura maxilar como a característica primária da variabilidade nos dados e mostrou que ambos os grupos com tratamento exibiram expansão maxilar significativamente maior que o grupo controle, sem diferença significativa entre os dois tratamentos. Os autores concluíram que esse método produz resultado mais detalhados e que pode ser usado com um grande número de pontos de interesse, merecendo maior pesquisa sobre o assunto.

Gonçalves et al.²⁹ (2013) avaliaram as mudanças condilares um ano após cirurgia bimaxilar com avanço mandibular com ou sem reposição de disco articular em modelos tridimensionais da articulação temporomandibular. Os modelos

tridimensionais (ITK-SNAP- <http://www.itksnap.org>) foram superpostos e registrados na base do crânio pelo nível de cinza dos *voxels* (IMAGINE- <http://www.ia.unc.edu/dev/download/Imagine/index.htm>). A localização, direção e magnitude das mudanças condilares foram visualizadas e quantificadas por gráficos de semi transparência e por mapas coloridos (VAM-Canfield Scientific, 2012, Fairfield, NJ; <http://www.canfieldsci.com>) por meio de pontos mais próximos entre si.

Vico et al.⁷⁵ (2013) introduziram uma nova análise tridimensional de valor clínico para avaliar assimetria em caso de síndromes craniofaciais. Modelos tridimensionais e medidas esqueléticas e dentoalveolares foram analisadas nos modelos tridimensionais pelo *software* VirSSPA 1.0 (SSPA, Seville, Spain).

Para avaliar as mudanças volumétricas das vias aéreas de pacientes adultos que foram submetidos expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida Pereira-Filho et al.⁵⁸ (2013) utilizaram o *software* Dolphin Imaging (Dolphin Imaging, Chatsworth, CA, USA). Comparações estatísticas das mudanças entre os tempos T1 e T2 foram realizadas. Não houve diferença estatística entre os volumes ou área. Uma diferença significativa foi encontrada entre as áreas das menores seções transversais do período pré operatório e imediatamente após a cirurgia ($p < 0.05$). A expansão rápida da maxila cirurgicamente assistida não resultou em aumento estatisticamente significativo das vias aéreas, resultou num deslocamento da menor seção de área transversal.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

Esta pesquisa tem como objetivos:

3.1 Objetivo Geral:

a) Avaliar a estabilidade esquelética da multisegmentação maxilar utilizando tomografia computadorizada digitalizada de feixe cônico e programas específicos para esta finalidade.

3.2 Objetivos Específicos:

a) Avaliar as alterações espaciais da maxila após multisegmentação maxilar e rotação anti-horária.

b) Avaliar a estabilidade esquelética da multisegmentação maxilar.

c) Verificar possíveis relações da instabilidade com a amplitude dos movimentos cirúrgicos realizados, direção dos movimentos cirúrgicos realizados, e tempo de acompanhamento e idade.

4 Material e Método

4 Material e Método

4.1 Caracterização da amostra

Foram utilizados arquivos de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) digitalizados na fase pré-cirúrgica imediata (T1), pós-cirúrgica imediata (T2) e no mínimo onze meses após a cirurgia (T3) de 30 pacientes (26 do gênero feminino e 4 do gênero masculino). Todos os 30 pacientes foram operados pelo mesmo cirurgião (Dr. Larry Wolford na Baylor University Medical Center – Dallas, TX, USA).

Para que as documentações pudessem ser utilizadas para a pesquisa, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelos participantes.

Esse projeto foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia de Araraquara (FOAr) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Anexo 1).

Os critérios de inclusão foram:

1. Pacientes que foram submetidos a tratamento orto-cirúrgico maxilo-mandibular com multisegmentação maxilar em três segmentos em forma de Y, com osteotomia inter dental entre caninos e incisivos laterais dos lados direito e esquerdo, incisão parasagital na mucosa palatina e uso de splint palatino fixo sem cobertura oclusal por 45 a 90 dias (após esse período o protocolo foi individualizado).

2. Pacientes classe II de Angle e padrão facial hiperdivergente com SN.GoMe $>36^\circ$.

3. Pacientes que possuíam os três tempos da documentação: pré-cirúrgico de um a cinco dias antes da cirurgia (T1), pós cirúrgico imediato com um a dez dias após a cirurgia (T2) e pós cirúrgico com no mínimo onze meses de acompanhamento pós-cirurgia (T3).

Os critérios de exclusão foram:

1. Resultados tomográficos que não atenderam os critérios acima.
2. Pacientes que não atenderam os critérios acima.
3. Pacientes com fissuras palatinas, síndromes ou já submetidos a cirurgia anteriormente.

As Tabelas 1 e 2 mostram os dados descritivos da idade, tempo de acompanhamento e gênero dos pacientes da amostra e as alterações médias das medidas cefalométricas dos tempos 1, 2 e período de acompanhamento.

A Figura 1 mostra a distribuição da amostra quanto à idade, SN.GoMe e T3 (tempo de acompanhamento).

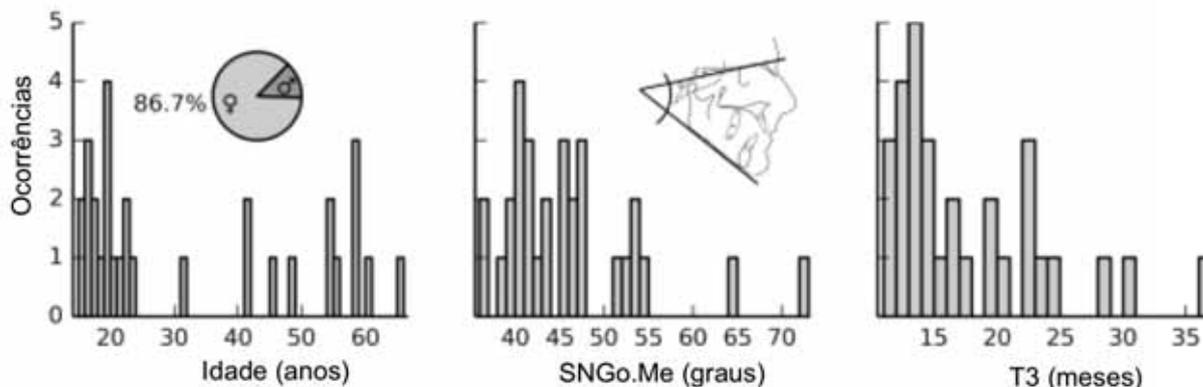
Tabela 1- Medidas descritivas de idade e tempo de acompanhamento

	Idade (anos)				Acompanhamento (meses)			
	média	dp	mínimo	máximo	média	dp	Mínimo	máximo
Feminino(26)	32.7	18.0	15.1	65.7	18.1	6.5	11.5	36.1
Masculino(4)	36.2	19.2	18.9	58.9	15.0	2.9	12.8	19.2

Tabela 2- Média e desvio padrão, diferença entre as médias, erro padrão e valor de p para o teste t de Student para hipótese de igualdade entre as médias

medida	T1		T2		diferença		
	média	dp	média	dp	média	Ep	valor p
SNA	79.5	4.1	82.5	4.4	3.0	0.6	0.000
SNB	72.3	4.7	79.6	3.3	7.3	0.7	0.000
SNGoMe	46.1	7.9	34.7	5.2	-11.4	1.2	0.000
FMA	34.0	6.7	23.9	4.5	-11.0	0.8	0.000
OPA	23.1	5.0	12.1	3.6	-10.1	1.0	0.000
AFAI	68.8	11.7	68.7	5.7	-0.1	1.6	0.976

Figura 1- Caracterização da amostra quanto à idade, SN.GoMe e T3 (tempo de acompanhamento)



4.2 Protocolo para obtenção das tomografias

Para o protocolo radiológico foi utilizado um aparelho I-Cat Platinum (Imaging Sciences, Hatfield, PA). Os escaneamentos foram realizados em oclusão habitual, 0.3 mm de *voxel* com 8 segundos de exposição e com *voxel* de 0,3x0,3x0,3 mm. O campo de visão (FOV) foi de 17 centímetros de altura por 23 centímetros de diâmetro.

4.3 Compressão dos arquivos

Com finalidade de compactação, os arquivos de imagem das 90 tomografias em formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) com extensão *.dcm* foram convertidos para a extensão *.gipl* (Guys Image Processing Lab) pelo *software* ITK-SNAP 2.2.4 (<http://www.itksnap.org/pmwiki.php>) e as imagens foram redimensionadas pelo *software* IMAGINE 1.2.1, ferramenta Pipeline Downsample (<http://www.ia.unc.edu/dev/download/imagine>) para permitir um tamanho de *voxel* de 0,5 x 0,5 x 0,5mm e facilitar a análise das imagens. Esse processo torna os

procedimentos computacionais mais acelerados, sem perda significativa na qualidade das imagens.

4.4 Segmentação das estruturas

A segmentação é o processo de reconstrução das estruturas de interesse visíveis nos cortes tomográficos em uma imagem volumétrica (3D). Para isso foi utilizado o software ITK-SNAP 2.2.4 que possibilita a navegação nos planos sagital, coronal e axial dos cortes. Para cada tomografia (arquivo *.gipl* já comprimido) foi construído um modelo tridimensional da base do crânio por meio da ferramenta Snake ROI Tool que delimita a área escolhida. A área foi preenchida manualmente por bolhas coloridas, que posteriormente foram automaticamente condensadas pelo *software* preenchendo a área delimitada. A segmentação da base do crânio incluiu do limite inferior (Basion) ao limite superior no sentido vertical da imagem tomográfica e no sentido transversal e anteroposterior todo o contorno esquelético. A cor verde representa a base do crânio. Isso facilita a diferenciação das estruturas para a superposição e quantificação dos deslocamentos cirúrgicos (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Figura 2 - Demarcação da área a ser segmentada utilizando a ferramenta Snake ROI Tool do software ITK-SNAP 2.2.4

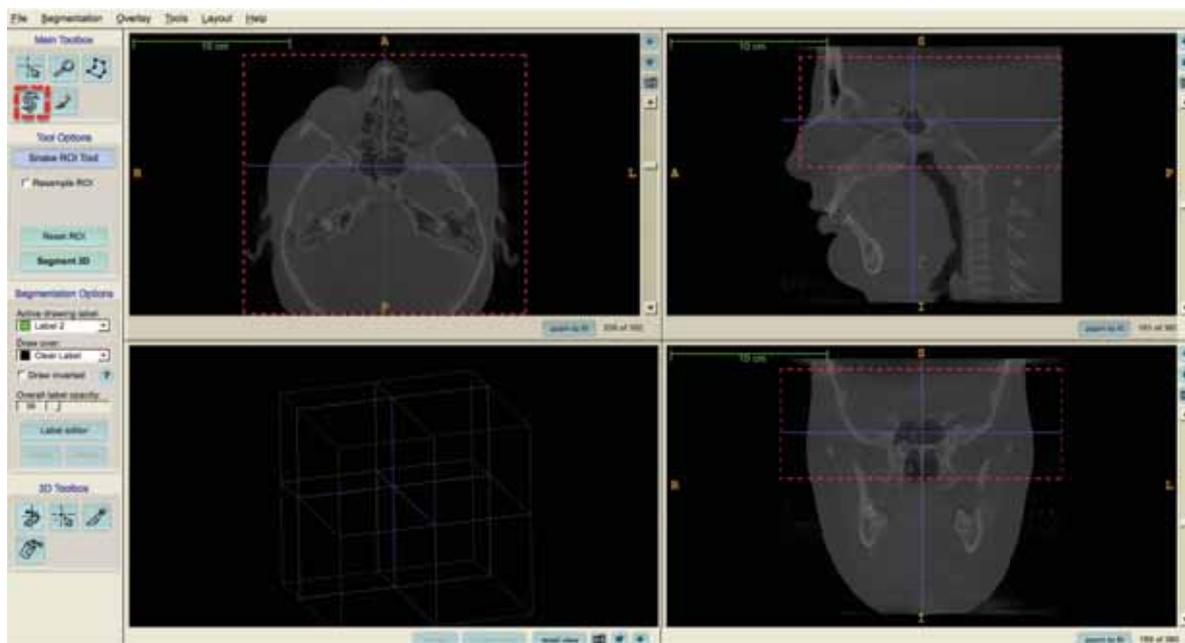


Figura 3 - Preenchimento manual da base do crânio manualmente com bolhas

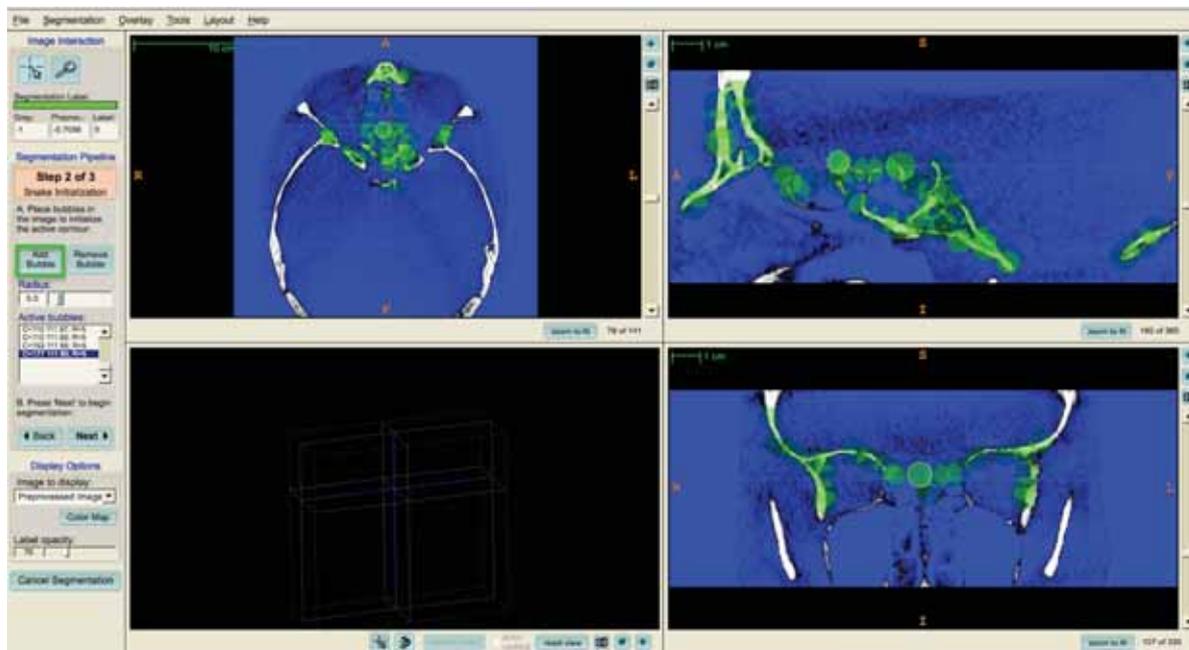


Figura 4 - Condensação automática das bolhas

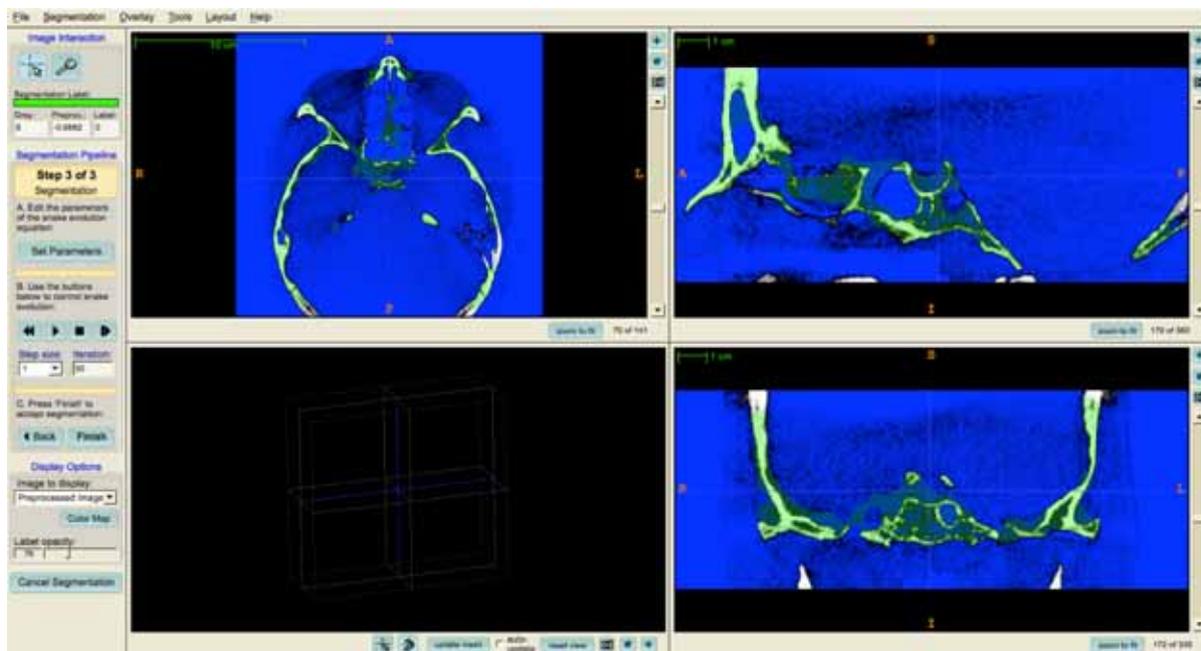
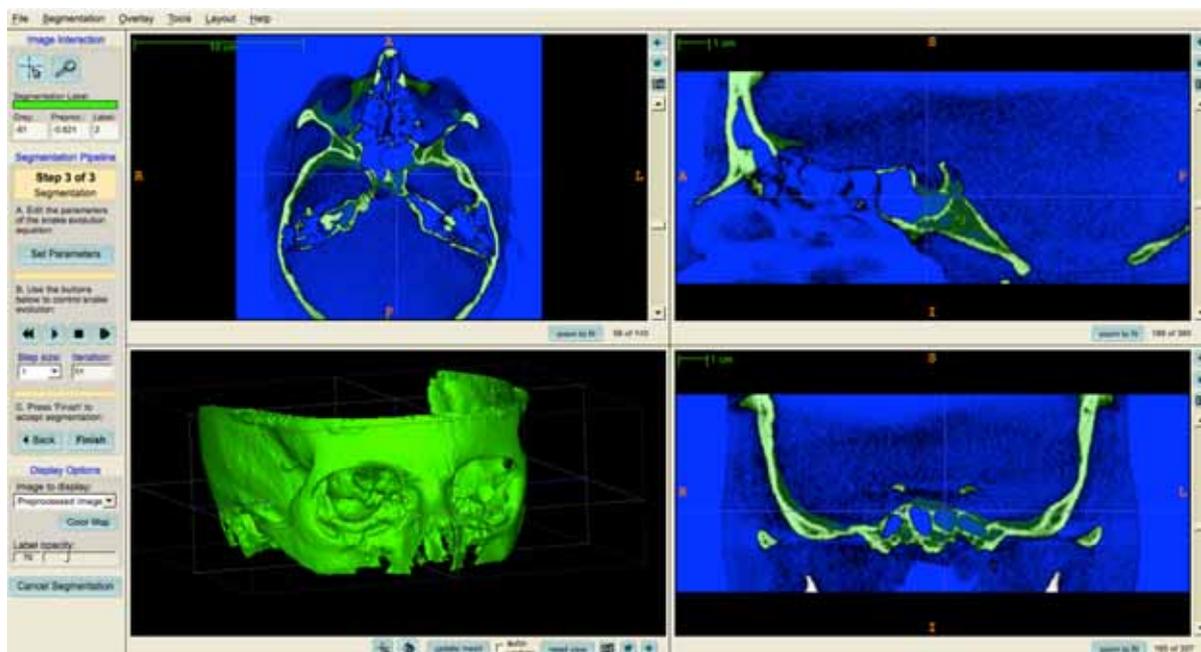


Figura 5 - Segmentação da base do crânio finalizada

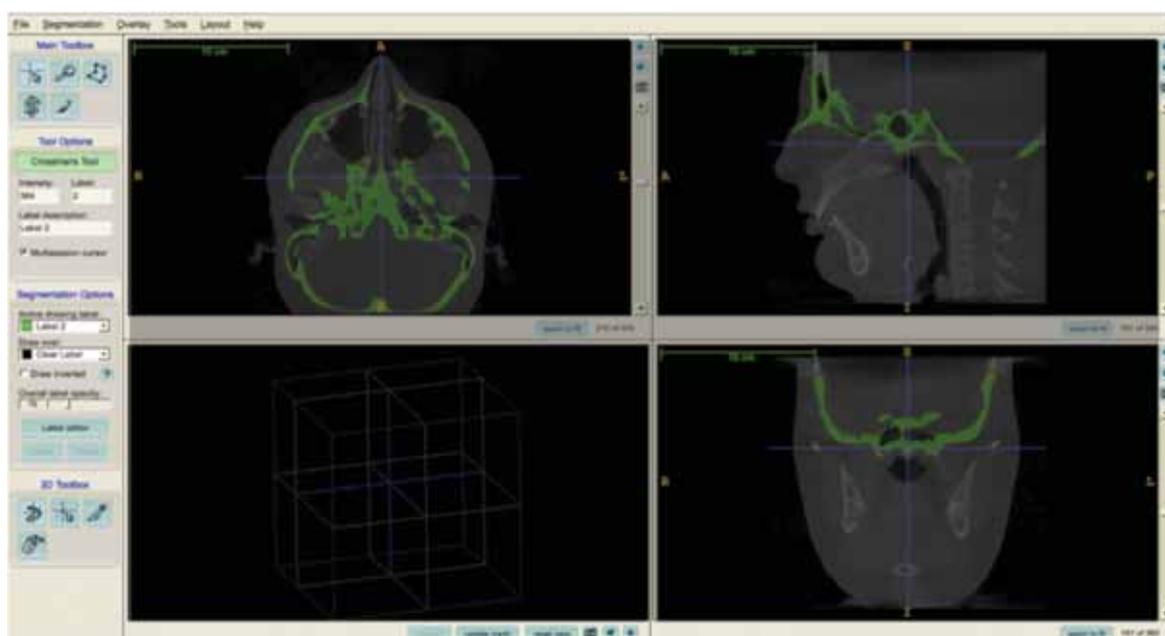


Esse procedimento foi realizado para a base do crânio nos três tempos cirúrgicos (T1, T2 e T3). Posteriormente sucederam o registro e a superposição tridimensional.

4.5 Registro e Superposição

Utilizando o *software* Imagine 1.2.1 (<http://www.ia.unc.edu/dev/download/imagine>) por um método automático de registro de voxel os modelos foram superpostos. A base do crânio foi utilizada para registro em todos os pacientes por ser uma estrutura anatômica inalterada pelo tratamento. O *software* faz a comparação da intensidade de escalas de cinza de cada voxel automaticamente. As bases do crânio são reorientadas e se encaixam perfeitamente de modo a permanecerem posicionadas de maneira idêntica nos três planos do espaço. Esse método foi validado por Cevitanes et al.¹⁶ (2005) (Figura 6).

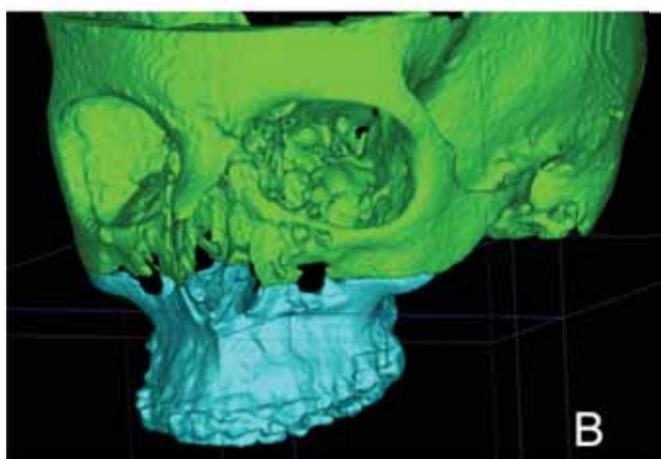
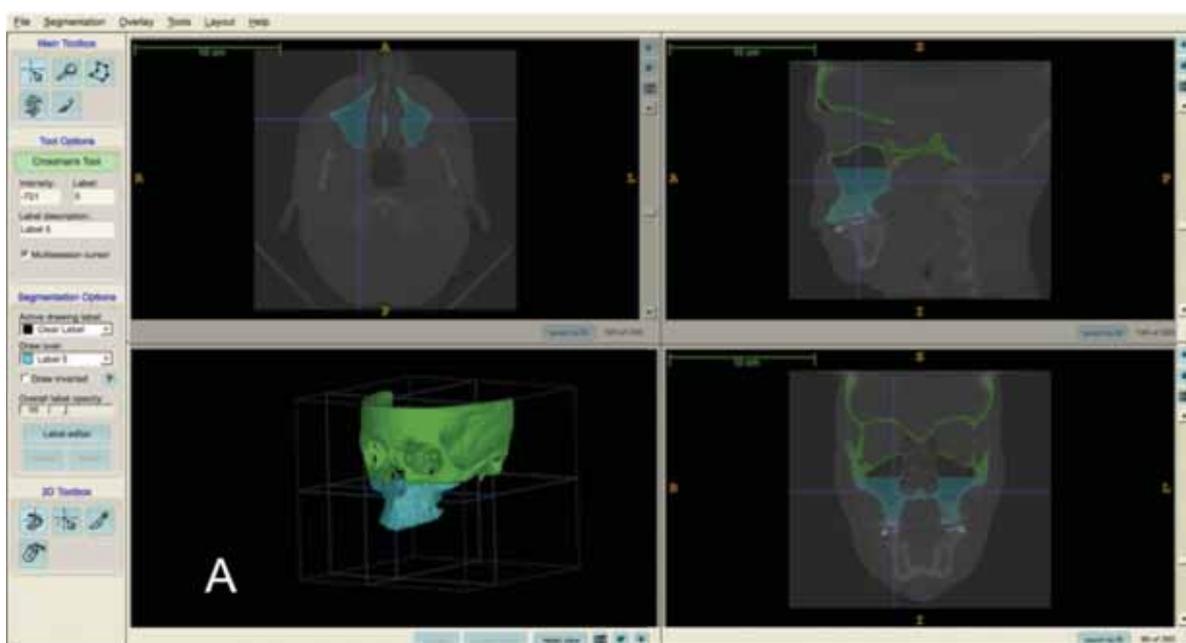
Figura 6 - Sobreposição e registro 3D. Segmentação da base do crânio no T2 (pós cirúrgico imediato) sobre a tomografia do T1 (pré cirúrgico). Perfeita sobreposição da base do crânio entre os tempos T1 e T2



4.6 Regiões de interesse

Após o registro da base do crânio nos três tempos (T1, T2 e T3) os modelos da maxila foram construídos em azul pelo *software* ITK-SNAP 2.2.4 (Figura 7A e 7B).

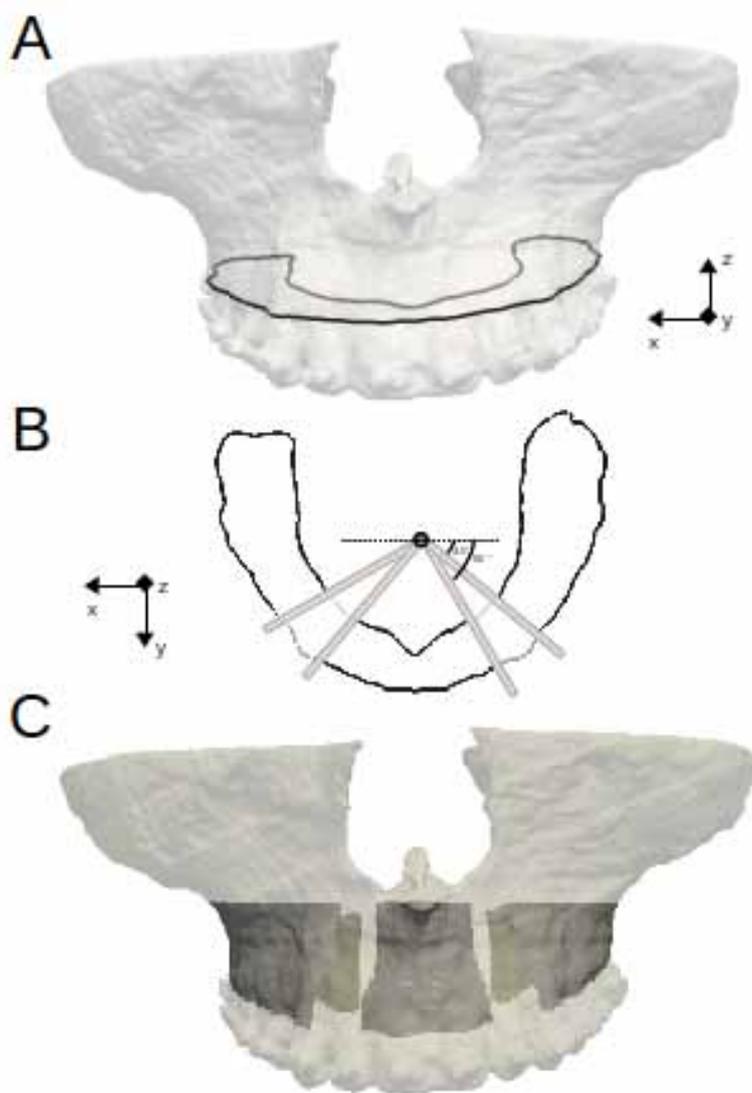
Figuras 7A e 7B - Segmentação da maxila após o registro



As regiões anatômicas de interesse foram isoladas mantendo sua posição espacial na tomografia em que foram originadas. Cada região, de cada fase, foi preparada para comparações em pares. Esse alinhamento foi realizado pelo algoritmo iterativo dos pontos próximos (*ICP-Iterative closest point algorithm*)¹². A análise foi realizada pelo *software* desenvolvido em Python, usando as bibliotecas Spicy, Numpy, Scikit-learn, Matplotlib e VTK. O aplicativo, mede automaticamente as distâncias entre as superfícies de uma estrutura entre dois tempos, no mesmo indivíduo, permitindo a quantificação dos deslocamentos da maxila. Nesse processo os dentes foram removidos e as regiões de interesse foram escolhidas de maneira que as superfícies obtidas não continham cortes, placas metálicas, ou deformações que influenciariam o alinhamento entre as superfícies (Figuras 8A, 8B e 8C).

As superfícies das maxilas foram separadas em três segmentos (regiões direita, esquerda e anterior) automaticamente. A região correspondente à arcada dentária foi removida usando um plano de referência obtido por meio de uma regressão linear (mínimos quadrados) de pontos pertencentes as extremidades das superfícies dos dentes. A região da superfície situada 8 mm acima do plano de referência e abaixo do nível do osso palatal (próximo ao centroide da maxila) foi então separada e cortada nas três regiões por dois planos que formam ângulos de 40° e 60° com o plano perpendicular ao plano sagital, e que passam pelo centróide do corte obtido pelo plano de referência com a superfície da maxila (Figuras 8A, 8B e 8C). Foram escolhidos dois planos (com ângulos de 40 e 60°) para evitar que a região das osteotomias interdentais fossem incluídas nos segmentos.

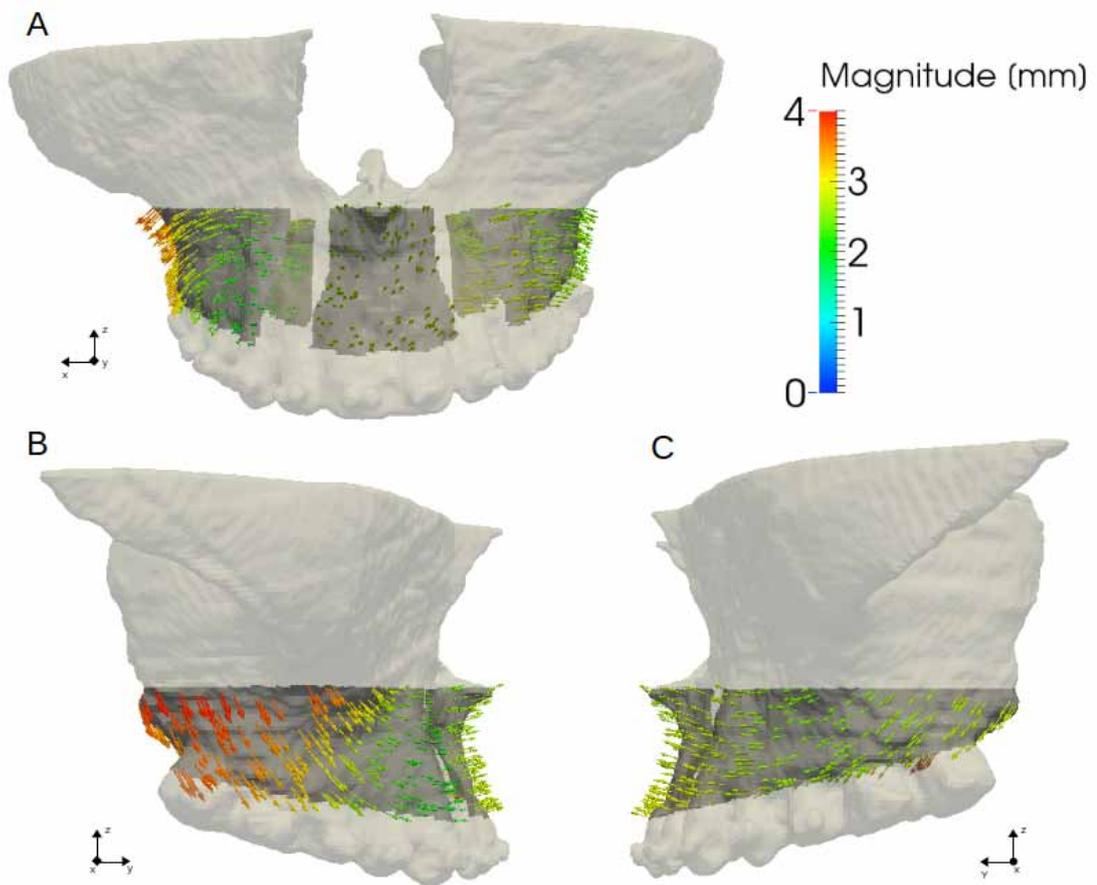
Figuras 8A, 8B e 8C - Áreas mensuradas



Foram obtidos valores das distâncias entre superfícies e realizadas interpretações visuais dos vetores de deslocamento nos sentidos superior, inferior, lateral, medial, anterior e posterior (Figuras 9A, 9B e 9C).

-T2-T1: para avaliar as alterações ocorridas na cirurgia

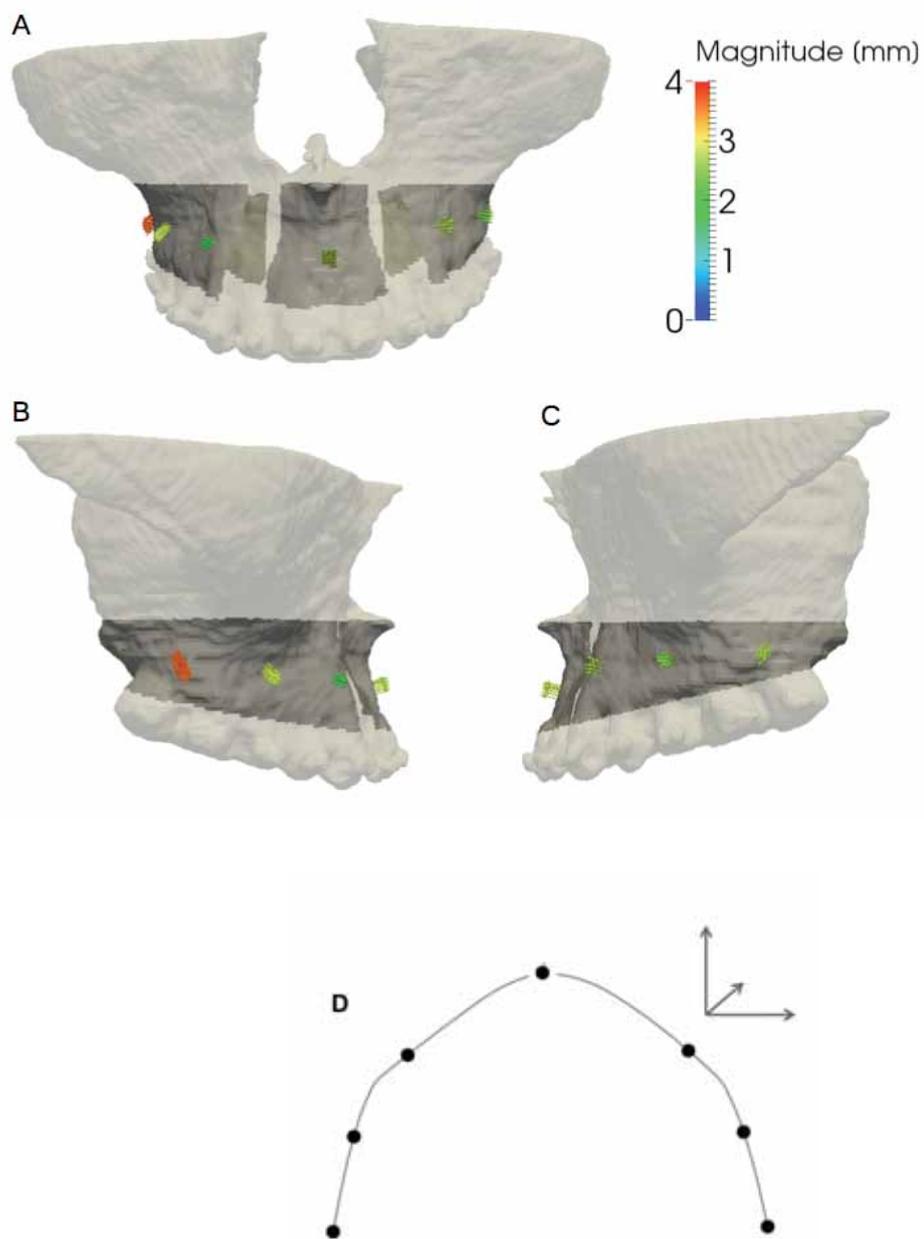
-T3-T2: para avaliar as alterações ocorridas após a cirurgia

Figuras 9A, 9B e 9C - Visualização dos deslocamentos

Durante a execução do algoritmo, o segmento de superfície de interesse foi transladado e rotacionado iterativamente, até que a distância média entre o segmento e a superfície maxilar total atingisse o valor mínimo. O deslocamento pode então ser calculado como a diferença entre a posição inicial e posição final do segmento alinhado com a superfície maxilar. Os pontos anterior, centróide e posterior dos dois segmentos laterais da maxila foram selecionados pelo aplicativo

computacional para fazer a estatística. O ponto centróide (centro geométrico) é encontrado pelo aplicativo que subtrai esse ponto dos valores das respectivas coordenadas (translação da região para o centro de coordenadas do sistema – ponto $x=0$, $y=0$, $z=0$). No segmento anterior foi selecionado apenas um ponto (centróide) por ser uma região pequena, próxima das osteotomias e placas de fixação (Figura 10A, 10B, 10C e 10D). O ICP alinha as duas superfícies de maneira que a soma das distâncias entre os pontos correspondentes das duas superfícies é mínima. Estes pontos são equivalentes nas diferentes maxilas (encontrados com os mesmos critérios) no lado direito (para T1, T2 e T3) e para achar a correspondência no lado esquerdo, o programa "espelha" o lado esquerdo, realiza o ICP com o lado direito e seleciona os pontos no lado esquerdo que estão mais próximos dos pontos escolhidos no lado direito. Os deslocamentos são então calculados como a diferença entre coordenadas desses pontos.

Figuras 10A, 10B, 10C e 10D- Regiões de mensuração dos deslocamentos

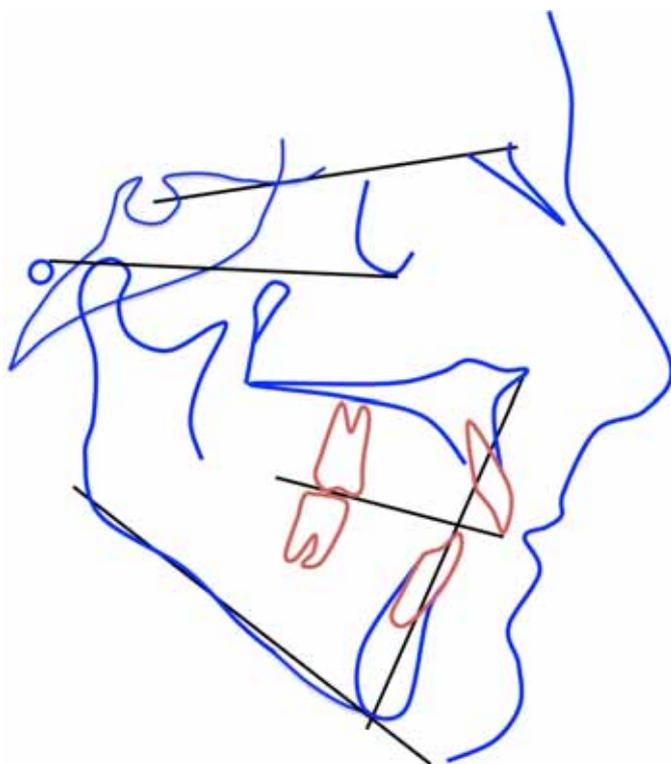


4.7 Mensuração cefalométrica

Para verificar o padrão de crescimento predominantemente vertical da amostra (SNGoMe $>36^\circ$) e rotação do plano oclusal causada pela cirurgia foram geradas

radiografias em norma lateral das tomografias tridimensionais (arquivos DICOM .dcm) utilizando o software Dolphin Imaging 11.5 (Patterson Technology). As medidas angulares SNA, ANB, SNGoMe, FMA e OPA e a media linear AFAI foram mensuradas nos tempos T1 e T2. (Figura 11)

Figura 11 - Traçado identificando medidas angulares e lineares



4.8 Planejamento Estatístico

Os valores médios dos deslocamentos e seus respectivos intervalos de confiança foram determinados por reamostragem não paramétrica (bootstrap) com 1000 replicações e $\alpha = 0.05$. A significância estatística foi determinada usando

testes de hipótese não paramétricos – Man-Whitney para comparações duplas e Kruskal-Wallis para comparações múltiplas. Para as medidas de correlação entre as variáveis, o coeficiente de correlação de Spearman foi calculado, com intervalos de confiança determinados por reamostragem (1000 replicações, $\alpha = 0.05$).

As análises foram realizadas no pacote estatístico SPSS® (Chicago, Illinois-USA).

5 Resultado

5 Resultado

Distribuição dos deslocamentos e médias

Os deslocamentos calculados nos pontos selecionados sobre as superfícies de interesse podem ser vistos na Figura 12. A probabilidade de ocorrência de deslocamento nas coordenadas x (transversal) e y (ântero-posterior)(parte superior da Figura 12A e 12B) e em z (vertical)(parte inferior da figura 12A e 12 B) estão esquematizadas numa representação bidimensional no plano axial da maxila. Os pontos onde estão descritos as funções de probabilidade (parte superior da Figura 12A e 12B) são as coordenadas médias dos pontos de referência da amostra para todos os casos (n=30). Os deslocamentos médios e seus respectivos intervalos de confiança nas coordenadas x (transversal), y (ântero-posterior) e z (vertical) são respectivamente dx, dy e dz. O contorno de linhas coloridas e barras expressam a probabilidade de ocorrência de deslocamentos, obtidos por uma regressão com núcleo Gaussiano ($\sigma=1$) (amplitude relativa das distribuições, crescente do azul para vermelho). O deslocamento transversal na coordenada x entre os pontos relacionados nas superfícies laterais (linha pontilhada) está representada no meio da parte superior da Figura 12A e 12B. Valores positivos de DX indicam aumento da distância entre os segmentos laterais na direção x (alargamento transversal), enquanto valores negativos indicam diminuição(contração). Na Figura 12A podemos observar os deslocamentos entre T1 (antes da cirurgia) e T2 (após a cirurgia). Na Figura 12B podemos observar deslocamentos entre T2 e T3 (pelo menos onze meses após a cirurgia).

Deslocamentos T1-T2

O deslocamento entre os tempos T1-T2 dos segmentos, devido ao procedimento cirúrgico, é composto por movimentos anteriores e laterais nas direções x e y (Figura 12A parte superior) e rotação anti horária do plano oclusal em torno do eixo x: a região anterior moveu-se superiormente ($dz > 0$), enquanto a posterior moveu inferiormente ($dz < 0$) (Figura 12A, parte inferior). Foi observado um aumento na distância média transversal entre os dois segmentos laterais na direção x: DX (deslocamento em x) variando de 1.8 a 2.5 mm.

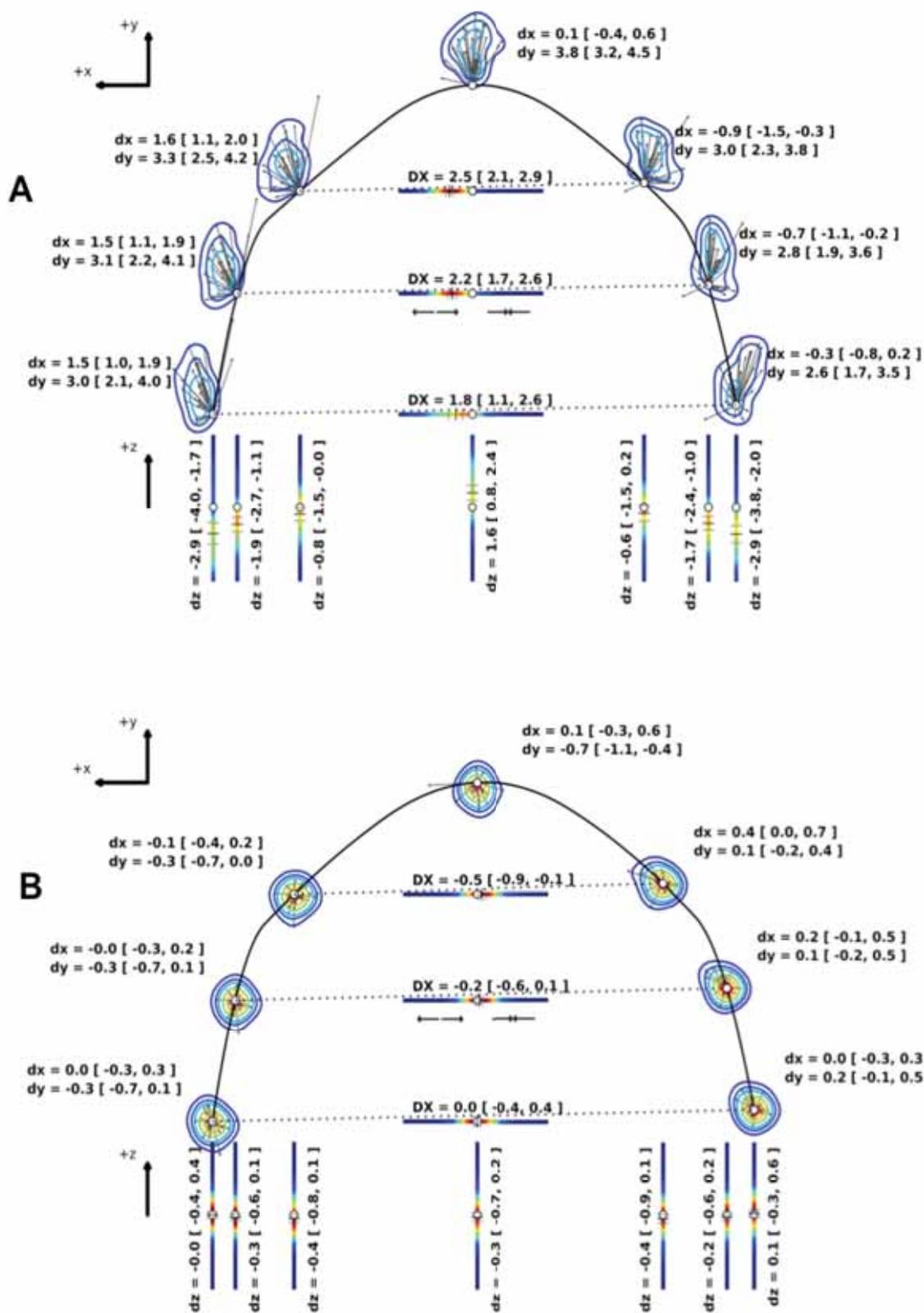
Na Figura 12A observa-se um deslocamento médio realizado na cirurgia do segmento lateral direito entre 1 e 2 mm na direção x, entre 2.1 e 4.2 mm na direção y, e essa região é rotacionada no plano sagital – nota-se que o deslocamento na direção z é maior na região posterior e menor na região anterior (Mann-Whitney, $U=243.0$, $n=30$, $p=0.0022$, bilateral). Enquanto o deslocamento no ponto posterior dessa região está entre -4 e -1.7 mm, no ponto anterior da região é de até -1.5 mm.

Os deslocamentos na direção x (dx) para os pontos posteriores das regiões laterais direita e esquerda são distintos (Mann-Whitney $U=242$, $n=30$ $p=0.002$, bilateral). Essa diferença sugere que há dois tipos de movimento: em um grupo de casos a região lateral esquerda sofre uma rotação no plano axial (dx e dy possuem sinais opostos) e em outro grupo a região sofre um avanço em x e y (dx e dy com o mesmo sinal), como ocorre na região lateral direita. Houve um deslocamento para dentro da região posterior no eixo x e deslocamento para fora na região anterior. Isso pode explicar uma pequena diferença, porém estatisticamente não significativa, do deslocamento transversal (Kruskal - Wallis, $H=3.56$, $p=0.168$, $n=30$).

O comportamento da região esquerda em z é similar ao lado direito, em termos da magnitude do deslocamento. Note que nas duas regiões laterais os deslocamentos na direção y são maiores que os respectivos deslocamentos na direção x.

Na região anterior, o avanço médio na direção y está entre 3.2 e 4.5 mm, na direção x entre -0.4 a 0.6 mm e na direção z entre 0.8 a 2.4mm, indicando uma rotação da região no plano sagital.

Figura 12A e 12B – Distribuição dos deslocamentos e médias



Deslocamentos T2-T3

Os deslocamentos entre T2-T3 (Figura 12B) estão distribuídos homogeneamente em todas as direções nos planos x e y. O único intervalo de confiança que não inclui o zero é no ponto anterior, que indica uma recidiva na direção y entre -0.4 e -1.0 mm. (Figura 12B, parte superior). Os deslocamentos dos segmentos laterais na direção z mostra que as duas regiões podem se mover em sentidos opostos ($z > 0$) ou no mesmo sentido ($z < 0$) em que o movimento cirúrgico foi realizado. Os três pares de pontos (posterior, central e anterior) dos segmentos laterais mostram magnitude de deslocamento transversal na direção x (DX), que pode ser negativa ou positiva, indicando respectivamente contração ($\rightarrow\leftarrow$) ou alargamento ($\leftarrow\rightarrow$) da distância entre os segmentos laterais.

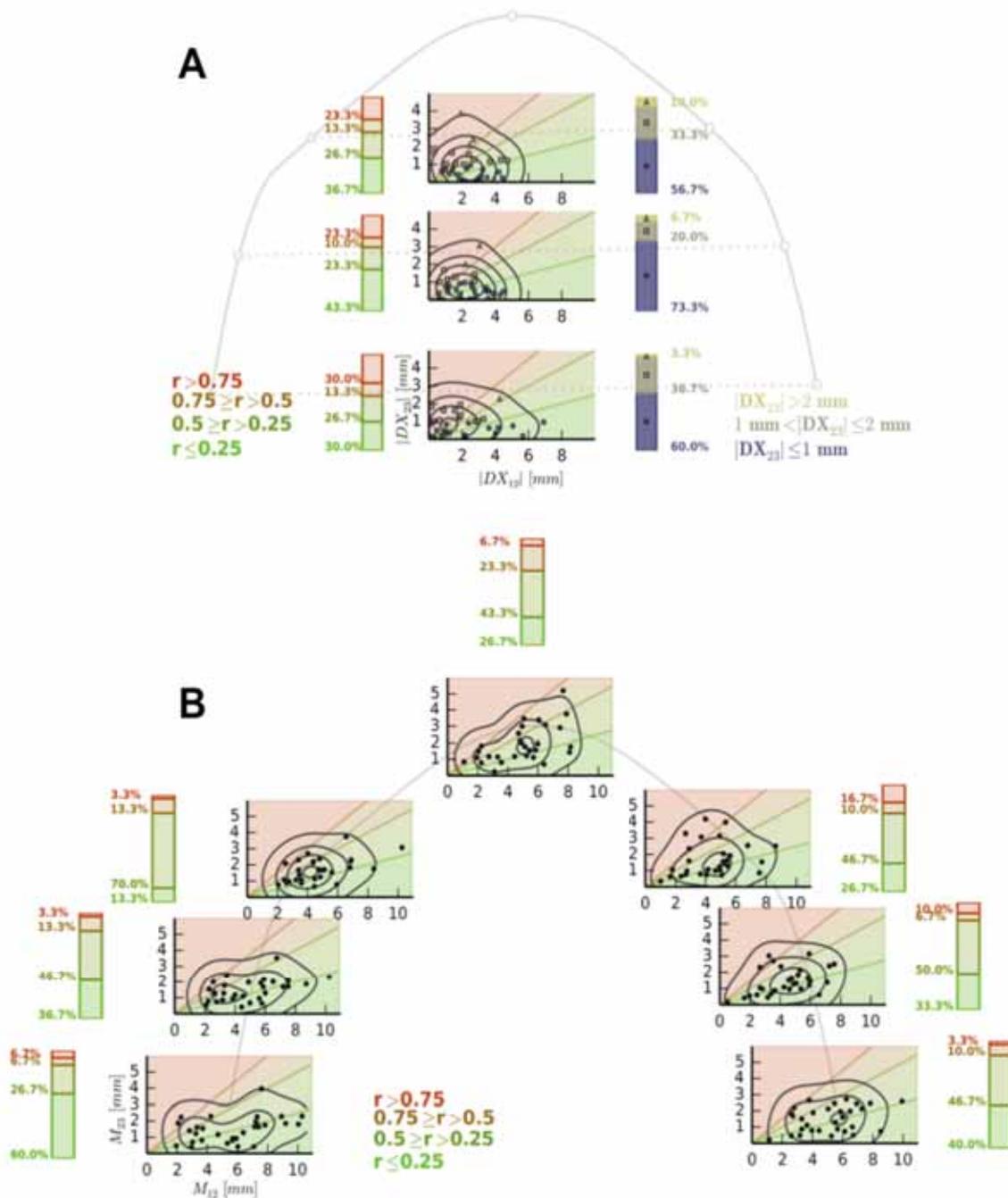
As magnitudes das alterações transversais na direção x (DX), entre lados esquerdo e direito, não são estatisticamente diferentes (Kruskal-Wallis, $H=3.16$, $p=0.205$, $n=30$), assim como nos deslocamentos entre T1 e T2. Entretanto, observa-se que o deslocamento médio no ponto anterior é negativo, ou seja, no sentido medial, enquanto no ponto posterior o deslocamento médio pode estar entre -0.4 e 0.4 mm (tanto medial quanto lateral).

Estabilidade

A estabilidade relativa (Figura 13) pode ser mensurada pela razão r da magnitude do deslocamento, o que ocorreu entre os tempos T2-T3 (M_{23}) (pelo menos 11 meses após a cirurgia) e entre T1-T2 (M_{12}) (deslocamento da cirurgia) para os sete pontos selecionados. As barras coloridas à esquerda de cada gráfico de dispersão mostram a porcentagem de casos dos quatro grupos de estabilidade, separados como indicado. A estabilidade dos lados direito e esquerdo da maxila é diferente (Figura 13B). Enquanto do lado direito a estabilidade relativa entre os pontos anterior, central e posterior diferem (Kruskal - Wallis, $H=7.88$, $p=0.019$, $n=30$), do lado esquerdo não é estatisticamente significativa (Kruskal - Wallis, $H=1.84$, $p=0.397$, $n=30$). Realmente, no lado direito, no ponto posterior, 60% dos casos mostrou uma proporção de estabilidade relativa menor que 0.25 (o deslocamento entre os tempos T2-3 é menor que 25% dos deslocamentos entre T1-T2), enquanto no ponto anterior do mesmo lado, 70% mostrou uma proporção entre 0.25 e 0.5. O segmento anterior é o que apresentou a maior porcentagem (30%) dos casos com uma proporção maior que 0.5.

Para os deslocamentos transversais (Figura 13A), não houve diferença significativa entre a estabilidade relativa nos pontos posterior, central e anterior (Kruskal-Wallis, $H=1.46$, $p=0.48$, $n=30$). Para podermos comparar com estudos anteriores, também é apresentada a estabilidade absoluta (Figura 13B, barras lado direito) dos deslocamentos transversais. Na maioria dos casos, nos três pontos, o deslocamento foi menor que 1 mm.

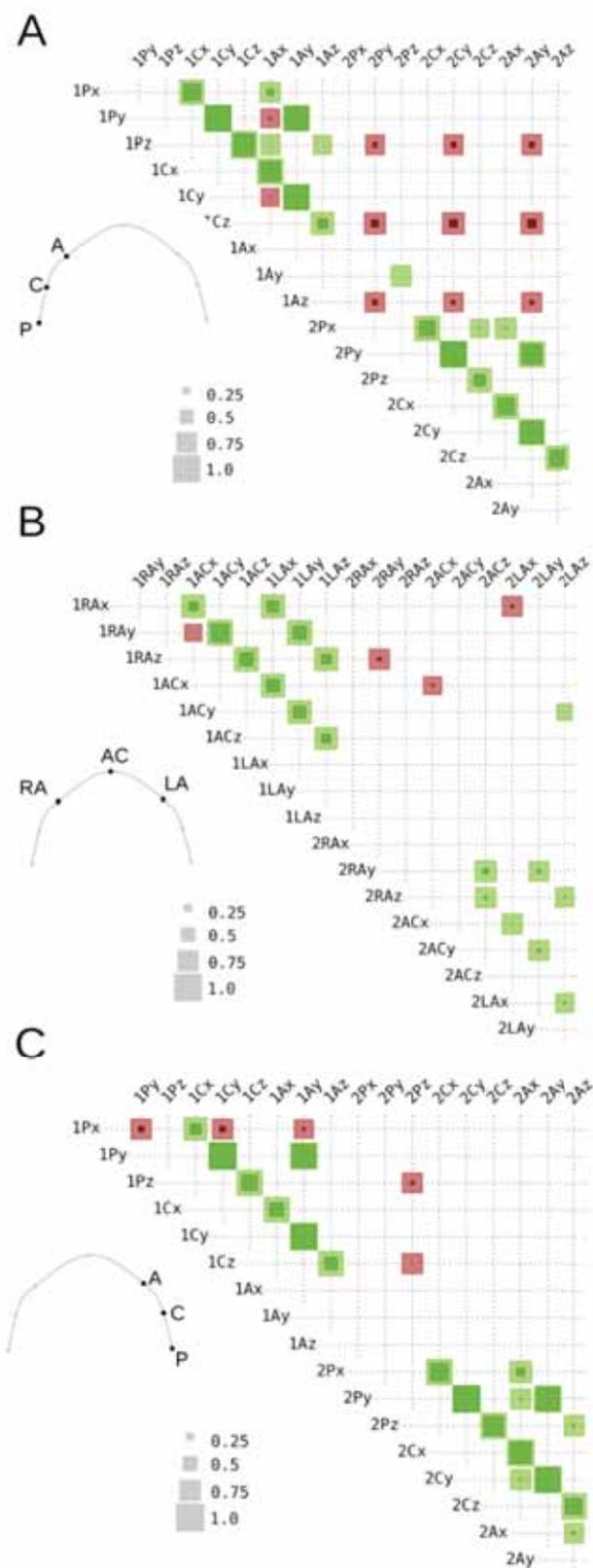
Figura 13A e 13B – Estabilidade



Correlação dos deslocamentos

O coeficiente de correlação de Spearman entre os deslocamentos nos pontos selecionados foram decompostos nas três direções x, y e z. Por exemplo, $1P_x$ é o deslocamento entre T1 e T2 no ponto posterior, na direção x e $2A_z$ é o deslocamento entre T2 e T3 no ponto A, direção z. O tamanho dos quadrados indicam a magnitude do coeficiente de correlação. Quadrados verdes representam correlações positivas, enquanto quadrados vermelhos representam correlações negativas. Os quadrados verde escuro e vermelho escuro indicam o limite inferior do intervalo de confiança, enquanto o verde claro e o vermelho claro indicam o limite superior. O intervalo de confiança onde foi calculado o *bootstrap* não paramétrico foi com $\alpha=0.05$. Somente correlações estatisticamente significantes foram apresentadas. Todos os movimentos entre T1-T2 na direção z ($1P_z, 1C_z, 1A_z$), são negativamente correlacionados com os movimentos na direção y nos tempos T2-T3 ($2P_y, 2C_y, 2A_y$) do lado direito (seis quadrados vermelhos na Fig 14A). A correlação média para todos os pontos varia entre -0.44 a -0.6, com um limite de intervalo de confiança variando entre -0.1 e -0.82. O mesmo padrão de correlação não aparece na região anterior (Figura 14B), nem na região esquerda da maxila (Figura 14C). Na região esquerda, os movimentos na direção z em T1-T2 e T2-T3 são negativamente correlacionados, apesar de ser somente no ponto posterior, onde o coeficiente de correlação na direção z é -0.44 [-0.1,-0.72].

Figura 14A, 14B e 14C - Correlação dos deslocamentos



A correlação da instabilidade com a idade (AG- age) e tempo de acompanhamento está apresentada na Figura 15.

Houve uma correlação estatisticamente significativa entre o tempo de acompanhamento (FP – follow-up) e o deslocamento transversal no ponto C, mas, o intervalo inferior é muito próximo de zero para ser considerado. Os valores de p e dos coeficientes de correlação de Spearman estão na Tabela 3.

Figura 15 - Correlação da instabilidade com a idade e tempo de acompanhamento em Dx

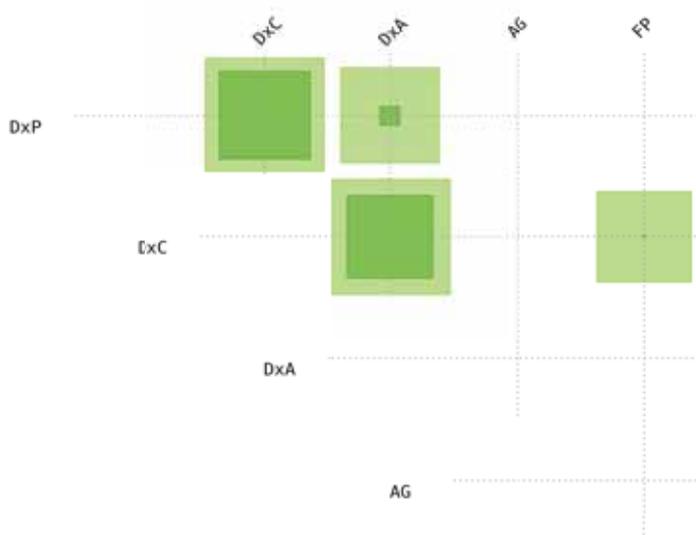
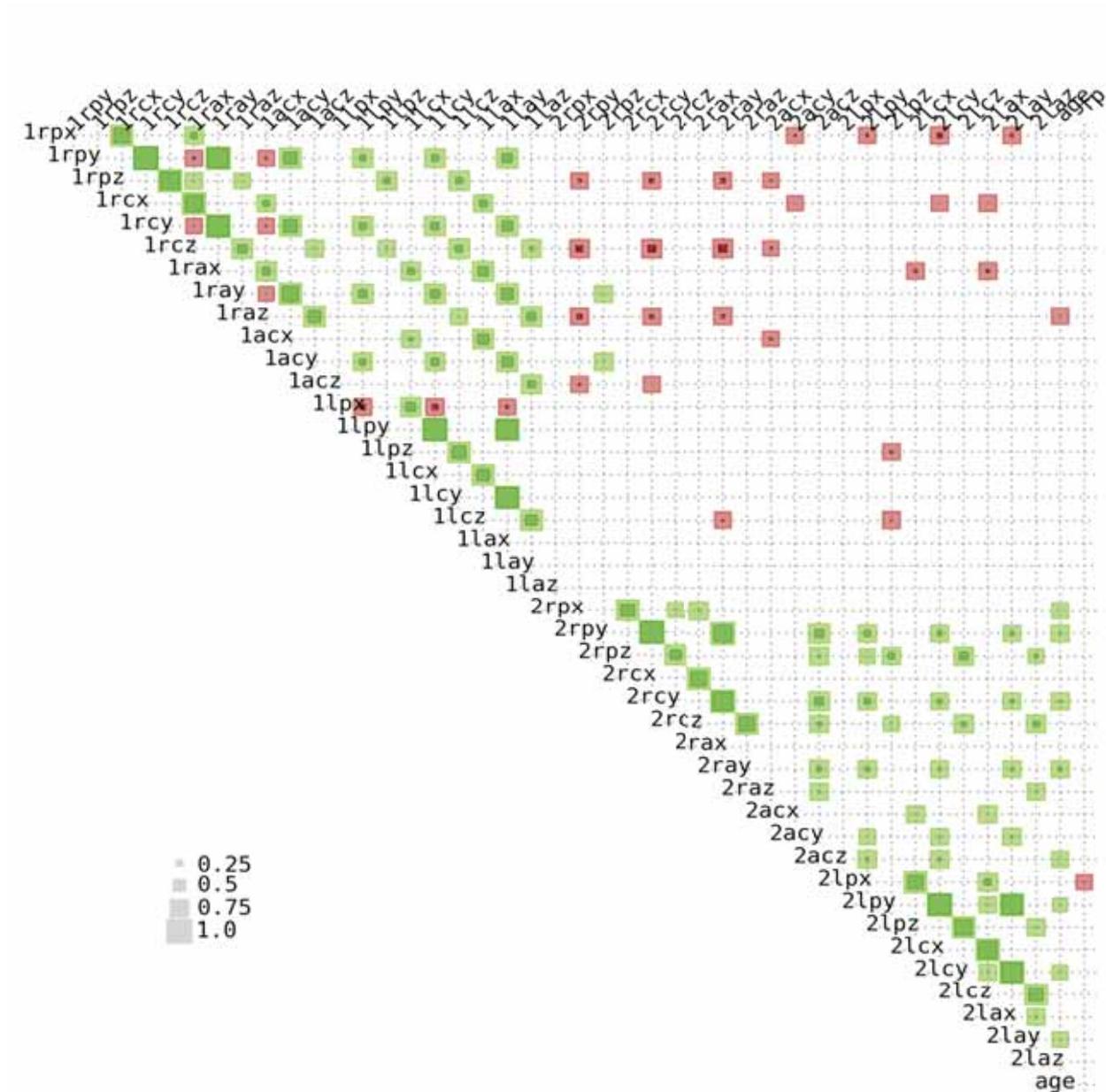


Tabela 3 - Correlação entre instabilidade e tempo de acompanhamento em Dx

	Idade		Acompanhamento	
	coeficiente	p	coeficiente	p
DxP	0.17	0.36	0.34	0.065
DxC	0.058	0.75	0.42	0.021
DxA	-0.029	0.87	0.25	0.16

Os sete pontos (RP -right posterior, RC -right central, RA -right anterior, AC –anterior central, LP-left posterior, LC-left central, LA- left anterior) nas três coordenadas (x, y, z) dois tempos T1 e T2 estão na Figura 16 com a idade e o tempo de acompanhamento. A correlação que mais se destaca é em y em T23 com a idade. Quando a idade aumenta, a instabilidade absoluta em y também aumenta. Apesar de ser estatisticamente significante essa correlação é pequena. Não houve correlação significante com o tempo de acompanhamento.

Figura 16 –Correlação da instabilidade com a idade e tempo de acompanhamento em x, y e z



6 Discussão

6 Discussão

A correção da deficiência maxilar transversal em pacientes com maturidade esquelética ainda é alvo de discussão entre cirurgiões e ortodontistas. A estabilidade das técnicas empregadas para esse tipo de correção ainda não está totalmente elucidada na literatura.

Pacientes classe II de Angle hiperdivergentes geralmente apresentam deformidades em múltiplos planos como deficiência transversal, mordida aberta anterior e assimetria, além do problema anteroposterior e respiratório. A osteotomia Le Fort I segmentada permite a correção dessas deformidades em um único tempo cirúrgico³⁹. A técnica cirúrgica empregada no presente estudo foi a mesma para todos os indivíduos, pois, a amostra consistiu em pacientes classe II de Angle hiperdivergentes.

As tomografias do tempo T2 foram realizadas com no máximo dez dias após a cirurgia, diminuindo a possibilidade de respostas adaptativas no tempo pós cirúrgico imediato. Outros estudos avaliaram tomografias tridimensionais na remoção do *splint* cirúrgico (goteira), após seis semanas de cirurgia⁵⁷. Nesse caso, houve a possibilidade da comparação entre os tempos cirúrgicos ser influenciada pelas mudanças adaptativas ocorridas durante esse espaço de tempo.

As taxas de instabilidade para a expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida variam de 5% a 25%^{7,54}. Para as osteotomias Le Fort I segmentadas variam de 28% a 60%^{36,44,49,60,66}. Phillips et al.⁶⁰ (1992) encontraram uma instabilidade de 49% na região de segundos molares (média de 5,4 mm de expansão), 30% na região de primeiros pré-molares (média de 2,8 mm de expansão)

e 11% na região de caninos (média de 2 mm de expansão). As limitações desse estudo citado anteriormente incluem a não descrição específica da técnica cirúrgica, como foi realizada a contenção e as medidas serem realizadas nos dentes, não separando a movimentação esquelética da dentária. Hoppenreijns et al.³⁶ (1998) encontraram porcentagens de instabilidade variando de 41% na região anterior, 46% na região de pré-molar e 73% na região de molar após expansões de 2,2 mm, 2,9 mm e 3,4 mm respectivamente. Entretanto, haviam três fontes de amostra, utilizando técnicas cirúrgicas diferentes e protocolos pós cirúrgicos diferentes, além das medidas foram dentárias, realizadas em modelos de gesso. Marchetti et al.⁴⁹ (2009) observaram uma média de expansão de 2,75mm na região de caninos e 3,75 mm na região de molares. A instabilidade foi de 0,25 (25%) na região de caninos e 0,75 (20%) na região de molares. Entretanto, pelo fato do tamanho da amostra ser pequeno – apenas 10 pacientes - esses resultados podem ser questionáveis. Kretschmer et al.⁴⁴ (2011) observaram uma média de instabilidade de 0,20mm (9%) na base esquelética (expansão de 2,13 mm), 0,76mm (68%) na região de pré-molar (expansão de 1,11 mm) e de 1,20mm (60%) na região de molar (expansão de 1,99mm), mostrando instabilidade dentária, porém estabilidade esquelética. No presente estudo as mudanças transversais da maxila (T2-T1) foram menores que 3 mm, com média de expansão de 2,5 mm [2.1,2.9] no ponto anterior; expansão de 2,2 mm [1.7,2.6] no ponto central e expansão de 1,8 mm [1.0,2.6] no ponto posterior. A média da menor distância transversal não foi estatisticamente diferente das outras, apesar de na região posterior o limite inferior do intervalo de confiança ser menor em 0,7 mm comparado com a região central e 1,1 mm menor que a região

anterior, indicando uma possível tendência de menor aumento transversal em direção à região posterior. Esses achados foram intrigantes, uma vez que a multissegmentação maxilar em três segmentos em forma de Y oferece um aumento transversal posterior maior do que na região anterior e foi certamente influenciada pelo movimento assimétrico dos segmentos direito e esquerdo no eixo x. O segmento do lado direito movimentou lateralmente em média de aproximadamente 1,5 mm nos três pontos medidos, enquanto o segmento esquerdo movimentou menos do que 1 mm no ponto anterior e somente 0,3 mm no ponto posterior. Uma observação detalhada da distribuição da amostra mostrou que, na verdade, devido a uma grande variabilidade, somente os valores médios observados não representam com acurácia as mudanças esqueléticas transversais predominantes durante a cirurgia.

Quanto ao eixo y e z, Arpornmaelong et al.² (2003) obtiveram uma instabilidade de em média 0.6 ± 1.2 mm na região posterior (5.0 ± 1.6 mm de avanço) e de 0.8 ± 1.1 mm na região superior (maxila anterior com 1.5 ± 3.3 mm de reposicionamento inferior). Kretschmer et al.⁴³ (2010) observaram instabilidade de 0,4 a 0,6 mm, com movimentos pós cirúrgicos de -0,3 a -0,6 mm após o reposicionamento inferior da maxila. Após o avanço houve um deslocamento de -0,4 a 0,3 mm. As mudanças no tempo de acompanhamento não tiveram relação com as mudanças cirúrgicas. Enquanto no presente trabalho, as mudanças verticais no eixo z foram mais homogêneas e mostram claramente uma rotação anti-horária do ângulo do plano oclusal (a parte anterior da maxila movimentou-se para cima numa média de 1,6 mm e a região mais posterior dos dois segmentos laterais

movimentou-se inferiormente de forma progressiva até alcançar 2,9 mm), mudanças antero-posteriores no eixo y foram mais variáveis com uma média de deslocamento anterior de aproximadamente 3 mm, entretanto, a região anterior mostrou uma média de 3,8 mm de movimento anterior, possivelmente devido à verticalização do segmento anterior.

Os procedimentos realizados com a expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida possuem uma morbidade pequena em relação à cirurgia ortognática⁷, entretanto, ainda assim, muitas complicações são relatadas, incluindo hemorragia significativa, reabsorção radicular, recessão gengival, injúrias ao nervo, infecção, dor, dentes desvitalizados, fluxo de sangue pulpar alterado, colapso periodontal, sinusite, alargamento da base alar, extrusão de dentes, recidiva, expansão unilateral, necrose do palato⁷⁰. No que diz respeito às osteotomias Le Fort I segmentadas as complicações citadas são desvitalização dentária, reabsorção óssea, fístula oro nasal e necrose asséptica. Isso tudo pode ser evitado com cuidados intra operatórios e um plano de tratamento bem proposto e executado³⁵. Ainda assim, a possibilidade de correção de alterações verticais, sagitais e transversais num único procedimento cirúrgico é, uma contribuição muito importante para os pacientes que necessitam deste tipo de tratamento. O paciente é submetido a apenas uma cirurgia, uma internação, uma anestesia geral, um período de recuperação. Enquanto que na expansão rápida maxilar cirurgicamente assistida o paciente necessita de uma segunda cirurgia, porque não é possível a correção simultânea dos problemas transversais, sagitais e verticais.

Os fatores relacionados à instabilidade das osteotomias Le Fort I segmentadas são o tipo de osteotomia realizada, podendo-se obter uma maior abertura na região posterior; inelasticidade da mucosa do palato; o tipo de fixação utilizada; o uso de splint. Para melhorar a estabilidade, em todos os pacientes da amostra, a cirurgia realizada consistiu em: osteotomia feita entre o incisivo lateral e o canino; incisão na mucosa do palato, evitando o estiramento da mesma; fixação rígida; e o uso do splint sem cobertura oclusal.

A utilização de metodologias tridimensionais para o diagnóstico, planejamento, análise de crescimento, de resultados e de estabilidade dos tratamentos na Odontologia vem se tornando cada vez mais comum nos estudos científicos. Esse fato gerou um aumento do número de *softwares* específicos para as análises tridimensionais. Entretanto, apesar das imagens servirem para a visualização na clínica, muitos *softwares* ainda não possuem validação científica.

O método utilizado neste trabalho, apesar de não ter sido validado neste contexto, tem sido amplamente usado e testado em problemas em que o alinhamento rígido de superfícies é necessário – incluindo cirurgias assistidas por computador. Esse estudo foi o primeiro a analisar as mudanças esqueléticas da multisegmentação maxilar tridimensionalmente, levando em consideração as direções específicas dos deslocamentos realizados e as correlações entre as instabilidades.

Os volumes tomográficos revelam, de maneira gráfica e mensurável as alterações tridimensionais da forma mais completa do que representações

bidimensionais. São, no entanto, de difícil interpretação por envolver os 3 planos do espaço simultaneamente.

Para a análise tridimensional do complexo craniofacial uma parte importante é a segmentação que consiste na separação das regiões de interesse na tomografia para a construção dos modelos 3D. Essa segmentação depende da qualidade da tomografia e dos algoritmos do aplicativo computacional utilizado. A construção dos modelos com precisão é importante para as análises. Existem vários aplicativos destinados à segmentação de imagens tomográficas. Estes se dividem em aplicativos comerciais e de código aberto. A vantagem dos aplicativos de código aberto é a possibilidade de alteração do código de acordo com as necessidades do problema. A grande maioria dos *softwares* comerciais oferece pouco controle dos procedimentos aos usuários. Para a segmentação das imagens, usamos o ITK-SNAP, um aplicativo de código aberto que usa o algoritmo dos modelos deformáveis e permite ajuste dos parâmetros pelo usuário⁷⁶.

Em relação ao pré-registro e superposição 3D, o método mais utilizado atualmente na Odontologia – e empregado nesse trabalho - é a superposição das imagens na base do crânio, baseada nos níveis de cinza dos *voxels*¹⁶. Esse método é complexo e necessita de um tempo considerável para a realização do processo.

Os métodos de análises de deslocamentos podem ser classificados entre métodos de alinhamento e métodos de correspondência entre as superfícies. Os métodos de alinhamento, por sua vez, são classificados de acordo com o tipo de transformação usada para alinhar as imagens: métodos de alinhamento rígidos usam apenas translações e rotações; métodos não rígidos podem alterar a escala

(global ou localmente), ou deformar as imagens de maneira não linear. Entre os métodos de alinhamento rígido, o ICP (Iterative closest point) é o método mais usado. Entre os não rígidos, um dos métodos mais populares é *thin plate spline*. Os métodos de correspondência entre as superfícies não faz uso explícito do alinhamento entre superfícies. Em vez disso, eles procuram encontrar a correspondência entre os pontos equivalentes nas superfícies de interesse. Dentro dessa categoria, um dos mais usados na área é o SPHARM.

Com esses métodos podemos visualizar os vetores de deslocamento em relação à base do crânio. São ferramentas precisas em localizar e quantificar mudanças morfológicas entre as superfícies e constituem métodos mais confiáveis do que a marcação de pontos anatômicos em cortes tomográficos. A comparação entre o mesmo paciente e entre pacientes diferentes é difícil, ao utilizar os mesmos cortes tomográficos anatômicos numa reconstituição multiplanar.

Como o problema em questão é de natureza majoritariamente rígido – as maxilas são cortadas em três partes e transladadas e rotacionadas - é conveniente usar um método que não usa deformações não rígidas na sua constituição. Por isso, o algoritmo usado no presente trabalho para medir os deslocamentos entre duas superfícies foi o ICP (iterative closest point), que é amplamente empregado no alinhamento rígido de imagens^{12,21}. Entretanto, uma limitação da técnica utilizada nesse estudo para avaliar os deslocamentos é a não diferenciação da remodelação óssea e da instabilidade.

Compreender e interpretar imagens tridimensionais requer treinamento para distinguir a impressão qualitativa da medida quantitativa das mudanças com o

tratamento. Ainda é necessário realizar estudos de precisão e de repetibilidade da identificação dessa nova tecnologia 3D, validando metodologias e tornando-as mais acessíveis para o clínico.

7 Conclusão

7 Conclusão

- a) Após a multisegmentação e rotação anti-horária a maxila se deslocou anteriormente e lateralmente. A região anterior moveu-se para cima e a posterior moveu-se para baixo. Houve um alargamento transversal entre os segmentos laterais.
- b) A multisegmentação maxilar é um procedimento com instabilidade transversal em média menor do que 1mm. Menos de 20% dos pacientes mostraram instabilidade de 50% ou mais nos segmentos posteriores relativos às mudanças cirúrgicas e menos do que 10% da amostra apresentou mais do que 2 mm de instabilidade absoluta transversal.
- c) Quanto maior a amplitude do deslocamento realizado na cirurgia, maior a instabilidade, sem levar em consideração a direção dos movimentos realizados. No ponto anterior há mais casos instáveis que no posterior.
- d) Os movimentos na direção z (T1-T2) são negativamente correlacionados com os movimentos na direção y (T2-T3) do lado direito. Do lado esquerdo somente no ponto posterior houve uma correlação negativa na direção z.
- e) Quanto maior tempo de acompanhamento, maior o deslocamento transversal no ponto C(DxC), apesar do limite inferior do intervalo de confiança ser próximo de zero.
- f) Quando a idade aumenta, a instabilidade absoluta em y aumenta, apesar dessa correlação ser pequena.

g) Não houve correlação significativa com o tempo de acompanhamento, com exceção de uma pequena correlação negativa no lado esquerdo na direção x.

8 Referências

8 Referências*

1. Alpern MC, Yurosko J. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthod.* 1987; 57(3): 245-63.
2. Arpornmaeklong P, Heggie A, Shand J. A Comparison of the stability of single-Piece and segmental Le Fort I maxillary advancements. *J Craniofac Surg.* 2003; 14(1): 3-9.
3. Bailey LJ, Cevidanes LHS, Proffit WR. Stability and predictability of orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004; 126(3): 273-7.
4. Bailey LJ, White RP, Proffit WR, Turvey TA. Segmental lefort i osteotomy for management of transverse maxillary deficiency. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 55(7): 728-31.
5. Baratieri C, Alves M, Mattos CT, Souza MMG de, Ruellas AC de O. Changes of pulp-chamber dimensions 1 year after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 143(4): 471-8.
6. Basdra EK, Zoller JE, Komposh G. Surgically assisted rapid palatal expansion. *J Clin Orthod.* 1995; 29(12): 762-6.
7. Bays RA, Greco JM. Surgically assisted rapid palatal expansion: an outpatient technique with long-term stability. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992; 50(2): 110-13.
8. Bell W, Jacobs J. Surgical-orthodontic correction of horizontal maxillary deficiency. *J Oral Surg.* 1979; 37(12): 897-902.
9. Bell W, Scheidman G. Correction of vertical maxillary deficiency: stability and soft tissues changes. *J Oral Surg.* 1981; 39: 666-70.
10. Bell WH, Epker BN. Surgical-orthodontic expansion of the maxilla. *Am J Orthod.* 1976; 70(5): 517-28.
11. Bell WH, Fonseca RJ, Kennedy JW, Levy BJ. Bone healing and revascularization after total maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1975; 33(4): 253- 60.
12. Besl P, McKay N. A method for registration of 3-d shapes. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* 1992; 14(2): 239-56.
13. Betts N, Vanarsdall R, Baeber H, Higgins-Barber K, Fonseca R. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1995; 10(2): 75-96.

*De acordo com o manual da FOAr/UNESP, adaptadas das normas Vancouver. Disponível no site: <http://www.foar.unesp.br/#!/biblioteca/manual>

14. Brunelle JA, Bhat M, Lipton J. Prevalence and distribution of selected occlusal characteristics in the US population, 1988-1991. *J Dent Res.* 1996; 75(Spec No): 706-13.
15. Cevidanes LHC, Motta A, Proffit WR, Ackerman JL, Styner M. Cranial base superimposition for 3-dimensional evaluation of soft-tissue changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137(4): 120-9.
16. Cevidanes LHS, Bailey LJ, Tucker GR, Styner MA, Mol A, Phillips CI, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005; 34(6): 369-75.
17. Cevidanes LHS, Hajati a-K, Paniagua B, Lim PF, Walker DG, Palconet G, et al. Quantification of condylar resorption in temporomandibular joint osteoarthritis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110(1): 110-7.
18. Cevidanes LHS, 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.
19. Chamberland S, Proffit W. Closer look at the stability of surgically assisted rapid palatal expansion. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66(9): 1895-900.
20. Chamberland S, Proffit WR. Short-term and long-term stability of surgically assisted rapid palatal expansion revisited. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(6): 815-22.
21. Chen Y, Medioni G. Object modelling by registration of multiple range images. *Image Vis Comput.* 1992; 10(3): 145-55.
22. Choi J, Mah J. A new method for superimposition of CBCT volumes. *J Clin Orthod.* 2010; 44(5): 303-12.
23. Drommer RB. The history of the "Le Fort I osteotomy." *J Maxillofac Surg.* 1986; 14(3): 119-22.
24. Franco AA, Cevidanes LHS, Phillips C, Rossouw PE, Turvey TA, Carvalho Fde A, et al. Long-term 3-dimensional stability of mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 71(9): 1588-97.
25. Fridrich KL, Williamson LW. Modification of the interocclusal splint for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989; 47(1): 96-7.
26. Gamble J, Lagravere M, Major PW, Heo G. Region-specific statistical analysis of landmark configurations applied to rapid maxillary expansion data from cone-

-
- beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2013; 115(1): 41-8.
27. Garib DG, Navarro RL, Francischone CE, Oltamari PV. Rapid maxillary expansion using palatal implants. *J Clin Orthod*. 2008; 42(11): 665-71.
 28. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008; 134(1): 8-9.
 29. Goncalves JR, Wolford LM, Cassano DS, da Porciuncula G, Paniagua B, Cevidanes LH. Temporomandibular joint condylar changes following maxillomandibular advancement and articular disc repositioning. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013; 71(10): 1759.e1-15.
 30. Grauer D, Cevidanes LSH, Proffit WR. Working with DICOM craniofacial images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136(3): 460-70.
 31. Guijarro-Martínez R, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011; 40(11): 1227-37.
 32. Halazonetis DJ. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005; 127(5): 627-37.
 33. Harrison JE, Ashby D. Orthodontic treatment for posterior crossbites. *Cochrane database Syst Rev Online*. 2002; (2): CD000979. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11279699>.
 34. Hino CT, Cevidanes LHS, Nguyen TT, De Clerck HJ, Franchi L, McNamara JA. Three-dimensional analysis of maxillary changes associated with facemask and rapid maxillary expansion compared with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 144(5): 705-14.
 35. Ho MW, Boyle MA, Cooper JC, Dodd MD, Richardson D. Surgical complications of segmental Le Fort I osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2011; 49(7): 562-6.
 36. Hoppenreijts TJ, Van Der Linden FP, Freihofer HP, Stoelinga PJ, Tuinzing DB, Jacobs BT, et al. Stability of transverse maxillary dental arch dimensions following orthodontic-surgical correction of anterior open bites. *Int J Adult Orthod Orthog Surg*. 1998; 13(1): 7-22.
 37. Jacobs JD, Bell WH, Williams CE, Kennedy JW. Control of the transverse dimension with surgery and orthodontics. *Am J Orthod*. 1980; 77(3): 284-306.

38. Kahl-Nieke B, Fischbach H, Schwarze CW. Treatment and postretention changes in dental arch width dimensions—a long-term evaluation of influencing cofactors. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1996; 109(4): 368-78.
39. Kahnberg K-E, Hagberg C. The approach to dentofacial skeletal deformities using a multisegmentation technique. *Clin Plast Surg.* 2007; 34(3): 477-84.
40. Kapila S, Conley R, Harrel WE Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011; 40(1): 24-34.
41. Korn EL, Baumrind S. Transverse development of the human jaws between the ages of 8.5 and 15.5 years, studied longitudinally with use of implants. *J Dent Res.* 1990; 69(6): 1298-306.
42. Kretschmer WB, Baciut G, Baciut M, Zoder W, Wangerin K. Changes in bone blood flow in segmental LeFort I osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108(2): 178-83.
43. Kretschmer WB, Baciut G, Baciut M, Zoder W, Wangerin K. Stability of Le Fort I osteotomy in bimaxillary osteotomies: single-piece versus 3-piece maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 68(2): 372-80.
44. Kretschmer WB, Baciut G, Baciut M, Zoder W, Wangerin K. Transverse stability of 3-piece Le Fort I osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69(3): 861-9.
45. Kretschmer WB, Baciut G, Dinu C, Baciut M, Barbur I, Muste A, et al. The influence of expansion on intraoperative bone blood flow in multisegmental maxillary osteotomies: an experimental study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 39(3): 282-6.
46. LeCornu M, Cevidanes LHS, Zhu H, Wu C-D, Larson B, Nguyen T. Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144(6): 818-30.
47. Lehman J, Haas A. Surgical-orthodontic correction of transverse maxillary deficiency. *Clin Plast Surg.* 1989; 6(4): 749-55.
48. Magnusson A, Bjerklin K, Kim H, Nilsson P, Marcusson A. Three-dimensional computed tomographic analysis of changes to the external features of the nose after surgically assisted rapid maxillary expansion and orthodontic treatment: a prospective longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144(3): 404-13.
49. Marchetti C, Pironi M, Bianchi A, Musci A. Surgically assisted rapid palatal expansion vs. segmental Le Fort I osteotomy: transverse stability over a 2-year period. *J Craniomaxillofac Surg.* 2009; 37(2): 74-8.

-
50. McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA. Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthod.* 2003; 73(4): 344-53.
 51. Melsen B. A histological study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children. *Trans Eur Orthod Soc.* 1972: 499-507.
 52. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiography study. *Am J Orthod.* 1975; 68(1): 42-54.
 53. Misch C, Dietsch F. Bone-grafting materials in implant dentistry. *Implant Dent.* 1993; 2(3): 158-67.
 54. Mommaerts MY. Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 37(4): 268-72.
 55. Morgan TA, Fridrich KL. Effects of the multiple-piece maxillary osteotomy on the periodontium. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 2001; 16(4): 255-65.
 56. Nada R, Loon B, Maal T, Bergé SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM, et al. Three-dimensional evaluation of soft tissue changes in the orofacial region after tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *Clin Oral Invest.* 2013; 17(9): 2017–24.
 57. De Paula LK, Ruellas ACO, Paniagua B, Turvey T, Zhu H, Wang J, 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.
 58. Pereira-Filho VA, Monnazzi MS, Gabrielli MA, Spin-Neto R, Watanabe ER, Gimenez CM, et al. Volumetric upper airway assessment in patients with transverse maxillary deficiency after surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 43(5): 581-6.
 59. Petrén S, Bondemark L, Söderfeldt B. A systematic review concerning early orthodontic treatment of unilateral posterior crossbite. *Angle Orthod.* 2003; 73(5): 588-96.
 60. Phillips C, Medland WH, Fiesds HWJ, Proffit WR, White RPJ. Stability of surgical maxillary expansion. *Int J Adult Orthod Orthog Surg.* 1992; 7(3): 139-46.
 61. Pittayapat P, Limchaichana-Bolstad N, Willems G, Jacobs R. Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2013; 17(2): 69-91.

62. Pogrel M, Kaban L, Vargervik K, Baumrind S. Surgically assisted rapid maxillary expansion in adults. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg.* 1992; 7(1): 37–41.
63. Proffit W, Turvey T, Phillips C. Orthognathic surgery: a hierarchy of stability. *Int J Adult Orthod Orthogn Surg.* 1996; 11(3): 191-204.
64. Proffit WR, Phillips C, Dann C. Who seeks surgical-orthodontic treatment? *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1990; 5(3): 81-9.
65. Proffit WR, Phillips C, Turvey TA. Stability following superior repositioning of the maxilla by LeFort I osteotomy. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1987; 92(2): 151-61.
66. Proffit WR, Turvey, T A, Phillips C. The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. *Head Face Med.* 2007; 30(3): 21.
67. Schubert P, Bailey LJ, White RP, Proffit WR. Long term cephalometric changes in untreated adults compared to those treated with orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1999; 14(2): 91-9.
68. Solem RC, Marasco R, Guiterrez-Pulido L, Nielsen I, Kim S-H, Nelson G. Three-dimensional soft-tissue and hard-tissue changes in the treatment of bimaxillary protrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144(2): 218-28.
69. Stefanovic N, El H, Chenin DL, Glisic B, Palomo JM. Three-dimensional pharyngeal airway changes in orthodontic patients treated with and without extractions. *Orthod Craniofac Res.* 2013; 16(2): 87-96.
70. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133(2): 290-302.
71. Vandersea BA, Ruvo AT, Frost DE. Maxillary transverse deficiency - surgical alternatives to management. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2007; 19(3): 351-68.
72. Venugoplan SR, Nanda V, Turkistani K, Desai S, Allareddy V. Discharge patterns of orthognathic surgeries in the United States. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 70(1): 77-86.
73. Weissheimer A, Menezes LM de, Sameshima GT, Enciso R, Pham J, Grauer D. Imaging software accuracy for 3-dimensional analysis of the upper airway. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 142(6): 801-13.

74. Wolford LM, Rieche-Fischel O, Mehra P. Soft tissue healing after parasagittal palatal incisions in segmental maxillary surgery: a review of 311 patients. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002; 60(1): 20-5.
75. Yáñez-Vico RM, Iglesias-Linares A, Torres-Lagares D, Gutiérrez-Pérez JL, Solano-Reina E. A new three-dimensional analysis of asymmetry for patients with craniofacial syndromes. *Oral Dis.* 2013; 19(8): 755-62.
76. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage.* 2006; 31(3): 1116-28.

6 Anexos

Anexo 1



FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE

PROJETO DE PESQUISA

Título: Estabilidade das osteotomias Le Fort I segmentadas. Avaliação por tomografia computadorizada de feixe cônico

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 01032912.2.0000.5416

Pesquisador: João Roberto Gonçalves

Instituição: Faculdade de Odontologia de Araraquara -
UNESP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 91.145

Data da Relatoria: 04/09/2012

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservados ao autor)
Araraquara, 22 de setembro de 2014
Patricia Bicalho de Mello

