

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 15/01/2021.



**UNESP- Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"**

Faculdade de Odontologia De Araraquara



Talles Fernando Medeiros de Oliveira

**Alterações esqueléticas associadas à expansão rápida de maxila assistida
cirurgicamente: análise por sobreposição de modelos tomográficos**

Araraquara

2019



**UNESP- Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”**

Faculdade de Odontologia De Araraquara



Talles Fernando Medeiros de Oliveira

**Alterações esqueléticas associadas à expansão rápida de maxila assistida
cirurgicamente: análise por sobreposição de modelos tomográficos**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Odontologia de Araraquara para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas, na área de Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto

Araraquara

2019

Oliveira, Talles Fernando Medeiros de

Alterações esqueléticas associadas à expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente: análise por sobreposição de modelos tomográficos / Talles Fernando Medeiros de Oliveira. --

Araraquara: [s.n.], 2019

101 f. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Ciências Odontológicas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto

1. Má oclusão 2. Técnica de expansão palatina 3. Tomografia computadorizada de feixe cônico I. Título

Talles Fernando Medeiros de Oliveira

Alterações esqueléticas associadas à expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente: análise por sobreposição de modelos tomográficos

Comissão julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutor em Ciências Odontológicas, área de Ortodontia.

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto

2º Examinador: Prof. Dr. Valfrido Antônio Pereira Filho

3º Examinador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior

4º Examinador: Profa. Dra. Ana Cláudia Moreira Melo Toyofuku

5º Examinador: Prof. Dr. Marcio Rodrigues de Almeida

Araraquara, 15 de janeiro de 2019.

DADOS CURRICULARES

Talles Fernando Medeiros de Oliveira

- Nascimento:** 04/09/1984 – Natal/RN
- Filiação:** Fenelon de Oliveira Neto
Maria Nizélia Medeiros de Oliveira
- 2004-2008:** Curso de Graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
- 2009-2012:** Curso de Especialização em Ortodontia pelo Centro Odontológico de Estudos e Pesquisas – COESP, João Pessoa/PB
- 2010-2010:** Curso de Aperfeiçoamento em Dentística pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
- 2012-2014:** Curso de Pós-graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração em Ortodontia, nível Mestrado pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr – UNESP
- 2014-2015:** Curso de Aperfeiçoamento em Ortodontia Preventiva e Interceptativa Extensiva – Prática e Clínica pelo Grupo de Estudos Ortodônticos e Serviços – GESTOS.

2015-2019: Curso de Pós-graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração em Ortodontia, nível Doutorado pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr – UNESP

Este trabalho é dedicado aos meus pais Fenelon e Nizélia, pois a eles devo tudo aquilo que sou hoje, meu caráter e meus princípios de vida. Acredito que cada conquista alcançada é uma forma de agradecê-los por tudo aquilo que fizeram por mim.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto**, por todos os ensinamentos transmitidos durante os cursos de mestrado e doutorado que foram essenciais para o meu crescimento humano e profissional. Sou grato por ter compartilhado comigo seus conhecimentos ortodônticos, sua experiência profissional, sua forma ética de pensar e de agir, mas acima de tudo agradeço-lhe por toda a confiança em mim depositada. Sinto-me muito orgulhoso por tê-lo tido como orientador.

Por toda paciência, atenção, amizade e dedicação a este trabalho, ao senhor Prof. Ary o meu MUITO OBRIGADO.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom da vida.

Aos meus pais, **Fenelon de Oliveira Neto e Maria Nizélia Medeiros de Oliveira**, por todo esforço que fizeram para me ver chegar até este momento. Por serem os melhores exemplos de união e dedicação à família. Por terem me ensinado que a educação é a base para o desenvolvimento de todo Ser Humano. Por nunca permitirem que eu desistisse de realizar meus sonhos. A vocês, meu muito obrigado por acreditarem e confiarem em mim.

À minha esposa **Adriana Ferreira da Silva Oliveira**, por todo amor, cumplicidade e incentivo, mas acima de tudo por entender o sacrifício da distância e da ausência durante os primeiros anos do curso de doutorado. Te amo.

A toda minha **Família**, em especial a minha irmã **Taise Terêsa Medeiros de Oliveira**, pelo companheirismo de todas as horas, à minha prima **Adelaide Maria de Almeida**, por toda a dedicação ao longo de tantos anos e à minha tia **Terezinha Medeiros**, por todo o apoio oferecido.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, nas pessoas de seu Magnífico Reitor Dr. Sandro Roberto Valentini e do Excelentíssimo Senhor Vice-Reitor Dr. Sergio Roberto Nobre.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara, em nome da sua Diretora Prof.^a Dr.^a Elaine Maria Sgavioli Massucato e do Vice-Diretor Prof. Dr. Edson Alves de Campos.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Odontológicas, representado pela Coordenadora Prof.^a Dr.^a Fernanda Lourenção Brighenti e pela Vice coordenadora Prof.^a Dr.^a Alessandra Nara de Souza Rastelli.

Ao Departamento de Clínica Infantil, em nome do seu Chefe de Departamento Prof.^a Dr.^a Lidia Parsekian Martins e da Vice chefe Prof.^a Dr.^a Josimeri Hebling Costa.

Aos Professores das disciplinas de Ortodontia e Ortopedia Facial, Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Ravelli, Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, Prof.^a Dr.^a Lídia Parsekian Martins, Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior e Prof. Dr. Maurício Tatsuei Sakima, pela oportunidade de aprender com cada um de vocês.

Ao Prof. Dr. Valfrido Antônio Pereira-Filho, agradeço pela confiança em nos fornecer a amostra que tornou possível a realização deste trabalho. Obrigado pela paciência, zelo e dedicação nas revisões dos trabalhos.

Aos Funcionários do Departamento de Clínica Infantil, Sônia Maria Tircailo, Dulce Helena de Oliveira e em especial aos técnicos em prótese ortodôntica Antônio Parciaseppe Cabrini (Totó), Diego Cardoso Pendenza e Pedro César Alves, por toda disposição e colaboração na execução dos aparelhos ortodônticos, mas acima de tudo pela amizade construída nesses anos.

Aos demais funcionários da Faculdade de Odontologia de Araraquara.

Aos amigos de turma do curso de Doutorado em Ciências Odontológicas – Área de concentração em Ortodontia, Cibele Braga de Oliveira, Isabela Parsekian Martins, João Paulo Schwartz, Luis Filipe Siu Lon, Patrícia Pigatto Schneider,

Priscila Vaz Ayub, Roberto Soares da Silva Junior e Wendel Minoro Muniz Shibasaki. Aos demais amigos do curso de Doutorado e do curso de Mestrado em Ciências Odontológicas – Área de concentração em Ortodontia. Obrigado pela amizade de vocês.

À CAPES:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização desta Tese.

MUITO OBRIGADO.

*Todos buscam felicidade no mundo e existe um caminho certo para encontrá-la. “É pelo controle dos seus pensamentos. A felicidade não depende de condições externas. Depende de condições internas”.*¹

¹ Carnegie D. Como fazer amigos e influenciar pessoas. Trad. FT Souza. 52 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional; 2012.

Oliveira TFM de. Alterações esqueléticas associadas a expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente: análise por sobreposição de modelos tomográficos [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

RESUMO

A expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC) é uma técnica amplamente aceita para o tratamento das deficiências transversais de maxila em pacientes adultos. Este estudo avaliou as alterações esqueléticas tridimensionais em maxila e mandíbula decorrentes da ERMAC. Um estudo retrospectivo foi realizado com as imagens tomográficas de 20 pacientes adultos submetidos a ERMAC. O método de sobreposição tridimensional da base do crânio e análise de correspondência de forma foram utilizados nas tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) obtidas antes da ERMAC (T1) e seis meses após expansão (T2) para avaliar as alterações esqueléticas associadas a ERMAC, a assimetria ocorrida durante a expansão e as alterações de posicionamento mandibular após a ERMAC. A sobreposição por semitransparência e o mapa de cores e vetores foram utilizados para avaliar qualitativamente as alterações esqueléticas após a ERMAC. Oito regiões de interesse na maxila e cinco regiões de interesse na mandíbula foram selecionadas para quantificação das diferenças entre os tempos T1 e T2. Testes não paramétricos foram utilizados na análise estatística. As regiões maxilares analisadas apresentaram aumento significativo após a ERMAC, com maiores deslocamentos observados na região de ectocanino e ectomolar. Foi observado assimetria na expansão em até 40% dos pacientes quando avaliado na região de molares e de 25% na região de canino. No entanto, não foi observada associação entre o tipo de mordida cruzada posterior e a presença de assimetria nas expansões. As mudanças posturais na mandíbula após a ERMAC não influenciaram as medidas cefalométricas avaliadas, apesar de ter sido observado um movimento predominante no sentido pósterio-inferior na região do mento em 70% dos pacientes. A região do gônio apresentou movimentos predominantes no sentido posterior em 60% da amostra, ao passo que os côndilos não apresentaram padrão de deslocamento predominante entre os indivíduos. A análise de correspondência de forma permitiu avaliar as alterações esqueléticas em diferentes regiões da maxila e mandíbula após ERMAC. A expansão maxilar no nível esquelético ocorreu por rotação e inclinação dos segmentos maxilares. Diferentes padrões de expansão foram observados de forma individual, variando desde expansões clinicamente simétricas até expansões assimétricas no qual foi observado expansão em apenas um segmento maxilar. Os deslocamentos mandibulares observados após ERMAC não foram suficientes para promover mudanças significativas no padrão esquelético dos pacientes.

Palavras-chave: Má Oclusão. Técnica de Expansão Palatina. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

Oliveira TFM de. Skeletal changes related to surgically assisted rapid maxillary expansion: analysis by superimposition of tomography models [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2019.

ABSTRACT

Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) is a widely accepted technique for treatment of transversal maxillary deficiency in adult patients. This study assessed the three-dimensional (3D) skeletal changes in maxilla and mandible after SARME. A retrospective study was carried out with tomographic records of 20 patients who underwent SARME. 3D cranial base superimposition and shape correspondence analysis were applied to cone-beam computed tomography (CBCT) scans acquired preoperatively (T1) and six months after SARME (T2) in order to evaluate skeletal changes related to SARME, asymmetry during expansion and mandibular changes after SARME. Semitransparent overlays, color and vectors maps were used to perform a visual qualitative analysis of skeletal changes after SARME. Four bilateral regions of interest (ROI) were selected in the maxilla and five ROI were selected in the mandible to quantify the changes from T1 to T2. Non-parametric tests were used for statistical analysis. Statistically significant increases in all maxillary ROI were observed after expansion. Ectocanine and ectomolar regions presented greater displacements than alar and infrazygomatic regions. Asymmetric expansion was found in 40% of the sample in the Ectomolar region, whereas Ectocanine region showed asymmetry in expansion for 25% of subjects. No association were found between the type of posterior cross bite and the presence of asymmetry in expansions. Changes in mandibular positioning had no bearing on the cephalometric measures assessed after SARME; notwithstanding the mandible had showed backward and downward displacements to the Menton region in 70% of the sample. The Gonion regions showed backward displacements in 60% of the sample, whereas the Condyles showed no predominant movements among the individuals of the sample. Shape correspondence analysis allowed to evaluate the skeletal changes in different regions of the maxilla and the mandible after SARME. Maxillary expansion occurred by rotation and tilting of maxillary segments. Different patterns of expansion were found individually, from clinically symmetrical expansion to asymmetric expansion in which only one maxillary segment had moved after SARME. The mandibular displacements observed after SARME were not sufficient to promote significant changes in patients' skeletal pattern.

Keywords: Malocclusion. Palatal Expansion Technique. Cone-Beam Computed Tomography.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente	15
1.2	Tomografia computadorizada de feixe cônico e o método de sobreposição tomográfica	17
2	PROPOSIÇÃO	23
2.1	Objetivo geral	23
2.2	Objetivos específicos	23
3	PUBLICAÇÕES.....	24
3.1	Artigo 1.....	25
3.2	Artigo 2.....	47
3.3	Artigo 3	70
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
	REFERÊNCIAS	93
	ANEXO A - CERTIFICADO DE COMITÊ DE ÉTICA.....	99

1 INTRODUÇÃO

As discrepâncias transversais de maxila envolvem alterações dentárias, esqueléticas ou a combinação de ambas e apresentam como principais características clínicas a atresia do palato, a mordida cruzada posterior, apinhamento dentário e dificuldade na respiração nasal¹⁻³.

A deficiência transversal de maxila possui etiologia multifatorial, que envolve fatores genéticos, traumáticos iatrogênicos e hábitos deletérios^{2,4}. O tratamento empregado para correção da atresia maxilar depende da idade do paciente, da quantidade de expansão desejada, bem como da presença de problemas verticais ou sagitais associados. A expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC) vem sendo utilizada como principal método cirúrgico para tratamento das deficiências transversais da maxila nos pacientes adultos^{3,5,6}.

1.1 Expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

A expansão ortopédica da maxila com aparelhos dentossuportados ou dento-muco-suportados, em pacientes adultos, pode levar a inclinações dentárias excessivas, problemas periodontais, dor durante a expansão, ausência de efeitos esqueléticos, resultados instáveis e imprevisíveis, além de recidivas na expansão. O insucesso da expansão maxilar em pacientes adultos pode ser atribuído ao aumento da resistência do esqueleto facial e ao grau de fusão das suturas do complexo zigomaticofacial⁷⁻⁹.

Devido a complicações advindas da expansão ortopédica da maxila em pacientes adultos com aparelhos dentossuportados, diversos outros procedimentos estão indicados quando se deseja a expansão maxilar em indivíduos com maturação esquelética. Dentre eles destacam-se atualmente a expansão rápida de maxila assistida por mini-implantes (MARPE – *Miniscrew-assisted rapid palatal expansion*), na qual se utilizam expansores híbridos, com ancoragem dentária nos primeiros molares superiores e esquelética por meio dos mini-implantes instalados no palato. Este procedimento tem sido indicado para pacientes adultos jovens¹⁰. A segmentação e reposicionamento maxilar durante a osteotomia LeFort I, que tem

sido recomendada para deficiências transversais menores de 7mm, ou ainda quando é necessário a correção de problemas verticais ou anteroposteriores¹¹. E, a expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente, com o objetivo de eliminar a resistência sutural durante a expansão^{12,13}.

A ERMAC está indicada para expansão maxilar visando à correção da mordida cruzada posterior; para expansão maxilar como procedimento prévio a uma cirurgia ortognática, minimizando riscos e instabilidade associada à segmentação da maxila; para promover ganho de espaço no arco dentário em situações nas quais extrações são contraindicadas; para expansão de maxila hipoplásica em pacientes com fissura labiopalatal e para reduzir a resistência das suturas em casos nos quais outros tipos de expansão não obteve sucesso⁶.

Diversas técnicas de ERMAC são relatadas na literatura, variando entre procedimento cirúrgico, tipo de expansor e protocolo de expansão^{6,13-16}. No entanto, não há um consenso na literatura entre a realização de procedimentos cirúrgicos mais invasivos visando maior mobilização dos segmentos maxilares ou cirurgias mais conservadoras com menores complicações; bem como na taxa de ativação adequada do parafuso expansor, que pode variar de 0,25 a 1,0 mm de ativação diária^{6,13,17}.

Os estresses produzidos pelos expansores são transmitidos aos dentes de suporte e destes aos ossos maxilares¹⁸. A dissipação das forças durante a expansão utilizando técnicas cirúrgicas conservadoras produz maior deslocamento dentário^{19,20}. Entretanto, a vestibularização dos dentes de ancoragem também foi descrita mesmo utilizando técnicas cirúrgicas mais invasivas, como aquelas que realizam a separação da sutura pterigopalatina²¹. Quanto ao tipo de expansor, os efeitos esqueléticos da expansão mostraram-se semelhantes entre expansores dentossuportados e osseossuportados nos pacientes submetidos à ERMAC^{22,23}. Entretanto, diferenças na inclinação dentária foram relatadas quando comparados expansores dentossuportados e osseossuportados^{24,25}.

Apesar de não haver um consenso entre as técnicas cirúrgicas utilizadas, os estudos parecem concordar que a expansão maxilar ocorre de maneira não uniforme, sendo mais evidente nas regiões anteriores e com maiores alterações na

região dento-alveolar do que na base óssea maxilar²⁶⁻²⁸. No entanto, quando se avalia a estabilidade da ERMAC, as alterações esqueléticas apresentam maior estabilidade, enquanto que alterações ocorridas a nível dentário apresentam recidiva mesmo após o fim do tratamento ortodôntico^{29,30}.

Ainda que as principais alterações dentoesqueléticas da expansão maxilar ocorram no sentido transversal, alterações verticais e anteroposteriores podem ser observadas. Rotação horária do plano mandibular tem sido um dos efeitos observados, podendo ser explicado pela alteração oclusal em decorrência da extrusão e inclinação de dentes posteriores e dos segmentos maxilares. Entretanto, não há concordância na literatura quanto à magnitude e permanência dessas alterações³¹⁻³⁵.

Os efeitos dentoesqueléticos após ERMAC tem sido motivo de estudo de diversos autores. Os resultados obtidos, em sua maioria, são decorrentes de análises clínicas e radiográficas^{5,26}. A análise de radiografias cefalométricas lateral e frontal possuem limitações inerentes por reproduzirem estruturas tridimensionais de forma bidimensional, ocasionando sobreposição de estruturas importantes e erros na marcação de pontos anatômicos^{5,23}, estudos clínicos e modelos de gesso apresentam limitações quanto alterações esqueléticas na região maxilofacial²³.

1.2 Tomografia computadorizada de feixe cônico e o método de sobreposição tomográfica

O avanço das técnicas de aquisição de imagens com o advento da tomografia computadorizada (TC) e da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) permitiram a visualização de estruturas tridimensionais, com alto grau de precisão^{5,23,36,37}. Para avaliação do tratamento em pacientes submetidos à expansão maxilar, as medidas adquiridas a partir de TCFC mostraram-se tão precisas quanto a TC, sendo assim, de acordo com Moura et al.³⁸ a TCFC deve ser utilizada para avaliação das expansões maxilares, devido a menor dose de radiação, tempo de aquisição e custo do exame³⁸.

A TCFC tem assumido um papel importante na avaliação dos efeitos após a ERMAC. Diversas formas de análise das alterações dentoalveolares após ERMAC utilizando TCFC já foram propostas. As medidas podem ser obtidas de forma direta, utilizando ferramentas de medição linear ou angular disponíveis nos softwares, nos quais o operador realiza as medidas diretamente nas imagens das estruturas de interesse, após padronização da posição da imagem tridimensional por meio de planos espaciais de referência^{24,39-41}. Ou ainda, pela técnica da sobreposição tridimensional que não depende de planos espaciais ou pontos de referência. Esta técnica envolve processos de segmentação, registro e visualização das imagens sobrepostas⁴².

Além de promover maiores informações que as imagens bidimensionais, as imagens tomográficas sobrepostas de forma tridimensional, permitem a avaliação das alterações de forma, volume e posição a partir das diferenças obtidas diretamente das imagens sobrepostas⁴³. Um dos objetivos da sobreposição tridimensional é entender as mudanças de forma, tamanho e posição espacial em um determinado padrão esquelético, a partir da avaliação do crescimento ou dos resultados de um tratamento. A distância entre as superfícies dos diferentes tempos avaliados pode ser usada para identificar e quantificar valores e direção das mudanças obtidas⁴³⁻⁴⁵.

Cevitanes et al.⁴² (2005) validaram o método de registro de imagens tridimensionais a partir da sobreposição da base do crânio, tendo como referência o momento pré-cirúrgico de pacientes submetidos a cirurgia ortognática. O método tornou possível a avaliação dos procedimentos cirúrgicos a partir dos deslocamentos ocorridos na superfície esquelética. A evolução desta metodologia tornou possível o registro de imagens a partir da base do crânio para pacientes em crescimento⁴⁶, bem como o registro regional, a partir de outras superfícies do crânio^{43,47,48}.

Styner et al.⁴⁹ (2006) descreveram inicialmente a análise de correspondência de forma utilizando a ferramenta SPHARM-PDM (*Spherical Harmonic – Point Distribution Models*) para avaliação de estruturas cerebrais. O método SPHARM utiliza o conjunto de segmentações de uma estrutura a ser analisada. Essas segmentações são inicialmente processadas para assegurar uma topologia esférica e, em seguida, convertidas em uma malha de superfície, sobre as quais é calculado

uma parametrização esférica utilizando um mapeamento esférico de distorção mínima. As parametrizações esféricas são então alinhadas de modo a estabelecer uma correspondência em todas as superfícies. Uma análise preliminar é então realizada pela mensuração da distância dos pontos correspondentes entre os modelos avaliados e posteriormente visualizados por meio de mapa de cores ou mapa de vetores. O mapa de cores mostra a magnitude das alterações enquanto o mapa de vetores prove a magnitude e a direção das mudanças entre os modelos avaliados⁵⁰.

O método de análise de correspondência de forma tridimensional mostrou-se preciso em localizar e quantificar alterações morfológicas. Diversos estudos têm utilizado este método e a ferramenta SPHARM-PDM para avaliar as alterações de estruturas craniofaciais, pela mensuração da mudança de forma e de posição de superfícies segmentadas a partir de TCFC⁵⁰⁻⁵³.

Paniagua et al.⁵⁴ (2011) testaram a precisão da ferramenta SPHARM-PDM para avaliar a morfologia tridimensional do côndilo e para aplicar esta técnica na avaliação das mudanças ósseas em pacientes com osteoartrite da articulação temporomandibular.. Os autores enfatizaram que a ferramenta SPHARM-PDM é adequada para medir precisamente reabsorções condilares, podendo ainda ser usada para localizar e quantificar os graus de mudança na morfologia óssea.

AlHadidi et al.⁵⁵ (2011) compararam dois métodos de avaliação de assimetria mandibular utilizando sobreposição de tomografias computadorizadas de feixe cônico. A mensuração das distâncias das superfícies avaliadas foi baseada em um método de algoritmos iterativos de pontos próximos (*iterative closest points – ICP*), este método mensura a menor distância entre pontos de duas superfícies diferentes. Cevidanes et al.⁵⁶ (2011) e AlHadidi et al.⁵⁷ (2012) realizaram estudos semelhantes com objetivos de avaliar a assimetria mandibular, no entanto esses estudos foram realizados utilizando métodos de correspondência de forma, utilizando a ferramenta SPHARM-PDM. Os autores afirmaram que a aplicação do método de algoritmos de pontos próximos não representa as diferenças de posição de estruturas anatômicas correspondentes, mas apenas a diferença de posição baseada na menor distância entre diferentes pontos de dois modelos distintos. Já o

método de correspondência de forma permite medir a distância entre uma região de um modelo e a região anatômica correspondente em outro modelo.

Paniagua et al.⁵⁰ (2011) realizaram um estudo para validar o método de correspondência de forma para quantificação dos resultados cirúrgicos em cirurgia ortognática. Os autores realizaram o planejamento e a simulação cirúrgica utilizando o software CMFapp. Em seguida, utilizaram o SPHARM-PDM para quantificar as diferenças entre os modelos pré-cirúrgicos e os modelos virtuais pós-cirúrgicos. Os resultados observados revelaram que a ferramenta de correspondência de forma SPHARM-PDM foi precisa em quantificar os resultados das cirurgias ortognática. Para os autores, o uso da correspondência de forma apresenta melhores resultados que o método de pontos próximos (ICP) resultando não apenas em valores quantitativos para cada região anatômica, mas também a magnitude e os vetores de direção dos deslocamentos.

Magnusson et al.⁵ (2012) utilizaram a técnica de sobreposição 3D para avaliar as alterações esqueléticas transversais após ERMAC, a partir de imagens de TC. Os autores utilizaram registro e sobreposição da base do crânio para análise das tomografias. Os autores utilizaram pontos anatômicos na abertura piriforme, espinha nasal anterior, processo zigomático, ponto A região interincisivos, caninos e molares para medição dos deslocamentos maxilares no plano sagital e coronal. Segundo os autores a ERMAC produziu um efeito significativo no tratamento esquelético transversal, porém não uniforme, com alta variabilidade, sendo este efeito maior na região posterior que na anterior. A expansão ocorreu paralela anteriormente, mas posteriormente houve inclinação considerável dos segmentos maxilares. O resultado da expansão após ERMAC é uma combinação de efeitos dentários e esqueléticos, sendo as alterações esqueléticas atribuídas tanto ao procedimento cirúrgico, bem como ao tratamento ortodôntico. O método de sobreposição tridimensional baseado no registro da base do crânio foi confiável, prevenindo projeções e erros de medidas.

Magnusson et al.⁵⁸ (2013) avaliaram as alterações nasais após a ERMAC, pelo método da sobreposição tomográfica. Os autores observaram o alargamento nasal após ERMAC, sendo estas mudanças mais obvias no sentido lateral e anterior. Houve grande variabilidade nas mudanças que levaram ao arredondamento do formato do nariz, quando observados em vista frontal. No entanto, foi significativo

o alargamento das narinas, tornando questionável se a sutura da base alar pode prevenir o alargamento após ERMAC. O estudo comprovou a confiabilidade do método de sobreposição tridimensional para avaliação nas alterações em tecido mole, ressaltando sua importância na prevenção dos erros de medida.

Nguyen et al.⁵² (2014) utilizaram o método de correspondência de forma para avaliar as alterações mandibulares em pacientes Classe III tratados com protração maxilar com ancoragem óssea. Segundo os autores, a ferramenta SPHRM-PDM permite a visualização e interpretação das alterações mandibulares em decorrência do tratamento de protração maxilar. Embora os resultados deste tratamento sejam em sua maior parte uma resposta maxilar, alterações morfológicas com o crescimento e de posição mandibular também foram observadas. Apesar do fato que o método de correspondência de forma ter sido usado em pacientes cirúrgicos⁵¹, os autores afirmam que há alguns desafios de seu uso para análise maxilar em pacientes em crescimento, uma vez que a maxila não é um osso isolado como a mandíbula, o que dificulta a determinação dos seus limites na construção do modelo de superfície a partir da TCFC.

Xi et al.⁵⁹ (2017) avaliaram os efeitos da ERMAC na exposição de incisivos superiores e na projeção do mento, utilizando reconstruções volumétricas de TCFC. Os autores encontraram aumento na exposição do incisivo superior em 87% dos pacientes. Quanto a alteração na posição do mento, 67% dos pacientes apresentou um deslocamento para posterior, com valores médios de 1,6 mm. As alterações verticais no pogônio atingiram 78% da amostra. Os autores concluíram que a ERMAC promove um aumento na exposição dental e um deslocamento do mento para inferior e para posterior.

Huizinga et al.⁶⁰ (2018) utilizaram um método de sobreposição tomográfica para avaliar tridimensionalmente as assimetrias na expansão após ERMAC. Os autores observaram assimetria na expansão em até 55% dos pacientes submetidos a ERMAC. As assimetrias ocorriam em todas as direções, sendo mais evidente no nível dos incisivos superiores entre os segmentos direito e esquerdo e entre as regiões anterior e posterior da maxila.

A literatura relata que a ERMAC é uma técnica eficaz no tratamento das deficiências transversais da maxila em pacientes com maturação esquelética, ainda que as maiores informações se restrinjam as alterações dentárias deste procedimento. Assim, é apropriado o estudo das alterações esqueléticas associadas à ERMAC, que não têm sido claramente relatadas devido as dificuldades metodológicas para avaliação desta região.

O presente trabalho foi dedicado ao estudo das alterações de forma e posição tridimensional de maxila e mandíbula decorrentes da Expansão Rápida de Maxila Assistida Cirurgicamente (ERMAC), utilizando o método de sobreposição de modelos tomográficos e análise de correspondência de forma.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após avaliar as alterações esqueléticas maxilares e mandibulares ocorridas após a ERMAC, utilizando o método de sobreposição tomográfica e análise de correspondência de forma e baseado nos resultados e conclusões apresentados nos capítulos anteriores, chegamos às seguintes considerações:

A sobreposição dos modelos de superfícies e a análise de correspondência de forma são ferramentas úteis na avaliação tridimensional das alterações esqueléticas em diferentes regiões da maxila e mandíbula após ERMAC.

A expansão maxilar a nível esquelético ocorre por rotação e inclinação dos segmentos maxilares, sendo mais evidente nas regiões correspondentes ao processo alveolar do primeiro molar superior e do canino. As regiões de espinha nasal anterior e processo alveolar anterior da maxila (ponto A) apresentam um movimento para posterior em consequência do remodelamento ósseo para fechar o espaço criado após a expansão.

O padrão de expansão maxilar ocorre de maneira distinta para cada paciente, podendo ser observadas expansões clinicamente simétricas até expansões assimétricas no qual ocorre expansão em apenas um segmento maxilar. A assimetria na expansão esquelética pode abranger até 40% dos pacientes submetidos a ERMAC, quando avaliados na região de molar, e até 25% quando avaliada na região do canino. As regiões posteriores da maxila (infracigomática e ectomolar) apresentam maiores assimetrias quando comparadas com as regiões anteriores (alar e ectocanino). O tipo de mordida cruzada posterior não exerce influência no surgimento de assimetria durante a expansão.

A mandíbula apresenta mudança de posicionamento como resposta adaptativa ao novo padrão de oclusão estabelecido após a expansão maxilar. Os movimentos predominantes ocorrem no sentido póstero-inferior na região do mento e posterior na região dos gônios. No entanto, os deslocamentos mandibulares observados após ERMAC não são suficientes para promover mudanças significativas no padrão esquelético dos pacientes.

REFERÊNCIAS *

1. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod.* 1965; 35(3): 200-17.
2. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987; 91(1): 3-14.
3. Pereira MD, Prado GP, Abramoff MM, Aloise AC, Masako Ferreira L. Classification of midpalatal suture opening after surgically assisted rapid maxillary expansion using computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110(1): 41-5.
4. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod.* 1970; 57(3): 219-55.
5. Magnusson A, Bjerklín K, Kim H, Nilsson P, Marcusson A. Three-dimensional assessment of transverse skeletal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion and orthodontic treatment: a prospective computerized tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 142(6): 825-33.
6. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133(2): 290-302.
7. Gauthier C, Voyer R, Paquette M, Rompre P, Papadakis A. Periodontal effects of surgically assisted rapid palatal expansion evaluated clinically and with cone-beam computerized tomography: 6-month preliminary results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(4 Suppl): S117-28.
8. Lines PA. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am J Orthod.* 1975; 67(1): 44-56.
9. Zemmann W, Schanbacher M, Feichtinger M, Linecker A, Karcher H. Dentoalveolar changes after surgically assisted maxillary expansion: a three-dimensional evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107(1): 36-42.
10. Carlson C, Sung J, McComb RW, Machado AW, Moon W. Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 149(5): 716-28.
11. 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.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

12. Camps-Pereperez I, Guijarro-Martinez R, Peiro-Guijarro MA, Hernandez-Alfaro F. The value of cone beam computed tomography imaging in surgically assisted rapid palatal expansion: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 46(7): 827-38.
13. Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KG, Wolvius EB, PrahI-Andersen B, Schulten AJ. Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 34(7): 709-14.
14. Betts NJ, Sturtz DH, Aldrich DA. Treatment of transverse (width) discrepancies in patients who require isolated mandibular surgery: the case for maxillary expansion. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004; 62(3): 361-4.
15. Goldenberg DC, Goldenberg FC, Alonso N, Gebrin ES, Amaral TS, Scanavini MA, et al. Hyrax appliance opening and pattern of skeletal maxillary expansion after surgically assisted rapid palatal expansion: a computed tomography evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106(6): 812-9.
16. Laudemann K, Petrushin O, Mack MG, Kopp S, Sader R, Landes CA. Evaluation of surgically assisted rapid maxillary expansion with or without pterygomaxillary disjunction based upon preoperative and post-expansion 3D computed tomography data. *Oral Maxillofac Surg.* 2009; 13(3): 159-69.
17. Magnusson A, Bjerklin K, Nilsson P, Marcusson A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: long-term stability. *Eur J Orthod.* 2009; 31(2): 142-9.
18. Koudstaal MJ, Smeets JB, Kleinrensink GJ, Schulten AJ, van der Wal KG. Relapse and stability of surgically assisted rapid maxillary expansion: an anatomic biomechanical study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67(1): 10-4.
19. de Assis DS, Xavier TA, Noritomi PY, Goncales AG, Ferreira O, Jr., de Carvalho PC, et al. Finite element analysis of stress distribution in anchor teeth in surgically assisted rapid palatal expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 42(9): 1093-9.
20. Kilic E, Kilic B, Kurt G, Sakin C, Alkan A. Effects of surgically assisted rapid palatal expansion with and without pterygomaxillary disjunction on dental and skeletal structures: a retrospective review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 115(2): 167-74.
21. Chung CH, Goldman AM. Dental tipping and rotation immediately after surgically assisted rapid palatal expansion. *Eur J Orthod.* 2003; 25(4): 353-8.
22. Koudstaal MJ, Wolvius EB, Schulten AJ, Hop WC, van der Wal KG. Stability, tipping and relapse of bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion; a prospective randomized patient trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 38(4): 308-15.

23. Nada RM, Fudalej PS, Maal TJ, Berge SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM. Three-dimensional prospective evaluation of tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012; 40(8): 757-62.
24. Landes CA, Laudemann K, Schubel F, Petruchin O, Mack M, Kopp S, et al. Comparison of tooth- and bone-borne devices in surgically assisted rapid maxillary expansion by three-dimensional computed tomography monitoring: transverse dental and skeletal maxillary expansion, segmental inclination, dental tipping, and vestibular bone resorption. *J Craniofac Surg.* 2009; 20(4): 1132-41.
25. Laudemann K, Petruchin O, Nafzger M, Ballon A, Kopp S, Sader RA, et al. Long-term 3D cast model study: bone-borne vs. tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion due to secondary variables. *Oral Maxillofac Surg.* 2010; 14(2): 105-14.
26. Byloff FK, Mossaz CF. Skeletal and dental changes following surgically assisted rapid palatal expansion. *Eur J Orthod.* 2004; 26(4): 403-9.
27. Daif ET. Segment tilting associated with surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43(3): 311-5.
28. Zandi M, Miresmaeili A, Heidari A. Short-term skeletal and dental changes following bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014; 42(7): 1190-5.
29. Chamberland S, Proffit WR. Closer look at the stability of surgically assisted rapid palatal expansion. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66(9): 1895-900.
30. 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.
31. Altug Atac AT, Karasu HA, Aytac D. Surgically assisted rapid maxillary expansion compared with orthopedic rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006; 76(3): 353-9.
32. Gungor AY, Turkkahraman H, Baykul T, Alkis H. Comparison of the effects of rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion in the sagittal, vertical, and transverse planes. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012; 17(2): e311-9.
33. Iodice G, Bocchino T, Casadei M, Baldi D, Robiony M. Evaluations of sagittal and vertical changes induced by surgically assisted rapid palatal expansion. *J Craniofac Surg.* 2013; 24(4): 1210-4.
34. Lineberger MW, McNamara JA, Baccetti T, Herberger T, Franchi L. Effects of rapid maxillary expansion in hyperdivergent patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 142(1): 60-9.

35. Parhiz A, Schepers S, Lambrichts I, Vrielinck L, Sun Y, Politis C. Lateral cephalometry changes after SARPE. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011; 40(7): 662-71.
36. Kim YI, Cho BH, Jung YH, Son WS, Park SB. Cone-beam computerized tomography evaluation of condylar changes and stability following two-jaw surgery: Le Fort I osteotomy and mandibular setback surgery with rigid fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011; 111(6): 681-7.
37. Ikeda K, Kawamura A. Assessment of optimal condylar position with limited cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 135(4): 495-501.
38. Moura PM, Giraldo G, Lira PH, Leite DA, Rodrigues PS, Faria M, et al. Image assessment of MSCT and CBCT scans for rapid maxillary expansion: a pilot study. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2011; 14(12): 1089-95.
39. Loddi PP, Pereira MD, Wolosker AB, Hino CT, Kreniski TM, Ferreira LM. Transverse effects after surgically assisted rapid maxillary expansion in the midpalatal suture using computed tomography. *J Craniofac Surg*. 2008; 19(2): 433-8.
40. Goldenberg DC, Alonso N, Goldenberg FC, Gebrin ES, Amaral TS, Scanavini MA, et al. Using computed tomography to evaluate maxillary changes after surgically assisted rapid palatal expansion. *J Craniofac Surg*. 2007; 18(2): 302-11.
41. Laudemann K, Santo G, Revilla C, Harth M, Kopp S, Sader RA, et al. Assessment of surgically assisted rapid maxillary expansion regarding pterygomaxillary disjunction using thin volume-rendering technique: in variance analysis and in reliability, accuracy, and validity. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011; 69(10): 2631-43.
42. Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker GR, Jr., Styner MA, Mol A, Phillips CL, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol*. 2005; 34(6): 369-75.
43. Ruellas AC, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, et al. 3D mandibular superimposition: comparison of regions of reference for voxel-based registration. *PLoS One*. 2016; 11(6): e0157625.
44. Cevidanes LH, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006; 129(5): 611-8.
45. Cevidanes LH, Gomes LR, Jung BT, Gomes MR, Ruellas AC, Goncalves JR, et al. 3D superimposition and understanding temporomandibular joint arthritis. *Orthod Craniofac Res*. 2015; 18 Suppl 1: 18-28.

46. Cevidanes LH, Heymann G, Cornelis MA, DeClerck HJ, Tulloch JF. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136(1): 94-9.
47. Gkantidis N, Schauseil M, Pazera P, Zorkun B, Katsaros C, Ludwig B. Evaluation of 3-dimensional superimposition techniques on various skeletal structures of the head using surface models. *PLoS One*. 2015; 10(2): e0118810.
48. Schilling J, Gomes LC, Benavides E, Nguyen T, Paniagua B, Styner M, et al. Regional 3D superimposition to assess temporomandibular joint condylar morphology. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014; 43(1): 1-12.
49. Styner M, Oguz I, Xu S, Brechbuhler C, Pantazis D, Levitt JJ, et al. Framework for the Statistical Shape Analysis of Brain Structures using SPHARM-PDM. *Insight J*. 2006; 1071: 242-50.
50. Paniagua B, Cevidanes L, Zhu H, Styner M. Outcome quantification using SPHARM-PDM toolbox in orthognathic surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2011; 6(5): 617-26.
51. de Paula LK, Ruellas AC, Paniagua B, Styner M, Turvey T, Zhu H, et al. One-year assessment of surgical outcomes in Class III patients using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013; 42(6): 780-9.
52. Nguyen T, Cevidanes L, Paniagua B, Zhu H, Koerich L, De Clerck H. Use of shape correspondence analysis to quantify skeletal changes associated with bone-anchored Class III correction. *Angle Orthod*. 2014; 84(2): 329-36.
53. Koerich L, Ruellas AC, Paniagua B, Styner M, Turvey T, Cevidanes LH. Three-dimensional regional displacement after surgical-orthodontic correction of Class III malocclusion. *Orthod Craniofac Res*. 2016; 19(2): 65-73.
54. Paniagua B, Cevidanes L, Walker D, Zhu H, Guo R, Styner M. Clinical application of SPHARM-PDM to quantify temporomandibular joint osteoarthritis. *Comput Med Imaging Graph*. 2011; 35(5): 345-52.
55. AlHadidi A, Cevidanes LH, Mol A, Ludlow J, Styner M. Comparison of two methods for quantitative assessment of mandibular asymmetry using cone beam computed tomography image volumes. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011; 40(6): 351-7.
56. Cevidanes LH, Alhadidi A, Paniagua B, Styner M, Ludlow J, Mol A, et al. Three-dimensional quantification of mandibular asymmetry through cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011; 111(6): 757-70.
57. Alhadidi A, Cevidanes LH, Paniagua B, Cook R, Festy F, Tyndall D. 3D quantification of mandibular asymmetry using the SPHARM-PDM tool box. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2012; 7(2): 265-71.

58. 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.
59. Xi T, Laskowska M, van de Voort N, Ghaeminia H, Pawlak W, Berge S, et al. The effects of surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) on the dental show and chin projection. *J Craniomaxillofac Surg.* 2017; 45(11): 1835-41.
60. Huizinga MP, Meulstee JW, Dijkstra PU, Schepers RH, Jansma J. Bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion: A retrospective three-dimensional evaluation of the asymmetry in expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018; 46(8): 1329-35.