



**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 póstero-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 dentoesceléticas 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 óbvias 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.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo avaliar as alterações esqueléticas após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente utilizando o método de sobreposição tomográfica tridimensional e análise de correspondência de forma.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar quantitativamente e qualitativamente as mudanças esqueléticas transversais maxilares após a ERMAC.
- Identificar e quantificar a assimetria na expansão maxilar em pacientes portadores de mordida cruzada posterior unilateral e bilateral, tratados com ERMAC.
- Avaliar as alterações de posicionamento mandibular, como resposta adaptativa ao procedimento de expansão maxilar, nas regiões de mento, gônio e côndilo.

3 PUBLICAÇÕES

Esta tese de Doutorado foi escrita em três capítulos correspondentes a versão em português dos artigos científicos elaborados para publicação em periódicos internacionais:

Artigo 1. Alterações maxilares relacionadas à expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente: um estudo de sobreposição tridimensional.

Artigo 2. Avaliação tridimensional da assimetria na expansão maxilar após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

Artigo 3. Alterações tridimensionais de posicionamento mandibular após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

3.1 Artigo 1

Alterações maxilares relacionadas à expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente: um estudo de sobreposição tridimensional

*Maxillary changes related to surgically assisted rapid maxillary expansion: A
three-dimensional superimposition study*

Alterações maxilares relacionadas à expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente: um estudo de sobreposição tridimensional

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações esqueléticas maxilares após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC). **Metodologia:** Um estudo retrospectivo foi realizado com as imagens tomográficas de 20 pacientes adultos com idade média de 26,2 anos (mín: 18,7 anos, máx: 38,7 anos) submetidos a ERMAC. Para avaliar as alterações esqueléticas associadas a ERMAC, o método de sobreposição tridimensional da base do crânio e análise de correspondência de forma foram aplicados nas tomografias obtidas antes da ERMAC (T1) e pelo menos seis meses após expansão (T2). Quatro regiões de interesse bilaterais foram selecionadas para quantificação das diferenças entre os tempos T1 e T2. Teste não paramétrico de Wilcoxon foi utilizado para análise estatística. **Resultados:** Um aumento significativo em todas as regiões foi observado entre T1 e T2. Não houve diferença significativa nos deslocamentos obtidos entre as regiões correspondentes dos lados direitos e esquerdo. Um maior deslocamento foi observado nas regiões de ectocanino e ectomolar, quando comparados com as regiões alar e infrazigomática. **Conclusões:** A análise de correspondência de forma permitiu avaliar as alterações esqueléticas em diferentes regiões da maxila após ERMAC. A expansão maxilar a nível esquelético ocorreu por rotação e inclinação dos segmentos maxilares, que foi mais evidente nas regiões correspondentes ao processo alveolar do primeiro molar superior e do canino.

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

Maxillary changes related to surgically assisted rapid maxillary expansion: A three-dimensional superimposition study

ABSTRACT

Objective: This study aimed to assess skeletal maxillary changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). **Methods:** A retrospective study was carried out with tomographic records of 20 patients with mean age of 26,2 years (range 18.7 – 38.7 years) who underwent SARME. Cone-beam computed tomography (CBCT) was performed before SARME (T1) and at least six months after SARME (T2). Three-dimensional cranial base superimposition and shape correspondence analysis were used to measure skeletal changes related to SARME. Four bilateral regions of interest (ROI) were selected to quantify the displacements in the maxilla from T1 to T2. Wilcoxon signed rank nonparametric test was used for the statistical analysis. **Results:** Statistically significant increases in all ROI were observed after expansion. There was no significant difference in displacement between corresponding ROI on the right and left sides. Ectocanine and ectomolar regions presented greater displacements than alar and infrazygomatic regions. **Conclusions:** Shape correspondence analysis allowed to evaluate the skeletal changes in different regions of the maxilla after SARME. Maxillary expansion occurred by rotation and tilting of maxillary segments, which was more pronounced in the regions of alveolar ridge of first molar and canine.

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

INTRODUÇÃO

A deficiência transversal de maxila é caracterizada pelo atresia do palato, mordida cruzada posterior, apinhamento dental e dificuldade na respiração nasal, podendo existir de forma isolada ou associada a outras deformidades como fissura palatina, prognatismo ou deficiência mandibular e mordida aberta anterior. A expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC) é uma técnica cirúrgica que reduz a resistência óssea e favorece a expansão maxilar, sendo indicada para pacientes adultos com deficiência transversal de maxila.¹⁻⁸

Um dos principais desafios da ERMAC é obter uma expansão maxilar uniforme sem que haja inclinação acentuada dos dentes e dos segmentos maxilares.⁹ Atualmente, existem diversas técnicas para realização da ERMAC, variando o tipo de expensor, as osteotomias realizadas e os protocolos de expansão. 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 maxilar.^{1,5,7,9} No entanto, as alterações esqueléticas aparentam ser mais estáveis que as alterações dentárias.¹⁰ 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.

Na maioria dos estudos, os resultados da ERMAC têm sido avaliados utilizando análises radiográficas,^{1,5} e modelos de estudo.^{11,12} Mais recentemente, a literatura tem apresentado dados provenientes de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC),^{2,3,7,9,13,14} que além de promover maiores informações que as imagens bidimensionais, possibilitam a sobreposição de forma tridimensional, permitindo a avaliação das alterações de forma, volume e posição a partir das diferenças obtidas diretamente das imagens sobrepostas.^{3,15}

Para avaliação quantitativa tridimensional das alterações esqueléticas após ERMAC, é essencial a utilização da técnica da sobreposição de imagens, uma vez que não depende da marcação de planos espaciais ou pontos de referência, minimizando potenciais erros de mensuração. Assim, este estudo avaliou as

mudanças esqueléticas maxilares após a ERMAC, utilizando o método de sobreposição de imagens tomográficas a partir do registro da base do crânio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo e Amostra

Este estudo retrospectivo foi composto por pacientes adultos que apresentavam deficiência transversal de maxila maior que 5mm, mordida cruzada posterior uni ou bilateral, que foram submetidos a ERMAC entre os anos de 2010 e 2012. A magnitude da deficiência maxilar (>5mm) foi avaliada inicialmente nos exames tomográficos realizados previamente ao procedimento cirúrgico. Pacientes com fissura lábio-palatina, síndromes craniofaciais congênitas ou que apresentassem tomografias inadequadas foram excluídos. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (número: 60590616.0.0000.5416).

Cirurgia e protocolo de tratamento

Os pacientes foram submetidos à cirurgia de ERMAC, efetuada em ambiente hospitalar sob anestesia geral. O protocolo cirúrgico envolveu a osteotomia bilateral da parede lateral da maxila, com separação pterigomaxilar e abertura da sutura palatina mediana.

Os pacientes foram tratados com aparelho HYRAX. Sete dias após o procedimento cirúrgico, o paciente foi orientado a realizar ativação de 0,25mm (1/4 de volta) duas vezes ao dia, até que se observasse sobrecorreção da mordida cruzada. Após finalizada a expansão, o aparelho expansor foi travado e mantido em posição por um período de consolidação de 4 meses, após o qual o aparelho foi removido e substituído por uma barra palatina, dando-se início ao tratamento ortodôntico.

Aquisição das tomografias e processamento das imagens

As tomografias foram realizadas antes da ERMAC (T1) e pelo menos seis meses após a expansão maxilar (T2) utilizando o tomógrafo iCAT (*Imaging Sciences International, Hatfield, Pa*) com FOV 17 x 23 cm e voxel de 0,3 mm. Durante a aquisição das tomografias, os pacientes foram orientados a ocluir em máxima intercuspidação habitual. Após a aquisição das imagens, os arquivos tomográficos foram armazenados em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

Para realizar a visualização e mensuração das alterações maxilares induzidas pela ERMAC, as tomografias foram processadas de acordo com a técnica descrita por Cevidanes et al.¹⁵ As imagens foram reformatadas para um voxel de 0,5 mm usando o software de distribuição livre 3DSlicer, com a ferramenta *Downsize Image* presente no módulo *CMF Registration*. Em seguida, realizou-se a segmentação semiautomática da base do crânio, maxila e mandíbula no software ITK-Snap (www.itksnap.org).¹⁵ As imagens em T1 foram reorientadas utilizando a ferramenta *Transforms*, de modo que o plano de Frankfurt, o plano sagital mediano e o plano transporiônico coincidissem com os planos axial, sagital e coronal, respectivamente.¹⁶ Após esta etapa, as tomografias em T2 foram aproximadas manualmente e, em seguida, o módulo *CFM Registration* foi utilizado para realizar o registro automático das imagens através da comparação da intensidade de voxel, utilizando a base anterior do crânio em T1 como referência, uma vez que esta estrutura se mantém estável e não sofre alterações com o procedimento cirúrgico.¹⁵

A maxila foi delimitada de modo a incluir as regiões susceptíveis de alteração durante a expansão. O limite superior foi determinado numa linha horizontal tangente aos forames infraorbitários. Os limites laterais foram delimitados por uma linha paralela ao plano sagital mediano interceptando o ponto mais látero-inferior da órbita, bilateralmente; o limite posterior foi determinado por uma linha paralela ao plano coronal, tangenciando a região de sutura pterigopalatina. Os dentes e aparelhos ortodônticos foram removidos da região segmentada devido a presença de artefatos metálicos que causariam interferências na segmentação e análise de correspondência de forma (Fig. 1).

Um modelo de superfície com 9002 pontos correspondentes foi gerado pela análise de correspondência de forma utilizando a ferramenta SPHARM-PDM.^{17,18} O processo envolve o mapeamento esférico e parametrização dos volumes maxilares obtidos após a segmentação em T1 e T2.¹⁸ As alterações após a expansão foram determinadas pela subtração dos pontos correspondentes dos modelos de superfície em T1 e T2 utilizando a ferramenta *Model to Model Distance*. Os resultados foram apresentados por meio da sobreposição por semitransparência dos modelos de superfície, para comparar visualmente as mudanças ocorridas após a ERMAC; mapa de cores, indicando a magnitude das alterações após a ERMAC, e mapa de vetores, informando a direção das alterações.

Quatro regiões de interesse (ROI) bilaterais foram selecionadas para quantificação das diferenças entre os tempos T1 e T2, de acordo com pontos anatômicos utilizados por Magnusson et al.³ As mensurações foram realizadas utilizando as ferramentas *Pick'nPaint* e *MeshStatistics*, ambas no software 3DSlicer. Cada ROI analisada foi determinada por um raio de difusão de 2 pontos em torno de cada ponto anatômico selecionado no modelo de superfície, gerando uma malha de 19 pontos para cada ROI (Fig. 2). O valor do 95° percentil, das distâncias dos 19 pontos correspondentes, foi utilizado para representar o deslocamento ocorrido em cada região avaliada.

Análise estatística

As medidas das regiões de interesse foram avaliadas em duplicata pelo mesmo examinador com intervalo de 30 dias. A reprodutibilidade foi confirmada pelo coeficiente de correlação intraclasse, que variou de 0,96 a 0,99. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar pressuposto de normalidade. Entretanto, devido ao tamanho reduzido da amostra, e alguns valores de assimetria e curtose dos dados, teste não paramétrico de Wilcoxon foi utilizado em todas as variáveis para avaliar as diferenças entre T1 e T2. Valores de mediana e percentis foram usados na descrição dos dados. A análise estatística foi realizada utilizando o software SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, Illinois), adotando nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS

Um total de 30 pacientes foram submetidos a ERMAC entre os anos de 2010 e 2012. Destes pacientes 10 foram excluídos por não apresentarem tomografias pré ou pós ERMAC, ou por apresentarem tomografias com qualidade inadequada ao estudo. Deste modo, a amostra utilizada foi composta por foi composta de 20 pacientes adultos (13 mulheres e 7 homens) com idade média de 26,2 anos (mín: 18,7 anos, máx: 38,7 anos). A amostra avaliada apresentou abertura mediana do parafuso expensor de 8 mm (min: 5,5 mm; max: 10,0 mm). O intervalo médio de aquisição das tomografias entre T1 e T2 foi de $8,2 \pm 2,3$ meses (Fig. 3).

A sobreposição dos modelos maxilares nos dois tempos do estudo revelou a alterações esqueléticas que ocorrem na maxila após a ERMAC. O Uso da metodologia empregada permitiu a análise qualitativa, da magnitude e direção das alterações por meio de mapa de cores e mapa de vetores de um modelo maxilar médio, obtido a partir dos modelos da amostra (Figs. 4 e 5). Os resultados das mensurações nas regiões de interesse estão representados na Tabela 1. Não foi observada diferença significativa nos deslocamentos obtidos entre as variáveis dos lados direito e esquerdo (Tabela 2).

As alterações totais na maxila foram calculadas pela soma dos valores das regiões analisadas nos lados direito e esquerdo, resultando no valor total da expansão na região alar, ectonano, ectomolar e infrazigomática (Tabela 3). Um aumento significativo em todas as regiões foi observado entre T1 e T2, no entanto não se observou uniformidade na expansão. Um deslocamento significativamente maior foi observado nas regiões de ectocanino e ectomolar, quando comparados com as regiões alar e infrazigomática ($p < 0,001$), respectivamente. No entanto, ao se comparar as regiões anteriores e posteriores não foi observado diferença significativa, sendo a região infrazigomática a que apresentou menor alteração após a expansão.

DISCUSSÃO

A ERMAC é um tratamento seguro e eficaz na correção da deficiência transversal de maxila e seu uso deve ser considerado sempre que for necessária a expansão maxilar em pacientes adultos.^{1,4-6,8} O resultado final da expansão maxilar

é sempre uma combinação de efeitos dentários e esqueléticos, que resultam no aumento das medidas transversais maxilares, sendo maior nas regiões inferior e anterior da maxila.^{1,9} Desta forma, a expansão é mais evidente a nível dentário que a nível esquelético. No entanto, as alterações em nível esquelético aparentam ser mais estáveis que aquelas ocorridas em nível dentário¹⁰, muito embora, as mudanças esqueléticas não tenham sido claramente relatadas devido as dificuldades metodológicas para avaliação desta região.

Estudos prévios têm sido controversos quanto a quantidade de expansão obtida em níveis esqueléticos.^{1,3,5,8,10,19} Tais discrepâncias de resultados podem estar relacionadas a variabilidade individual na amostra de cada estudo, que demanda diferentes quantidades de expansão, diferentes protocolos de expansão, ou ainda a dificuldades metodológicas para avaliação desta região. É importante salientar que não há consenso na literatura quanto a validade e reprodutibilidade na marcação de pontos dentários ou esqueléticos usados para avaliar os resultados ou a estabilidade da ERMAC. Neste estudo, os efeitos da expansão esquelética da maxila foram analisados por meio da técnica de sobreposição tridimensional de imagens tomográficas. Este método permite o registro preciso das tomografias pela sobreposição da base do crânio,¹⁵ não dependendo da marcação exclusiva de pontos ou planos espaciais, minimizando erros de mensuração.

A avaliação feita após a ERMAC mostrou a efetividade deste procedimento na expansão maxilar, ainda que um padrão de inclinação tenha sido observado. Os resultados mostraram maior expansão na região ectomolar (6,60 mm), área correspondente ao processo alveolar do primeiro molar superior, e uma menor expansão na região infrazigomática (1,39 mm). Resultados semelhantes foram relatados por Magnusson et al.³ que observaram 4,72 mm na região ectomolar e 2,63 mm na região infrazigomática. A diferença na quantidade de expansão entre essas duas regiões decorre da rotação das hemimaxilas após o procedimento de expansão. Tal movimento é acompanhado do abaixamento do processo palatino e da rotação interna da parede maxilar localizada abaixo a osteotomia lateral (Fig. 4), conforme relatos prévios da literatura.^{10,13,14} Assim, em alguns pacientes foi observado a constrição na região infrazigomática, o que contribuiu para menores valores de expansão nesta região, ainda que neste estudo uma expansão significativa tenha ocorrido.

Na região anterior da maxila, a região de ectocanino apresentou maiores alterações quando comparada à região alar, o que representa uma expansão de forma piramidal também na região anterior. Resultados diferentes foram relatados por Magnusson et al.³ que observaram expansões semelhantes nas duas regiões. De fato, tal diferença pode ser explicada pela metodologia empregada. Magnusson et al.³ empregaram a sobreposição de TCFC a partir da base do crânio de maneira semelhante ao utilizado neste estudo, no entanto, os resultados foram quantificados a partir das alterações transversais utilizando o método de pontos próximos (interactive closest points – ICP), enquanto neste estudo foram medidas alterações vetoriais a partir dos pontos correspondentes. Ainda que as diferenças sejam relativamente pequenas quando há pouca alteração nas regiões avaliadas ou apenas movimentos lineares, as diferenças de mensuração aumentam quando ocorrem grandes alterações, deslocamentos rotacionais ou remodelamento ósseo.²⁰ Este fato explica os maiores valores de expansão nas regiões de ectocanino e ectomolar observadas neste estudo.

A metodologia empregada neste estudo não utilizou um ponto específico, mas sim uma região de interesse a partir da qual o maior deslocamento observado entre dois pontos correspondentes foi mensurado, além da análise qualitativa visual para determinação da direção predominante das alterações. Desta forma conseguimos minimizar o erro de medida em áreas de difícil reprodutibilidade, como na região alar e no processo zigomático, conforme observado nos altos valores de CCI encontrados neste estudo. Apesar de utilizado previamente na avaliação maxilar em cirurgia ortognática.^{17,18} a utilização do método de correspondência de forma apresenta algumas dificuldades na avaliação das alterações maxilares, 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, e podem resultar em erro no cálculo dos vetores correspondentes.²⁰ Visando minimizar este tipo de erro, este estudo utilizou limites arbitrários pré-determinados na delimitação da maxila, além da remoção de dentes e aparelhos ortodônticos, uma vez que a presença do aparelho em T2 poderia ser interpretada com alteração na região dentária.

Avaliar as alterações esqueléticas utilizando sobreposição e mapa de cores difere das medidas lineares e angulares tradicionais, uma vez que o mapa de cores

descreve as mudanças ocorridas em toda a superfície localizada em uma região anatômica específica e não apenas a distância entre pontos anatômicos (Fig. 4).¹⁹ Por sua vez, o mapa de vetores criado a partir da sobreposição dos modelos de superfície mostra as alterações esqueléticas maxilares após ERMAC, no qual os vetores representam o deslocamento e remodelação óssea ocorrida (Fig. 5).

O mapa de cores evidenciou maiores alterações nas regiões de processo alveolar de molares, pré-molares e canino, apresentadas em vermelho, sem grande distinção entre os lados direito e esquerdo. Vale salientar que a imagem representativa das figuras 4 e 5 correspondem ao modelo médio das alterações (T2-T1) após ERMAC, no entanto expansões assimétricas foram observadas de forma individual na amostra estudada, o que corrobora com os achados de Nada et al.¹⁹ Neste estudo foram utilizados expansores dento-suportados, o que pode ter contribuído para uma maior inclinação nas regiões alveolares dos dentes de suporte.

A análise qualitativa na região de tuberosidade maxilar indica que esta região não acompanha em magnitude a expansão ocorrida no processo alveolar dos molares superiores, ainda que na amostra utilizada a disjunção pterigomaxilar tenha sido realizada durante o procedimento cirúrgico, o que aumenta a dúvida sobre a eficiência desta disjunção na redução da resistência esquelética na região posterior para se alcançar uma expansão mais uniforme.¹⁴

O mapa de vetores mostra que a expansão maxilar decorrente da ERMAC é resultado de movimentos rotacionais dos segmentos maxilares, apresentando componentes transversais, verticais e anteroposteriores. Vetores predominantemente verticais são observados na região de processo palatino, que representam o abaixamento desta estrutura após o movimento de expansão. Enquanto que no processo alveolar os vetores apresentam predominantemente direção transversal, associados a um componente anteroposterior que variam para cada região observada, representando o movimento rotacional dos segmentos maxilares após expansão, com abertura em formato de V. O sentido posterior dos vetores na região anterior da maxila pode ser atribuído a alterações no formato do arco dental e ao remodelamento anterior na região intermaxilar na qual se realiza a osteotomia vertical para abertura da sutura palatina mediana. Estes vetores

representam a remodelação óssea na espinha nasal anterior e no processo alveolar na região anterior (Ponto A) para fechar o espaço criado após a expansão (Fig. 5).

A tomografia em T2 foi realizada com intervalo mínimo de seis meses após a ERMAC com objetivo de aguardar o reparo e a maturação óssea na região das osteotomias. Devido a natureza retrospectiva deste estudo, e a necessidade do preparo cirúrgico para alguns pacientes, não pudemos controlar o início do tratamento ortodôntico, que ocorreu aproximadamente 4 meses após o fim da expansão. No entanto, em função do curto período de tempo entre o início do tratamento ortodôntico e a aquisição da segunda tomografia (T2) e da remoção das coroas dentárias e aparelhos ortodônticos no processo de segmentação, espera-se pouca influência do tratamento ortodôntico nos resultados deste estudo.

CONCLUSÃO

A sobreposição dos modelos de superfícies e a análise de correspondência de forma permitiram avaliar as alterações esqueléticas em diferentes regiões maxilares após ERMAC de forma tridimensional. A expansão maxilar no nível esquelético ocorreu 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 superiores apresentaram menores alterações após ERMAC. A região anterior da maxila apresentou um movimento posterior indicando remodelação óssea para fechar o espaço criado após a expansão.

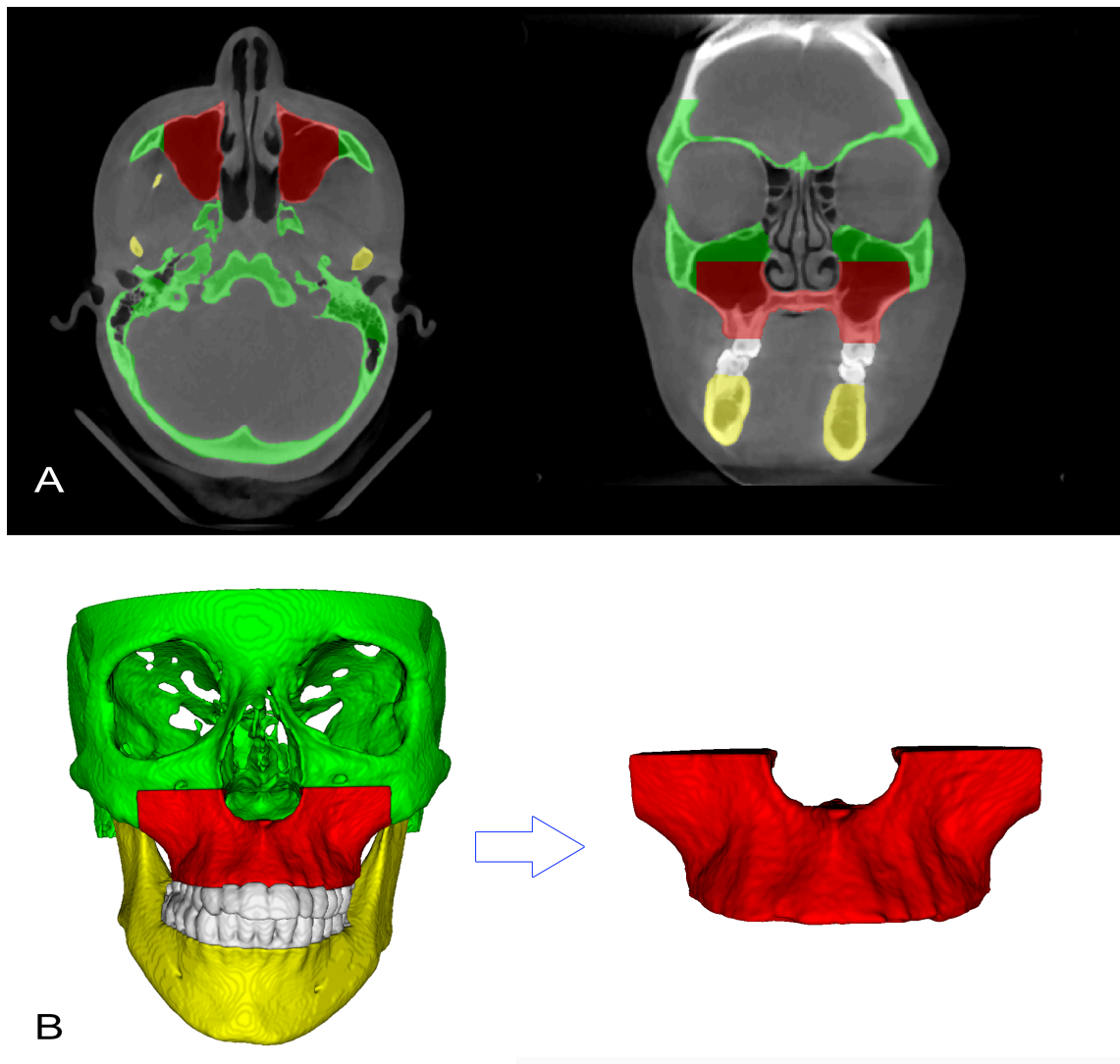


Figura 1. A: Segmentação das estruturas cranianas no software ITK-Snap. B: Reconstrução 3D das estruturas segmentadas e delimitação do volume maxilar utilizado para análise de correspondência de forma.

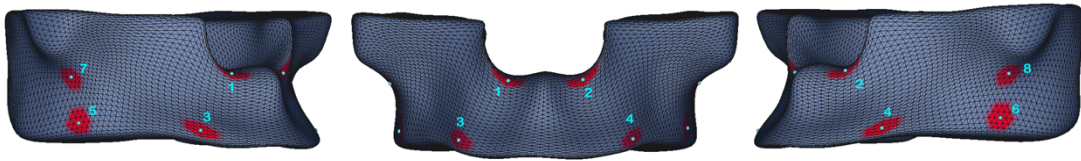


Figura 2. Pontos anatômicos e propagação das regiões de interesse selecionadas (vermelho). 1 e 2, alar direito e esquerdo, ponto mais lateral e inferior da abertura piriforme; 3 e 4, ectocanino direito e esquerdo, ponto mais lateral e inferior do processo alveolar na região do canino; 5 e 6, ectomolar direito e esquerdo, ponto mais lateral e inferior do processo alveolar na região do primeiro molar superior; 7 e 8, infrazigomático direito e esquerdo, ponto mais lateral e inferior do processo zigomático da maxila.

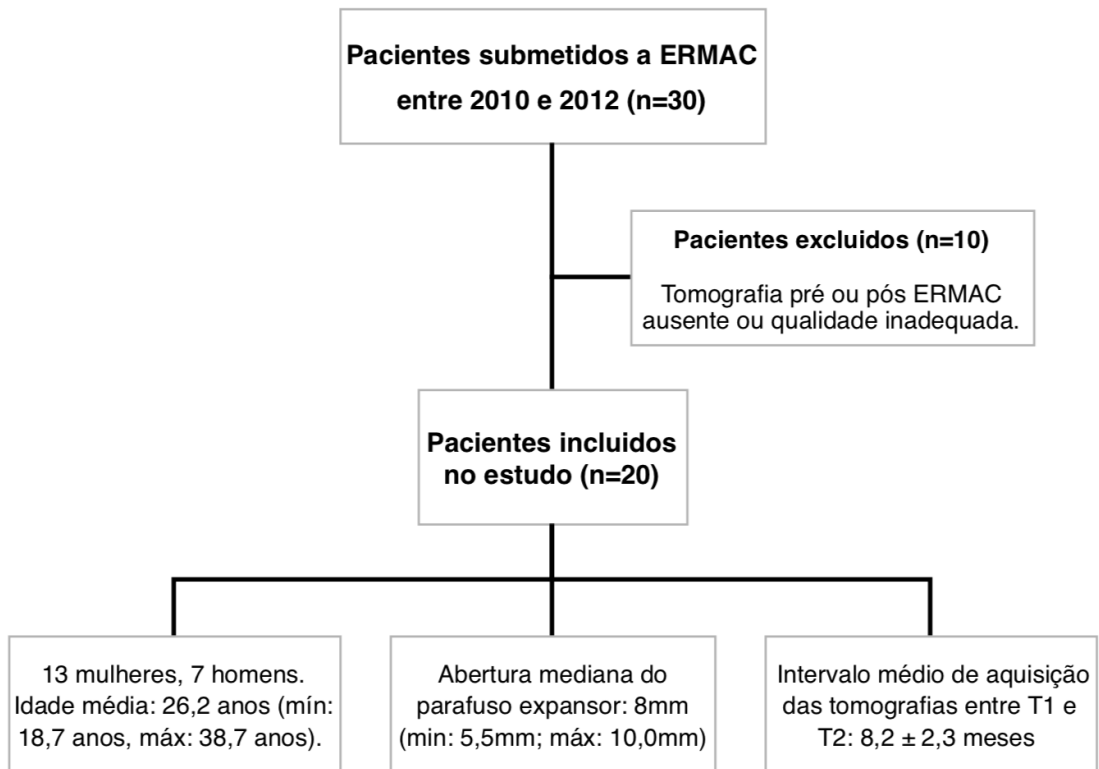


Figura 3. Fluxograma de seleção da amostra.

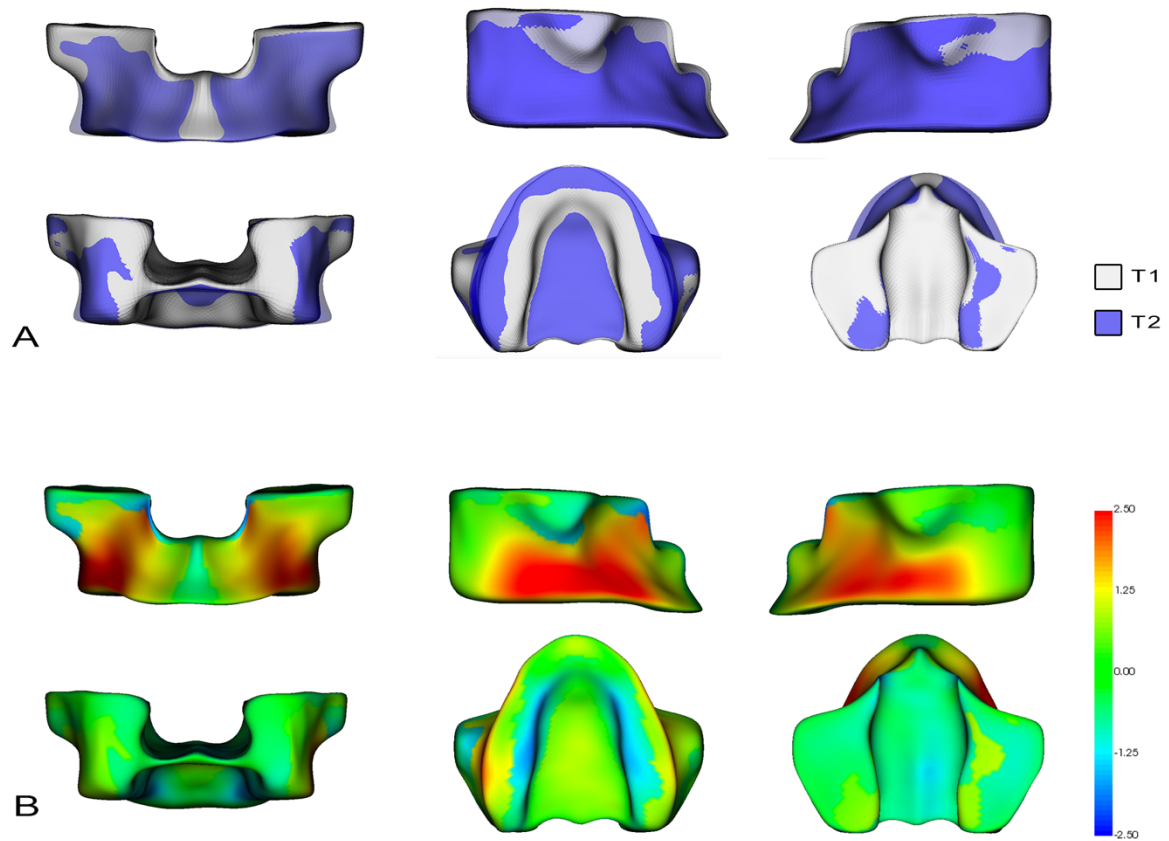


Figura 4. Modelo representativo da média das alterações maxilares após ERMAC. A: sobreposição por semitransparência. T1 em branco, T2 em azul. B: mapa de cores das alterações maxilares. A cor vermelha representa movimentos para fora; A cor azul representa movimentos para dentro; Verde representa ausência de alterações.

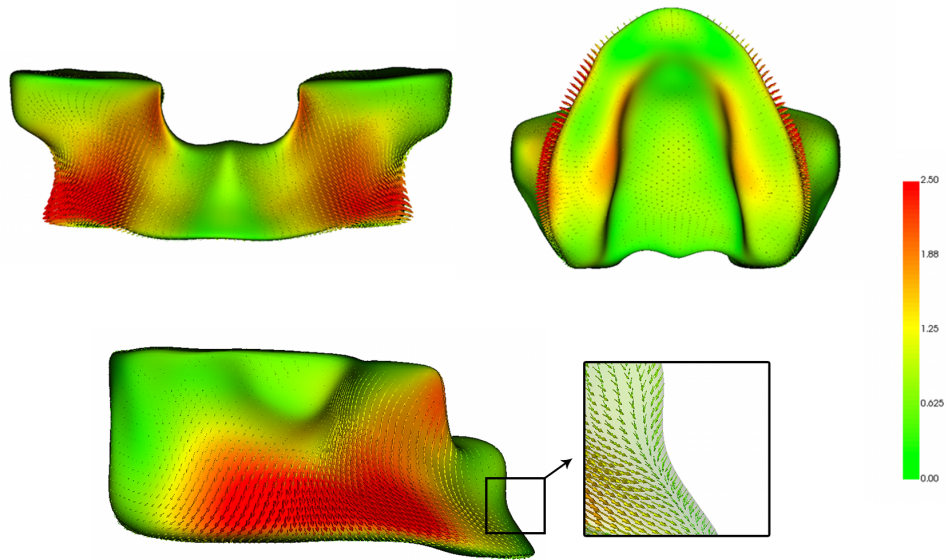


Figura 5. Mapa de vetores de um modelo representativo da média das alterações maxilares após ERMAC. Os vetores representam o movimento ocorrido entre T1 e T2.

Tabela 1. Alterações esqueléticas maxilares (T2 – T1) para cada região analisada após ERMAC.

Região analisada	Mediana*	P10	P90	Min	Max	p
Alar Direito	1,14	0,68	1,84	0,65	1,96	<0,01
Alar Esquerdo	1,08	0,55	2,22	0,48	2,59	<0,01
Ectocanino Direito	2,70	1,77	5,17	1,50	5,85	<0,01
Ectocanino Esquerdo	2,56	1,35	4,96	1,30	5,25	<0,01
Ectomolar Direito	3,64	1,60	6,19	1,42	7,00	<0,01
Ectomolar Esquerdo	3,24	1,68	4,68	0,86	4,76	<0,01
Infrazigomático Direito	0,79	-2,17	3,17	-2,62	5,22	0,028
Infrazigomático Esquerdo	0,59	-1,00	1,61	-1,86	2,25	0,025

P10: 10º percentil; P90: 90º percentil; p: p valor (teste de Wilcoxon)

*Valores expressos em mm. Valores negativos indicam movimento para dentro, valores positivos indicam movimento de expansão.

Tabela 2. Comparação entre os lados direito e esquerdo para cada região analisada.

Região	Direito			Esquerdo			p
	Mediana*	Min	Max	Mediana	Min	Max	
Alar	1,14	0,65	1,96	1,08	0,48	2,59	0,871
Ectocanino	2,70	1,50	5,85	2,56	1,30	5,25	0,860
Ectomolar	2,64	1,42	7,00	3,24	0,86	4,76	0,797
Infrazigomático	0,79	-2,62	5,22	0,59	-1,86	2,25	0,543

p: p valor (teste de Mann-Whitney)

*Valores expressos em mm. Valores negativos indicam movimento para dentro, valores positivos indicam movimento de expansão.

Tabela 3. Alterações esqueléticas maxilares totais (T2 – T1) após ERMAC.

Distância total	Mediana*	P10	P90	Min	Max	p
Alar (direito-esquerdo)	2,42	1,46	3,6	1,15	3,6	<0,01
Ectocanino (direito-esquerdo)	5,94	3,28	7,75	3,05	8,70	<0,01
Ectomolar (direito-esquerdo)	6,60	4,91	10,35	2,28	10,47	<0,01
Infrazigomático (direito-esquerdo)	1,39	-3,36	3,89	-3,63	5,72	0,028

P10: 10º percentil; P90: 90º percentil; p: p valor (teste de Wilcoxon)

*Valores expressos em mm. Valores negativos indicam movimento para dentro, valores positivos indicam movimento de expansão.

REFERÊNCIAS

1. Gurgel JA, Tiago CM, Normando D. Transverse changes after surgically assisted rapid palatal expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43(3): 316-22.
2. 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.
3. Magnusson A, Bjerklin 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.
4. Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Prah-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.
5. Byloff FK, Mossaz CF. Skeletal and dental changes following surgically assisted rapid palatal expansion. *Eur J Orthod.* 2004; 26(4): 403-9.
6. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133(2): 290-302.
7. 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.
8. 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.
9. Daif ET. Segment tilting associated with surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43(3): 311-5.
10. 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.
11. 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.

12. Prado GP, Furtado F, Aloise AC, Bilo JP, Masako Ferreira L, Pereira MD. Stability of surgically assisted rapid palatal expansion with and without retention analyzed by 3-dimensional imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014; 145(5): 610-6.
13. Oliveira TF, Pereira-Filho VA, Gabrielli MA, Goncales ES, Santos-Pinto A. Effects of lateral osteotomy on surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2016; 45(4): 490-6.
14. Sygouros A, Motro M, Ugurlu F, Acar A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014; 146(6): 748-57.
15. 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.
16. Ruellas AC, Tonello C, Gomes LR, Yatabe MS, Macron L, Lopinto J, et al. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016; 149(5): 645-56.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.

3.2 Artigo 2

Avaliação tridimensional da assimetria na expansão maxilar após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

*Three-dimensional assessment of asymmetry in maxillary expansion after surgically assisted
rapid maxillary expansion*

Avaliação tridimensional da assimetria na expansão maxilar após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

RESUMO

Introdução: A simplicidade técnica, a efetividade, a estabilidade, e a relativa ausência de complicações são razões para se considerar a expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC) no tratamento das deficiências transversais em pacientes adultos. O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar a assimetria na expansão maxilar em pacientes portadores de mordida cruzada posterior unilateral e bilateral, tratados com ERMAC. **Metodologia:** Este estudo retrospectivo avaliou os arquivos tomográficos de 20 pacientes portadores de mordida cruzada posterior submetidos a ERMAC. O método de sobreposição a partir da base do crânio e a análise de correspondência de formas foi utilizado para avaliar as assimetrias durante a expansão. Testes não paramétricos foram usados para análise estatística. **Resultados:** Expansões assimétricas foram observadas de forma individual na região alar e na região ectocanino em 25% da amostra, para região ectomolar a assimetria foi observada em 40% dos indivíduos e na região infrazigomática em 65% dos pacientes. Não foi observada associação entre o tipo de mordida cruzada posterior e a presença de assimetria nas expansões. **Conclusões:** Diferentes padrões de expansão foram observados de forma individual, variando desde expansões clinicamente simétricas até expansões assimétricas nas quais apenas um segmento maxilar foi expandido. As regiões posteriores da maxila apresentaram maiores assimetrias quando comparadas com as regiões anteriores.

Palavras-chave: Mordida Cruzada. Técnica de Expansão Palatina. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

Three-dimensional assessment of asymmetry in maxillary expansion after surgically assisted rapid maxillary expansion

ABSTRACT

Background: Technical simplicity, effectiveness, stability, and low rate of complications are reasons to consider surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) to treat transverse deficiencies in adult patients. This study aimed to identify and quantify asymmetry in maxillary expansion in patients with unilateral and bilateral posterior cross bite treated with SARME. **Methods:** This retrospective study assessed tomographic records of 20 patients with posterior cross bite who underwent SARME. Cranial base superimposition and shape correspondence analysis were used to evaluate asymmetry during expansion. Nonparametric test was used for the statistical analysis. **Results:** Asymmetric expansions were observed individually in the alar and ectocanine regions in 25% of the sample. Ectomolar and infrazigomatic regions showed asymmetry in expansion for 40% and 65% of subjects, respectively. No association were found between the type of posterior cross bite and the presence of asymmetry in expansions. **Conclusions:** 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 posterior regions of the maxilla showed greater asymmetries when compared with the anterior regions.

Keywords: Cross Bite. Palatal Expansion Technique. Cone-Beam Computed Tomography.

INTRODUÇÃO

A deficiência transversal de maxila é uma condição frequentemente observada em pacientes adultos com mordida cruzada posterior unilateral ou bilateral, podendo estar associada a problemas verticais ou anteroposteriores.¹ A expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC) é uma técnica ortodôntico-cirúrgica que tem por objetivo reduzir a resistência óssea da maxila, sendo indicada no tratamento das deficiências transversais em pacientes com maturação esquelética.¹⁻⁵

Diversas técnicas cirúrgicas têm sido propostas para ERMAC, variando a quantidade de osteotomias realizadas, principalmente a separação da sutura pterigomaxilar, bem como o tipo de expansor utilizado, se dento-suportado ou ósseo-suportado, na intenção de reduzir os efeitos indesejados.^{6,7} No entanto, não há consenso sobre qual a melhor técnica cirúrgica, nem mesmo o dispositivo, para se obter uma expansão uniforme e paralela.^{8,9}

Apesar de comumente realizada, principalmente pela simplicidade da técnica e pela baixa taxa de complicação, a ERMAC pode apresentar efeitos adversos incluindo dor, hemorragia, infecção, perda óssea periodontal, recessão gengival, expansão assimétrica ou inadequada, desvitalização e fratura dentária e ulcerações na mucosa.^{1,4,10} Sendo os problemas periodontais nos incisivos e a assimetria na expansão os achados mais comuns.¹⁰

Numa expansão ideal, os dois segmentos maxilares deveriam expandir igualmente durante a fase de ativação, porém, se um lado da maxila se torna mais resistente que o outro, espera-se que o lado de menor resistência apresente maior expansão, resultando em um movimento assimétrico para um dos lados.³ A expansão assimétrica tem sido descrita como uma complicação comum, variando entre 3,4 e 55% dos pacientes submetidos a ERMAC.^{1,4,5,10,11} Diferenças na resistência à expansão entre os segmentos maxilares podem estar associados a quantidade de osteotomias realizadas, quando a resistência óssea não é removida igualmente entre os dois lados da maxila, por alguma interferência óssea durante a expansão ou ainda por diferença entre os contatos oclusais nos dois lados da maxila, em decorrência do tipo de mordida cruzada.^{2,3,10,11}

O uso da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) proporciona dados precisos das alterações tridimensionais ocorridas após ERMAC.⁹ A sobreposição de TCFC permite a visualização e quantificação das mudanças esqueléticas com grande precisão.

Mudanças no padrão esquelético após a ERMAC estão bem documentadas na literatura, no entanto poucos estudos se dedicam a avaliar as assimetrias na expansão maxilar após ERMAC. O objetivo deste estudo foi identificar e quantificar a assimetria na expansão maxilar, utilizando o método de sobreposição de imagens tomográficas a partir do registro da base do crânio, em pacientes portadores de mordida cruzada posterior unilateral e bilateral, tratados com ERMAC.

METODOLOGIA

Este estudo retrospectivo foi realizado de acordo com o protocolo aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (número: 60590616.0.0000.5416). A amostra foi composta por pacientes que apresentavam deficiência transversal de maxila maior que 5 mm, com mordida cruzada posterior unilateral ou bilateral, que foram submetidos a ERMAC entre os anos de 2010 e 2012, e que realizaram tomografias previamente a ERMAC e pelo menos seis meses após a expansão. Foram excluídos deste estudo pacientes com fissura palatina, síndromes craniofaciais, ou aqueles que apresentassem tomografias com campo de visão (FOV) ou qualidade inadequadas ao estudo.

Os pacientes foram submetidos à cirurgia de ERMAC, efetuada em ambiente hospitalar sob anestesia geral. O protocolo cirúrgico envolveu a osteotomia Le Fort I subtotal, com disjunção pterigomaxilar e abertura da sutura palatina mediana. O protocolo de expansão foi realizado com aparelho hyrax com ativação de 0,25mm (1/4 de volta) duas vezes ao dia, até que se observasse correção da mordida cruzada. Após o fim da expansão, o aparelho expensor foi travado e mantido em posição por um período de consolidação de 4 meses, após o qual o aparelho foi removido e substituído por uma barra palatina, dando-se início ao tratamento ortodôntico.

Tomografias computadorizadas de feixe cônico foram realizadas antes da ERMAC (T1) e pelo menos seis meses após a expansão maxilar (T2) utilizando o tomógrafo iCAT (*Imaging Sciences International, Hatfield, Pa*) com FOV 17 x 23 cm e voxel de 0,3 mm. Durante a aquisição das tomografias, os pacientes foram orientados a ocluir em máxima intercuspidação habitual.

Para avaliar as assimetrias na expansão após ERMAC, as tomografias foram processadas de acordo com técnicas de segmentação semiautomática e registro automático pela comparação da intensidade dos voxels da base do crânio, previamente descritos na literatura¹²⁻¹⁴, utilizando os softwares de distribuição livre ITK-Snap (www.itksnap.org) e 3DSlicer (www.slicer.org).

A maxila foi segmentada de modo a incluir as regiões susceptíveis de alteração durante a expansão, tendo como limite superior uma linha horizontal tangente aos forames infraorbitários e limites laterais uma linha paralela ao plano sagital mediano interceptando o ponto mais látero-inferior da órbita. O limite posterior foi determinado por uma linha paralela ao plano coronal, tangenciando a região de sutura pterigomaxilar. Dentes e aparelhos ortodônticos foram removidos da região segmentada. Modelos de superfície, com 9002 pontos correspondentes, foram computados a partir do volume maxilar utilizando a ferramenta SPHARM-PDM.^{13,14} A análise de correspondência de forma e as alterações após a expansão foram verificadas pela subtração dos modelos de superfície em T1 e T2.

A avaliação qualitativa e quantitativa da assimetria na expansão foi realizada para cada indivíduo da amostra e calculadas por meio da sobreposição por semitransparência dos modelos de superfície, para comparar visualmente as mudanças após a ERMAC; mapa de cores, indicando a magnitude das alterações após a ERMAC (Figura 1), e mapa de vetores, informando a direção das alterações (Figura 2).

Quatro regiões de interesse bilaterais foram selecionadas para quantificação da expansão obtida em cada lado da maxila. Cada região analisada foi determinada por um raio de difusão de 2 pontos em torno de cada ponto anatômico selecionado no modelo de superfície (Tabela 1). O valor do 95º percentil foi utilizado para representar a expansão ocorrida em cada região avaliada. Este procedimento

resultou no valor da expansão lateral dos segmentos maxilares direito e esquerdo, para cada região analisada. O valor da expansão total em cada região foi dado pela soma dos valores das regiões correspondentes dos lados direito e esquerdo.

Análise estatística

A expansão obtida em cada segmento maxilar foi calculada como um valor percentual da expansão total, para cada região analisada. A assimetria foi quantificada a partir diferença percentual entre as expansões obtidas na mesma região para cada segmento maxilar. Foi considerado como assimétrica as regiões cuja diferença percentual na expansão entre os lados direito e esquerdo foi superior a 20%.

O tamanho da amostra foi limitado pelas tomografias que satisfaziam aos critérios de inclusão do estudo. Devido ao tamanho reduzido da amostra, os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney foram utilizados para avaliar as assimetrias entre as regiões analisadas e as diferenças entre pacientes com mordida cruzada unilateral e bilateral. O teste exato de Fisher foi utilizado para buscar associações entre a assimetria na expansão e o tipo de mordida cruzada dos pacientes. Correlações entre as variáveis foram analisadas pelo teste de correlação de Spearman. Valores de mediana e percentis foram usados na descrição dos dados. A análise estatística foi realizada utilizando o software SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, Illinois). O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$). As medidas das regiões de interesse foram avaliadas em duplicata pelo mesmo examinador com intervalo de 30 dias. A reprodutibilidade foi confirmada pelo coeficiente de correlação intraclasse, que variou de 0,96 a 0,99.

RESULTADOS

Um total de 30 pacientes foram submetidos a ERMAC entre os anos de 2010 e 2012. Destes pacientes 10 foram excluídos por não atenderem os critérios de inclusão ou por apresentarem tomografias com qualidade inadequada ao estudo. A amostra utilizada foi composta por foi composta por imagens tomográficas de 20 pacientes adultos (13 mulheres e 7 homens) com idade média de 26,2 anos (mín:

18,7 anos, máx: 38,7 anos). Dos 20 pacientes da amostra, 10 possuíam mordida cruzada posterior bilateral (MCPB) e 10 possuíam mordida cruzada posterior unilateral (MCPU) (Figura 3). Os dados demográficos da amostra estão sintetizados na Tabela 2. A abertura mediana do parafuso expensor foi de 8 mm (min: 5,5 mm; máx: 10,0 mm), não havendo diferença quanto ao tipo de mordida (MCPB = 8,0mm; MCPU = 7,7mm; $p=0,529$). O intervalo médio de aquisição das tomografias entre T1 e T2 foi de $8,2 \pm 2,3$ meses.

A avaliação qualitativa das alterações esqueléticas maxilares após ERMAC foi realizada por meio de sobreposição por semitransparência, mapa de cores e mapa de vetores (Figuras 1 e 2). As alterações maxilares após a ERMAC estão representadas para cada indivíduo da amostra na Figura 4. Os resultados das mensurações, para cada região de interesse, estão representados como um valor percentual da expansão total, para cada segmento maxilar de cada paciente (Figura 5).

Considerou-se como assimétrica as regiões cuja diferença percentual na expansão entre os lados direito e esquerdo foi superior a 20%. Expansões assimétricas foram observadas de forma individual na região alar e na região ectocanino em 25% da amostra (5 pacientes), para região ectomolar a assimetria foi observada em 40% dos indivíduos (8 pacientes). Maiores assimetrias foram encontradas na região infrazigomática (65%, 13 pacientes). Não foi observada associação entre o tipo de mordida cruzada posterior e a presença de assimetria nas expansões (Tabela 3).

Os valores medianos da diferença na expansão entre os segmentos maxilares foram de 11% para região alar, 12% para região ectocanino, 15% para região ectomolar e 39% para região infrazigomática (Figura 6,a). A região infrazigomática apresentou maiores diferenças de expansão entre os lados direito e esquerdo quando comparada com as outras regiões avaliadas ($p=0,002$). Não foi observado diferença significativa ao se comparar, para as mesmas regiões, as diferenças percentuais da expansão entre os segmentos maxilares em pacientes com MCPB e MCPU (Figura 6,b).

Não se observou correlação entre a quantidade de ativação do parafuso expensor e o percentual de assimetria na expansão em nenhuma das regiões analisadas (Alar: $\rho = -0,158$, $p = 0,507$; Ectocanino: $\rho = -0,136$, $p = 0,569$; Ectomolar: $\rho = -0,291$, $p = 0,213$; Infrazigomático: $\rho = 0,086$, $p=0,719$). Ainda que a assimetria observada nas diferentes regiões apresentasse correlação entre si: Alar-Ectomolar: $\rho = 0,582$, $p = 0,007$; Ectocanino-Ectomolar: $\rho = 0,554$, $p = 0,011$. Ectomolar-Infrazigomática: $\rho = 0,519$, $p = 0,019$.

DISCUSSÃO

A simplicidade técnica, a alta efetividade, a grande estabilidade, e a relativa ausência de complicações são razões para se considerar a ERMAC no tratamento das deficiências transversais em pacientes adultos. A assimetria durante a ERMAC tem sido relatada como uma das complicações mais comuns.^{4,10} Tal fato, pode estar supostamente associado a maior resistência à expansão de um lado da maxila, devido a deficiência na mobilização cirúrgica, ou por diferentes contatos oclusais, embora estas suposições tenham sido informalmente descartadas por alguns autores.^{2,11}

A técnica tradicional da ERMAC envolve a separação maxilar em dois segmentos, no entanto não há consenso na literatura sobre a necessidade da disjunção pterigomaxilar.^{15,16} Neste estudo, todos os pacientes foram submetidos a ERMAC com disjunção pterigomaxilar, contudo este procedimento parece não ser suficiente para evitar a assimetria na expansão. O percentual de assimetria encontrado variou de acordo com a região analisada, sendo menor na região alar e maior na região infrazigomática. Porém, do ponto de vista clínico, deve-se ressaltar a análise da assimetria na expansão nas regiões de ectocanino e ectomolar, pois são as regiões que apresentam maior expansão, com relevância clínica.

O percentual de assimetria na expansão variou de 25% da amostra, na região ectocanina, a 40% dos indivíduos, quando analisado na região ectomolar. Tais valores estão condizentes com os achados na literatura. Williams et al.¹⁰ relataram expansão assimétrica em 13,3% dos pacientes, em pacientes tratados com expasores dento-suportados e ERMAC com disjunção pterigomaxilar. Verlindem et

al.⁴ encontraram assimetria em 5 dos 73 pacientes tratados com expansores ósseo-suportados, sendo necessária cirurgia adicional para correção da assimetria. Koundstaal et al.¹¹ encontraram assimetria em 2 de 46 pacientes tratados com expansores ósseo-suportados, no entanto os autores não conseguiram justificar a causa para a assimetria. Em um estudo biomecânico, Koundstaal et al.² observaram assimetria em 40% dos crânios avaliados, mesmo após repetição do procedimento cirúrgico para mobilização dos segmentos maxilares e eliminação de contatos oclusais.

Recentemente, o uso da sobreposição tomográfica tem sido utilizado para avaliar as assimetrias. Huizinga et al.⁵ encontraram assimetrias em 35% dos pacientes, quando consideradas assimetrias maiores que 1,5mm na região ínfero-posterior da maxila. Nada et al.⁶ encontraram assimetrias maiores que 1,5mm em 17,6% dos pacientes tratados com expansores ósseo-suportados e 21,4% nos pacientes tratados com expansores dento-suportados. Em ambos estudos a ERMAC foi realizada com disjunção pterigomaxilar.

Diferente dos estudos anteriores, neste estudo, a expansão obtida em cada segmento maxilar foi calculada como um valor percentual da expansão total, uma vez que a quantidade de expansão varia em função da magnitude da má-oclusão do paciente. Foi considerada assimetria, a expansão cuja diferença percentual de expansão entre os lados direito e esquerdo foi superior a 20%, o que significa que um lado da maxila foi responsável por no mínimo 60% da expansão obtida (Figura 5).

O número de pacientes com assimetria na expansão foi semelhante entre os pacientes que apresentavam mordida cruzada posterior unilateral e bilateral (Tabela 3). Tal observação é mais evidente na região de ectocanino, onde para os dois grupos de mordida cruzada evidenciou-se um maior percentual de pacientes com expansões simétricas. No entanto, quando observada a região posterior nota-se que para os pacientes com MCPU foi verificado um maior percentual de assimetria na região ectomolar, diferente do que foi observado em pacientes com MCPB, ainda que não seja estatisticamente significativo. Considerando os resultados deste estudo, não é possível afirmar que fatores oclusais, tais como o tipo de mordida cruzada, se unilateral ou bilateral estejam associados a assimetria observada

durante a expansão, que se apresentaram de forma distinta para cada paciente, desde expansões clinicamente simétricas até expansões assimétricas no qual foi observado expansão em apenas um segmento maxilar.

A diferença percentual na expansão entre os lados direito e esquerdo, apresentaram valores medianos abaixo de 20%, para medidas na região alar, ectocanino e ectomolar, sendo observada diferença significativa quando comparadas a região infrazigomática. A maior assimetria observada na região infrazigomática ocorre em consequência da rotação dos segmentos maxilares, no qual a parede maxilar na região da osteotomia move-se para dentro, observando uma constrição na região.^{16,17} De fato, apesar de contribuir para a assimetria observada nesta região, tal observação aparenta não possuir nenhuma significância clínica.

Os valores de assimetria na expansão apresentaram grande variabilidade individual, ainda que o mesmo protocolo cirúrgico e de expansão tenham sido realizados. Vale destacar que a quantidade de ativação do parafuso expensor foi diferente, em função da má-oclusão de cada paciente da amostra, no entanto não foi observada correlação entre a quantidade de abertura do parafuso e o percentual de assimetria observado. Huizinga et al.⁵ relataram correlações inversas entre o tamanho do expensor utilizado e as assimetrias nas regiões anteriores e posteriores da maxila, no entanto os autores utilizaram expansores ósseo-suportados e atribuíram essa assimetria ao posicionamento do expensor, uma vez que o palato atrésico dificulta a colocação desses dispositivos de forma ideal, podendo exercer forças oblíquas que resultam em assimetrias durante a expansão.^{1,5}

Este estudo utilizou TCFC para avaliar as assimetrias transversais na expansão durante ERMAC. Os resultados encontrados são relativos a avaliação esquelética e dento-alveolar. Entretanto, devido ao início do tratamento ortodôntico previamente a aquisição da tomografia em T2, não podemos descartar a possibilidade de redução do grau de assimetria em decorrência do tratamento ortodôntico, ainda que esta ocorra na forma de recidiva da expansão observada principalmente a nível dentário.¹⁷ Em virtude da natureza retrospectiva deste estudo não foi possível controlar fatores como a presença de aparelho ortodôntico em T2, o

que poderia levar a erros na análise de correspondência de forma empregada, assim regiões como dentes e aparelhos foram removidos no processo de segmentação.

CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou a presença de assimetria na expansão em pacientes submetidos a ERMAC com disjunção pterigomaxilar. Diferentes padrões de expansão foram observados de forma individual, variando desde expansões clinicamente simétricas até expansões assimétricas, nas quais foi observada expansão em apenas um segmento maxilar. O tipo de mordida cruzada posterior aparentou não exercer influência no surgimento de assimetria na expansão. Diferentes regiões maxilares apresentam percentual de assimetria distintos. As regiões posteriores da maxila (infrazigomática e ectomolar) apresentaram maiores assimetrias quando comparadas com as regiões anteriores (alar e ectocanino).

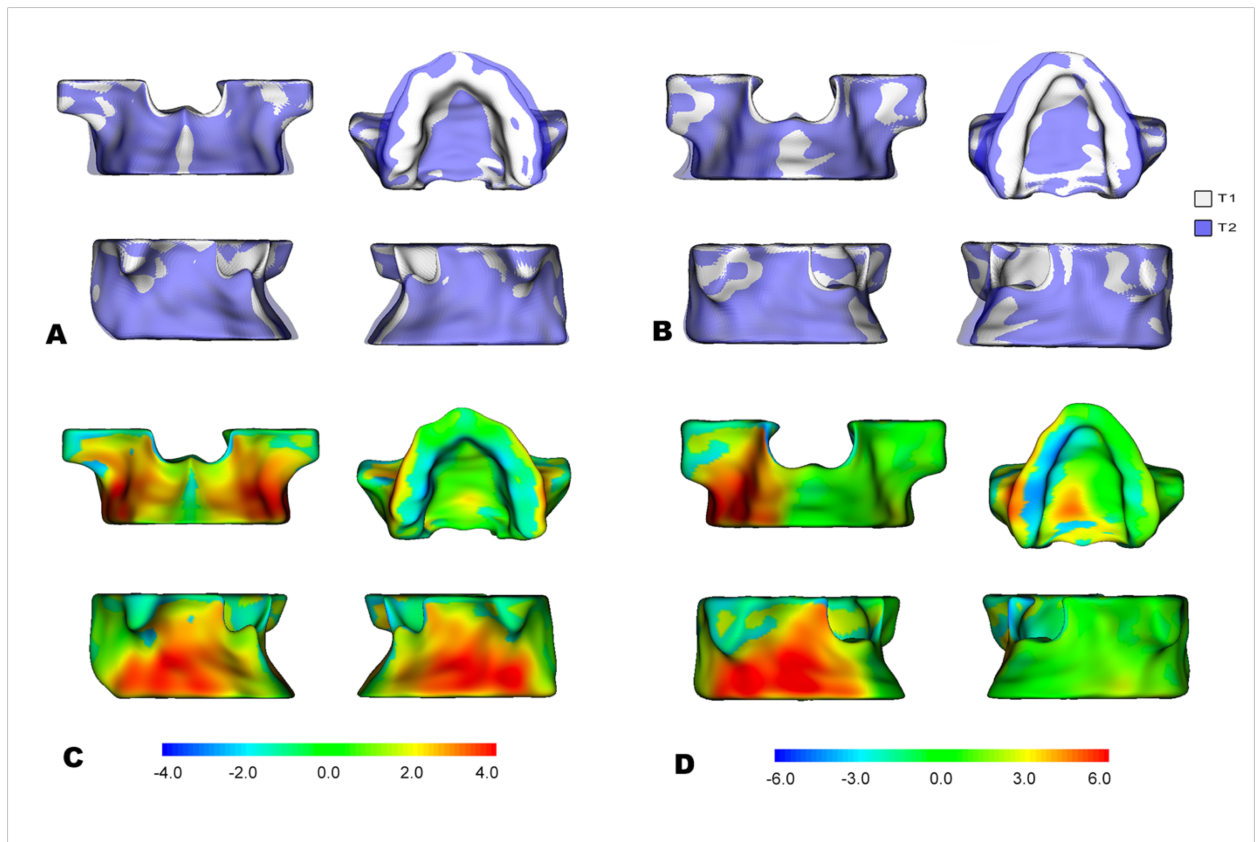


Figura 1. Alterações maxilares após ERMAC: A e B, sobreposição por semitransparência mostrando expansão simétrica (A) e assimétrica (B) da maxila após ERMAC; C e D, mapa de cores representando as distâncias das alterações. A cor vermelha representa movimentos para fora; A cor azul representa movimentos para dentro; verde representa ausência de alterações.

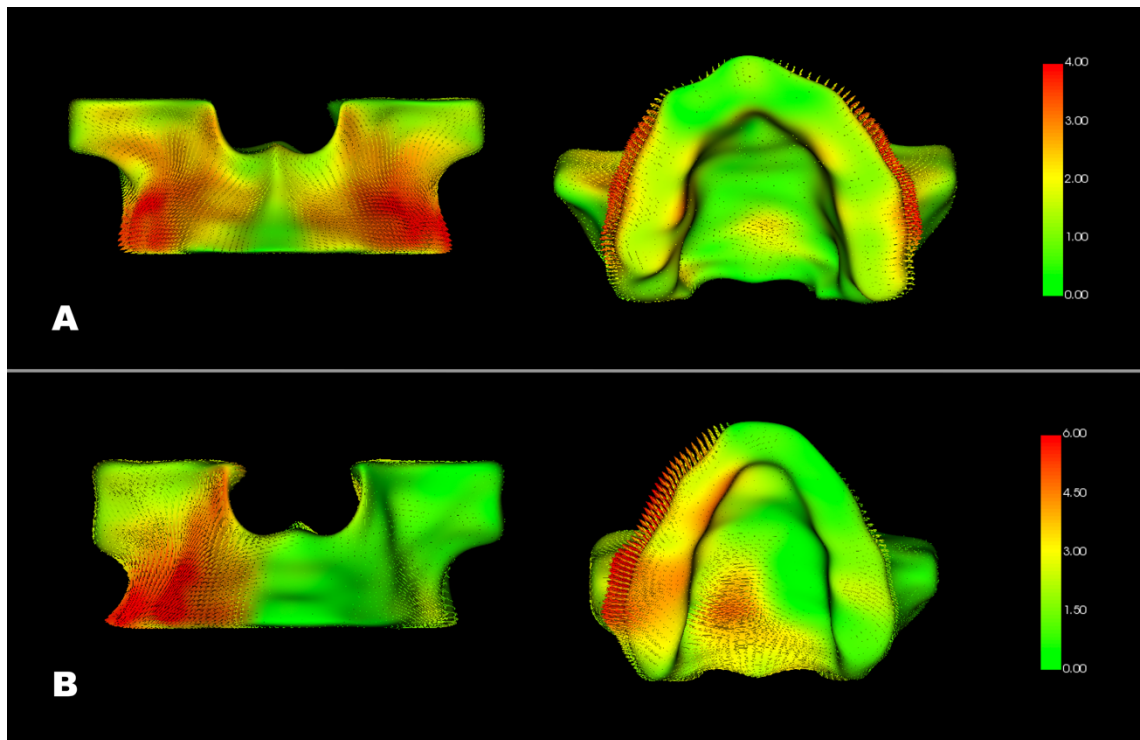


Figura 2. Mapa de vetores mostrando as alterações entre T1 e T2. A, modelo de superfície maxilar de um paciente apresentando expansão simétrica; B, modelo de superfície maxilar de um paciente apresentando expansão assimétrica. Alterações de forma e posição estão representados em vermelho, verde representa ausência de alteração.

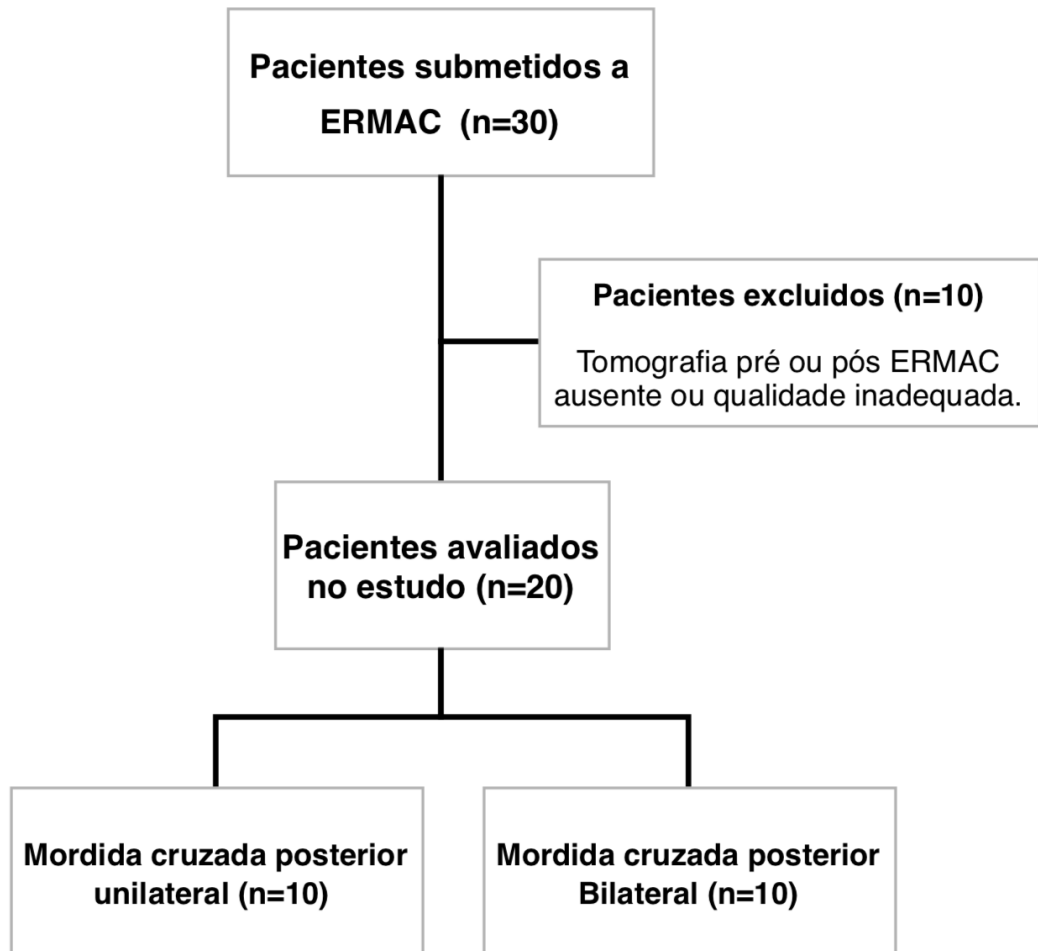


Figura 3. Fluxograma de seleção da amostra.

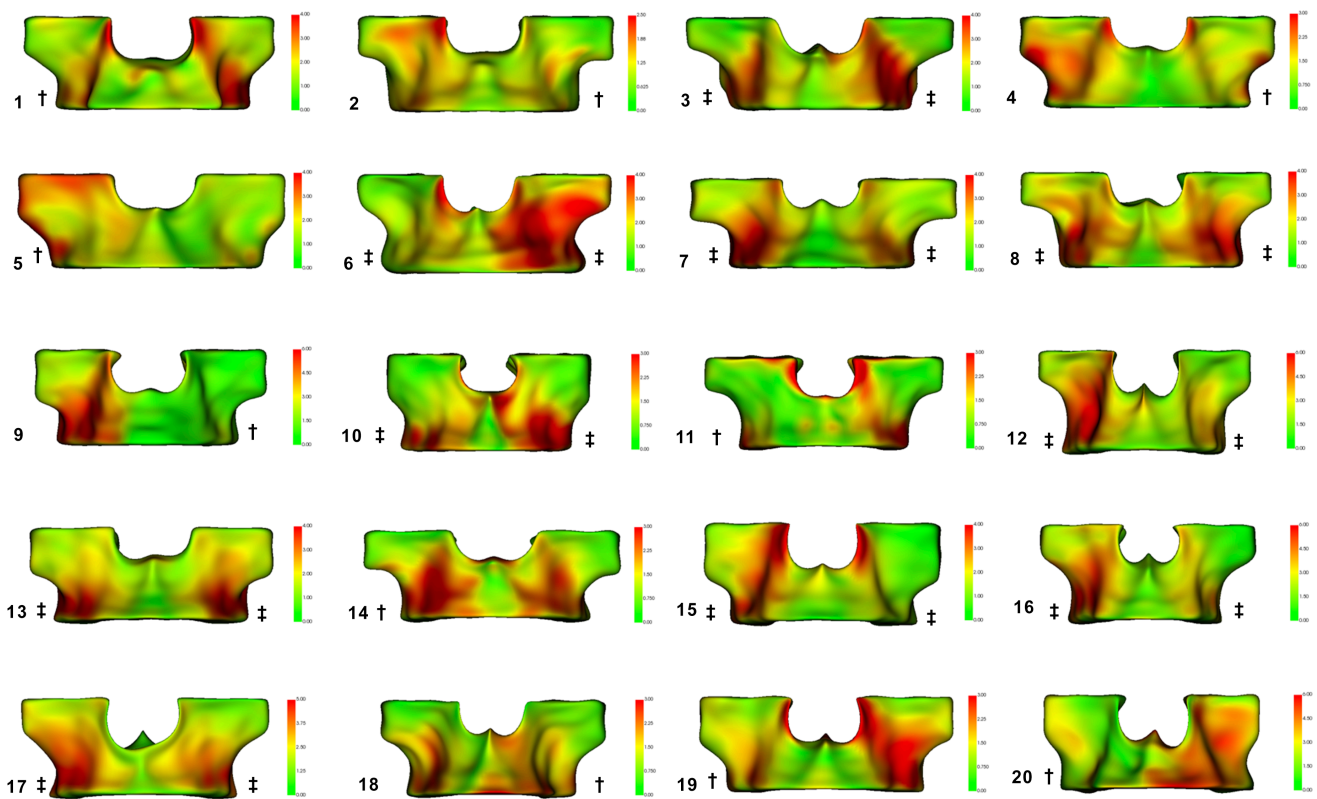


Figura 4. Mapa de cores representando as alterações maxilares após ERMAC para cada paciente do estudo. Alterações de forma e posição estão representados em vermelho, verde representa ausência de alteração. Padrão de cores distintos entre os lados direito e esquerdo significam assimetria na expansão maxilar. Modelos assinalados com † apresentavam mordida cruzada posterior unilateral antes da ERMAC (o lado onde se localiza a † representa o lado da mordida cruzada); modelos assinalados com ‡ apresentavam mordida cruzada posterior bilateral. A escala de cores varia de acordo com a expansão obtida para cada paciente.

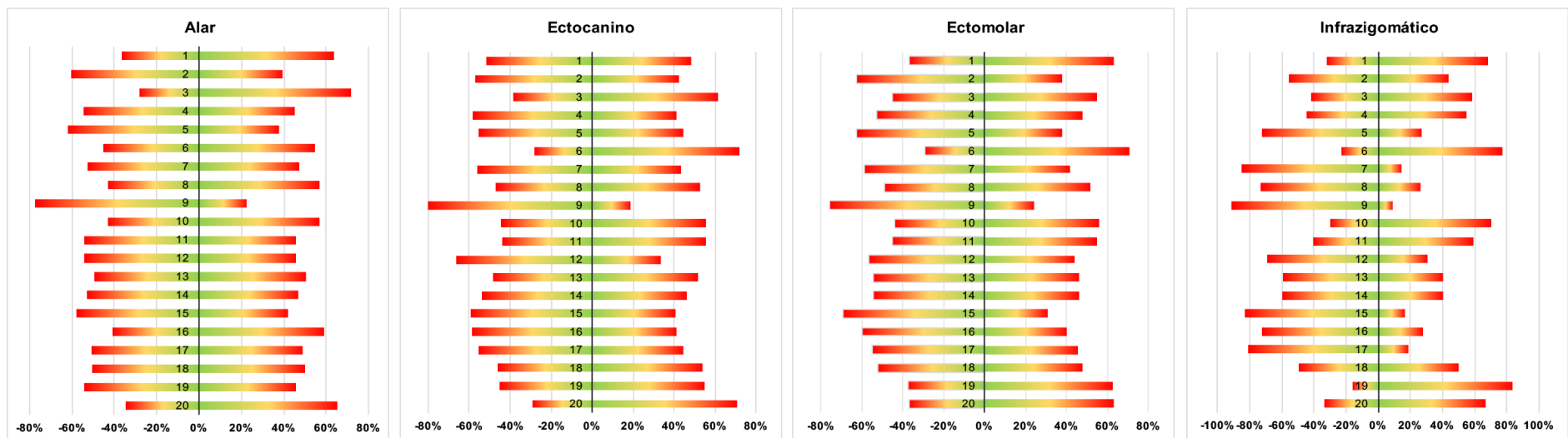


Figura 5. Gráfico de barras mostrando o percentual de expansão individual, entre os lados direito e esquerdo, para as regiões de interesse selecionadas. Valores de percentual negativo representam as alterações ocorridas do lado direito.

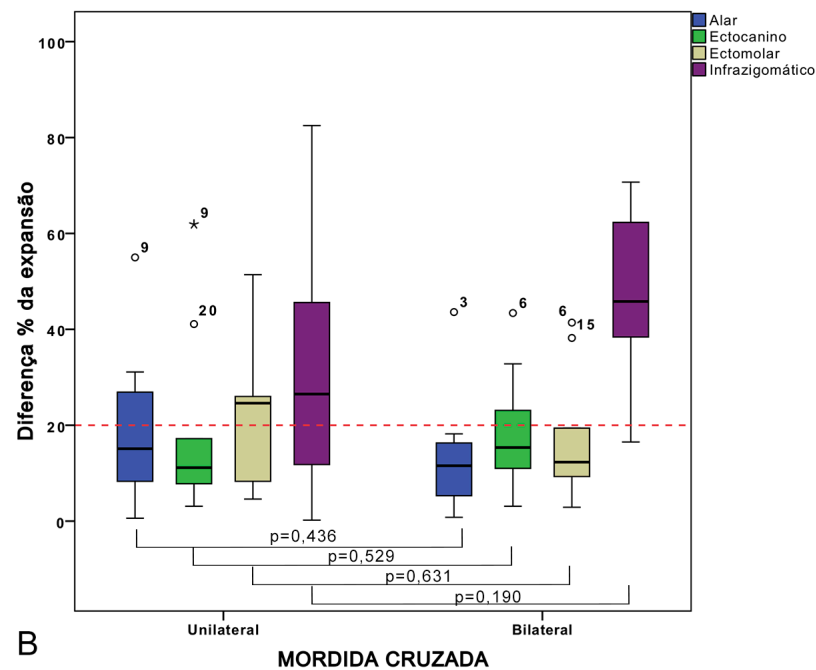
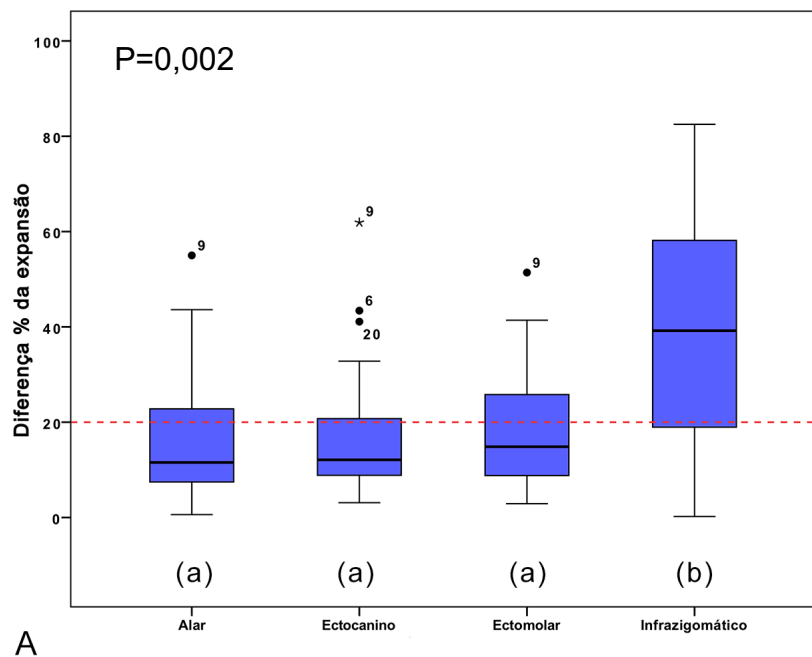


Figura 6. Gráfico "box plot" da diferença mediana do percentual de expansão entre os lados direito e esquerdo. A, regiões de interesse. Valor de p para o teste de Kruskal-Wallis, letras diferentes representam diferenças significativas. B, regiões de interesse por tipo de mordida cruzada. A linha tracejada em vermelho representa o valor acima do qual considera-se assimetria na expansão. Valores de p para o teste de Mann-Witney.

Tabela 1. Pontos anatômicos e definição das regiões de interesse maxilares.

Pontos anatômicos	Definição das regiões de interesse
Alar (direito e esquerdo)	Região mais lateral e inferior da abertura piriforme
Ectocanino (direito e esquerdo)	Região inferior do processo alveolar do canino superior
Ectomolar (direito e esquerdo)	Região inferior do processo alveolar do primeiro molar superior
Infrazigomático (direito e esquerdo)	Região inferior do processo zigomático da maxila.

Tabela 2. Composição demográfica da amostra.

Paciente	Sexo	Idade (anos)	Abertura do expansor (mm)	Lado da Mordida Cruzada
1	M	28,3	7,5	Direito
2	F	33,7	8,0	Esquerdo
3	F	29,7	6,6	Bilateral
4	F	19,5	8,0	Esquerdo
5	F	21,9	9,1	Direito
6	F	38,7	7,1	Bilateral
7	F	20,0	8,0	Bilateral
8	M	18,7	10,0	Bilateral
9	M	32,3	8,2	Esquerdo
10	F	21,7	7,5	Bilateral
11	F	20,1	7,5	Direito
12	F	25,7	10,0	Bilateral
13	F	21,0	8,5	Bilateral
14	F	36,2	5,5	Direito
15	M	24,9	6,8	Bilateral
16	M	25,8	8,0	Bilateral
17	M	23,2	8,5	Bilateral
18	F	29,4	8,0	Esquerdo
19	F	32,8	7,0	Direito
20	M	20,9	7,2	Direito

M: masculino; F: feminino.

Tabela 3. Associação entre a simetria na expansão maxilar e o tipo de mordida cruzada posterior, para cada região analisada.

Região / Mordida Cruzada	Expansão Simétrica n (%)	Expansão Assimétrica n (%)	P
<i>Alar</i>			0,303
MCPU	6 (30%)	4 (20%)	
MCPB	9 (45%)	1 (5%)	
Total	15 (75%)	5 (25%)	
<i>Ectocanino</i>			1,000
MCPU	8 (40%)	2 (10%)	
MCPB	7 (35%)	3 (15%)	
Total	15 (75%)	5 (25%)	
<i>Ectomolar</i>			0,170
MCPU	4 (20%)	6 (30%)	
MCPB	8 (40%)	2 (10%)	
Total	12 (60%)	8 (40%)	
<i>Infrazigomático</i>			0,350
MCPU	5 (25%)	5 (25%)	
MCPB	2 (10%)	8 (40%)	
Total	7 (35%)	13 (65%)	

MCPU: Mordida cruzada posterior unilateral; MCPB: Mordida cruzada posterior bilateral

P: p valor, teste exato de Fisher.

REFERÊNCIAS

1. Ramieri GA, Spada MC, Austa M, Bianchi SD, Berrone S. Transverse maxillary distraction with a bone-anchored appliance: dento-periodontal effects and clinical and radiological results. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005; 34(4): 357-63.
2. 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.
3. Pary A, Cal-Neto JP. A simple method to treat asymmetric expansions in three-segment surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 71(12): 2130-6.
4. Verlinden CR, Gooris PG, Becking AG. Complications in transpalatal distraction osteogenesis: a retrospective clinical study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011; 69(3): 899-905.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Daif ET. Segment tilting associated with surgically assisted rapid maxillary expansion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43(3): 311-5.
9. 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.
10. Williams BJ, Currimbhoy S, Silva A, O'Ryan FS. Complications following surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 70(10): 2394-402.

11. 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.
12. Cevitanes 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.
13. Paniagua B, Cevitanes 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.
14. Cevitanes LH, Ruellas AC, Jomier J, Nguyen T, Pieper S, Budin F, et al. Incorporating 3-dimensional models in online articles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015; 147(5 Suppl): S195-204.
15. Laudemann K, Petruchin 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.
16. Sygouros A, Motro M, Ugurlu F, Acar A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014; 146(6): 748-57.
17. 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.

3.3 Artigo 3

Alterações tridimensionais de posicionamento mandibular após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

*Three-dimensional changes in mandibular positioning after surgically assisted rapid
maxillary expansion*

Alterações tridimensionais de posicionamento mandibular após expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente

RESUMO

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações tridimensionais do posicionamento mandibular em pacientes submetidos a expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC). **Materiais e Métodos:** Neste estudo retrospectivo, foram analisadas as tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) de 20 pacientes portadores de deficiência transversal de maxila submetidos a ERMAC. O método de sobreposição tridimensional da base do crânio e análise de correspondência de forma foram aplicados nas tomografias obtidas antes da ERMAC (T1) e pelo menos seis meses após expansão (T2). A sobreposição por semitransparência e o mapa de cores e vetores foram utilizados para avaliar qualitativamente as alterações mandibulares após a ERMAC. Cinco regiões de interesse foram selecionadas na mandíbula para quantificar as alterações observadas. Testes não paramétricos foram usados para análise estatística. **Resultados:** As mudanças posturais na mandíbula após a ERMAC, não influenciaram de maneira significativa as medidas cefalométricas avaliadas. A região de mento apresentou um deslocamento mediano de 1,76 mm, com movimento predominante no sentido póstero-inferior em 70% da amostra. A região do gônio apresentou movimentos predominantes no sentido posterior em 60% da amostra, os côndilos não apresentaram padrão de deslocamento predominante entre os indivíduos. **Conclusão:** Os deslocamentos mandibulares observados após ERMAC não foram suficientes para promover mudanças significativas no padrão esquelético dos pacientes.

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

Three-dimensional changes in mandibular positioning after surgically assisted rapid maxillary expansion

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to evaluate the three-dimensional (3D) changes in mandibular positioning after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME).

Methods: A retrospective study was carried out with cone-beam computed tomography (CBCT) of 20 patients with transverse maxillary deficiency who underwent SARME. 3D cranial base superimposition and shape correspondence analysis were applied to CBCT scans acquired preoperatively (T1) and six months after SARME (T2). Semitransparent overlays, color and vectors maps were used to qualitatively assess mandibular changes after SARME. Five regions of interest were selected in the mandible to quantify the observed changes. Non-parametric tests were used for statistical analysis. **Results:** Changes in mandibular positioning after SARME had no bearing on the cephalometric measures assessed. The Menton region showed a median displacement of 1.76 mm, moving backward and downward 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. **Conclusion:** The mandibular displacements observed after SARME were not sufficient to promote significant changes in patients' skeletal patterns.

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

INTRODUÇÃO

A expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC) é uma técnica cirúrgica comumente utilizada no tratamento da deficiência transversal de maxila em pacientes adultos, por promover redução da resistência óssea e favorecer a expansão maxilar.¹⁻³

Apesar de proporcionar a expansão transversal da maxila, alterações nas vias aéreas e nos tecidos moles da face também têm sido observadas após ERMAC.⁴⁻⁶ A literatura relata diversos efeitos dentários e esqueléticos transversais maxilares associados a ERMAC.^{4,7,8} Entretanto, alguns autores referem ainda alterações sagitais e verticais da maxila como consequência da expansão maxilar. Tais alterações são acompanhadas de mudanças no posicionamento mandibular, em decorrência das modificações dos contatos oclusais devido a extrusão e inclinação dos segmentos maxilares.⁹⁻¹²

A rotação horária da mandíbula com possível aumento da altura facial anterior tem sido relatada como a principal alteração na posição mandibular em decorrência da expansão maxilar.⁹⁻¹² No entanto, estas alterações apresentam-se mais evidentes imediatamente após a ERMAC.^{11,13} Pouco se sabe a respeito do comportamento mandibular após a ERMAC. Na maioria dos estudos, as alterações de posicionamento mandibular após a expansão maxilar têm sido avaliadas utilizando análises cefalométricas.^{9,10,13,14} Mais recentemente, alguns estudos utilizaram tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) para avaliar as alterações mandibulares após expansão maxilar.^{11,12,15}

O uso de TCFC possibilita a sobreposição de forma tridimensional, permitindo visualização e quantificação das alterações de posicionamento mandibular com grande precisão. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de posicionamento mandibular, utilizando o método de sobreposição de imagens tomográficas a partir do registro da base do crânio, em pacientes submetidos a ERMAC.

MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra analisada neste estudo retrospectivo foi composta por exames tomográficos de 20 pacientes (13 mulheres e 7 homens) tratados com ERMAC entre os anos de 2010 e 2012. Foram analisadas as tomografias de pacientes que apresentavam deficiência transversal de maxila maior que 5 mm, mordida cruzada posterior unilateral ou bilateral e que possuíam TCFC realizadas em dois tempos distintos. Foram excluídas deste estudo as tomografias de pacientes portadores de síndromes craniofaciais, fissura lábio-palatina ou quando uma das tomografias fosse inadequada ao método de avaliação utilizado. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (número: 60590616.0.0000.5416).

O procedimento cirúrgico para ERMAC foi realizado com osteotomia LeFort I subtotal, com disjunção pterigomaxilar e abertura da sutura palatina mediana, realizado em ambiente hospitalar, sob anestesia geral. A expansão foi realizada, utilizando expensor do tipo Hyrax, após um período de latência de sete dias. Os pacientes foram orientados a realizar a ativação do expensor (1/4 de volta) duas vezes ao dia, até a correção da mordida cruzada. Após o fim da expansão, aparelho foi travado e mantido em posição por 4 meses, após o qual foi substituído por uma barra palatina e iniciado o tratamento ortodôntico.

As tomografias computadorizadas de feixe cônico foram obtidas utilizando o tomógrafo iCAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa) com FOV 17 x 23 cm e voxel de 0,3 mm, antes da ERMAC (T1) e pelo menos seis meses após a expansão (T2). Durante a aquisição das tomografias, os pacientes foram orientados a ocluir em máxima intercuspidação habitual.

Após a aquisição das TCFC, as imagens foram reformatadas para um voxel isotrópico de 0,5mm. A segmentação semiautomática da base do crânio, maxila e mandíbula foi realizada no software ITK-Snap (www.itksnap.org). O registro das tomografias a partir da base do crânio foi realizado de forma automática no software 3DSlicer (www.slicer.org) utilizando a tomografia em T1 como referência.^{16,17} Análise cefalométrica tridimensional foi utilizada para determinar o padrão esquelético antes

e após a ERMAC, utilizando a ferramenta Q3DC no software 3DSlicer, a partir de pontos anatômicos específicos posicionados no crânio.¹⁸

Os volumes mandibulares foram divididos em hemimandíbulas direita e esquerda, utilizando o forame mentoniano como ponto de referência. Dentes e aparelhos ortodônticos foram removidos das regiões segmentadas. Para realização da análise de correspondência de forma, um modelo de superfície, com 9002 pontos correspondentes, foi gerado para cada hemimandíbula utilizando a ferramenta SPHARM-PDM, a partir do mapeamento esférico e parametrização dos volumes mandibulares obtidos após a segmentação em T1 e T2.^{17,19} As alterações de posicionamento mandibular foram determinadas pela subtração dos modelos em T1 e T2 utilizando a ferramenta *Model to Model Distance*, no software 3DSlicer. Após a subtração dos modelos de superfície, a sobreposição por semitransparência dos modelos e o mapa de cores e vetores foram utilizados para avaliar as alterações mandibulares após a ERMAC.

De modo a quantificar as alterações observadas, cinco regiões de interesse foram selecionadas na mandíbula. As mensurações foram realizadas utilizando as ferramentas *Pick'nPaint* e *MeshStatistics*, no software 3DSlicer.²⁰ A região de mento e gônio foram determinadas por um raio de difusão de 3 pontos em torno de cada ponto demarcado e a região do côndilo foi determinada por um raio de 2 pontos, gerando malhas de 37 e 19 pontos, respectivamente (Figura 1). O valor do 95º percentil foi utilizado para representar o deslocamento máximo em cada região analisada.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada no software SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, Illinois). O nível de significância adotado para este estudo foi de 5% ($\alpha = 0,05$). As medidas foram avaliadas em duplicata pelo mesmo examinador, com intervalo de 30 dias. A confiabilidade do método foi confirmada pelo coeficiente de correlação intraclassa variou entre 0,98 e 0,99 para as variáveis analisadas. O tamanho da amostra foi limitado pelas tomografias que satisfaziam aos critérios de inclusão do estudo. Os valores significativos do teste de normalidade de Shapiro-Wilk indicaram distribuição não normal das variáveis da amostra, desta forma, o teste não

paramétrico de Wilcoxon foi utilizado em todas as variáveis para testar a hipótese que não há alteração de posicionamento mandibular após a ERMAC. Correlações entre as variáveis foram analisadas pelo teste de correlação de Spearman. Valores de mediana e percentis foram usados na descrição dos dados.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 20 pacientes (13 mulheres e 7 homens) com idade média de 26,2 anos (mín: 18,7 anos, máx: 38,7 anos). O intervalo médio entre as tomografias em T1 e T2 foi de $8,2 \pm 2,3$ meses. A mediana da abertura do parafuso expensor foi de 8mm (min: 5,5 mm; máx: 10,0 mm). Os valores cefalométricos iniciais e finais estão representados na Tabela 1. Não foi observada correlação entre a quantidade de abertura do parafuso expensor e alterações no padrão esquelético dos pacientes (SNA: $\rho = -0,239$, $p = 0,310$; SNB: $\rho = -0,064$, $p = 0,789$; ANB: $\rho = 0,066$, $p = 0,781$; SNGoMe: $\rho = -0,068$, $p = 0,777$).

O deslocamento das regiões anatômicas correspondentes foi avaliado por meio de sobreposição por semitransparência, mapa de cores e mapa de vetores para cada paciente (Figuras 2 e 3). Os valores das alterações nas regiões de mento, gônios e côndilos, bem como a direção dos movimentos predominantes estão representados nas Tabelas 2 e 3.

A região de mento apresentou um deslocamento mediano de 1,76 mm, embora não tenha sido observado diferença significativa na posição do mento entre T1 e T2. A avaliação individual dos pacientes do estudo mostrou que 14 dos 20 pacientes apresentaram movimento pósterio-inferior na região do mento, o que representa uma rotação horária da mandíbula após a ERMAC, para estes pacientes o deslocamento mediano observado foi de 2,20 mm (Figura 2). Enquanto que os outros 6 pacientes apresentaram movimento anterossuperior do mento de 2,48 mm, representando um movimento de rotação anti-horária (Figura 3). A resposta da movimentação mandibular após a ERMAC, medida na região do mento, apresentou grande variabilidade, de aproximadamente 4 milímetros em um deslocamento posterior até aproximadamente 3 mm em um deslocamento anterossuperior (Figura 4).

A região do gônio apresentou movimentos predominantes no sentido posterior, em ambos os gônios (Figura 5), ainda que para o gônio esquerdo, este movimento não tenha sido estatisticamente significativo. Foi observado um movimento mediano de 1,10 mm no gônio direito e 1,22 mm no gônio esquerdo. Observou-se forte correlação entre os movimentos ocorridos entre os gônios direito e esquerdo ($\rho = 0,829$, $p < 0,001$). O movimento do gônio mostrou acompanhar o movimento ocorrido na região do mento, apresentando correlação com os movimentos observados nesta região (Mento-Gônio direito: $\rho = 0,823$, $p < 0,001$; Mento-Gônio esquerdo: $\rho = 0,839$, $p < 0,001$).

Os côndilos não apresentaram um padrão de deslocamento predominante. Embora movimentos para superior e para posterior tenham sido os mais frequentes, tais movimentos estão presentes em menos de 50% da amostra, sendo insuficiente para indicar um padrão de deslocamento. Movimentos distintos foram observados nos côndilos em alguns indivíduos da amostra (Figura 6). Valores medianos de 0,68mm foram encontrados para o côndilo direito e 0,59mm para o côndilo esquerdo, entretanto a resposta de movimentação condilar frente a ERMAC apresentou grande variabilidade individual, alcançando movimentos de até 1,8 mm, de forma que não foi observada correlação entre os movimentos ocorridos nos côndilos direito e esquerdo ($\rho = 0,132$, $p = 0,578$).

Contrariamente ao que foi observado para os gônios, os côndilos aparentaram não acompanhar o movimento ocorrido na região do mento, de modo que não houve correlação com os movimentos observados nesta região (Mento-Côndilo direito: $\rho = 0,186$, $p = 0,431$; Mento-Côndilo esquerdo: $\rho = -0,224$, $p = 0,342$).

DISCUSSÃO

A rotação horária da mandíbula com o aumento da altura facial anterior tem sido relatada na literatura como um efeito adverso após a expansão da maxila.⁹⁻¹² Este estudo avaliou as alterações de posicionamento mandibular após ERMAC, utilizando o método de sobreposição tomográfica e análise de correspondência de forma. Este método permite o registro preciso das tomografias pela sobreposição da base do crânio e a análise pela comparação de pontos correspondentes na

superfície das estruturas avaliadas, não dependendo da marcação exclusiva de pontos ou planos espaciais, minimizando erros de mensuração.^{16,17}

Embora os resultados tenham mostrado não haver diferença na posição do mento após a ERMAC, tal observação necessita de uma interpretação mais cuidadosa, uma vez que ao não se considerar o sentido da rotação mandibular observada, a mediana do deslocamento absoluto nesta região foi de 2,23 mm.

A ausência de um padrão para o deslocamento mandibular após a ERMAC pode ser explicada pelas variações individuais na oclusão de cada paciente após a expansão. Neste estudo, foram encontradas alterações no posicionamento mandibular para todos os indivíduos da amostra. A região do mento apresentou deslocamento pósterio-inferior em 70% (n=14), com deslocamento mediano de 2,20 mm, enquanto que os outros 30% dos indivíduos apresentaram rotação anti-horária da mandíbula com deslocamento de 2,48mm. Estes achados estão de acordo com estudos prévios. Xi et al.¹² observaram deslocamento posterior e inferior do mento de 1,6 mm em 67% e 78% dos pacientes, respectivamente. Parhiz et al.¹⁴ não encontraram alteração significativa no plano mandibular, entretanto de forma semelhante a este estudo, os autores observaram rotação horária mandibular em 29 pacientes (58%), enquanto 32% apresentaram rotação anti-horária, os outros 10% não apresentaram diferença no ângulo do plano mandibular após ERMAC.

Alterações no posicionamento mandibular não se restringem apenas a movimentos de rotação anteroposterior, uma série de movimentos mais complexos na mandíbula foram observadas após a ERMAC. Os movimentos mandibulares ocorrem de forma tridimensional, de modo que as estruturas bilaterais podem apresentar comportamentos distintos após a ERMAC.¹¹

Utilizando a análise de correspondência de forma, observamos, para a região do gônio, movimentos semelhantes aos ocorridos na região do mento, no entanto, com sentido predominantemente posterior. Ao passo que para os côndilos foram observados movimentos para superior e posterior, em decorrência da alteração de posição mandibular. No entanto, os movimentos condilares, apresentaram grande variabilidade individual, sendo observados movimentos opostos entre os côndilos direito e esquerdo para um mesmo indivíduo (Figura 7). Embora movimentos para

superior e para posterior tenham sido os mais frequentes, quando avaliados isoladamente de forma qualitativa, tais movimentos estão presentes em menos de 50% da amostra, sendo insuficiente para indicar um padrão de deslocamento na região dos côndilos (Tabela 3).

Com as mudanças nos contatos oclusais após a ERMAC, a mandíbula estabelece um novo padrão de oclusão, levando a alterações na posição condilar na cavidade glenóide. Devido ao curto período de tempo entre as tomografias, espera-se que as mudanças condilares observadas neste estudo sejam apenas em consequência da alteração de posição mandibular e não de alterações morfológicas adaptativas do côndilo após a ERMAC.

Este estudo foi realizado de forma retrospectiva, de modo que o início do tratamento ortodôntico não pôde ser controlado, assim os resultados aqui apresentados são uma combinação das alterações posturais mandibulares promovidas pela expansão e pelo tratamento ortodôntico realizado até o momento em T2. Ensaio clínico controlado de longa duração são necessários para melhor investigação da posição mandibular após o fim do tratamento ortodôntico.

As mudanças posturais na mandíbula após a ERMAC, não influenciaram de maneira significativa nas medidas cefalométricas avaliadas, ainda que uma discreta abertura do plano mandibular tenha sido observada. As alterações nos valores cefalométricos não apresentaram correlação com a quantidade de expansão obtida. O resultado demonstrado por alguns autores que, em curto prazo, a ERMAC provoca rotação horária da mandíbula com aumento da dimensão vertical não foi corroborado por este estudo.⁹⁻¹¹

CONCLUSÃO

A sobreposição dos modelos de superfícies e a análise de correspondência de forma permitiram avaliar as alterações de posicionamento mandibular após ERMAC de forma tridimensional. A mandíbula apresentou mudanças de posicionamento após a ERMAC, sendo predominantes os movimentos pósteroinferior na região do mento e posterior na região dos gônios. Os côndilos não

apresentaram padrão de deslocamento predominante entre os indivíduos. Os deslocamentos mandibulares observados após ERMAC não foram suficientes para promover mudanças significativas no padrão esquelético dos pacientes.

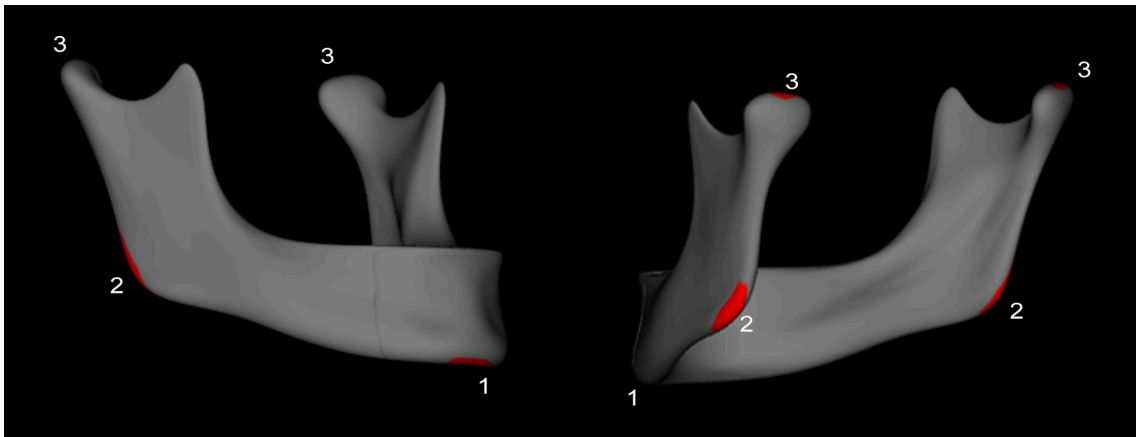


Figura 1. Regiões de interesse mandibulares. 1, Mento; 2, Gônio (direito e esquerdo); 3, Cândilo (direito e esquerdo). Regiões de 37 pontos foram definidas por um raio de propagação de 3 pontos a partir do Mento e dos Gônios direito e esquerdo. Regiões de 19 pontos foram definidas por um raio de propagação de 2 pontos na região superior dos cândilos direito e esquerdo.

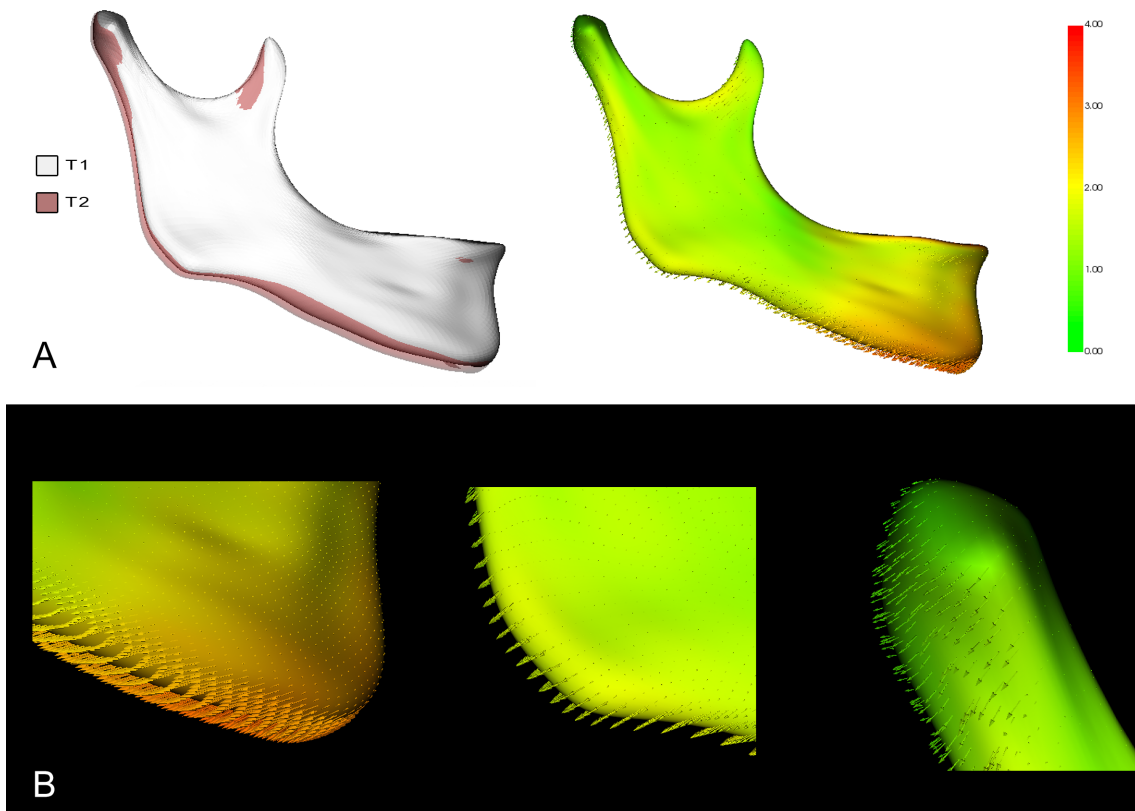


Figura 2. Modelo representativo das alterações mandibulares: movimento de rotação horária da mandíbula após ERMAC. A, Sobreposição mandibular em T1 e T2; mapa de vetores representando o deslocamento observado. B, detalhe dos vetores na região de mento, gônio e côndilo mandibular.

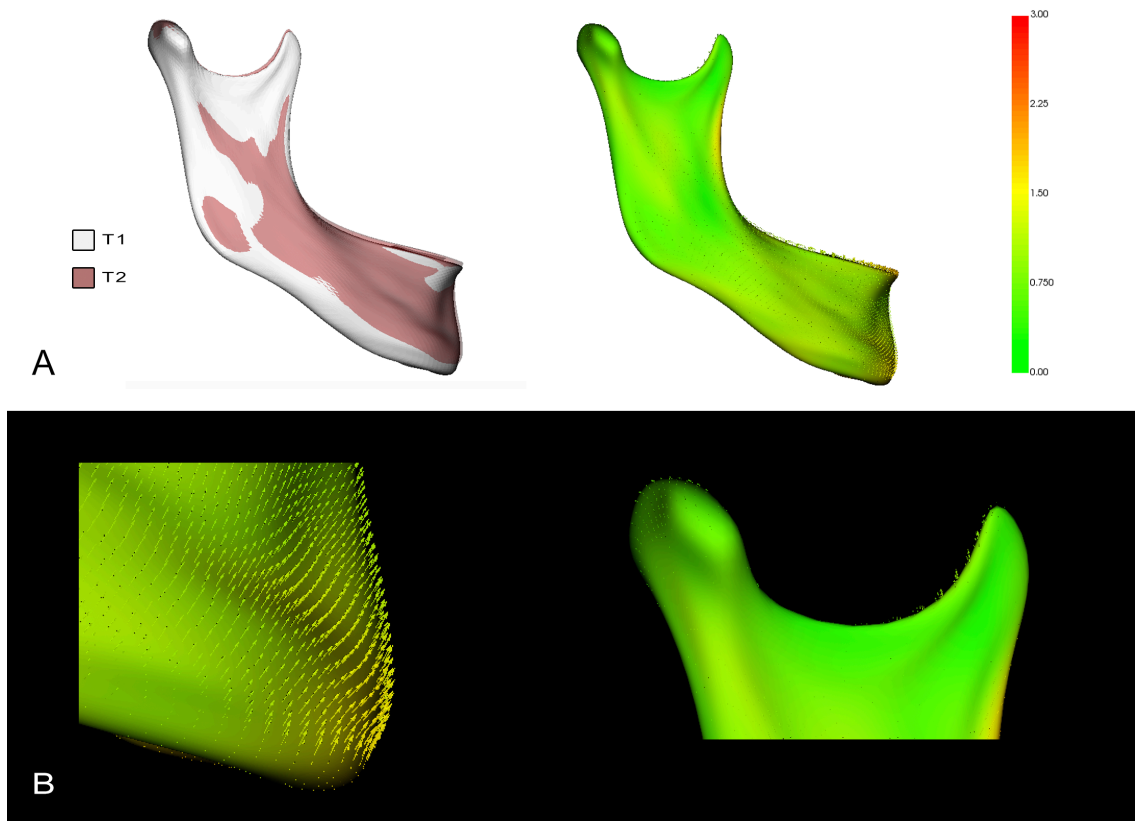


Figura 3. Modelo representativo das alterações mandibulares: movimento de rotação anti-horária da mandíbula após ERMAC. A, Sobreposição mandibular em T1 e T2; mapa de vetores representando o deslocamento observado. B, detalhe dos vetores na região de mento e processo coronóide da mandíbula.

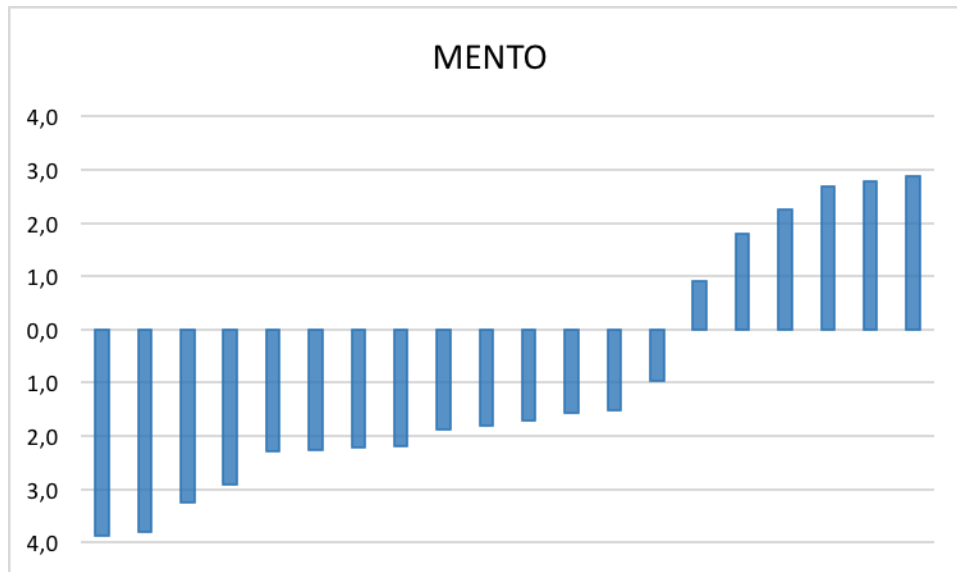


Figura 4. Deslocamentos mandibulares na região do mento, individualizados por paciente. Barras abaixo do eixo 0 representam movimento de rotação no sentido horário; Barras acima do eixo 0 representam movimento de rotação no sentido anti-horário. Valores expressos em milímetros.

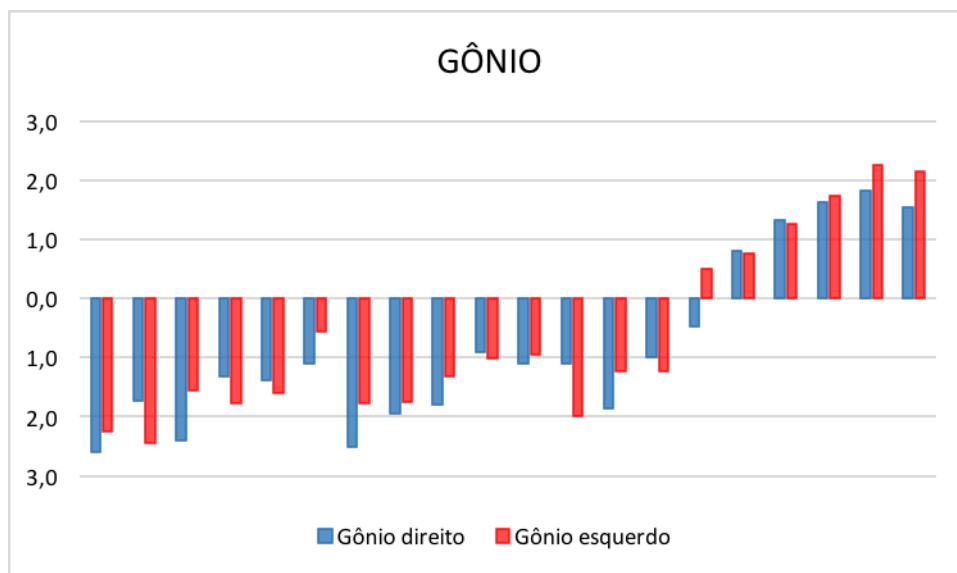


Figura 5. Deslocamentos na região do Gônio. Barras abaixo do eixo 0 representam movimento predominante para trás; Barras acima do eixo 0 representam movimento predominante para frente. Valores expressos em milímetros. Barras em azul, representam o gônio direito, barras em vermelho, representam o gônio esquerdo.

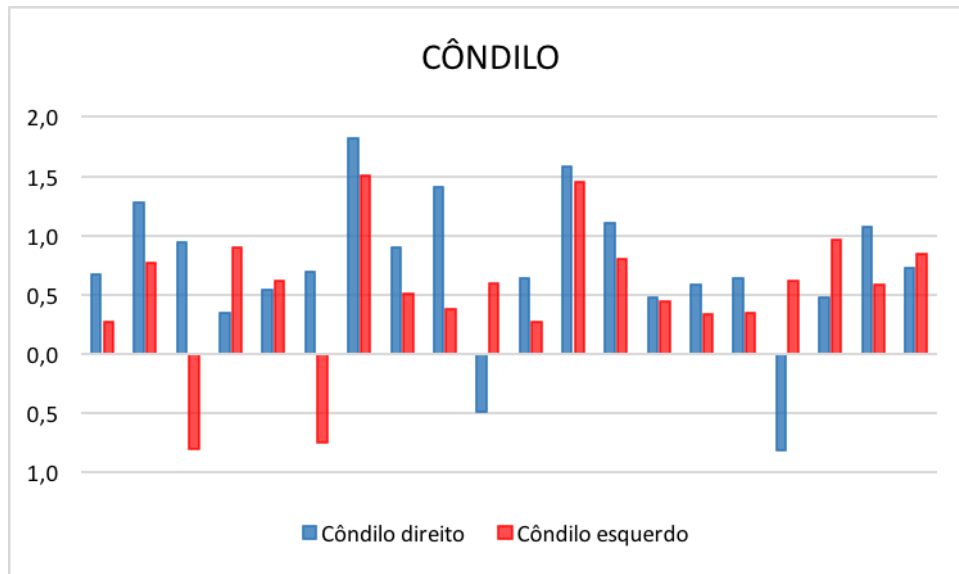


Figura 6. Deslocamentos na região superior dos Cômulos. Barras acima do eixo 0 representam movimento para cima e/ou para trás; Barras abaixo do eixo 0 representam movimento para baixo e/ou para frente. Valores expressos em milímetros. Barras em azul, representam o cômulo direito, barras em vermelho, representam o cômulo esquerdo.

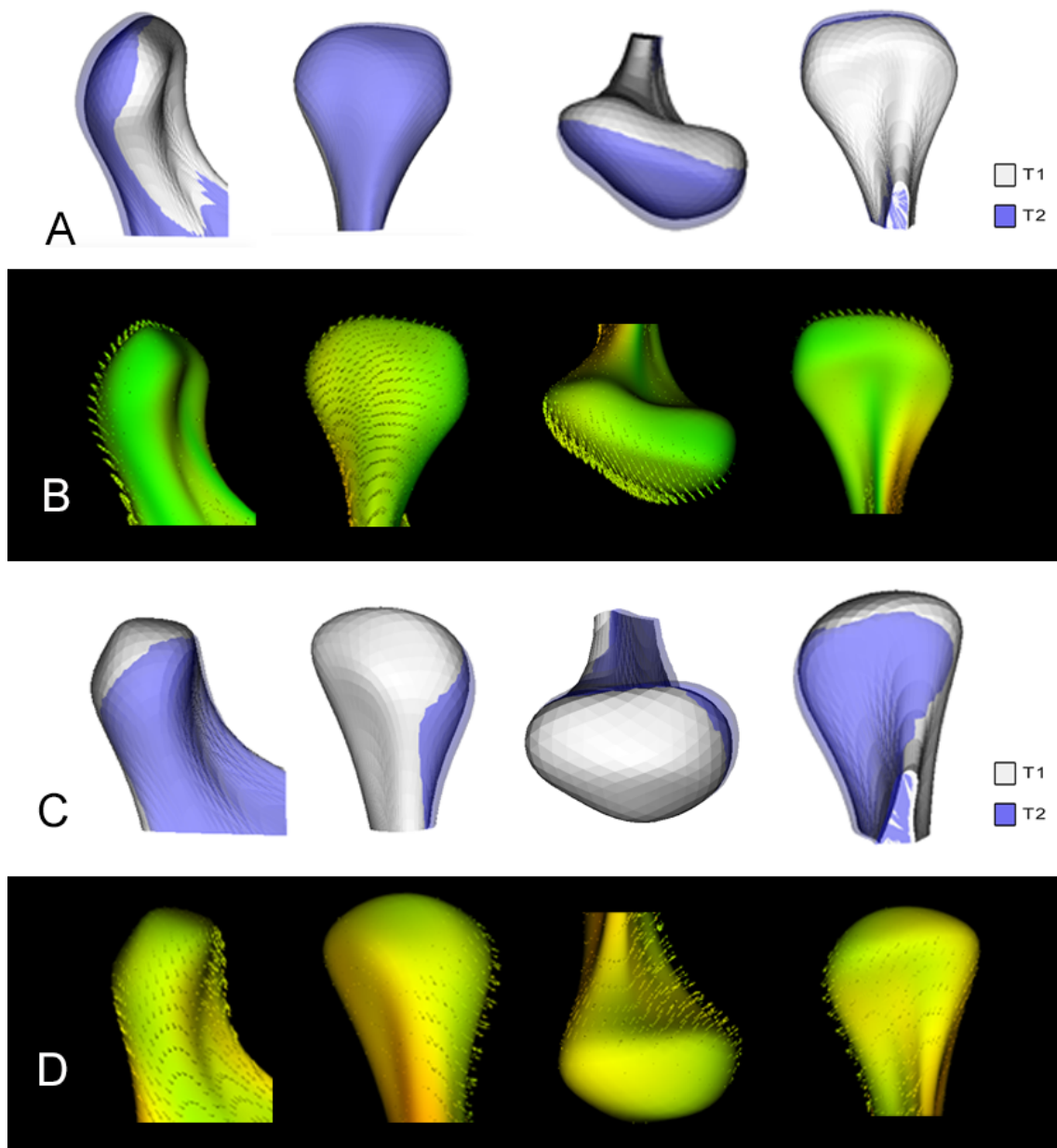


Figura 7. Alterações de posicionamento condilar após ERMAC. A, sobreposição por semitransparência de côndilo em vistas medial, posterior, superior e anterior representando côndilo com deslocamento predominante posterior e superior; B, mapa de vetores indicando a direção do movimento; C, sobreposição por semitransparência de côndilo em vistas medial, posterior, superior e anterior representando côndilo com deslocamento predominante anterior, inferior e medial; D, mapa de vetores indicando a direção do movimento.

Tabela 1. Comparação entre as medidas cefalométricas obtidas antes (T1) e após (T2) a ERMAC.

Medida cefalométrica	T1			T2			p
	Mediana	P25	P75	Mediana	P25	P75	
SNA (°)	82,9	80,9	86,0	81,5	80,6	86,7	0,108
SNB (°)	81,2	78,9	86,0	81,4	77,9	85,3	0,444
ANB (°)	2,2	-0,1	3,1	1,8	-1,4	3,9	0,709
SNGoMe (°)	33,7	29,3	38,6	34,6	30,7	39,1	0,455

P25: 25º percentil; P75: 75º percentil; p: p valor (teste de Wilcoxon)

Tabela 2. Alterações de posicionamento mandibular após ERMAC, para cada região analisada.

Região	Mediana*	P25	P75	Min	Max	p
Mento	1,76	-1,57	2,27	-2,88	3,87	0,117
Gônio direito	1,10	-0,48	1,83	-1,82	2,60	0,037
Gônio esquerdo	1,22	-0,71	1,76	-2,26	2,45	0,093
Côndilo direito	0,68	0,49	1,09	-0,81	1,80	0,001
Côndilo esquerdo	0,59	0,33	0,83	-0,80	1,51	0,003

P25: 25º percentil; P75: 75º percentil; p: p valor (teste de Wilcoxon)

* valores expressos em mm

Valores negativos representam movimentos para frente e para cima na região do mento; movimentos predominantes para frente na região de gônio; e movimentos para baixo e para frente na região do côndilo.

Tabela 3. Análise qualitativa dos movimentos mandibulares observados após ERMAC para cada região avaliada.

Região	Posterior	Anterior	Inferior	Superior	Medial	Lateral
Mento	70%	30%	50%	30%	N/A	N/A
Gônio direito	65%	20%	25%	30%	15%	20%
Gônio esquerdo	60%	25%	15%	25%	35%	10%
Côndilo direito	35%	10%	10%	40%	10%	25%
Côndilo esquerdo	45%	10%	10%	40%	45%	10%

Os valores expressam o percentual da amostra no qual se observou a direção do movimento avaliado.

N/A: Não avaliado

REFERÊNCIAS

1. Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Prahli-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.
2. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133(2): 290-302.
3. 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.
4. 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.
5. Nada RM, van Loon B, Maal TJ, Berge 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 Investig.* 2013; 17(9): 2017-24.
6. 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.* 2014; 43(5): 581-6.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Chung CH, Font B. Skeletal and dental changes in the sagittal, vertical, and transverse dimensions after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 126(5): 569-75.

11. Oliveira TFM, Pereira-Filho VA, Gabrielli MFR, Goncales ES, Santos-Pinto A. Effects of surgically assisted rapid maxillary expansion on mandibular position: a three-dimensional study. *Prog Orthod.* 2017; 18(1): 22.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Fastuca R, Zecca PA, Caprioglio A. Role of mandibular displacement and airway size in improving breathing after rapid maxillary expansion. *Prog Orthod.* 2014; 15(1): 40.
16. 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.
17. 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.
18. Gomes LR, Soares Cevidanes LH, Gomes MR, Carlos de Oliveira Ruellas A, Obelenis Ryan DP, Paniagua B, et al. Three-dimensional quantitative assessment of surgical stability and condylar displacement changes after counterclockwise maxillomandibular advancement surgery: Effect of simultaneous articular disc repositioning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018; 154(2): 221-33.
19. 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.
20. Solem RC, Ruellas A, Miller A, Kelly K, Ricks-Oddie JL, Cevidanes L. Congenital and acquired mandibular asymmetry: Mapping growth and remodeling in 3 dimensions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 150(2): 238-51.

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 (infrazigomática 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.

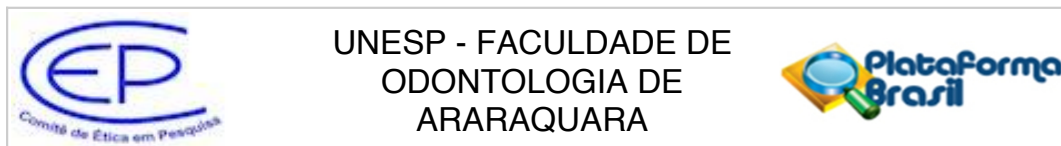
23. Nada RM, Fudalej PS, Maal TJ, Berge SJ, Mostafa YA, Kuijpers-Jagtman AM. Three-dimensional prospective evaluation of tooth-borne and bone-borne surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012; 40(8): 757-62.
24. Landes CA, Laudemann K, Schubel F, Petruchin O, Mack M, 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, Ghaemina 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.

ANEXO A - CERTIFICADO DE COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Expansão Maxilar Assistida Cirurgicamente - Sobreposição de Modelos Tomográficos

Pesquisador: Ary dos Santos Pinto

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 60590616.0.0000.5416

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.829.935

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma pesquisa do tipo estudo retrospectivo que utilizará uma amostra de 40 tomografias referentes a 20 pacientes adultos, de ambos os gêneros, portadores de mordida cruzada posterior, submetidos à expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente (ERMAC). As tomografias, pertencentes ao Departamento de Diagnóstico e Cirurgia da FOAr, foram realizadas em dois tempos distintos: antes da cirurgia (T1) e após expansão maxilar (T2). A segmentação e sobreposição dos modelos tomográficos serão realizados em softwares específicos. Os dados obtidos serão representados por meio de mapa de cores e analisados estatisticamente. A pesquisa será realizada nas dependências da Faculdade de Odontologia de Araraquara; o início da coleta de dados está previsto para janeiro/2017 e o término para maio/2018.

Objetivo da Pesquisa:

Este projeto de pesquisa tem por objetivo avaliar as alterações esqueléticas após ERMAC pelo método de sobreposição tridimensional de modelos tomográficos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Por se tratar de um estudo retrospectivo, este estudo não representará risco físico aos sujeitos da pesquisa. No entanto, será salvaguardado a identidade dos sujeitos da pesquisa, para eliminar o risco de exposição de identidade e imagem.

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

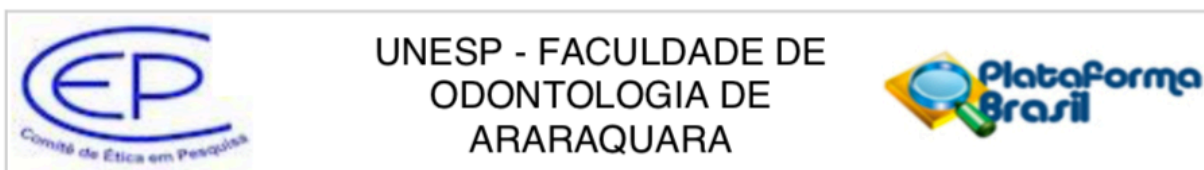
CEP: 14.801-903

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

E-mail: cep@foar.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.829.935

Benefícios: A pesquisa trará por benefício o melhor entendimento do comportamento das estruturas esqueléticas maxilomandibulares frente ao tratamento com expansão rápida de maxila assistida cirurgicamente.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O pesquisador apresentou os seguintes documentos assinados: Autorização para utilização de imagens de arquivo, Termo de ressarcimento de gastos

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O pesquisador solicitou dispensa do TCLE, por se tratar de estudo retrospectivo que utilizará imagens tomográficas de pacientes submetidos a ERMAC, provenientes do arquivo de imagens do Departamento de Diagnóstico e Cirurgia da FOAr, e nestes casos, a convocação dos pacientes envolvidos será impraticável. O pesquisador também apresentou o Termo de cumprimento das normas do CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não existem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Protocolo APROVADO em reunião de 22 de Novembro de 2016.

O pesquisador deverá encaminhar relatórios parciais a cada 01 (um) ano até o prazo final da pesquisa, quando deverá encaminhar o relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_801843.pdf	29/09/2016 17:10:56		Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	29/09/2016 17:08:50	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Pesquisa.pdf	29/09/2016 11:56:10	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito
Outros	Termo_de_ressarcimento_de_gastos.pdf	29/09/2016 11:54:20	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

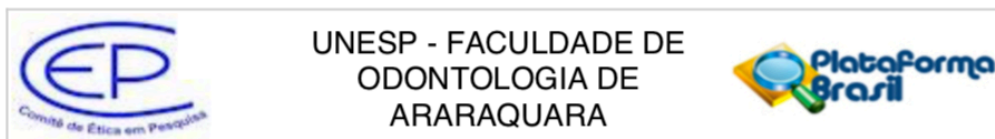
CEP: 14.801-903

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

E-mail: cep@foar.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.829.935

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_imagem_de_arquivo_cirurgia.pdf	29/09/2016 11:52:33	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_imagem_arquivo_ortodontia.pdf	29/09/2016 11:52:00	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Cumprimento_de_normas_CEP.pdf	29/09/2016 11:51:07	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	solicitacao_dispenza_TCLE.pdf	29/09/2016 11:50:41	Talles Fernando Medeiros de Oliveira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARARAQUARA, 22 de Novembro de 2016

Assinado por:
Andréa Gonçalves
(Coordenador)

Endereço: HUMAITA 1680
 Bairro: CENTRO CEP: 14.801-903
 UF: SP Município: ARARAQUARA
 Telefone: (16)3301-6459 E-mail: cep@foar.unesp.br

Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de dois anos a partir da data de defesa.

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 15 de janeiro de 2019.

Talles Fernando Medeiros de Oliveira