

Biomecânica craniofacial da disjunção palatina: expansor modificado tipo MARPE

Manuel Gustavo Chávez
Sevillano 1,2,3,4



1. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología (Lima, Peru).
2. Mestre em Biologia Buco-Dental, Universidade de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba (Piracicaba/SP, Brasil).
3. Mestre em Ortodontia, Universidade do Sagrado Coração (Bauru/SP, Brasil).
4. Doutorando em Ortodontia, Universidade do Estado de Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, Programa de Pós-graduação em Odontologia (Rio de Janeiro/RJ, Brasil).

RESUMO: A atresia da maxila é uma alteração morfológica frequente em Ortodontia, e a técnica de expansão, ou disjunção, palatina é feita com facilidade em crianças. Porém, em adolescentes e adultos jovens, a dificuldade aumenta e são necessárias forças maiores para vencer a resistência das suturas craniofaciais. O uso de mini-implantes é adotado com maior frequência visando esse objetivo e tem demonstrado sucesso clínico. No entanto, a intensidade, os efeitos e a abrangência das forças fornecidas pelo aparelho disjuntor sobre as estruturas anatômicas profundas devem ser conhecidos pelos ortodontistas. O objetivo do presente artigo é apresentar e discutir considerações anatômicas em uma disjunção palatina e os possíveis efeitos biomecânicos que podem acontecer sobre as estruturas craniofaciais. A proposta de um expansor modificado que poderia ser adaptado aos protocolos já existentes é também apresentada.

PALAVRAS-CHAVE: Técnica de expansão palatina. Sutures. Expansão maxilar. Mordida cruzada.

A disjunção palatina (DP) tem sido usada com frequência para o tratamento de atresias da maxila, mordidas cruzadas posteriores, apinhamentos dentários e para o tratamento da Classe III esquelética¹. O objetivo biomecânico e anatômico principal é a abertura da sutura palatina mediana (SPM), que é mais difícil à medida que o paciente se torna mais velho, mesmo não havendo uma relação direta e absoluta entre a ossificação da SPM e a idade biológica do paciente²⁻⁵. Pacientes adultos com atresia da maxila que foram submetidos a protocolos de DP expressaram maiores deslocamentos dentários do que esqueléticos^{6,7}. Atualmente, com a aplicação da ancoragem esquelética, pode-se conseguir a abertura da SPM, inclusive em adultos, usando-se o sistema MARPE⁸⁻¹⁰.

Visto que existe uma importante relação entre a maxila e a base do crânio, por meio dos processos pterigoideos (PP) do osso esfenoidal¹¹ (Fig. 1), a transmissão da força mecânica produzida durante a DP ou MARPE poderia afetar tais estruturas anatômicas profundas de maneira direta ou indireta^{12,13}. Vários estudos descrevem os efeitos da DP sobre a sincondrose esfeno-occipital (SOS)^{12,14,15}, os PP¹⁶⁻¹⁸, a sela túrcica¹⁶ e alguns forâmens da base do crânio com conteúdo vascular e nervoso^{16,19}. Outros estudos também mostram os efeitos do MARPE sobre as regiões anatômicas^{20,21} e comprovam que as forças geradas são maiores do que as forças geradas com a DP²². Entretanto, alguns estudos são controversos em relação à importância da união entre a maxila e os PP no sucesso da DP^{23,24}.

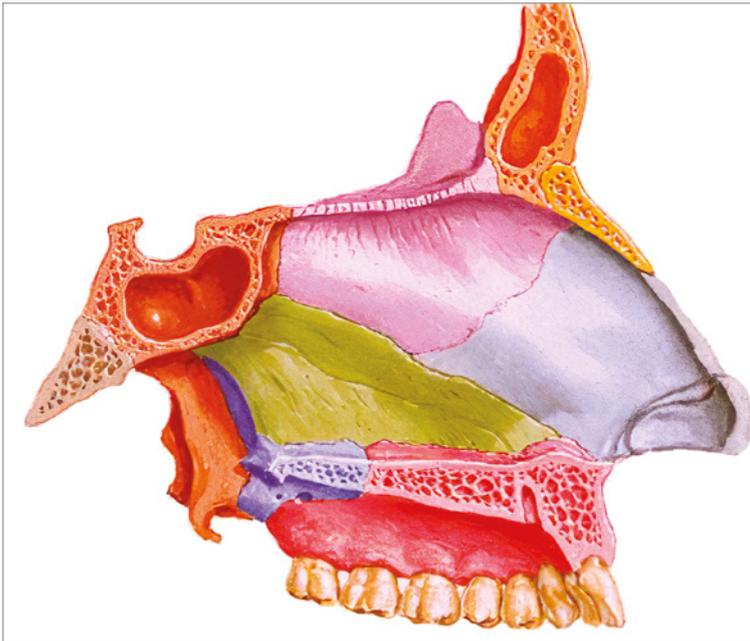


Figura 1: Relação anatômica entre a maxila (cores vermelho e azul) e os PP do osso esfenóide (cor laranja) e base do crânio [Fonte: Netter¹¹, 2015].

Devido à elasticidade óssea²⁵, as forças que são geradas nas estruturas craniofaciais durante as DP e MARPE estão relacionadas com a idade e com o grau de ossificação das suturas, sobretudo em adultos. Em uma DP, as principais regiões que oferecem resistência, além da própria SPM, estão por vestibular à sutura zigomaticomaxilar e por palatina à sutura pterigopalatina (SPP), sendo essa última a que oferece maior resistência à abertura total da SPM¹³. Um estudo feito com o MARPE e avaliado com tomografias demonstrou o sucesso da abertura da SPP em apenas 53%²⁶.

Poucas são as ferramentas disponíveis para se avaliar qualitativamente e quantitativamente as forças que percorrem o crânio quando se faz a DP. O método de elementos finitos (MEF) tem sido um método efetivo em Ortodontia para avaliação das forças produzidas sobre as estruturas craniofaciais²⁰. Esse método numérico permite simular um sistema de forças mecânicas que

atuam numa DP ou MARPE e analisar a resposta do neurocrânio e viscerocrânio a tais cargas mecânicas²³ (Fig. 2). Sabendo que delicadas estruturas podem ser afetadas por forças fortes, o conhecimento desses efeitos biomecânicos tem grande importância para o ortodontista, uma vez que permite monitorar e programar o tratamento da atresia da maxila.

A força proporcionada pelo aparelho disjuntor pode produzir deslocamentos múltiplos nas suturas da maxila^{2,13}. Uma vez que o padrão em “V” de abertura da SPM está relacionado com a dificuldade de abertura da SPP¹³, as características morfológicas craniofaciais também parecem ter uma função no sucesso da DP. Procurando assegurar uma verdadeira abertura da SPM com a ajuda de mini-implantes e sem cirurgia, tem-se estabelecido protocolos de MARPE^{9,19,27}. Esses novos procedimentos estão sendo fornecidos com sucesso em pacientes jovens e adultos; porém, continuam as

pesquisas procurando os verdadeiros efeitos clínicos²⁸. Uma das principais vantagens do MARPE sobre a DP seria a ausência de deslocamento dentário significativo dos dentes posteriores para vestibular. Entretanto, estudos clínicos randomizados mostraram não haver diferenças significativas quanto ao deslocamento dentário, uma vez

que ele ocorre com ou sem ancoragem esquelética²⁴. Em uma visão biomecânica, pode-se supor que a força proporcionada pelos mini-implantes sobre o osso da maxila é transmitida até a região dentoalveolar. Como consequência, uma flexão dos processos alveolares ocorreria, devido à elasticidade do osso²⁹ (Fig. 3).

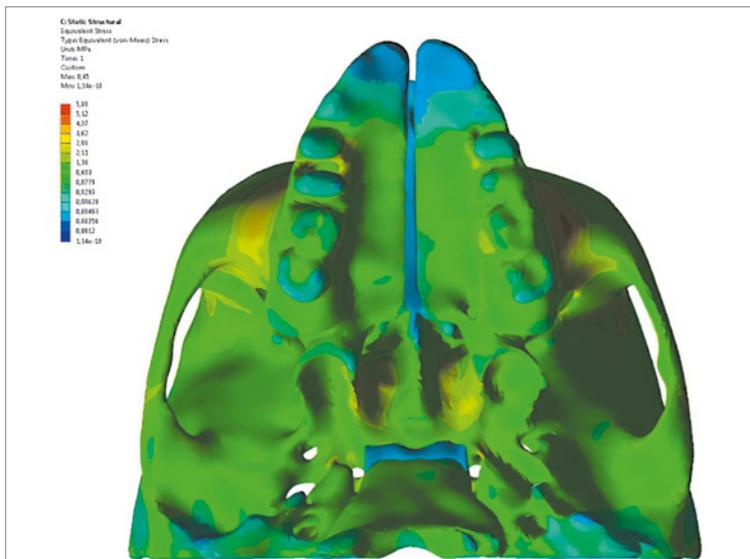


Figura 2: Simulação do início da DP com MEF, mostrando a concentração de forças tipo Von Mises (tensões) nas estruturas craniofaciais. As cores mais intensas (vermelho e amarelo) representam áreas de maior tensão [Fonte: Laboratório de Elementos Finitos, Departamento de Morfologia, FOP-UNICAMP].

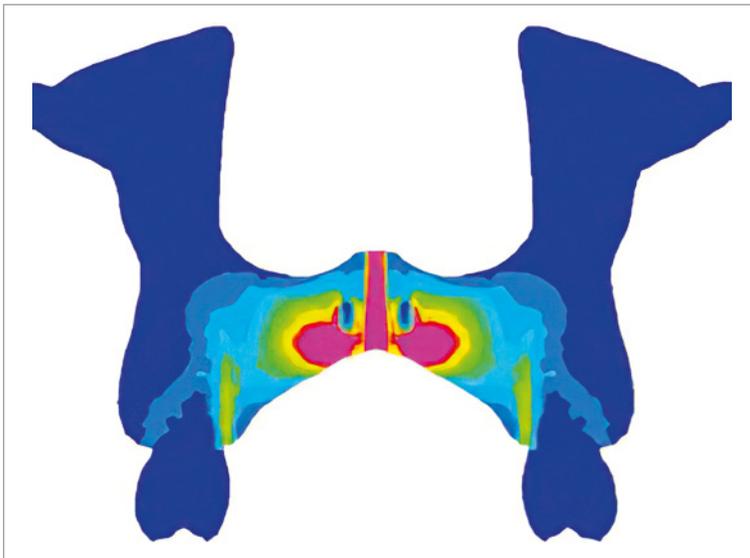


Figura 3: Simulação da DP só com mini-implantes usando o MEF. Pode-se observar como as forças chegam até a região dentoalveolar. As cores mais intensas representam forças maiores [Fonte: Lee et al.²⁹, 2014].

A DP e o MARPE causam a abertura da SPM e, conseqüentemente, forças no sentido lateral podem ser transmitidas até a base do crânio, pela conexão da maxila com os PP¹⁶. Para que forças intensas não cheguem de maneira exagerada à base do crânio, torna-se importante conseguir a abertura da SPP, o que implicaria na separação do processo piramidal (osso palatino) dos PP do osso esfenóide³⁰, sendo isso o que o cirurgião busca ao fazer uma disjunção palatina. A abertura da SPP em adolescentes e adultos jovens está acompanhada de fraturas, devido à forte interdigitação entre as superfícies ósseas³¹. Por essa razão, alguns estudos afirmam que a DP não teria capacidade de abrir a SPP¹³. Obter a abertura da SPM sem abertura da SPP infere que forças intensas seriam transmitidas à base do crânio, ocasionando efeitos biomecânicos colaterais. Se a SPP não é aberta, gera-se a possibilidade de flexão lateral dos PP¹⁶ (Fig. 4 e 5), o que poderia ter influência na recidiva da DP. Quando simulada a abertura da SPP durante uma DP com ajuda cirúrgica, observou-se significativa redução das forças nos PP e na SOS³².

Foram encontradas fibras colágenas na SOS, dispostas de forma paralela ao clivus da base do crânio. Essas fibras em crianças provavelmente têm a capacidade de absorver as forças provenientes da maxila numa DP³³. Pode-se inferir que, quando a SOS está totalmente ossificada, as forças da DP ou MARPE que chegam até essa região poderiam ser de maior intensidade, o que aconteceria em pacientes adultos caso a SPP não fosse aberta¹⁹. A magnitude das forças está relacionada à idade. Num estudo com MEF simulando a DP usando características biomecânicas (módulo de Young e coeficiente de Poisson) de osso jovem e osso adulto,

encontrou-se maiores intensidades de força e menores deslocamentos no modelo do paciente adulto¹⁶. Estudos feitos com o MEF são considerados fortes ferramentas de hipóteses para descrever forças no crânio, sendo feitos com base na morfologia, uma vez que a geometria é fundamental para a resposta mecânica²⁶. No entanto, outras provas mecânicas e análises de modelos clínicos convencionais deverão ser feitas para corroborar os resultados.

Com o avanço da tecnologia e o conhecimento de novas técnicas baseadas em informações anatômicas mais abrangentes^{2,13}, os tratamentos com MARPE estão tendo maior previsibilidade e menores riscos biológicos para as estruturas craniofaciais profundas.

EXPANSOR MODIFICADO TIPO MARPE

O número de ortodontistas que possuem interesse nos protocolos para usar o MARPE está aumentando, uma vez que muitos pacientes adolescentes e adultos jovens com atresia da maxila recusam a cirurgia. Com o passar do tempo, os protocolos estão mais ordenados, e os resultados sendo avaliados tomograficamente^{9,10,34}.

O aparelho disjuntor MARPE é fabricado por poucas empresas e ainda é de difícil aquisição em muitos países, gerando alto custo. Devido à dificuldade de aquisição e sabendo que um aparelho se torna mais efetivo se for individualizado, apresentaremos uma proposta de expansor modificado tipo MARPE que pode ser individualizado e usado com diferentes tipos de mini-implantes para se conseguir o objetivo biomecânico da DP. Com a ajuda de um bom técnico, consegue-se diminuir os erros, como a falta de acurácia na adaptação e bom acabamento.

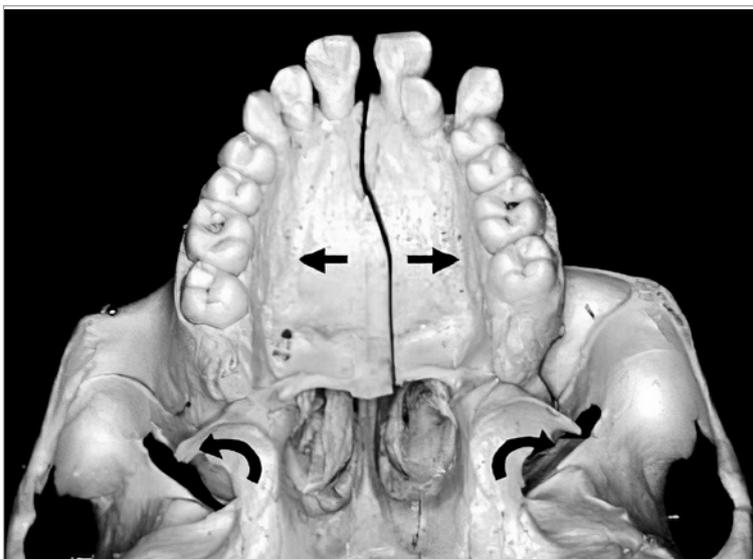


Figura 4: Se a SPP não é aberta durante a DP, pode acontecer uma flexão lateral dos PP (setas pretas e curvas) [Fonte: Holberg¹⁹, 2005].

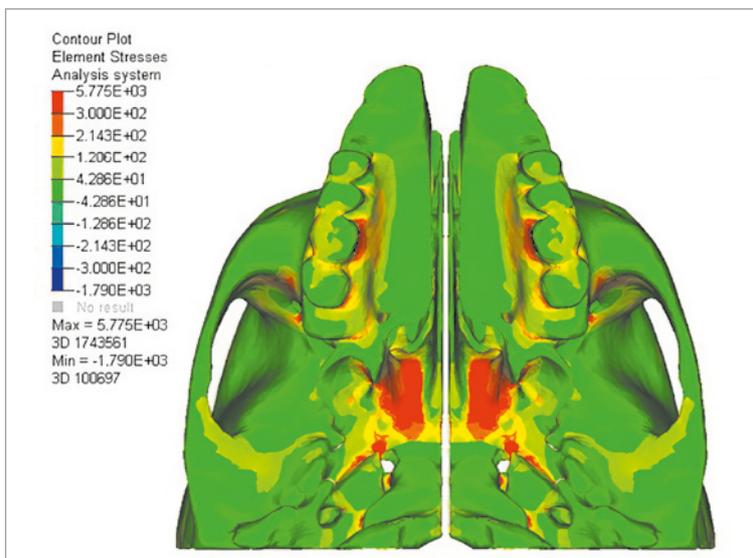


Figura 5: Simulação da abertura da SPM com MARPE, sem a resposta da SPP. Pode-se observar concentração de forças intensas tipo Von Mises (em vermelho) nos PP, perto da base do crânio [Fonte: Centro de Tecnologia da Informação “Renato Archer”, Campinas/SP].

CONFEÇÃO DO APARELHO

Pode-se usar um parafuso tipo Hyrax convencional (Morelli, Sorocaba, Brasil), selecionado de acordo com a quantidade de expansão necessária.

FASE LABORATORIAL

Aumento do comprimento do Hyrax: depois de se fazer a abertura máxima do parafuso, foi soldado, em seus bordos anterior e posterior, um

fio de aço de 0,070". O intuito foi acrescentar comprimento sagital ao Hyrax, em 1,5 a 2mm por lado (Fig. 6 e 7), para criar espaços para futuras perfurações.

Adaptação e soldagem do Hyrax: depois de se fechar completamente o Hyrax, ele tem que ser adaptado no modelo de trabalho, afastado de 1mm a 2mm do tecido mole. O Hyrax deve ser adaptado para fornecer forças principalmente para as suturas zigomáxilar e a SPP; portanto, deve estar no plano sagital ao nível dos primeiros molares ou alguns milímetros para posterior^{9,10}. Depois, será soldado às bandas como um Hyrax convencional (Fig. 8).

Perfurações do corpo do Hyrax: logo depois de fazer a soldagem do Hyrax com as bandas, na região onde foi aumentado no plano sagital, serão feitas quatro marcações para as futuras perfurações. Esse procedimento tem que ser feito com muita acurácia e deve-se usar uma broca de carbureto de tungstênio cilíndrica. Os diâmetros da broca, do orifício e do mini-implante devem ser iguais (1,5 a 2mm). Assim, o mini-implante terá maior possibilidade de ingressar perpendicular ao palato, uma vez que não haverá folga⁹ (Fig. 9). A espessura do orifício será de 2mm. Finalmente, será feito o polimento do aparelho, para a futura cementação no paciente.

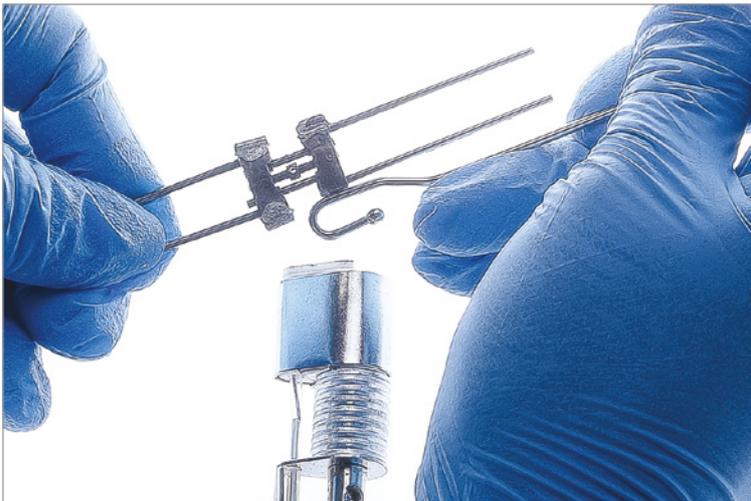


Figura 6: Hyrax aberto e segmento de fio usado para acrescentar o comprimento sagital.

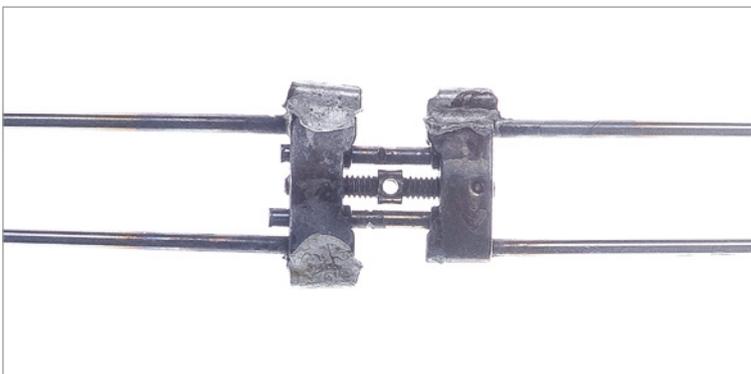


Figura 7: Segmentos acrescentados 1,5 a 2mm por lado, prontos para polimento.



Figura 8: Processo de adaptação do Hyrax, afastado 1mm a 2mm do palato.



Figura 9: Aparelho expansor modificado tipo MARPE.

CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS E ACHADOS TOMOGRÁFICOS

Esse expansor modificado pode ser adaptado para a maioria das técnicas ou protocolos propostos. Recomenda-se que o mini-implantes sejam bicorticais³⁵. Se o paciente tiver uma atresia extrema da maxila, pode-se cortar os braços da parte anterior, para uma melhor adaptação no modelo de trabalho¹⁰. Os mini-implantes serão instalados com os respectivos kits completos de chaves de mão e acessórios do tipo de mini-implante usado.

Na Figura 10, pode-se observar as fotografias de três pacientes adultos que usaram o expansor modificado tipo MARPE. O primeiro (Fig. 10A a 10C), com 18 anos de idade, teve um incremento significativo de espaço para os caninos. No segundo (Fig. 10D a 10F), com 21 anos de idade, foi necessário cortar uma extensão posterior do Hyrax, para uma melhor adaptação no palato. No terceiro (Fig. 10G a 10I), com 20 anos de idade, pode-se ver o diastema central; no entanto, depois de conseguir a abertura da SPM, houve contato das extensões do Hyrax com o tecido mole.

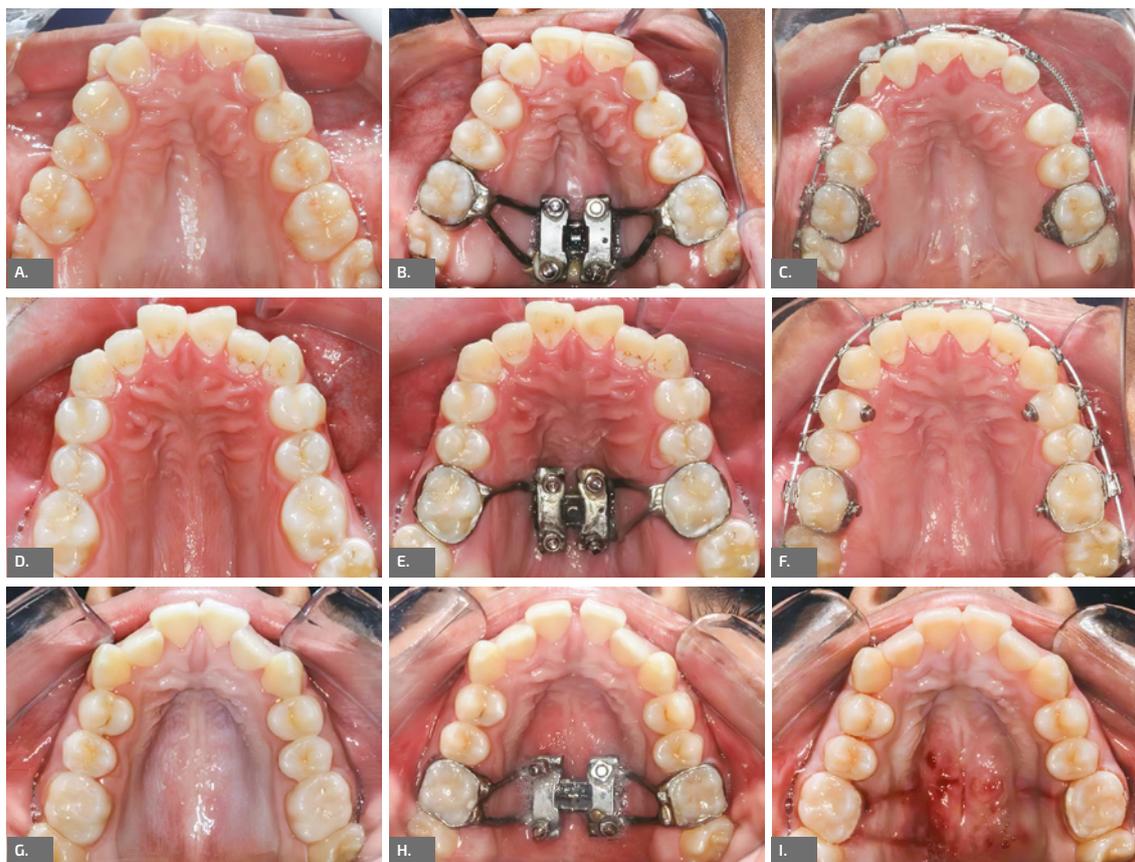


Figura 10: Aplicação do expansor modificado tipo MARPE em três casos clínicos.

Nas tomografias do terceiro paciente, em vista axial, pode-se observar a abertura da SPM (Fig. 11). Depois de fazer as sobreposições em 3D aplicando o método de “best fit” (Geomagic Qualify, 2013), pode-se observar, nas Figuras 12A a 12C, uma expansão lateral da região tanto dentoalveolar quanto esquelética. Na Figura 12D, nota-se a vestibuloversão dos dentes posteriores e quase nada da superfície palatina inicial. Pode-se pensar que o palato inicial, além da abertura da SPM, teve um deslocamento lateral e superior, o qual

é conferido observando-se a Figura 12E. Esses deslocamentos são característicos da abertura da SPM em formato de “V”, o que concorda com outros resultados que usaram MARPE, além de terem conseguido a abertura completa da SPM²⁷.

A sequência de ativação vai depender do protocolo usado pelo ortodontista, sendo esse expansor modificado versátil e conveniente para tratar a atresia maxilar de jovens adultos onde não se tem acesso aos expansores comerciais.



Figura 11: Tomografias do terceiro paciente, antes [A] e depois do tratamento [B]. Pode-se observar a abertura da SPM.

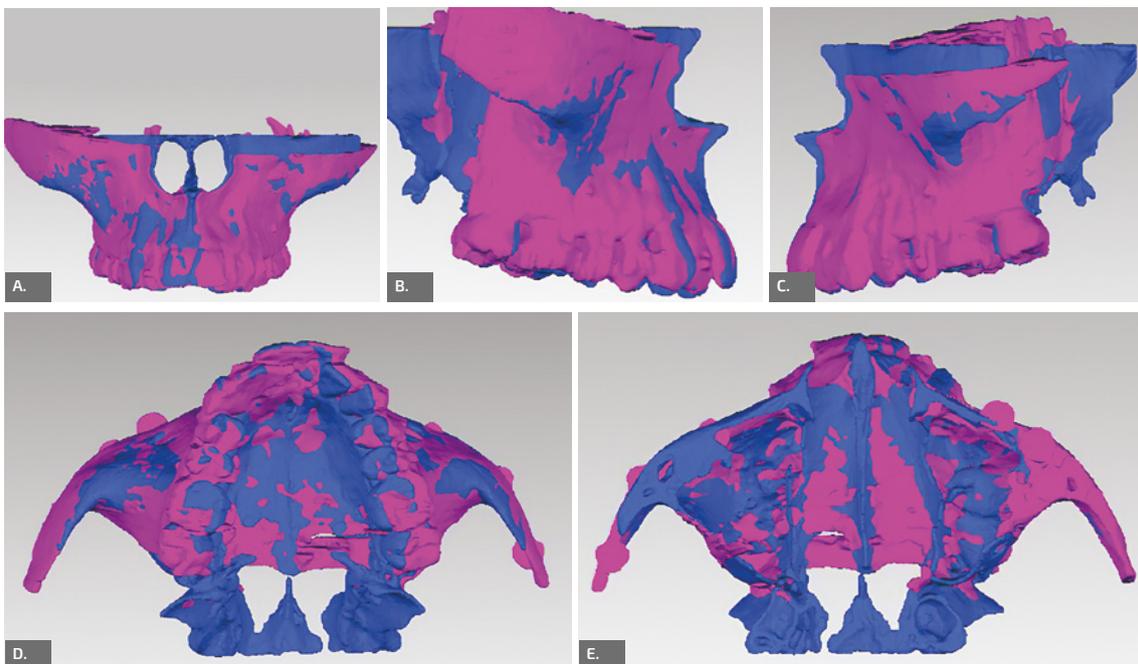


Figura 12: Sobreposições das tomografias inicial [azul] e final [rosa] do terceiro paciente: A) frontal; B) lateral direita; C) lateral esquerda; D) oclusal e E) superior.

Agradecimentos

Agradeço à colaboração da FOP-UNICAMP, do CTI Renato Archer-SP e da minha orientadora, Profa. Dra. Cátia Quintão (UERJ). O expansor

modificado desse artigo apresenta ideias em coautoria com meus colegas Gina Judith Flores Diaz, Diana Trujillo Salas e Walter Fabian Santos, da especialidade de Ortodontia da *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.

REFERÊNCIAS:

1. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134(1):8.e1-11.
 2. Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA. Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(5):759-69.
 3. Lee Y, Mah Y. Evaluation of midpalatal suture maturation using cone-beam computed tomography in children and adolescents. *J Korean Acad Pediatr. Dent* 2019;46(2):139-46.
 4. Abo Samra D, Hadad R. Midpalatal suture: evaluation of the morphological maturation stages via bone density. *Prog Orthod.* 2018 Aug 13;19(1):29.
 5. Tonello DL, Ladewig VM, Guedes FP, Conti ACCF, Almeida-Pedrin RR, Capelozza-Filho L. Midpalatal suture maturation in 11 to 15 year-olds: A cone-beam computed tomographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152(1):42-8.
 6. Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ. Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: report on 47 cases using the Haas expander. *Angle Orthod.* 2000;70(2):129-44.
 7. Handelman CS. Nonsurgical rapid maxillary alveolar expansion in adults: a clinical evaluation. *Angle Orthod.* 1997;67(4):291-308.
 8. Kee-Joon L, Young-Chel P, Joo-Young P, Woo-Sang H. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 June;137(6):830-9.
 9. 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.
 10. Brunetto DP, Sant'Anna EF, Machado AW, Moon W. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dental Press J Orthod.* 2017;22(1):110-25.
 11. Netter F H. Atlas de Anatomia Humana. 6a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2015.
 12. Baydas B, Yavuz I, Uslu H, Dagsuyu IM, Ceylan I. Nonsurgical rapid maxillary expansion effects on craniofacial structures in Young adult females. *Angle Orthod.* 2006 Sep;76(5):759-67.
 13. Ghoneima A, Abdel-Fattah E, Hartsfield J, El-Bedwehi A, Kamel A, Kula K. Effects of rapid maxillary expansion on the cranial and circummaxillary sutures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(4):510-9.
 14. Leonardi R, Cutrera A, Barbato E. Rapid maxillary expansion affects the sphenoid-occipital synchondrosis in youngsters. *Angle Orthod.* 2010;80(1):106-10.
 15. Silvestrini-Biavati A, Angiero F, Gambino A, Ugolini A. Do changes in sphenoid-occipital synchondrosis after rapid maxillary expansion affect the maxillomandibular complex? *Eur J Paediatr Dent.* 2013;41(1):63-7.
 16. Holberg C, Rudzki-Janson I. Stress at the cranial base induced by rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2006;76(4):543-50.
 17. Boryor A, Geiger M, Hohmann A, Wunderlich A, Sander C, Sander FM, et al. Stress distribution and displacement analysis during an intermaxillary disjunction-A three-dimensional FEM study of a human skull. *J Biomech.* 2008;41(2):376-82.
 18. Baldawa RS, Bhad WA. Stress distribution analysis during an intermaxillary disjunction: A 3-D FEM study of an adult human skull. *Ann Maxillofac Surg.* 2011;1(1):19-25.
 19. Holberg C. Effects of rapid maxillary expansion on the cranial base: an FEM analysis. *J Orofac Orthop.* 2005;66(1):54-66.
 20. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, Wu KW, Machado AW, Moon W. The effects of Micro-Implant Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex - a finite element method (FEM) analysis. *Progr Orthod.* 2014;Aug 29;15:52.
 21. Moon W, Wu KW, MacGinnis M, Sung J, Chu H, Youssef G, et al. The efficacy of maxillary protraction protocols with the micro-implant-assisted rapid palatal expander (MARPE) and the novel N2 mini-implant—a finite element study. *Prog Orthod.* 2015;16:16.
 22. Jain V, Shyagali TR, Kambalyal P, Rajpara Y, Doshi J. Comparison and evaluation of stresses generated by rapid maxillary expansion and the implant-supported rapid maxillary expansion on the craniofacial structures using finite element method of stress analysis. *Prog Orthod.* 2017;18:3.
 23. Provatidis CG, Georgiopoulos B, Kotinas A, McDonald JP. Evaluation of craniofacial effects during rapid maxillary expansion through combined in vivo/in vitro and finite element studies. *Eur J Orthod.* 2008;30(5):437-48.
 24. Lagravere MO, Carey J, Heo G, Toogoo R, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(3):304.e1-12.
 25. Peterson J, Wang Q, Dechow PC. Material properties of the dentate maxilla. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol.* 2006 Sept;288(9):962-72.
 26. Nojima LI, Nojima MCG, Cunha AC, Guss NO, Sant'Anna EF. Mini-implant selection protocol applied to MARPE. *Dental Press J Orthod.* 2018;23(5):93-100.
 27. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, Moschik C, Pan HC, Miller J, et al. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog Orthod.* 2017 Nov 1;18(1):34.
 28. Krüsi M, Eliades T, Papageorgiou SN. Are there benefits from using bone-borne maxillary expansion instead of tooth-borne maxillary expansion? A systematic review with meta-analysis. *Prog Orthod.* 2019 Feb 25;20(1):9.
 29. Lee HK, Bayome M, Ahn ChS, Kim S, Kim KB, Mo S, et al. Stress distribution and displacement by different bone-borne palatal expanders with micro-implants: a three-dimensional finite-element analysis. *Eur J Orthod.* 2014;36(5):531-40.
 30. Lee SP, Paik KS, Kim MK. Anatomical study of the pyramidal process of the palatine bone in relation to implant placement in the posterior maxilla. *J Oral Rehabil.* 2001;28(2):125-32.
 31. Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *Am J Orthod.* 1982;82(4):329-42.
 32. Holberg C, Steinhäuser S, Rudzki-Janson I. Rapid maxillary expansion in adults: Cranial stress reduction depending on the extent of surgery. *Eur J Orthod.* 2007;29(1):31-6.
 33. Thilander B, Ingervall B. The human sphenoid-occipital synchondrosis II. A histological and microradiographic study of its growth. *Acta Odontol Scand.* 1973;31(5):323-34.
 34. André CB. Análise tomográfica para a técnica MARPE. *Rev Clín Ortod Dental Press.* 2018;17(4):50-3.
 35. Lee RJ, Moon W, Hong C. Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017 May;151(5):887-97.
- Como citar:** Sevillano MGC. Biomecânica craniofacial da disjunção palatina: expansor modificado tipo MARPE. *Rev Clín Ortod Dental Press.* 2019 Out-Nov;18(5):26-36.
- Enviado em:** 28/08/2019 - **Revisado e aceito:** 25/09/2019
- DOI:** <https://doi.org/10.14436/1676-6849.18.5.026-036.epa>
- Endereço para correspondência:** Manuel Gustavo Chávez Sevillano
- E-mail:** mchavez@unmsm.edu.pe