

EXPANSÃO RÁPIDA DA MAXILA ASSISTIDA POR MINI-IMPLANTES ORTODÔNTICOS

Wilson Humio Murata | Cibele Braga de Oliveira
Selly Sayuri Suzuki | Hideo Suzuki

12

A deficiência transversal da maxila é uma alteração frequentemente encontrada na prática clínica ortodôntica¹. Sua prevalência é de 8% a 23% na dentadura decídua e mista e de menos de 10% em pacientes adultos²⁻⁵.

A expansão rápida da maxila é um método estabelecido de tratamento das discrepâncias transversais que aumenta o perímetro do arco pelo rompimento da sutura palatina mediana e esta se reorganiza rapidamente por meio do reparo do tecido conjuntivo e formação óssea⁶. Ela foi descrita pela primeira vez em 1860 por um dentista americano chamado Angell^{7,8}, após a observação clínica da abertura de diastemas entre os incisivos centrais superiores, já que naquela época não havia sido descoberto o raio-X. No entanto, só foi popularizada por Haas⁹ cem anos mais tarde com a publicação de estudo realizado em porcos, comprovando que a abertura da sutura palatina mediana era possível e segura, uma vez que seguida de neoformação óssea.

Posteriormente, diversos estudos em animais descreveram o processo histológico da disjunção da sutura palatina mediana e sua subsequente neoformação óssea progressiva. Logo após a separação, a região do defeito ósseo da sutura palatina rompida é preenchida com tecido conjuntivo fibroso desorganizado, rico em vasos sanguíneos. Depois de três meses, há uma formação óssea, embora com osso irregular, muito celularizado e pobremente mineralizado. No sexto mês após a disjunção maxilar, a sutura se mostra bem organizada e histologicamente normal, mas é somente após nove meses que a região sutural apresenta uma mineralização semelhante à sutura palatina mediana de animais que não foram submetidos à disjunção¹⁰⁻¹⁴.

Esse preâmbulo científico prévio permitiu que a expansão rápida da maxila (ERM) se tornasse um procedimento de rotina nos consultórios de ortodontia nos tempos atuais.

PROCESSO DE OSSIFICAÇÃO DA SUTURA PALATINA MEDIANA E CRONOLOGIA ETÁRIA

A expansão rápida da maxila corresponde a um procedimento terapêutico que atua alterando a conformação espacial do osso maxilar e suas estruturas ósseas vizinhas do terço médio da face. Por isso, é importante o conhecimento da organização estrutural da sutura palatina mediana e sua relação com as suturas circunmaxilares.

A sutura palatina mediana tem uma forma rugosa, imbricada e sinuosa, com tecido conjuntivo denso interpondo suas margens ósseas. Anatomicamente, ela é composta pela união de três processos: os processos palatinos da maxila, processos alveolares da maxila e lâminas horizontais dos ossos palatinos. Por isso, a sutura palatina mediana pode ser dividida em 3 segmentos: anterior (antes do forame incisivo ou segmento intermaxilar), médio (do forame incisivo até a sutura transversa com o osso palatino) e posterior (após a sutura transversa com o osso palatino). Assim, deve-se ter em mente que a expansão rápida da maxila gera forças sobre outras suturas associadas à sutura palatina mediana e não se sabe até que ponto tais estruturas vizinhas podem ter influência na resistência à disjunção maxilar¹⁵.

Assim como as demais suturas craniofaciais, o processo osteogênico na sutura palatina mediana acontece mediante estímulos exteriores transmitidos pelos tecidos adjacentes para suprir sua demanda funcional de crescimento. Diversos estudos também mostraram que a aplicação de forças mecânicas controladas transmitidas para a sutura durante o período de crescimento do esqueleto pode promover

remodelação sutural. Com o avançar da idade, no entanto, as suturas são normalmente obliteradas por meio do processo de ossificação¹⁶.

Para o ortodontista, dois eventos relacionados ao desenvolvimento sutural têm grande importância para a aplicação clínica da expansão rápida da maxila¹⁶:

– A idade em que os primeiros sinais de fusão indicam que o limite máximo de crescimento da sutura palatina mediana já foi atingido.

– A idade na qual o avanço da ossificação da sutura impossibilita a expansão ortopédica da maxila.

Pearsson e Thilander¹⁶ estudaram os estágios de ossificação da sutura palatina mediana em cadáveres de 15 a 35 anos de idade, observando que a fusão desta sutura pode iniciar durante o período juvenil. No entanto, não foi possível estabelecer o período etário em que se inicia a fusão nem o período de término do fechamento, pois há grande variação individual quanto à idade cronológica. Em contrapartida, os autores concluíram que um grau avançado de fechamento da sutura raramente é encontrado até os 30 anos de idade.

Outros achados científicos mostram que o processo de ossificação ao longo da sutura se inicia mais frequentemente na região posterior e progride em direção à região anterior. Além disso, esta fusão progride mais rapidamente no lado bucal do que na parte nasal da abóboda palatina¹⁶.

Clinicamente, observa-se que a expansão rápida da maxila é obtida facilmente até 10 anos de idade, com mais efeitos esqueléticos do que em indivíduos

que estão no período tardio de crescimento puberal (11 a 18 anos de idade)¹⁷. A resistência à expansão neste período pode ser explicada pela maior porcentagem de indivíduos com áreas iniciais de ossificação sutural ou até mesmo em início da fusão da sutura palatina mediana, que é encontrada principalmente de forma mais precoce em mulheres¹⁸.

A magnitude dos efeitos indesejados é maior quanto mais alta for a resistência à expansão maxilar gerada pelo processo de fusão da sutura palatina mediana e das suturas circunmaxilares¹⁹⁻²¹. O início e o avanço progressivo da fusão sutural variam amplamente quanto à idade. Evidências científicas confirmaram esta variação quando observaram fusão da sutura palatina mediana em indivíduos de 15 a 19 anos de idade e nenhum sinal de fusão desta sutura em indivíduos de 27, 32, 54 e até em 71 anos de idade^{16,22-24}.

Se a idade cronológica não é confiável para determinar o estágio de desenvolvimento da sutura, como é possível escolher o tratamento para corrigir a discrepância transversal em adolescentes e adultos jovens? Como identificar o grau de ossificação da sutura e qual o tratamento indicado de acordo com seu estágio de desenvolvimento?

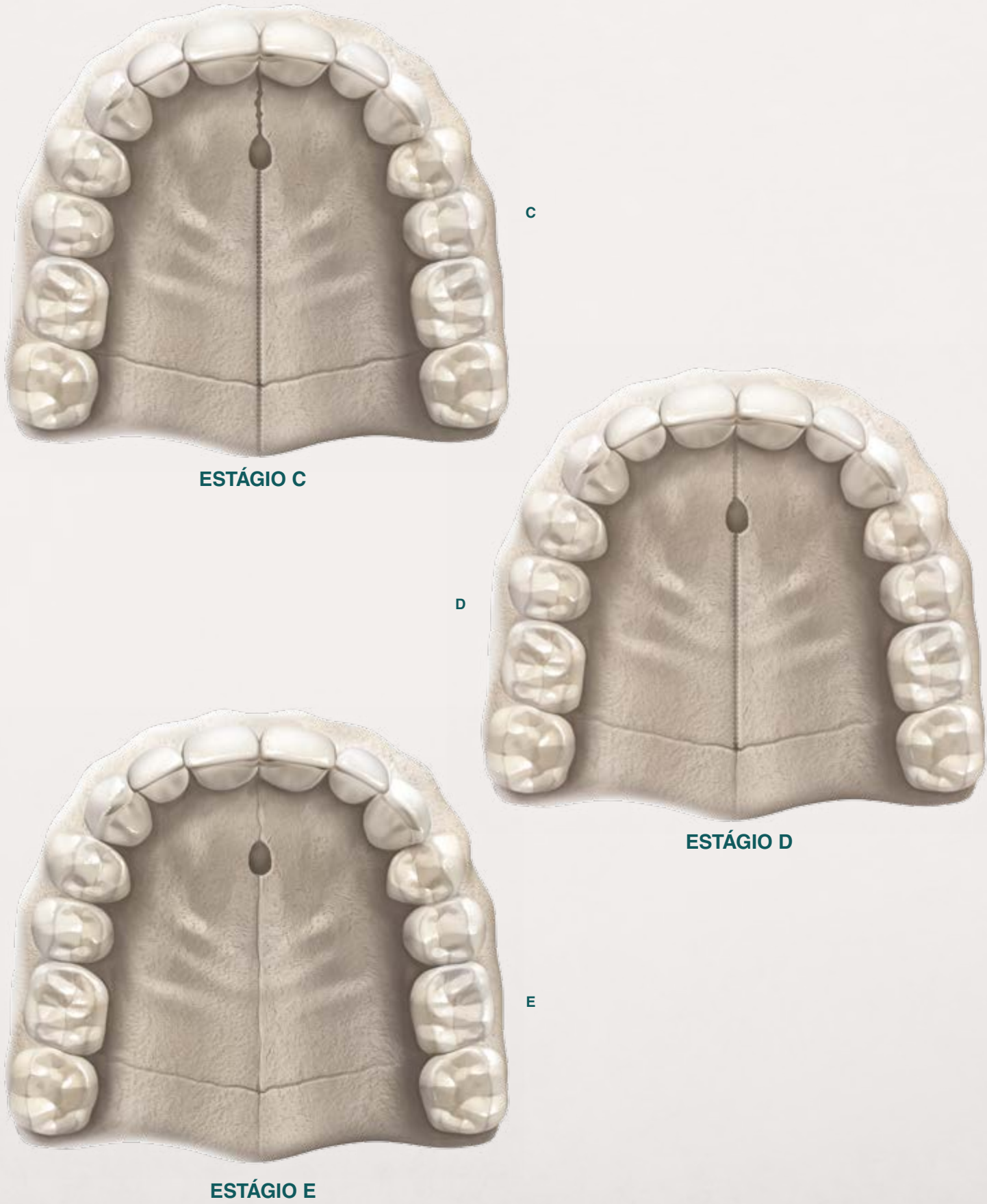
O início e a progressão da fusão sutural acarretam em um aumento gradual da rigidez do esqueleto facial que pode levar a maiores dificuldades para a realização da separação da sutura palatina mediana e um alto número de insucessos da ERM¹⁶. Dessa forma, a previsão do sucesso ou falha da ERM convencional pode estar relacionada à porcentagem de fusão da sutura palatina mediana.

Alguns autores¹⁶ especularam que índices de fusão abaixo de 5% são favoráveis à abertura da sutura por meio de aparelhos expansores convencionais. Estudos histológicos e com microtomografia computadorizada acharam índices de fusão abaixo de 5% em indivíduos de variadas idades: de 18 a 38 anos²⁵, de 14 a 71 anos²⁴ e de 18 a 63 anos de idade²³. No estudo de Persson e Thilander¹⁶, apenas um dos sete indivíduos entre 15 a 19 anos mostrou início de fusão, com índice de 0,9% da sutura palatina mediana ossificada. Após esta idade, dos 20 aos 35 anos, houve um grande aumento no índice de fusão, indicando um aumento rápido do grau de ossificação em torno dos 30 anos de idade.

Em pacientes com avançado estágio de fusão da sutura palatina mediana, a resistência à ERM gerada pela fusão sutural pode causar vestibularizações dentárias excessivas, complicações periodontais, dor durante a expansão, ausência de efeitos esqueléticos, resultados instáveis e imprevisíveis, além de recidivas da expansão^{19,26-28}.

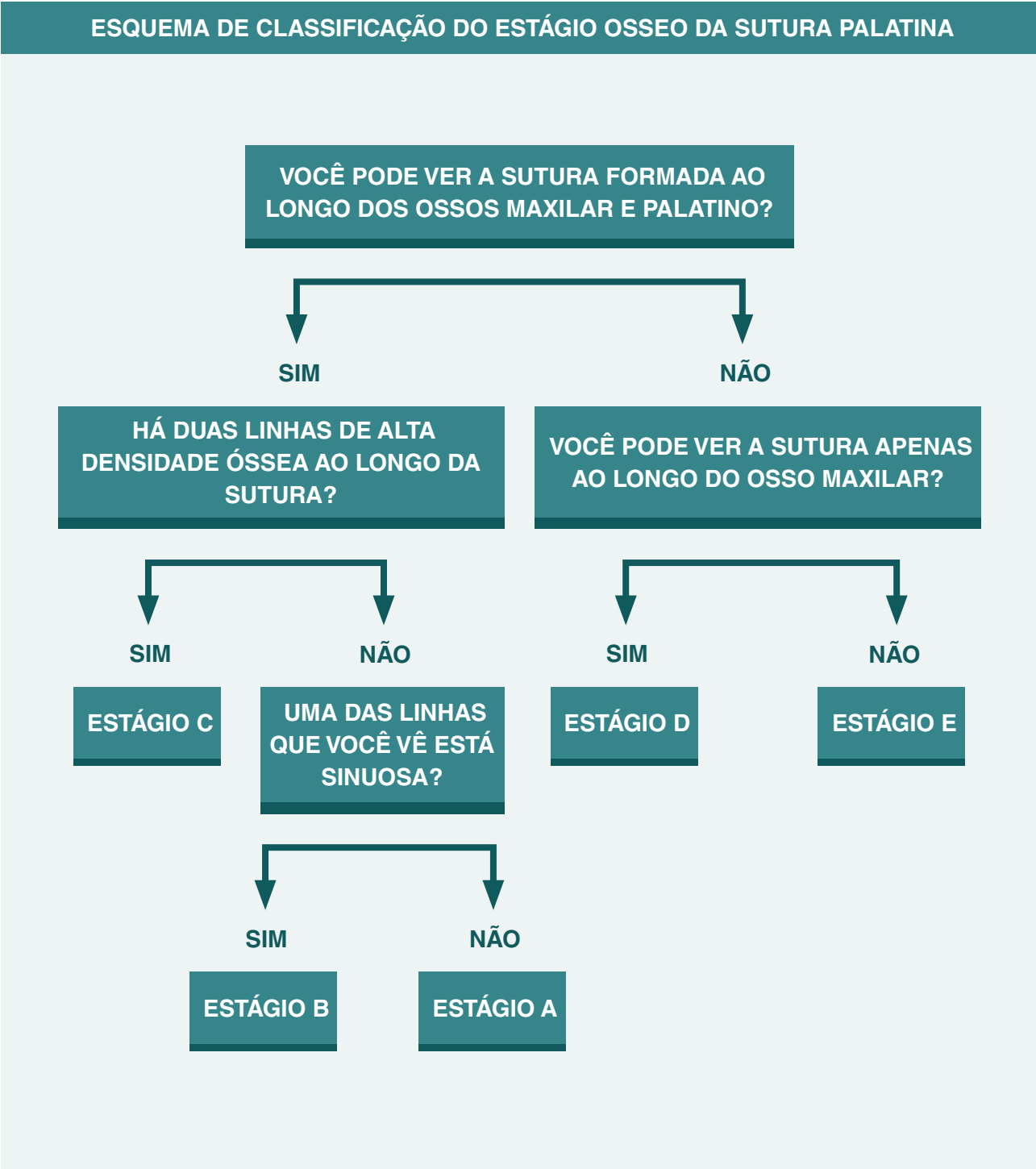
Uma nova classificação da morfologia da sutura palatina mediana foi desenvolvida por meio de um método tomográfico e validada pelo estudo de Angellieri, McNamara e colaboradores¹⁸ com o objetivo de permitir ao ortodontista identificar os estágios de fusão da sutura palatina mediana a fim de indicar com segurança a ERM. Para isso, imagens tomográficas da sutura de 140 indivíduos de idades entre 5 a 58 anos foram classificadas em estágios A, B, C, D e E (Figuras 01A-E e 02). Os resultados mostraram que os estágios A e B estavam presentes em indivíduos até 13 anos

de idade e indicam boas chances de sucesso na ERM. O estágio C de maturação da sutura palatina mediana foi encontrado em indivíduos de 11 a 17 anos de idade. Já a fusão completa da área palatina (estágio D) e maxilar (estágio E) foi encontrada a partir de 11 anos apenas em meninas e 23% dos meninos dos 14 a 17 anos de idade mostraram fusão apenas na área palatina da sutura palatina mediana. Diante da falta de correlação entre a idade cronológica e o grau de fusão da sutura palatina mediana, este estudo testou e validou um método que tem o potencial de guiar decisões quanto à realização da expansão rápida da maxila em pacientes adolescentes tardios e adultos jovens, a fim de evitar os insucessos da ERM ou desnecessárias expansões rápidas da maxila assistidas cirurgicamente em casos onde a ERM poderia ser bem-sucedida.



01. A-E – Estágios de ossificação da sutura palatina mediana. Fonte: Angeli et al.¹⁸.

Mesmo com recursos de imagem mais atuais, como a tomografia computadorizada, o diagnóstico preciso do estágio de fusão ou ossificação da sutura palatina mediana ainda é restrito se considerarmos que formações microscópicas de osso, de regiões em início de ossificação, não são detectáveis por meio de qualquer exame por imagem, principalmente se considerarmos a variedade de aparelhos com diferentes capacidades de resolução¹⁵.



02. O critério diagnóstico para classificar o estágio de ossificação da sutura palatina mediana é baseado no esquema acima.

TIPOS DE APARELHOS EXPANSORES

Diversos tipos de aparelhos expansores dentos-suportados e dentomucossuportados têm sido utilizados para expansão rápida da maxila, sendo que a principal diferença entre eles é quanto às estruturas de apoio do aparelho, em dentes ou dentes e abóbada palatina.

Ambos os modelos de aparelhos promovem uma força sobre os dentes de apoio, levando a uma redução do fluxo sanguíneo na região vestibular do periodonto e criando extensas áreas de hialinização com ausência de células osteoremodeladoras essenciais para o movimento dentário. Em contrapartida, a atividade de remodelação óssea ocorre à distância e de forma lenta, mantendo os dentes de apoio em posição e permitindo que as forças sejam transferidas à sutura, provocando o seu rompimento^{15,29}.

Estudos das abordagens de tratamento por meio de ambos os aparelhos expansores apresentam benefícios tanto em relação ao tratamento de discrepâncias transversais³⁰⁻³² como também efeitos favoráveis nas vias aéreas superiores³³⁻³⁶.

Os efeitos ortopédicos dos aparelhos expansores dento ou dentomucossuportados são similares, produzindo o alargamento do arco maxilar através da abertura da sutura palatina mediana. Os resultados ortopédicos da disjunção são constatados clinicamente pela abertura de diastema entre os incisivos centrais superiores. No entanto, além deste efeito ortopédico desejado, há o efeito ortodôntico indesejado de vestibularização e extrusão

dos dentes posteriores de suporte que levam, geralmente, à rotação posterior da mandíbula e consequente redução da sobremordida ou aumento da mordida aberta, além de aumentar a tendência à recidiva devido à resistência à deformação das estruturas vizinhas de suporte^{30,37-39}.

Efeitos indesejados aos tecidos periodontais de suporte dos dentes posteriores foram observados no estudo de Garib et al.⁴⁰ após expansão rápida da maxila convencional, em pacientes de 11 a 14 anos, como a diminuição da espessura óssea vestibular e o aumento na tábua óssea palatina nos dentes posteriores em consequência da inclinação dentária promovida pelo aparelho expansor. Dessa forma, concluíram que a expansão rápida da maxila, no período da adolescência, pode provocar deiscência óssea e recessão gengival na face vestibular dos dentes de ancoragem, especialmente em indivíduos com tábua óssea vestibular mais fina.

Casos de isquemia e necrose da mucosa do palato também foram observados quando a sutura não cede às forças aplicadas por um aparelho dentomucossuportado⁴¹. Além disso, podem ocorrer reabsorções dentárias nas faces vestibulares das raízes dos dentes de suporte como relatados por alguns autores^{42,43}.

Vários estudos por meio de cefalometria e modelos de gesso não observaram diferenças entre os efeitos do expansor dentossuportado Hyrax e do expansor dentomucossuportado Haas⁴⁴⁻⁴⁶. Acha-dos similares foram observados em um estudo tomográfico⁴⁰ que confirmou o significativo aumento na dimensão transversal da maxila e no assoalho

nasal, semelhantes quando comparados estes dois expansores. Quanto à inclinação dos dentes de suporte, o aparelho de Haas apresentou maior inclinação destes quando comparado ao Hyrax.

Já se sabe, por meio de algumas pesquisas⁴⁷⁻⁴⁹, que o efeito ortopédico da separação da sutura palatina mediana corresponde a aproximadamente 50% ou menos do total da expansão transversal da maxila convencional, sendo o restante atribuído principalmente aos efeitos dentários de vestibularização. Além disso, o padrão de abertura da sutura é triangular, com a base mais larga na porção anterior da maxila, como mostra o estudo de Garret e colaboradores (2008), o qual apresentou uma expansão transversal decrescente na sutura palatina mediana de 55%, 45% e 38% do total da expansão transversal da maxila na região de primeiro pré-molar, segundo pré-molar e primeiro molar, respectivamente. Já o efeito de flexão alveolar e inclinação dentária para vestibular aumenta de anterior para posterior. Nas medidas entre primeiros pré-molares, segundos pré-molares e primeiros molares, a flexão alveolar representou 6%, 9% e 13%, respectivamente, do total da expansão transversal da maxila e a inclinação dentária com 39%, 46% e 49% respectivamente⁴⁹.

Existe um consenso de que a previsibilidade da expansão ortopédica é muito reduzida em pacientes adultos jovens, sendo indicada a expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente nesses casos⁵⁰.

O uso de distratores transpalatinos associados à cirurgia pode ser implementado na expansão maxilar em adultos com a intenção de evitar os

efeitos dentários indesejados nos dentes de suporte. A desvantagem da técnica se deve ao procedimento cirúrgico invasivo, alto custo, risco de infecção e de dano radicular⁵¹⁻⁵³.

Outros trabalhos pesquisaram alternativas menos invasivas de dispositivos de ancoragem no osso palatino para disjunção maxilar em adolescentes com o objetivo de reduzir os efeitos dentários e potencializar os efeitos esqueléticos⁵⁴⁻⁵⁸. Diversos desenhos de disjuntores osseossuportados foram propostos, tanto apoiados em implantes⁵⁵ como em mini-implantes^{56,57,59}.

As vantagens do uso de mini-implantes como apoio dos expansores palatinos são a sua simples instalação por meio de uma técnica minimamente invasiva, de baixo custo e sem risco de dano radicular⁶⁰⁻⁶².

A intenção de utilizar um expansor osseossuportado para disjunção maxilar em adolescentes seria para evitar os resultados indesejados da expansão convencional apoiada em dentes como o maior efeito dentário do que esquelético, recessões periodontais ou reabsorções radiculares dos dentes de apoio.

Os expansores apoiados em mini-implantes têm apresentado resultados bem-sucedidos em alguns estudos clínicos realizados em pacientes adolescentes⁶¹⁻⁶³. Quando comparados com a expansão convencional, estes estudos observaram resultados melhores para a expansão rápida da maxila apoiada em mini-implantes, pois esta produziu a expansão ortopédica da maxila sem efeitos colaterais de vestibularização dos molares e nem abertura da mordida.

Com isso, em pacientes adolescentes, a indicação precisa e unânime entre os pesquisadores para a escolha pelo aparelho expansor apoiado em mini-implantes seria para casos que necessitam de expansão ortopédica da maxila, mas apresentam perdas dentárias dos dentes posteriores, casos severos que necessitam de muita expansão ou quando os dentes de apoio estão comprometidos periodontalmente^{55,61-63}.

Apenas um estudo apresentou resultados contrários ao observado na literatura. De acordo com Lagravère e colaboradores⁵⁵, os resultados do tratamento de pacientes adolescentes com a expansão rápida da maxila apoiada em dentes e em osso são semelhantes tanto em relação aos efeitos ortopédicos quanto aos de inclinação dentária. Talvez esse resultado antagônico tenha sido gerado devido à diferença das tensões produzidas pelo local de posicionamento dos mini-implantes que foram inseridos no processo alveolar entre o segundo pré-molar e o primeiro molar.

Existem diversos modelos de disjuntores maxilares suportados por mini-implantes, cada um definindo o local ideal para a instalação dos mini-implantes que terão o papel de suportar as forças ortopédicas horizontais da disjunção. Em meio a essa grande variedade de aparelhos, surge a dúvida de qual o melhor modelo que permita o melhor desempenho ortopédico da disjunção maxilar.

Um estudo⁵⁸ com elementos finitos teve o objetivo de analisar a distribuição de tensão e o deslocamento da maxila e dos dentes de acordo com diferentes modelos de expansores palatinos

suportados por mini-implantes e compará-los com um modelo de expansor dentossuportado cirurgicamente assistido. Dentre os expansores osseossuportados avaliados, aqueles que mostraram maior transmissão de tensões para a sutura palatina mediana foram os modelos que utilizaram quatro mini-implantes instalados na região paramediana, sendo dois anteriores e dois posteriores ao longo da sutura palatina mediana. Em contrapartida, o modelo com 4 mini-implantes instalados no osso alveolar do palato distribuiu, amplamente, as tensões da força por todo o palato, produzindo menor tensão sobre os mini-implantes⁵⁸. Na expansão com aparelhos dentossuportados assistidos cirurgicamente, houve pouca tensão na região de sutura palatina mediana, sendo a concentração maior de tensões dirigida para as raízes dos dentes de ancoragem. O modelo de aparelho osseossuportado por mini-implantes que tem braços de apoio em molares também apresentou tensões sobre a área dentoalveolar, sugerindo maior efeito colateral de inclinação dentoalveolar para tais modelos de aparelhos.

Wilmes e outros pesquisadores⁶¹ desenvolveram um modelo de expansor apoiado em 2 mini-implantes inseridos na região anterior paramediana da sutura palatina ancorados posteriormente aos primeiros molares. Como esse aparelho expansor tem apoio em dentes e em osso, foi denominado de Hyrax híbrido. Em 2010, este modelo de expansor foi pesquisado em um estudo que utilizou adolescentes com necessidade de expansão e protração maxilar. Em avaliação de modelos 3D, os resultados deste trabalho mostraram uma disjunção eficaz da maxila, embora com efeitos

colaterais de inclinação dos dentes de apoio. Os autores concluíram que a combinação do Hyrax híbrido com a máscara facial para prostração maxilar ajuda a minimizar os efeitos adversos de migração anterior dos dentes.

Em 2010, Lee e colaboradores⁶⁴ publicaram um caso clínico bem-sucedido de tratamento de uma discrepância transversal severa da maxila em um paciente adulto jovem de 20 anos de idade utilizando um aparelho disjuntor suportado por mini-implantes inseridos no palato, o qual eles chamaram de MARPE (*Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expander*). Este caso mostrou, clinicamente e por meio de tomografias, que o aparelho expansor apoiado em mini-implantes, inseridos na região parassutural, pode contribuir de forma efetiva para a correção transversal da maxila, utilizando-se da possibilidade que a abertura das suturas oferece, podendo eliminar a necessidade de cirurgias em pacientes com discrepâncias severas.

Outro caso clínico⁶⁵, em um paciente com 19 anos de idade, também mostrou ser possível a disjunção maxilar em pacientes adolescentes tardios quando utilizado um aparelho expansor apoiado em mini-implantes. Além da separação da sutura e da expansão maxilar sem cirurgia, o MARPE produziu uma abertura das suturas circunmaxilares e um alargamento das estruturas ósseas vizinhas, incluindo o osso zigomático e os ossos nasais. A vantagem deste aparelho nos pacientes mencionados é a potencialização do efeito ortopédico da expansão sem causar efeitos colaterais significativos de vestibularização dos dentes posteriores, permitindo a correção

da discrepância transversal da maxila sem submeter o paciente à cirurgia invasiva e de alto custo que normalmente é indicada para indivíduos nessa faixa de idade.

Na literatura há poucas evidências científicas que suportem os achados clínicos para definir se é seguro realizar a expansão ortopédica da maxila em pacientes adultos sem gerar efeitos deletérios que contraindiquem este procedimento. Além disso, há uma ausência de informação sobre o protocolo de ativação ideal para esses pacientes, as forças ideais, bem como sobre como escolher o modelo ideal do aparelho e do local de inserção dos mini-implantes que melhor suportem as forças ortopédicas pesadas da disjunção.

Enquanto isso já foram publicadas pesquisas em nível laboratorial com o objetivo de avaliar como se comportam as distribuições de forças na expansão rápida da maxila suportada por mini-implantes, utilizando, para isso, um método matemático de elementos finitos.

O estudo de MacGinnis, Moon e outros autores⁶⁶ avaliou a distribuição de forças, por meio dos elementos finitos, em modelos que simularam a disjunção maxilar com aparelho expansor dentossuportado e osseossuportado por mini-implantes, em situações com sutura palatina mediana aberta e fusionada. O resultado mostrou que a alteração do local de aplicação da força muda totalmente a distribuição de tensões para o complexo craniofacial quando a expansão rápida da maxila é simulada por um aparelho dentossuportado e osseossuportado por mini-implantes.

Na ERM realizada pelo o aparelho dentossuportado Hyrax, as forças partem do seu ponto de aplicação, os dentes, e são propagadas ao longo dos pilares de apoio da maxila. Já as tensões da expansão suportada por mini-implantes mostraram menor propagação para as estruturas ósseas vizinhas e maior concentração de forças no complexo maxilar. Como o apoio ósseo está localizado no fundo da abóbada palatina no expansor osseossuportado, desloca-se o ponto de aplicação da força expansiva para mais próximo ao centro de resistência da maxila e propicia-se uma maior translação horizontal do complexo maxilar com menor resultante de inclinação, além de minimizar o efeito de vestibularização dos dentes posteriores, permitindo um melhor controle vertical. Com todos esses resultados, o presente estudo sugere que o uso do aparelho expansor maxilar apoiado em mini-implantes pode ser benéfico para pacientes adultos com ossificação avançada da sutura e para pacientes jovens dolicofaciais⁶⁶.

Um ano depois, as observações sugeridas nos estudos *in vitro* anteriores sobre a distribuição de forças foram confirmadas pelo estudo clínico de Mosleh e colaboradores⁶⁷, que compararam os efeitos da expansão maxilar realizada com aparelhos dentossuportados e com aparelhos suportados por mini-implantes inseridos no palato. Estes autores mostraram que ambos os aparelhos produziram uma expansão significativa ao nível palatino, embora apenas os aparelhos suportados por mini-implantes tenham aumentado de forma significativa a largura ao nível da face e do osso maxilar por produzir uma força mais próxima ao centro de resistência da maxila. No entanto, este trabalho utilizou

pacientes adolescentes com média de 12 anos de idade com imaturidade das suturas maxilares.

Um estudo em pacientes na adolescência tardia, com média de 18 anos, foi realizado com o objetivo de avaliar, por meio de tomografias computadorizadas, as mudanças esqueléticas e os efeitos de inclinação dentária na expansão rápida da maxila conseguida com aparelho expansor suportado em dentes (Hyrax) e com aparelho expansor suportado em mini-implantes inseridos na região alveolar palatina. Para a referida faixa etária, a pesquisa concluiu que o expansor com suporte ósseo por mini-implantes produziu melhor efeito ortopédico e menor efeito dentário quando comparado ao expansor suportado em dentes Hyrax⁶⁸.

NOVO DESENHO DO MARPE (MICRO-IMPLANT-ASSISTED RAPID PALATAL EXPANDER)

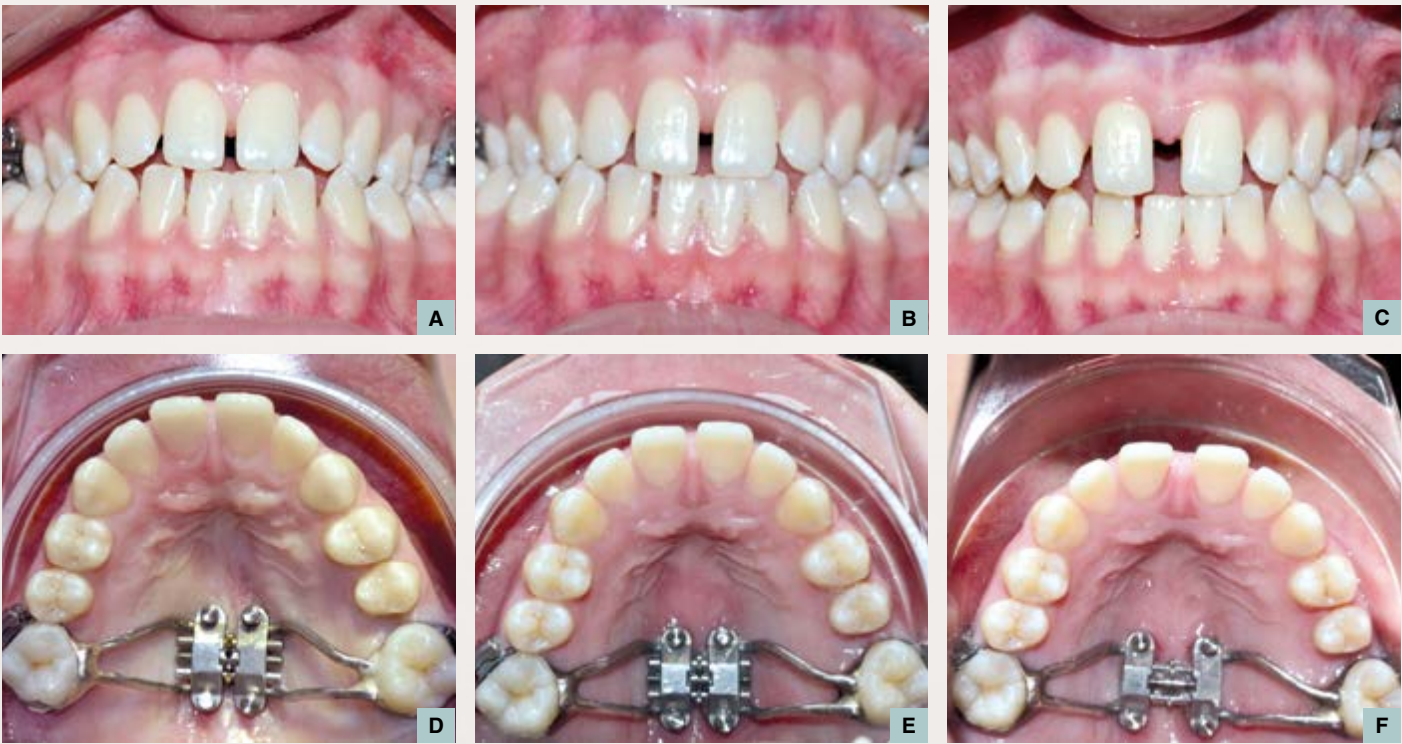
Com base no trabalho anterior de Moo MacGinnis e colaboradores⁶⁶, foi desenvolvido o aparelho expansor MSE® (*Maxillary Skeletal Expander*, Biomaterials Korea, Seul, Coreia do Sul) (Figuras 03D-F). Este aparelho apresenta 4 mini-implantes instalados em orifícios no corpo do parafuso expansor de forma paralela à sutura palatina mediana e entre si (Figuras 03A-F).

A localização de instalação dos mini-implantes na região paramediana da sutura palatina foi escolhida com base em inúmeras razões, dentre elas se destacando o fácil acesso, baixo risco de dano às estruturas anatômicas importantes, por ser um local de gengiva queratinizada menos susceptível à inflamação, além de apresentar

osso cortical de boa qualidade importante para a estabilidade primária dos mini-implantes^{69,70}.

Em 2010, Moon e colaboradores⁷¹ avaliaram a densidade óssea do palato por meio de tomografias de pacientes adultos mostrando que, assim como a espessura, a densidade do osso palatino também tende a diminuir de anterior para posterior e do centro para as laterais da região

palatina. A área palatina em torno de 3 milímetros da sutura sagital mediana apresentou osso mais denso em todo o palato. Estes autores sugeriram que os mini-implantes utilizados para ancoragem ortodôntica podem ser instalados com sucesso na maioria das áreas palatinas com densidade equivalente à área localizada posteriormente a 3 mm do forame incisivo e 1 a 5 mm lateralmente à sutura palatina mediana.



03. A-F — Caso clínico tratado com aparelho expansor MSE (*Maxillary Skeletal Expander*, Biomaterials Korea, Seul, Coreia do Sul) idealizado pelo Prof. Won Moon na Universidade da Califórnia, Los Angeles.

Inspirado no modelo das Figuras 03A-F, depois de algumas modificações, foi produzido um modelo de MARPE que incluía presilhas fabricadas pela empresa PecLab (Belo Horizonte, Brasil) soldadas aos fios do parafuso expensor tipo Hyrax. Os mini-implantes utilizados são de dimensão de 1,8 mm de diâmetro, 4 mm de transmucoso e 5 mm de rosca (PecLab, Belo Horizonte, Brasil). Este modelo contendo presilhas foi aplicado, de forma bem-sucedida, em diversos pacientes com atrofia maxilar, tanto em jovens ainda na fase de crescimento quanto em adultos em várias idades. Mais recentemente, um novo desenho de MARPE foi desenvolvido e, a seguir, serão descritos os passos laboratorial e clínico para a instalação deste aparelho expensor apoiado em mini-implantes adotado pela Equipe SZK Ortodontia (coordenado pelo professor Dr. Hideo Suzuki).

ETAPA LABORATORIAL

O modelo de trabalho é confeccionado em gesso pedra após a moldagem de transferência com bandas adaptadas na boca do paciente com material de impressão do tipo alginato (hidrocoloide irreversível).

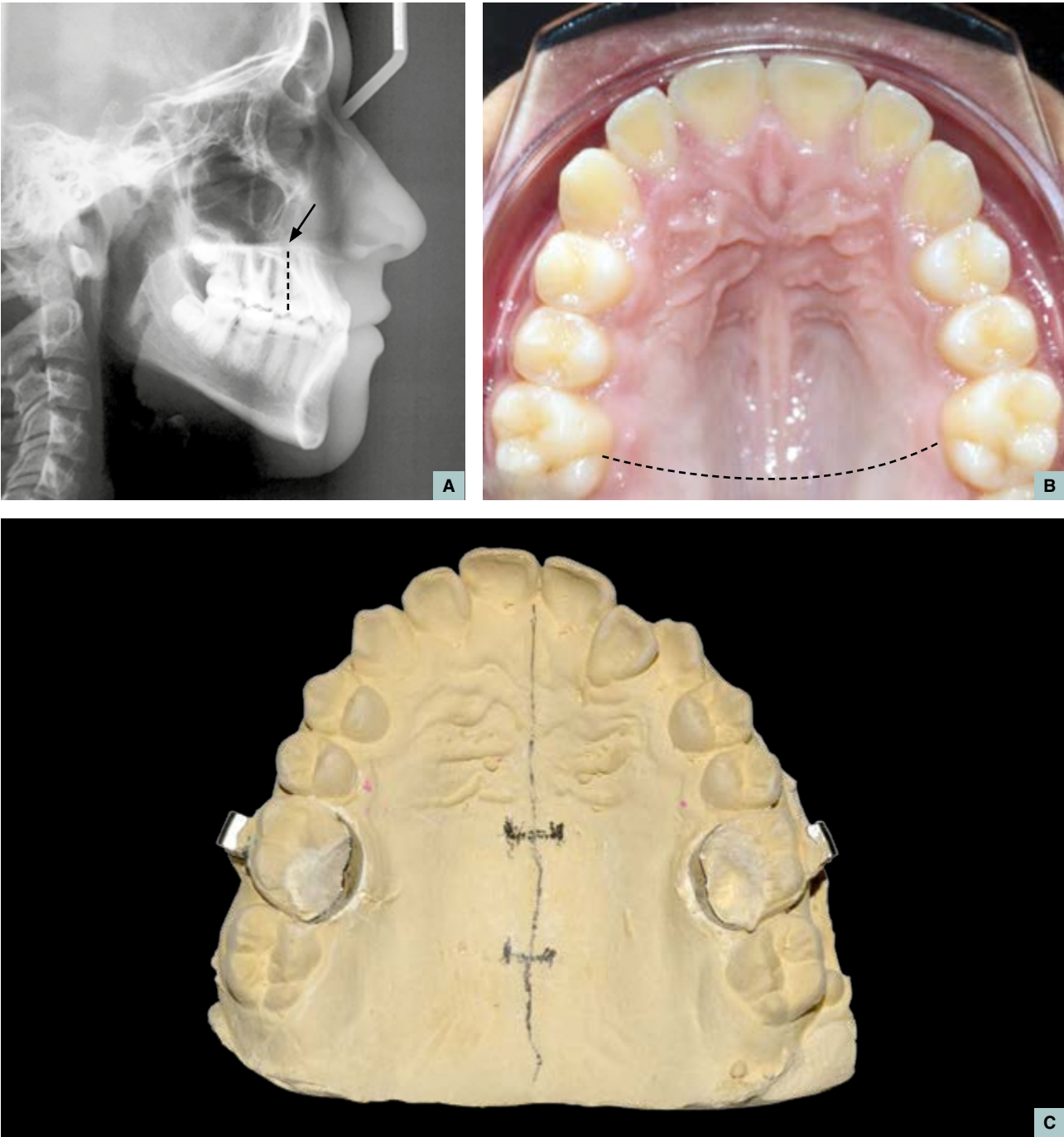
A telerradiografia lateral da face é o exame indicado para orientar a posição de instalação dos mini-implantes. Para se definir a localização dos dois mini-implantes anteriores, deve-se identificar, por meio da avaliação na telerradiografia, a

curvatura anterior do palato onde as corticais do soalho nasal e do palato se afastam, configurando uma área de boa quantidade e qualidade óssea; geralmente esta área na telerradiografia coincide com a região dos pré-molares⁷². A posição dos dois mini-implantes posteriores será estabelecida em consequência do posicionamento dos mini-implantes anteriores e do comprimento do parafuso expensor ao longo da sutura palatina mediana. Importante notar que os dois mini-implantes posteriores devem estar no mínimo 2 mm à frente do limite entre o palato duro e o palato mole (identificado clinicamente ou por fotografia oclusal superior). No sentido transversal, os mini-implantes devem ser posicionados parassuturais. Esta posição dos mini-implantes anteriores e o limite do palato mole e duro, bem como o desenho da sutura palatina mediana, devem ser transferidos para o modelo superior (Figura 04A-C).

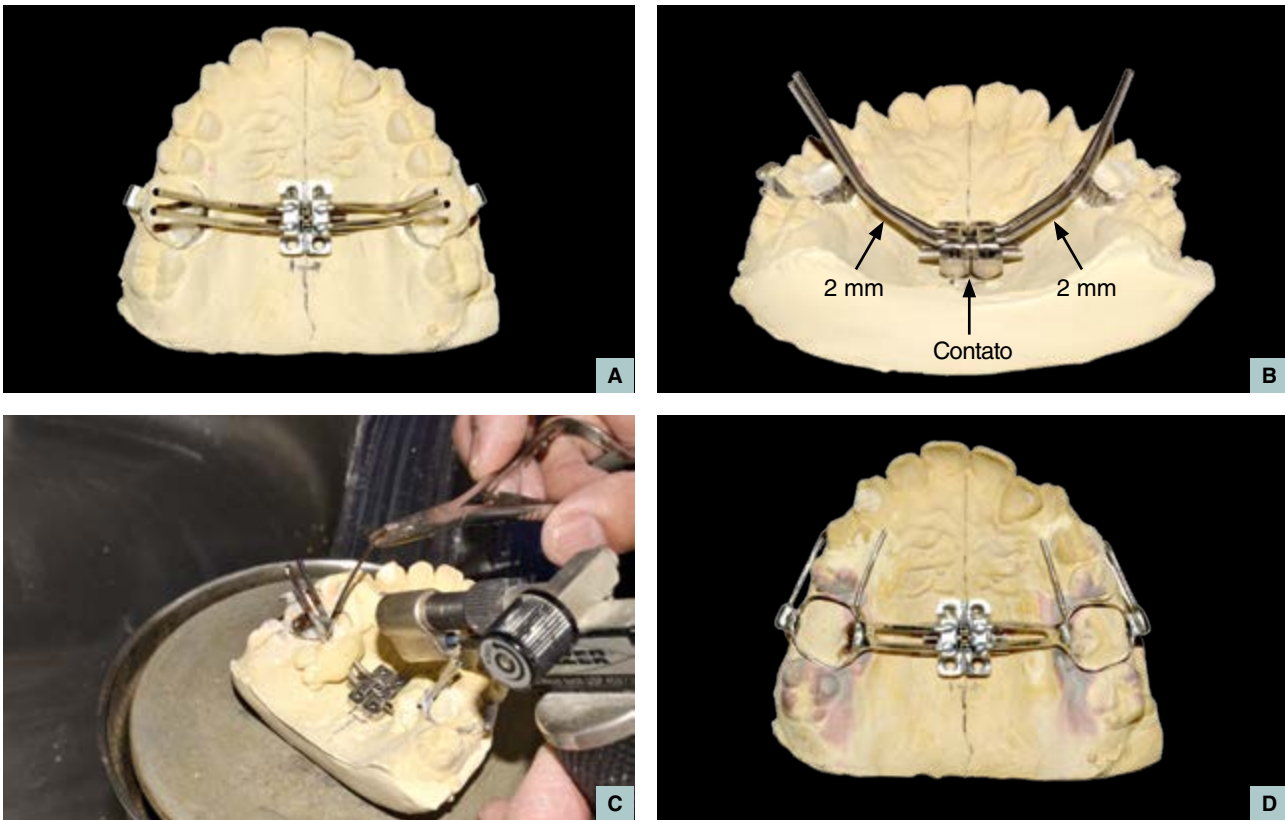
A próxima etapa será escolher a largura do parafuso expensor com aberturas de 6 mm, 9 mm ou 11 mm. A necessidade muitas vezes pode levar à escolha do maior parafuso expensor, devido à capacidade de expansões mais extensas, porém é extremamente importante que o parafuso expensor escolhido consiga ser acomodado no palato de forma que seu corpo fique em contato direto com a mucosa do palato duro. Sobre o modelo deve-se ajustar as hastes do expensor para soldá-las às bandas encaixadas nos primeiros molares.

Estas hastes devem ficar afastadas cerca de 2 mm distante do processo dentoalveolar do palato para não tocar na mucosa palatina lateralmente (Figuras 05A,B). Antes da soldagem com solda prata para ortodontia (60% prata e sem cádmio) das hastes do expensor nas bandas, faz-se uma retenção e proteção térmica das hastes e do disjuntor com

massa de revestimento para fundição de baixa fusão (Figura 05C). Opcionalmente pode-se também soldar nas bandas um fio adicional de diâmetro 1,2 mm para fazer uma estabilização anterior adicional na região de pré-molares e também ganchos para máscara facial, se houver necessidade (Figura 05D).



04. A-C — Estabelecimento da posição dos mini-implantes anteriores e posteriores. Telerradiografia lateral (A). Limite entre palato mole e palato duro (B). Transferência destas estruturas anatômicas para o modelo de trabalho, bem como demarcação da sutura palatina mediana (C).



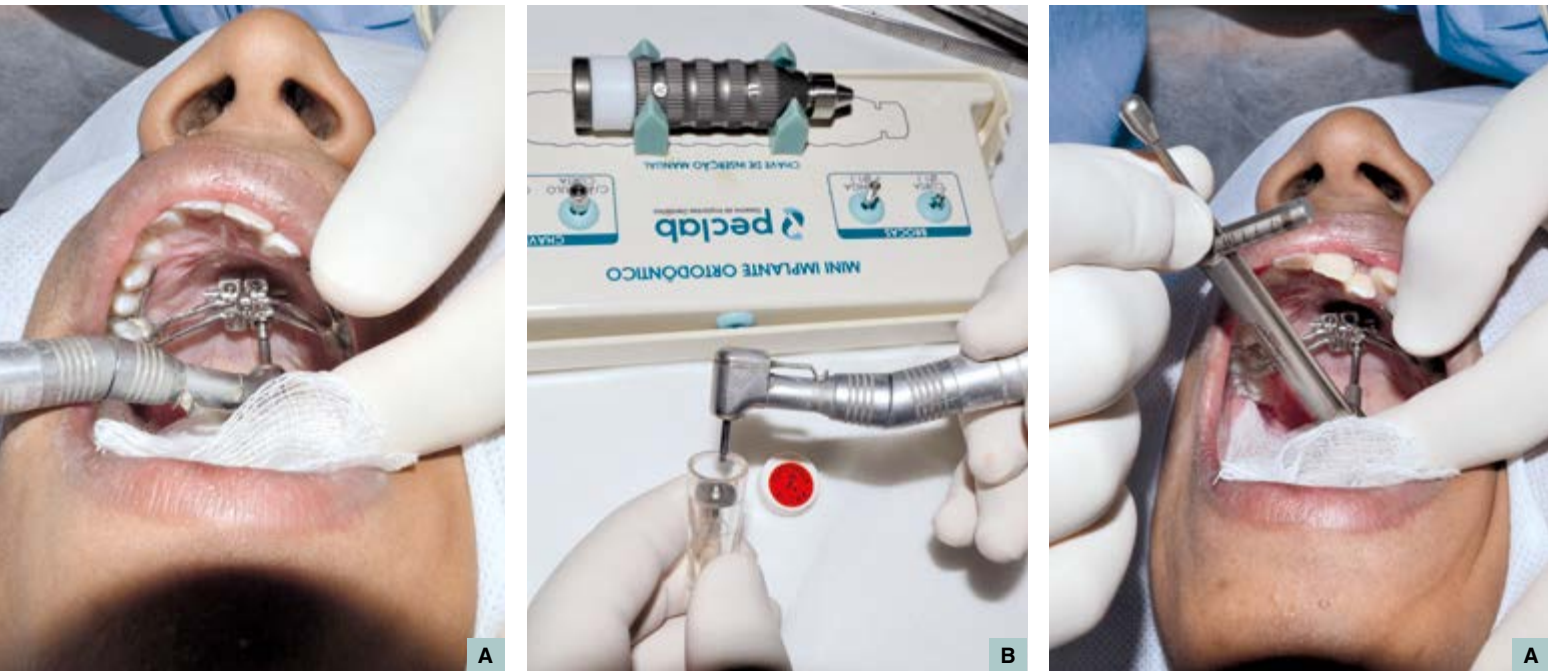
05. A-D — Escolha, adaptação e ajuste do parafuso expensor MARPE (Peclab, Belo Horizonte, Brasil) (A,B). Solda prata na região das bandas (C) e Foto final do MARPE após acabamento e polimento (D).

ETAPA CLÍNICA

A etapa clínica se inicia com a conferência e pequenos ajustes, se necessário, do expensor MARPE na boca do paciente. Deve-se checar se o parafuso expensor está bem adaptado e encostado na mucosa do palato e se as bandas e fios adicionais estão bem adaptados. Após a conferência, cimenta-se o expensor. Em seguida, faz-se a anestesia do local para inserção dos mini-implantes para MARPE (Peclab, Belo Horizonte, Brasil). Para escolha do comprimento dos mini-implantes (5 ou 7 mm de comprimento), leva-se em consideração a espessura do osso na região anterior e posterior da maxila. Antes da inserção dos mini-implantes, podem ser necessárias perfurações prévias (Broca Ortodôntica 1, 1 mm longa). A perfuração e instalação dos mini-implantes são feitas

manualmente com o contra-ângulo de baixa rotação (o mesmo comumente utilizado no consultório) e a chave de mão reta bipartida (Peclab, Belo Horizonte, Brasil), onde a extremidade da chave é conectada ao contra-ângulo de baixa rotação. Para avaliação do torque de inserção, pode-se fazer uso de catraca com torquímetro (Figuras 06A-C).

O protocolo de ativação se assemelha aos disjuntores convencionais, sendo indicado 2/4 de volta imediatamente após a instalação dos mini-implantes e 1/4 de volta a cada 12 horas nos dias subsequentes até a constatação clínica da disjunção⁷³. A quantidade de ativação vai depender de quantos milímetros serão necessários para o descruzamento da mordida em cada caso.



06. A-C – Instalação dos mini-implantes com contra-ângulo de baixa rotação encaixado na extremidade da chave de mão manual (A). Kit para instalação dos mini-implantes MARPE (Peclab, Belo Horizonte, Brasil) (B) e avaliação do torque de inserção com catraca manual que possui torquímetro (C).

CASO CLÍNICO 1

Paciente do gênero masculino de 11 anos de idade, padrão III dolicofacial por combinação de deficiência maxilar e prognatismo mandibular demonstrado pela ausência de depressão infra-orbitária, pouca projeção zigomática, sulco nasogeniano inexpressivo e linha de implantação do nariz reta, configurando perfil côncavo (Figuras 07A,B). Na telerradiografia lateral, torna-se evidente a Classe III esquelética quando observamos a posição do Ponto A posteriormente localizado em relação ao Ponto B e pogônio (medida cefalométrica de Witts= -5 mm), retrusão da

maxila e comprimento do corpo aumentado. A direção de crescimento do paciente é vertical. Notam-se ainda as inclinações compensatórias dos incisivos superiores vestibularizados e inferiores verticalizados (Figura 07C). Durante a avaliação intrabucal, o paciente apresentava dentição mista, má oclusão de Classe III de 7 mm e mordida topo a topo anterior denotando coroas curtas (Figuras 08A-F). A fotografia oclusal inicial (Figura 08G) mostra um palato com formato adequado.

O plano de tratamento proposto foi a disjunção e protração ortopédica da maxila utilizando o expansor MARPE com presilhas soldadas ao

parafuso expansor tipo Hyrax e dois mini-implantes posicionados anteriormente (1,8 x 4 x 7 mm Peclab, Belo Horizonte, Brasil) (Figuras 08H,I) e máscara facial de Petit (Figura 07F), com o intuito de se obter apenas o efeito ortopédico durante a expansão e protração maxilar, eliminando seus efeitos indesejados encontrados no tratamento com aparelho de disjunção convencional, como a vestibularização dos incisivos superiores, a rotação do plano oclusal, além da extrusão e inclinação para mesial dos molares superiores⁷⁴.

A expansão rápida da maxila apoiada em mini-implantes e o uso da máscara facial permitiram

uma força de expansão e protração diretamente nas bases ósseas, proporcionando efeitos esqueléticos como: abertura da sutura palatina mediana, separação das hemi-maxilas, rompimento das suturas do terço médio da face e ganho anteroposterior da maxila, além de proporcionar efeitos dentários como verticalização dos incisivos e dentes posteriores e migração sem angulação dos molares superiores. As fotografias intrabucais e faciais finais mostram a melhora na correção da relação de Classe III dentária, maior projeção do osso zigomático e melhora no perfil com aparência mais convexa pela projeção do lábio superior.



07. A-F – Fotografias faciais iniciais (A,B). Telerradiografia lateral inicial (C). Fotografias finais pós-MARPE e protração da maxila (D-E). Máscara facial com força de 300g aplicada de cada lado (F).

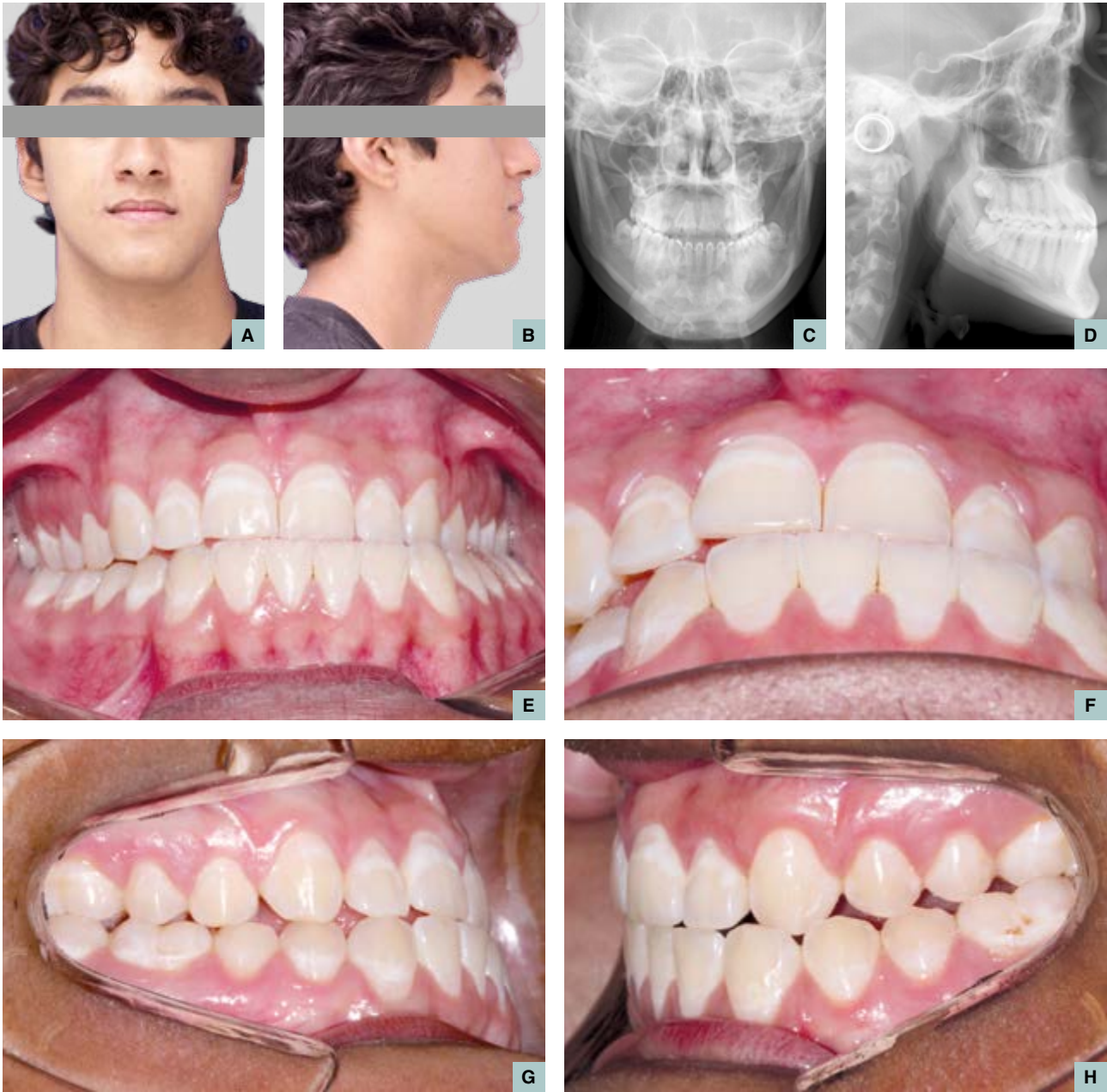


08. A-I – Fotografias intrabucais iniciais e finais mostrando a melhora na má oclusão de Classe III com melhora nas inclinações dos incisivos superiores e inferiores, sem abertura da mordida anterior (A-F). Fotografia oclusal inicial (G). MARPE com presilhas soldadas e dois mini-implantes inseridos somente na região anterior (H). Término das ativações do MARPE (I).

CASO CLÍNICO 2

Paciente do gênero masculino, 18 anos de idade, padrão III, retrusão maxilar, assimetria com reduzida exposição dos incisivos superiores no sorriso (Figuras 09A-D). As fotos intrabucais mostram uma má oclusão de Classe III, sendo mais severa do lado direito devido ao desvio de linha média inferior para esquerda de 3 mm. O paciente

apresentava um problema transversal, com mordida cruzada posterior, sendo possível notar uma inclinação lingual dos dentes posteriores inferiores (Figuras 09E-H). A avaliação da telerradiografia mostra relação das bases ósseas em Classe III esquelética com incisivos superiores vestibularizados, sinal de compensação da deficiência maxilar. A radiografia frontal confirmou a presença de assimetria esquelética (Figuras 09A-D).



09. A-H – Fotografias faciais iniciais (A,B). Telerradiografia frontal inicial (C). Telerradiografia lateral inicial mostrando o padrão facial III por deficiência maxilar, Classe III esquelética e presença de assimetria (D). Fotografias intrabucais iniciais mostrando uma má oclusão de Classe III dentária, com mordida anterior topo a topo e mordida cruzada posterior unilateral devido ao desvio mandibular para a esquerda, porém com necessidade de expansão bilateral (E-H).

Foi utilizado o parafuso expensor da PecLab (Belo Horizonte, Brasil) e foram inseridos quatro mini-implantes Ancodent HS p/MARPE (PecLab; Belo Horizonte; Brasil) com 5 mm de comprimento, 4 mm de transmucoso e 1,8 mm de diâmetro, sendo dois na região anterior do palato, adjacente à sutura palatina mediana, ao nível da área entre segundo pré-molar e primeiro molar, e os outros dois ao nível na área entre primeiro molar e segundo molar. O responsável pelo paciente foi orientado a ativar o aparelho ¼ de volta de manhã e ¼ de volta à noite durante 10 dias. Após

reavaliação, a ativação passou a ser ¼ de volta uma vez por dia por mais sete dias. No retorno, foi possível notar o alcance do resultado por meio do aparecimento de diastema significativo. Foi solicitado o exame de tomografia Cone Beam, que confirmou o resultado esperado (Figura 10A-F).

O caso clínico apresentado mostrou que a expansão rápida da maxila apoiada em mini-implantes em paciente adultos pode eliminar a necessidade de cirurgias em pacientes com discrepâncias transversais,

além de evitar efeitos colaterais causados pela técnica de expansão rápida da maxila convencional. MacGuinnis e colaboradores⁶⁶ acreditam ser o tratamento ideal para pacientes adultos dolicofaciais com a sutura palatina fechada, os quais necessitam de expansão sem que ocorra vestibularização e extrusão dos dentes posteriores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

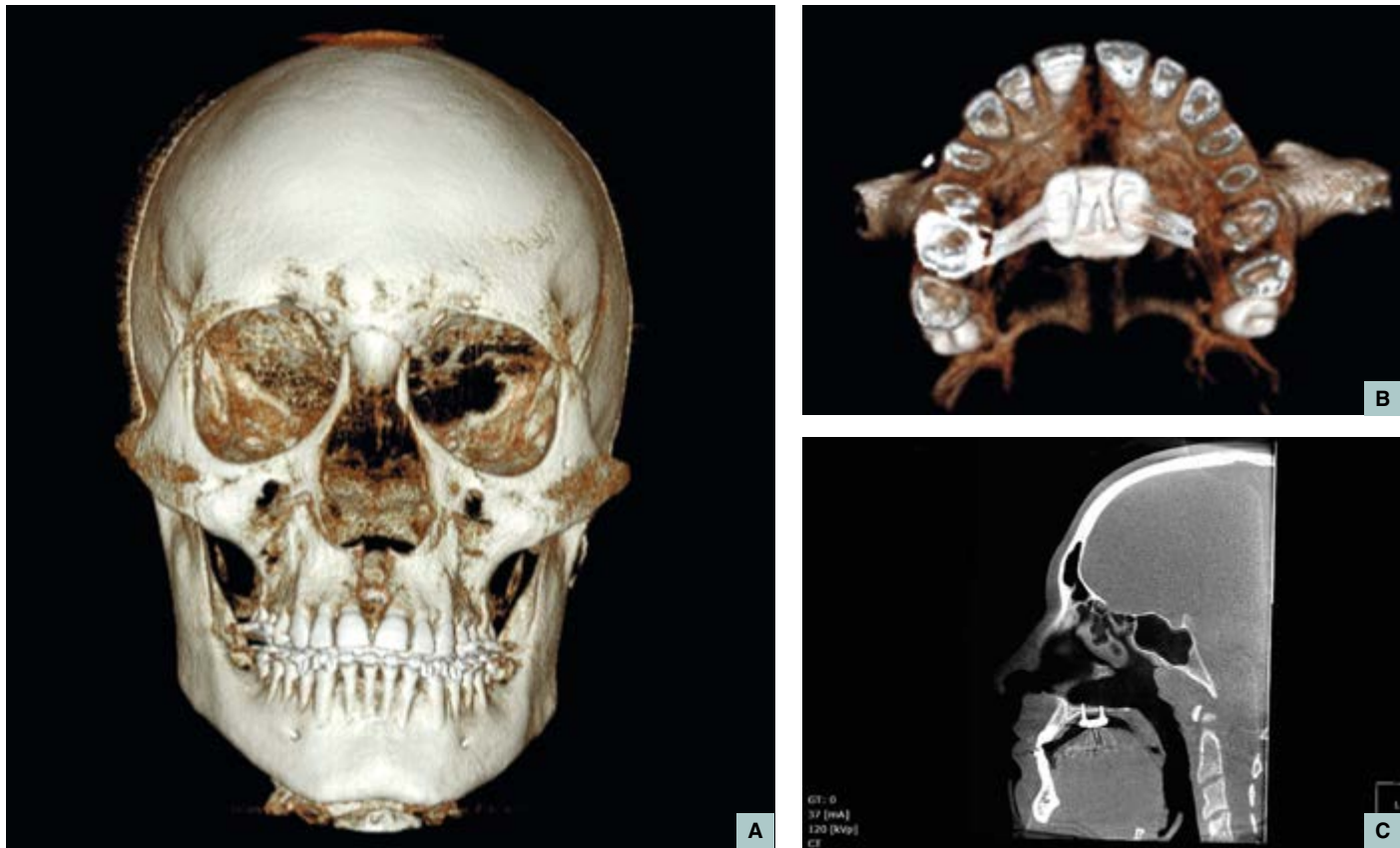
Este capítulo faz um resumo dos achados científicos e da experiência clínica dos autores em relação à expansão ortopédica da maxila com o uso de aparelhos disjuntores apoiados em mini-implantes. Além disso, é descrito um novo desenho de aparelho expensor assistido por mini-implantes e sua aplicação clínica por meio de casos bem-sucedidos.

Baseado nisso e nas evidências científicas publicadas até o momento, já podemos demonstrar a eficácia desta abordagem de tratamento para pacientes em crescimento. No entanto, há a necessidade de mais pesquisas, principalmente estudos clínicos, a fim de permitir suporte científico para a aplicação clínica da expansão ortopédica da maxila assistida por mini-implantes em pacientes adultos.

Com custos reduzidos e muito menos riscos do que opções alternativas de tratamento, a expansão ortopédica transversal da maxila realizada com o MARPE apresenta-se como uma grande promessa para o futuro da expansão ortopédica não cirúrgica em pacientes adultos.



10. A-F — Fotografias intrabucais iniciais (A,D). Novo modelo de MARPE com os orifícios para instalação dos mini-implantes no corpo do parafuso expensor (PecLab, Belo Horizonte, Brasil). Foto mostrando o MARPE instalado e ativado há 7 dias (B,E). Término das ativações do MARPE após 14 dias. Nota-se a presença do grande diastema entre os incisivos centrais sem inclinações dentárias dos dentes posteriores (C,F).



11. A-C — Imagem de tomografia computadorizada Cone Beam (TCCB) mostrando a abertura da sutura de maneira paralela na visão frontal (A). Imagem de TCCB mostrando a inclinação dos mini-implantes e o paralelismo entre eles. Nota-se a ancoragem bicortical da maxila (B). Visão oclusal da maxila na TCCB mostrando o paralelismo da abertura da sutura palatina mediana (C).

REFERÊNCIAS

1. Silva Filho OG, Santamaria Jr M, Capelozza Filho L. Epidemiology of Posterior Crossbite in the Primary Dentition. *J. Clin Pediatr Dent* 2007; 32(1):73-78.

2. Kutin G, Hawes RR. Posterior cross-bites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod* 1969; 56(5): 491-504.

3. Heikinheimo K, Salmi K. Need for orthodontic intervention in five-year-old Finnish children. *Proc Finn Dent Soc* 1987; 83(4): 165-169.

4. Egermark-Eriksson I, Carlsson GE, Magnusson T, Thilander B. A longitudinal study on malocclusion in relation to signs and symptoms of cranio-mandibular disorders in children and adolescents. *Eur J Orthod* 1990; 12(4): 399-407.

5. Brunelle JA, Bhat M, Lipton JA. Prevalence and distribution of selected occlusal characteristics in the US population, 1988-1991. *J Dent Res* 1996; 75:706-713.

6. McNamara JA Jr. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117(5):567-570.

7. Angell EH. Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. Part 1. *Dent Cosmos* 1860; 1(10): 540-544.

8. Angell EH. Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. Part 2. *Dent Cosmos* 1860; 1(10): 599-600.

9. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the mid palatal suture. *The Angle Orthodontist* 1961; 31: 73-90.

10. Cleall JF, Bayne DI, Posen JM, Subtelny JD. Expansion of the midpalatal suture in the monkey. *Angle Orthod* 1965; 35(1): 23-35.

11. Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD. Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 1966; 36(2):152-164.

12. Murray JM, Cleall JF. Early tissue response to rapid maxillary expansion in the midpalatal suture of the rhesus monkey. *J Dent Res* 1971; 50(6): 1654-1660.

13. Ohshima O. Effect of lateral expansion force on the maxillary structure in cynomolgus monkey. *J Osaka Dent Uni.* 1972; 6(1): 11-50.

14. Brin I, Hirshfeld Z, Shanfeld JL, Davidovitch Z. Rapid palatal expansion in cats: effect of age on sutural cyclic nucleotides. *Am J Dentofacial Orthop* 1981; 79(2): 162-175.

15. Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A. Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. *Dental Press J Orthod* 2016 ;21(4):17-23.

16. Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am. J Orthod* 1977, 72(1): 42-52.

17. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA Jr. Treatment timing for rapid-maxillary expansion. *Angle Orthod* 2001; 71(5):343-50.

18. Angelieri F, Cevidanés LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 144(5): 759-69.

19. Lines PA. Adult rapid maxillary expansion with corticotomy. *Am J Orthod* 1975; 67(1): 44-56.

20. Kennedy JW, Bell WH, Kimbrough OL, James WB. Osteotomy as an adjunct to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod* 1976; 70(2): 123-37.

21. Bell WH, Jacobs JD. Surgical-orthodontic correction of horizontal maxillary deficiency. *J Oral Surg* 1979; 37(12): 897-902.

22. Persson M, Magnusson BC, Thilander B. Sutural closure in rabbit and man: a morphological and histochemical study. *J Anat* 1978;125:313-21.

23. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. *J Orofac Orthop* 2004;65(6):467-74.

24. Korbmacher H, Schilling A, Pëuschel K, Amling M, Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional micro-computed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofac Orthop* 2007; 68:364-76.

25. Wehrbein H, Yildizhan F. The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur J Orthod* 2001;23(2):105-14.

26. Zemann 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.

27. Menon S, Manerikar R, Sinha R. Surgical management of transverse maxillary deficiency in adults. *J Maxillofac Oral Surg* 2010; 9(3): 241-246.

28. 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): S117-S128.

29. Consolaro A, Martins-Ortiz MF, Ennes JP, Velloso TRG. O periósteo e a ortopedia dos maxilares. *Rev Dental Press Ortodon Ortop* 2001; 6(4):77-89.

30. Weissheimer A, Menezes LM, Mezomo M, Dias DM, Lima EMS, Rizzatoc SMD. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: A randomized clinical Trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(3): 366-376.

31. Lione R, Franchib L, Cozzac P. Does rapid maxillary expansion induce adverse effects in growing subjects? *Angle Orthod* 2013; 83(1):172-82.

32. Araugio RMS, Landre J, Silva DLA, Pacheco W, Pithon MM, Oliveira DD. Influence of the expansion screw height on the dental effects of the hyrax expander: A study with finite elements. *Am J Orthod Dentofacial Ortho* 2013;143:221-7.

33. Smith T, Ghoneima A, Stewart K, Liu S, Eckert G, Halum S, Kula K. Three-dimensional computed tomography analysis of airway volume changes after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Ortho* 2012;141(5):618-626.

34. Chang Y, Koenig LJ, Pruszyński JE, Bradley TG, Bosio JA, Liu D. Dimensional changes of upper airway after rapid maxillary expansion: A prospective cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143(4):462-70.

35. Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inad E, kakuno E, Kanomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y. Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: A cone beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 143(2):235-45.

36. Ortu E, Giannoni M, Ortu M, Gatto R, Monaco A. Oropharyngeal airway changes after rapid maxillary expansion: The state of art. *Int J Clin Exp Med* 2014;7(7):1632-1638.

37. Sandıkçıoğlu M, Hazar S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111(3):321-327.

38. Petren S, Bjerklin K, Bondemark L. Stability of unilateral posterior crossbite correction in the mixed dentition: A randomized clinical trial with a 3-year follow-up. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139 (1):e73-e81.

39. Brunetto M, Andriani JSP, Ribeiro GLU, Locks A, Correa M, Correa LR. Three-dimensional assessment of buccal alveolar bone after rapid and slow maxillary expansion: A clinical trial study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143(5):633-44.

40. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with toothtissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006 ; 129(6): 749-58.

41. Consolaro A, Rebello JÚnior V, Consolaro MFMO, Carvalho JÚnior JAR. Lesões necróticas na disjunção palatina: explicação e prevenção: o suprimento sanguíneo do palato deve ser considerado no planejamento. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial* 2009; 14(5):20-26.

42. Odenrick L, Karlander E L, Pierce A, Kretschmar U. Surface resorption following two forms of rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod* 1991;13(4):264-70.

43. Baysal A, Karadede I, Hekimoglu S, Ucar F, Ozer T, Veli I, Uysal T. Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 2012 ;82(3):488-94.

44. Scott WD. A comparison of two rapid palatal expansion appliances and their effect on the palatal cross-sectional area. *Am J Orthod* 1982;82(6):526.

45. Mazzeiro ET, Henriques JFC, Freitas MR. Frontal cephalometric evaluation of dentoskeletal changes after rapid maxillary expansion. *Ortodontia* 1996;29:31-42.

46. Siqueira DF, Almeida RR, Henriques JFC. Frontal cephalometric comparative study of dentoskeletal effects produced by three types of maxillary expansions. *Rev Dent Press Ortodon Ortoped Facial* 2002;7:27-47.

47. Krebs A. Expansion of the midpalatal suture studied by means of metallic implants. *Eur Orthod Soc Rep* 1958; 34:163-72.

48. Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ. Non-surgical rapid maxillary expansion in adults: report of 47 cases using the Haas expander. *Angle Orthod* 2000;70(2):129-44.

49. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassang K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134(1): 8-9.

50. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(2): 290-302.

51. Mommaerts MY. Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1999; 37(4): 268-272.

52. Matteini C, Mommaerts MY. Posterior transpalatal distraction with pterygoid disjunction: a short-term model study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120(5):498-502.

53. Gerlach KL, Zahl C. Transversal palatal expansion using a palatal distractor. *J Orofac Orthop* 2003; 64(6):443-9.

54. Garib DG, Navarro RL, Francischone CE, Oltramari PVP. Expansão rápida da maxila ancorada em implantes – uma nova proposta para expansão ortopédica na dentadura permanente. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial* 2007;12 (3):75-81.

55. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Majore 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- 304.e12.

56. Kim KB, Helmkamp ME. Miniscrew implant-supported rapid maxillary expansion. *J Clin Orthod* 2012; 46(10):608-612.

57. Helmkamp ME. Three-dimensional evaluation of implant-supported rapid maxillary expansion vs Traditional tooth-borne rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography [Dissertação]. St. Louis: Faculty of St. Louis University, 2012.

58. Lee SC, Park JH, Bayome M, Kim KB, Araujo EA, Kook Y-A. Effect of bone-borne rapid maxillary expanders with ad without surgical assistance on the craniofacial structures using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014; 145(5):638-48.

59. Boryor A, Hohmann A, Wunderlich A, Geiger M, Kim KB, Sander M et al. Use of a modified expander during rapid maxillary expansion in adults: An in vitro and finite element study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28(1):e11-6.

60. Ludwig B, Glas B, Bowman SJ, Drescher D, Wilmes B. Miniscrew-supported Class III treatment with the Hybrid RPE Advancer. *Journal of Clinical Orthodontics* 2010;44(9): 533-539.

61. Wilmes B, Ngan P, Liou EJ, Franchi L, Drescher D. Early class III facemask treatment with the hybrid hyrax and Alt-RAMEC protocol. *J Clin Orthod* 2014 ; 48(2):84-93.

62. Yılmaz A, Arman-Özçarpıcı A, Erken S, Polat-Özsoy Ö. Comparison of short-term effects of mini-implant-supported maxillary expansion appliance with two conventional expansion protocols. *Eur J Orthod* 2015;37(5):556-564.

63. Garib DG, Navarro R, Francischone CE, Oltramari PV. Rapid maxillary expansion using palatal implants. *J Clin Orthod* 2008; 42(11): 665-671.

64. Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137(6): 830-839.

65. 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.

66. MacGuinnis 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, 15(1):52.

67. Mosleh MI, Kaddah MA, ElSayed FAA, ElSayed HS. Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148(4): 599-607.

68. Lin L, Ahn H-W, Kim S-J, Moon S-C, Kim S-H, Nelson G. Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *Angle Orthod* 2015; 85(2):253-262.

69. Kyung HM, Park HS, Bae SM, Sung JH, Kim IB. Development of orthodontic micro-implants for intraoral anchorage. *J Clin Orthod* 2003;37(6):321-8.

70. Kyung SH. A study on the bone thickness of midpalatal suture area for miniscrew insertion. *Korean J Orthod* 2004;34(1):63-70.

71. Moon SH, Park SH, Lim WH, Chun YS. Palatal Bone Density in Adult Subjects: Implications for Mini-Implant Placement . *Angle Orthod* 2010; 80(1):137-144.

72. Ludwig B, Glasl B, Kinzinger GS, Lietz T, Lisson JA. Anatomical guidelines for miniscrew insertion: Vestibular interradicular sites. *J Clin Orthod* 2011;45(3):165-73.

73. Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a mini-implant- and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybrid hyrax. *World J Orthod.* 2010; 11(4): 323-30.

74. 74- Ngan P, Yiu C, Hu A, Hagg U, Wei SH, Gunel E. Cephalometric and occlusal changes following maxillary expansion and protraction. *Eur J Orthod* 1998;20(3):237-254.