

MESTRADO EM CIRURGIA ORTOGNÁTICA E ORTODONTIA

ORTODONTIA

O método MARPE no tratamento da insuficiência transversal da maxila em pacientes adultos jovens

Rute Sofia Nogueira Ferreira

M

2019



FACULDADE DE MEDICINA

O método MARPE no tratamento da insuficiência transversal da maxila em pacientes adultos jovens

Rute Sofia Nogueira Ferreira

Dissertação de candidatura ao grau de Mestre em Cirurgia Ortognática e Ortodontia submetida à Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

Orientador:

Professor Doutor José Manuel Amarante

Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

Professor Emérito da U.P.

Diretor de Curso de Mestrado em Cirurgia Ortognática e Ortodontia

Co-Orientador:

Armando Dias da Silva

Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Docente colaborador da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

Especialista em Ortodontia pela Ordem dos Médicos Dentistas

Porto, 2019

Se este trabalho fosse uma travessia em mar aberto, muito tenho a agradecer a quem me ajudou a levá-lo a bom porto.

Ao Nuno, o meu porto seguro...

Aos meus pais, a minha bússola...

Aos meus irmãos, o meu auxílio sempre que necessário,

À Marta e Rita... Juntas partilhamos esta viagem e mais do que isso, partilhamos a vida, a amizade e a cumplicidade...

Por último, mas não menos importante, tenho que agradecer o constante estímulo e apoio do Dr. Armando Dias da Silva e da Dr^a Ana Paula Amorim, sem os quais este trabalho nunca teria sido possível.

*Os que se encantam com a prática sem a ciência
são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola,
nunca tendo certeza do seu destino.*

Leonardo DaVinci

Índice

Índice de Ilustrações	5
Índice de Abreviaturas	9
Abstract	10
Resumo	12
Introdução.....	15
Expansão rápida da maxila	16
Expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente	17
Expansão rápida da maxila assistida por microimplantes (MARPE).....	19
Objetivo	21
Materiais e Métodos.....	22
Diagnóstico transversal maxilo-mandibular	22
Caso Clínico	25
Aspetos de confeção do disjuntor	32
Aspetos de instalação do disjuntor	36
Aspetos do protocolo de disjunção.....	40
Resultados.....	41
Discussão	48
Avaliação da ossificação da Sutura Palatina Mediana	50
Efeitos esqueléticos do método MARPE	55
Efeitos periodontais do método MARPE	67
Efeitos do método MARPE nos tecidos moles faciais.....	68
Efeitos do método MARPE na via aérea superior	70
Vantagens e limitações do método MARPE	70
Conclusão.....	72
Bibliografia.....	73

Índice de Ilustrações

Imagem 1 - MSE Maxillary Expander, Biomaterial Korea, Seoul, South Korea®, desenvolvido pelo Dr. Won Moon.	20
Imagem 2 - Exemplo de três modelos de ancoragem: ancoragem monocortical, ancoragem bicortical de 1 mm e ancoragem bicortical de 2mm ⁽⁵⁴⁾	21
Imagem 3 - Esquema representativo de uma relação transversal normal entre maxila e mandíbula.....	23
Imagem 4 - Esquema representativo de uma relação transversal anormal entre maxila e mandíbula sem compensação dentária.....	23
Imagem 5 - Esquema representativo de uma relação transversal anormal entre maxila e mandíbula com compensação dentária.....	23
Imagem 6 - Medição da dimensão transversal da mandíbula ao nível da furca do primeiro molar ⁽⁷⁾	24
Imagem 7 - Exploração extra-oral frontal da paciente.	25
Imagem 8 - Exploração extra-oral de perfil em repouso da paciente.	26
Imagem 9 - Exploração extra-oral da paciente a três-quartos (à direita).....	26
Imagem 10 - Exploração intra-oral da paciente.	27
Imagem 11 - Exploração intra-oral com avaliação da coincidência entre as linhas-médias superior e inferior da paciente.....	28
Imagem 12 - Ortopantomografia da paciente.	28
Imagem 13 – Corte tomográfico sagital.	29
Imagem 14 - Corte sagital com o posicionamento dos côndilos mandibulares nas respetivas fossas glenóides.	29
Imagem 15 - Corte coronal com pormenor da relação transversal maxilo-mandibular ao nível de 16 e 26 (compensações dento-alveolares).	30
Imagem 16 - Corte transversal com pormenor da medição da dimensão transversal mandibular ao nível da cortical externa da região da furca do primeiro molar mandibular.	30
Imagem 17 - Corte transversal com pormenor da medição da dimensão transversal maxilar ao nível da cortical externa da região da furca do primeiro molar maxilar.	31
Imagem 18 - Corte coronal da relação transversal maxilo-mandibular ao nível de 16 e 26 (à direita) e respectiva representação esquemática (à esquerda).	31
Imagem 19 - Aspecto oclusal do disjuntor MSE com parafuso de 8 mm.	32
Imagem 20 - Pormenor da adaptação do disjuntor MSE à mucosa palatina subjacente..	33
Imagem 21 - A) Modelo de estudo; B) Delineação da linha transversal correspondente à sutura palatina mediana; C) Posicionamento do parafuso em relação à linha transversal; D) Delineação de linhas perpendiculares, referentes à posição dos anéis de fixação dos microimplantes ⁽⁴⁴⁾	34

Imagem 22 - Medição da distância entre os anéis de fixação do disjuntor; F) Imagens de CBCT ilustrando a medição da espessura de osso e tecido mole, na secção coronal correspondente à região distal do parafuso de disjunção ⁽⁴²⁾	35
Imagem 23 - Medição da altura dos anéis de fixação na região anterior (A) e posterior (B); e entre estes e a superfície do palato ⁽⁴²⁾	35
Imagem 24 - Disjuntor MSE conforme fornecido pelo laboratório.	36
Imagem 25 - Perspetiva oclusal do disjuntor MSE já cimentado.	37
Imagem 26 - Carraca (à direita) e Manual drive (à esquerda) utilizadas para a inserção dos microimplantes.	38
Imagem 27 - Pormenor da inserção do microimplante com o auxílio da manual drive.	38
Imagem 28 - Perspetiva intra-oral frontal após instalação do MSE.	39
Imagem 29 - Perspetiva intra-oral oclusal após instalação do MSE.	39
Imagem 30 - Corte sagital onde é possível avaliar a inserção dos microimplantes do lado direito (à direita) e do lado esquerdo (à esquerda).	39
Imagem 31 - Corte coronal onde é possível avaliar a inserção dos microimplantes anteriores (à direita) e posteriores (à esquerda).	40
Imagem 32 - Corte horizontal onde é possível avaliar a posição dos quatro microimplantes numa região média da sutura (à direita) e numa região mais superior da sutura (à esquerda)	40
Imagem 33 - Protocolo de expansão sugerido por Brunetto et al ⁽³⁸⁾	40
Imagem 34 - Perspetiva intra-oral frontal no dia da instalação do disjuntor (à direita) e ao fim de 7 dias (à esquerda).	41
Imagem 35 - Perspectiva intra-oral oclusal no dia da instalação do disjuntor (à direita) e ao fim de 7 dias (à esquerda).	41
Imagem 36 - Pormenor intra-oral da relação maxilo-mandibular, comparando os resultados obtidos antes (a preto) e após (a azul) a disjunção com o MSE.	42
Imagem 37 - Corte transversal do CBCT onde se observa a abertura da sutura palatina mediana.	42
Imagem 38 - Cortes coronais dos CBCT's ao nível dos microimplantes anteriores, realizados antes do início da disjunção (à direita) e ao 7º dia de tratamento (à esquerda).	43
Imagem 39 - Cortes coronais dos CBCT's ao nível dos microimplantes posteriores, realizados antes do início da disjunção (à direita) e ao 7º dia de tratamento (à esquerda).	43
Imagem 40 - Remoção dos microimplantes com a manual drive.	44
Imagem 41 - Pormenor do microimplante removido.	44
Imagem 42 - Perspetiva oclusal do estado da mucosa palatina após a remoção do disjuntor.	44
Imagem 43 - Disjuntor e microimplantes após a sua remoção, vista superior (à direita) e inferior (à esquerda).	44

Imagem 44 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) imediatamente após a colocação do novo disjuntor MSE.	45
Imagem 45 - Fotografia tirada pela paciente aquando do surgimento do diastema interincisivo, ao 3º dia do segundo período de ativações.	45
Imagem 46 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) ao fim do 4º dia após o novo período de disjunção.	46
Imagem 47 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) ao fim do 7º dia após o novo período de disjunção.	46
Imagem 48 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) ao fim do 12º dia após o novo período de disjunção.	46
Imagem 49 - Perspetiva intra-oral aquando do bloqueio do parafuso (à direita) e ao fim de 5 semanas (à esquerda), verificando-se o encerramento do diastema interincisivo.	47
Imagem 50 - Corte coronal da posição dos microimplantes anteriores no fim do primeiro período de disjunção (à direita) e no fim do segundo período de disjunção (à esquerda).	47
Imagem 51 - Corte coronal da posição dos microimplantes posteriores no fim do primeiro período de disjunção (à direita) e no fim do segundo período de disjunção (à esquerda).	47
Imagem 52 - Corte transversal da região mediana da sutura palatina, no início do tratamento (à direita) e no fim do tratamento (à esquerda).	48
Imagem 53 - Corte transversal da região mediana da sutura palatina, ao fim do primeiro período de disjunção (à direita) e no fim do segundo período de disjunção (à esquerda).	48
Imagem 54 – Comparação da dose efectiva de exames radiográficos utilizados em ortodontia ⁽⁸⁵⁾	49
Imagem 55 - Vista inferior da base do crânio.	50
Imagem 57 - Estadio A (à esquerda) e B (à direita) da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al ⁽¹⁵⁾	53
Imagem 58 – Estadio C da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al ⁽¹⁵⁾	54
Imagem 59 - Estadio D da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al ⁽¹⁵⁾	54
Imagem 60 - Estadio E da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al ⁽¹⁵⁾	54
Imagem 61 - Microimplantes com deformação, ilustrados por Brunetto et al. ⁽³⁸⁾	58
Imagem 62 - Microimplantes removidos no fim da primeira fase de ativações, no presente caso clínico.	58
Imagem 63 - Diferentes disjuntores avaliados: disjuntor convencional (C-RPE), disjuntor osteo-suportado (B-RPE) e disjuntor osteo-dento-suportado (MARPE) ⁽⁴⁵⁾	59
Imagem 64 - Comparação de níveis de stress (g/mm ²) e distribuição de stress entre diferentes disjuntores maxilares utilizando modelo FEM. C-RPE (expansão rápida	

convencional), B-RPE (expansão rápida osteo-suportada) e MARPE (expansão rápida assistida por microimplantes) ⁽⁴⁵⁾ .	59
Imagem 65 – Representação de algumas das suturas afetadas pelo processo de disjunção maxilar.	61
Imagem 66 - Crânio demonstrando a relação entre as lâminas pterigóides mediais do osso esfenóide e a maxila. Estas estruturas providenciam resistência às forças laterais aplicadas pelo disjuntor.	62
Imagem 67 - Representação do paralelismo sagital obtido com a disjunção com método MARPE, no estudo de Cantarella et al ⁽⁴⁷⁾ .	63
Imagem 68 - Disjunção maxilar obtida após o primeiro período de activaões (à direita) e após o segundo período de activaões.	63
Imagem 69 - Representação esquemática da disjunção assimétrica da sutura palatina mediana. a) Maior movimento à direita; b) Maior movimento à esquerda ⁽⁴⁷⁾ .	64
Imagem 70 - Padrão de movimento lateral do complexo zigomaticomaxilar. Por cada mm de aumento da distância interzigomática inferior, cada complexo hemimaxilar roda 0,6°, com centro de rotação na sutura frontozigomática ⁽⁵²⁾ .	65
Imagem 71 - Pormenor da superfície palatina após corticopuncturas ⁽¹¹⁵⁾ .	67
Imagem 72 - Imagem de CBCT permitindo visualizar as corticopuncturas em perspetiva sagital (a) e axial (b) ⁽¹¹⁵⁾ .	67
Imagem 73 – Representação das principais áreas afectadas pela disjunção maxilar com MSE no estudo de Abedini et al. ⁽⁵¹⁾	69
Imagem 74 – Mapa de vectores demonstrando a direcção das alterações após a disjunção maxilar com MSE no estudo de Abedini et al. ⁽⁵¹⁾ Setas azuis representam vectores com $p < 0,05$ e setas vermelhas representam vectores com $p < 0,01$.	69
Imagem 75 – Casos de inflamação da mucosa durante a disjunção maxilar com método MARPE devido a higiene oral insuficiente.	71

Índice de Abreviaturas

ERM – Expansão rápida da maxila.

SAO – Síndrome de Apneia Obstrutiva.

MARPE – Miniscrew assisted rapid maxillary expansion. Expansão rápida da maxila assistida por microimplantes.

SARPE – Surgery assisted rapid maxillary expansion. Expansão da maxila assistida cirurgicamente.

MI – Microimplantes.

MSE – Maxillary skeletal expander. Expansor esquelético maxilar.

CBCT – Cone-beam computed tomography. Tomografia computadorizada por feixe cônico.

ICRP - International Committee of Radiological Protection. Comité Internacional de Proteção Radiológica.

ENA – Espinha nasal anterior

ENP – Espinha nasal posterior

FEM – Finite Element Analysis. Análise de elementos finitos.

RAP – Rapid acceleratory phenomenon. Fenómeno acelerador regional.

ABSTRACT

Introduction

In the transverse plane, a deficient relationship between maxilla and mandible can be encountered by the orthodontist on a daily basis and has many clinical implications. Several techniques and protocols have been developed aiming to normalize the transverse discrepancy. Since the mandibular transverse dimension cannot be altered, it is essential to normalize the dimension of the maxilla to its function. Currently, the strategies available for this purpose can be grouped into orthopedic or surgical methods. Orthopedic methods include rapid maxillary expansion (RME) and miniscrew- assisted rapid palatal expansion (MARPE); surgical methods include LeFort osteotomy maxillary segmentation and surgically assisted rapid palatal expansion (SARPE).

The selection of the most appropriate treatment depends on the amount of correction that is required, the differentiation between skeletal and / or dentoalveolar changes and the effectiveness of the treatment regarding the patient's age at the time of treatment. An increase in transverse dimension, obtained entirely by bone neo-formation, without dental compensation, in the absence of relapse, and without dental and / or periodontal damage, represents the ideal goal when treating maxillomandibular transverse deficiency.

Innovations in diagnostic, technical and clinical tools have enabled changes in the rapid maxillary expansion technique to emerge, leading to significant advances in the treatment of transverse deficiency, developing a new method of maxillary disjunction - the MARPE or miniscrew-assisted rapid maxillary expansion. This method is nothing more than the association between a conventional maxillary expansion device and orthodontic miniscrews for the purpose of obtaining a more effective technique, obtaining skeletal anchorage, minimizing unwanted effects and achieving the most effective maxillary expansion possible.

Objective

The success of maxillary expansion is no longer questionable. Instead it remains to be determined in which cases it will be possible to obtain the opening of the midpalatal suture in young adults, as an alternative to the surgical procedure. This work aims to describe the MARPE method, its indications, advantages and disadvantages, as well as to evaluate its relevance as an option for the treatment of transverse maxillary insufficiency in adult patients.

Materials and methods

Bibliographic search was performed on the following electronic databases: Google Scholar Beta, PubMed, Medline, Science Direct, Cochrane, Web of Science, Ovid, and

Bandolier. This research resulted in 120 bibliographical references relevant to the present dissertation.

This dissertation is also illustrated with a case-report carried out in private clinical practice and with the consent of the intervening patient.

Results

With MARPE technique it was possible to obtain maxillary skeletal expansion in a 23-year-old and 7-month-old female patient.

Discussion

Despite advances in recent diagnostic methods, it is still impossible to accurately perform an analysis of the midpalatal suture and its consequent clinical implication. Although this scientific evidence may lead the clinician to consider that maxillary expansion can be carried out at older ages, the truth is that clinical experience in adult patients nonetheless shows that the success of maxillary disjunction is extremely difficult. Other factors will be involved in this matter, it may be anatomical and biological factors such as the interdigitation of the midpalatal suture and other maxillary sutures as well as the increased stiffness of the joints involved, or factors related to the expansion technique employed. Obtaining skeletal expansion through the MARPE technique, even in young adult patients, is proven by the existing literature, which although recent, is assertive. The reason for the failure of some MARPE cases remains to be determined, but it is assumed to be related to different degrees of ossification of the midpalatal suture as well as the resistance of the surrounding craniofacial structures. From the analysis of the existing literature, it can be concluded that the MARPE technique has the following advantages: forces applied directly to the midpalatal suture with limited forces applied to the teeth, limiting the tipping of dental elements, limiting periodontal adverse effects, allowing better vertical control in dolichofacial patients, limiting the movement of anchorage teeth, enhancing the effects of maxillary protraction in Class III patients treated with face mask, providing an alternative for the treatment of transverse deficiency in patients at the end of pubertal growth or even in adults, being an effective alternative to SARPE and a stable treatment with limited relapse, leading to a potential improvement in airway permeability.

Conclusion

Recent evidence demonstrates that the MARPE technique results in effective expansion of the maxilla and surrounding craniofacial structures with lower costs and lower risks than alternative treatments, constituting a promising technique for orthopedic expansion in adult patients.

RESUMO

Introdução

Uma relação maxilo-mandibular insuficiente no plano transversal representa uma situação relativamente comum para o ortodontista e que apresenta várias implicações clínicas. Diversas técnicas e protocolos têm sido desenvolvidos com o objetivo de regularizar a discrepância transversal entre maxila e mandíbula. Uma vez que a dimensão transversal mandibular não é passível de ser alterada, torna-se imprescindível normalizar a dimensão da maxila à sua função. Atualmente, as estratégias disponíveis para este efeito podem ser agrupadas em métodos ortopédicos ou cirúrgicos. Os métodos ortopédicos compreendem a expansão rápida da maxilla (ERM) e a expansão rápida da maxila assistida por micro-implantes (MARPE); os métodos cirúrgicos compreendem a segmentação da maxila com osteotomia LeFort e a expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente (SARPE).

A seleção do tratamento mais adequado depende da quantidade de correção que é necessária, da diferenciação entre alterações esqueléticas e/ou dentoalveolares e da efetividade do tratamento em relação à idade do paciente no momento em que é tratado. Um incremento da dimensão transversal, obtido inteiramente por neo-formação óssea, sem compensações dentárias, na ausência de recidiva e sem dano dentário e/ou periodontal, representa o objetivo ideal do tratamento da insuficiência transversal maxilo-mandibular.

Inovações nas ferramentas de diagnóstico bem como nas ferramentas técnicas e clínicas possibilitaram o surgimento de alterações à técnica de disjunção rápida da maxila originando importantes progressos no tratamento da deficiência transversal, desenvolvendo-se um novo método de disjunção maxilar – o método *MARPE* ou *Expansão rápida da maxila assistida por microimplantes*. Este método não é mais do que a associação entre um dispositivo de disjunção maxilar convencional a microimplantes ortodônticos com o objetivo de obter uma técnica mais eficaz, obtendo ancoragem esquelética, minimizando os efeitos indesejados e obtendo uma expansão maxilar o mais efectiva possível.

Objetivo

Hoje em dia já não é questionável o sucesso do tratamento da disjunção da maxila, mas sim, em que casos será possível obter a abertura da sutura palatina mediana em indivíduos adultos jovens, como alternativa ao procedimento cirúrgico. É objetivo da presente exposição descrever o método MARPE, as suas indicações, vantagens e

desvantagens, bem como avaliar a sua pertinência enquanto opção para o tratamento da insuficiência transversal da maxila em pacientes adultos.

Materiais e Métodos

Foi realizada pesquisa bibliográfica nas seguintes bases de dados eletrônicas: Google Scholar Beta, PubMed, Medline, Science Direct, Cochrane, Web of Science, Ovid, e Bandolier. Desta pesquisa resultaram 120 referências bibliográficas com pertinência para a presente dissertação.

Esta dissertação é também ilustrada com base num caso clínico levado a cabo em prática clínica privada e mediante o consentimento da paciente interveniente.

Resultados

Com o método MARPE foi possível obter disjunção maxilar numa paciente do sexo feminino, com 23 anos e 7 meses de idade.

Discussão

Apesar dos avanços em métodos recentes de diagnóstico, é ainda hoje impossível levar a cabo de forma precisa uma análise da sutura palatina mediana e a sua consequente implicação clínica. Apesar de que esta evidência científica possa levar o clínico a considerar que a disjunção maxilar pode ser levada a cabo em idades mais avançadas, a verdade é que, ainda assim, experiências clínicas em pacientes adultos mostram que o sucesso da disjunção maxilar é extremamente difícil. Outros fatores estarão envolvidos nesta matéria, poderemos estar perante fatores anatómicos e biológicos como a interdigitação da sutura palatina mediana e de outras suturas maxilares bem como a rigidez aumentada das articulações envolvidas, ou então fatores relacionados com a técnica de disjunção empregue. A obtenção de expansão esquelética através do método MARPE, inclusivamente em pacientes adultos jovens, é comprovada pela literatura existente, que embora recente, é assertiva. Permanece por determinar qual a razão que leva ao insucesso de alguns casos de MARPE, mas assume-se que estará relacionado com diferentes graus de ossificação da sutura palatina mediana bem como com a resistência das estruturas craniofaciais envolventes. Da análise da literatura existente conclui-se que o método MARPE tem como vantagens: forças aplicadas diretamente à sutura palatina mediana com limitação das forças aplicadas aos dentes, limitar o tipping dos elementos dentários, limitar efeitos adversos periodontais, permitir obter melhor controlo vertical em pacientes dolicofaciais, limitar a movimentação dos elementos dentários de ancoragem, potenciar os efeitos de protração maxilar em pacientes Classe III tratados com máscara facial, constituir uma alternativa para o tratamento da insuficiência transversal em pacientes no final do crescimento pubertário ou mesmo em adultos, constituir uma alternativa efetiva ao SARPE,

ser um tratamento estável e com recidiva limitada, originar uma potencial melhoria na permeabilidade da via aérea.

Conclusão

Evidência recente demonstra que o método MARPE resulta na expansão efectiva da maxila e estruturas craniofaciais envolventes com reduzidos custos e menores riscos do que os tratamentos alternativos, constituindo um técnica promissora para a expansão ortopédica em pacientes adultos.

Introdução

A relação entre maxila e mandíbula, nos três planos do espaço, tem particular importância sendo determinante para o equilíbrio muscular, oclusal e dentário do indivíduo. Uma relação maxilo-mandibular insuficiente no plano transversal representa uma situação relativamente comum para o ortodontista e que apresenta várias implicações clínicas^(1, 2).

A prevalência de deficiência transversal da maxilla atinge 8% a 23% de pacientes em dentição decídua e mista e menos de 10% de pacientes adultos em tratamento ortodôntico^(1, 2). Tem carácter multifactorial, estando associada a vários fatores etiológicos importantes, nomeadamente: perda prematura de dentes decíduos, apinhamento dentário, deficiências na forma ou comprimento do arco dentário, anomalias de forma dentária, anomalias de sequência de erupção, hábitos de sucção não-nutritivos, respiração oral e ainda factores genéticos. Está também associada a diversas alterações congénitas, nomeadamente, síndrome de Klippel-Feil, fenda lábio-palatina, estenose congénita da abertura nasal piriforme, síndrome de Marfan, craniosinostose, osteopatia estriada, síndrome de Treacher Collins e distrofia muscular de Duchenne^(1, 3).

Se em tempo adequado não for estabelecida uma relação apropriada no plano transversal entre maxila e mandíbula, podem surgir efeitos nefastos para a articulação temporomandibular, músculos, periodonto e via aérea, resultando em diferentes graus de desarmonia oclusal, alterações da postura da língua, dano às estruturas periodontais, desvio funcional da mandíbula devido à incorreta angulação vestibulo-lingual dos dentes posteriores, posição mandibular assimétrica em pacientes adultos e falta de espaço para o adequado alinhamento dentário⁽⁴⁾. A literatura aponta igualmente para a associação entre variações no tamanho e desenvolvimento da maxila e o aumento da resistência da via aérea e deslocamento posterior da língua, constituindo assim fator etiológico para o síndrome de apneia obstrutiva crónica (SAO)⁽⁵⁻⁷⁾. Estima-se que este síndrome afete cerca de 26% dos indivíduos adultos, caracterizando-se por episódios recorrentes de cessação total (apneias) ou parcial (hipopneias) do fluxo aéreo oronasal, secundários a um colapso da via aérea superior durante o sono, sendo, por sua vez, fator de risco para doenças cardiovasculares⁽⁸⁾.

Diversas técnicas e protocolos têm sido desenvolvidos com o objetivo de regularizar a discrepância transversal entre maxila e mandíbula. Uma vez que a dimensão transversal mandibular não é passível de ser alterada, torna-se imprescindível normalizar a dimensão da maxila à sua função⁽⁹⁾. Atualmente, as estratégias disponíveis para este efeito podem ser agrupadas em métodos ortopédicos ou cirúrgicos. Os métodos ortopédicos compreendem a expansão rápida da maxilla (ERM) e a expansão rápida da maxila assistida por micro-implantes (MARPE); os métodos cirúrgicos compreendem a

segmentação da maxila com osteotomia LeFort e a expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente (SARPE).

A seleção do tratamento mais adequado depende da quantidade de correção que é necessária, da diferenciação entre alterações esqueléticas e/ou dentoalveolares e da eficiência do tratamento em relação à idade do paciente no momento em que é tratado⁽¹⁰⁾. Estas considerações devem ser cuidadosamente analisadas aquando do planeamento do tratamento para cada paciente. Um incremento da dimensão transversal, obtido inteiramente por neo-formação óssea, sem compensações dentárias, com ausência de recidiva e sem dano dentário e/ou periodontal, representa o objetivo ideal do tratamento da insuficiência transversal maxilo-mandibular^(9, 11).

Expansão rápida da maxila

A expansão rápida da maxila (ERM), também designada por disjunção maxilar, é um procedimento bem definido e descrito na literatura que tem como principal objetivo a abertura da sutura palatina mediana, permitindo obter uma correta relação entre as bases ósseas maxilar e mandibular⁽³⁾.

O entusiasmo com as possibilidades de tratamento referentes à dimensão transversal da maxilla teve o seu início há mais de 150 anos quando *Emerson Colon Angell* (1822-1903)⁽¹²⁾ propôs que esta estrutura poderia ser expandida através da separação das hemimaxilas ao nível da sutura palatina mediana, publicando o seu trabalho na *Dental Cosmos* em 1860. Este trabalho, que consistia de um parafuso recíproco aderido aos pré-molares, foi desacreditado na altura, principalmente devido à falta de confirmação radiológica e à oposição da comunidade médica. No fim do século XIX e início do século XX, a comunidade ortodôntica continuava a debater-se com este conceito mas na década de 60, o *Dr. Andrew J. Haas*, popularizou este procedimento tornando-o aceite pela comunidade ortodôntica americana e consequentemente pelo mundo⁽¹³⁻¹⁵⁾.

A expansão rápida da maxilla é um procedimento vantajoso em diversas situações: (1) casos de Classe III cirúrgicos e não-cirúrgicos; (2) casos de deficiência maxilar real e relativa; (3) casos de capacidade respiratória nasal inadequada com problemas respiratórios concomitantes; (4) pacientes com fenda lábio-palatina; (5) determinados casos de falta de espaço⁽¹⁶⁾.

O sucesso da expansão rápida da maxila depende directamente de uma tríade de variáveis: o design do dispositivo empregue, o seu modo de activação e a idade do paciente^(10, 17). A idade do paciente, ao ser o fator não controlado pelo clínico, representa um importante desafio no tratamento da constrição maxilar. A literatura sugere que com o

aumento da idade cronológica aumenta a resistência mecânica das estruturas craniofaciais ao tratamento de disjunção maxilar, complicando o prognóstico do mesmo^(10, 18-20) e estando associados efeitos indesejáveis como a angulação dos dentes posteriores^(14, 19), extrusão dentária^(21, 22), reabsorção radicular⁽¹⁴⁾, vestibularização do processo alveolar⁽¹⁹⁾, fenestração da parede vestibular⁽¹⁴⁾, necrose do palato⁽²³⁾, fracasso da abertura da sutura, dor e instabilidade da expansão^(19, 24). Esta perspectiva pessimista acerca da disjunção em pacientes adultos é baseada, em parte, em estudos anatômicos da face que mostram a sutura palatina mediana e estruturas adjacentes tornando-se mais rígidas e começando a fusionar no fim da adolescência⁽²⁰⁾. *Baccetti et al.*⁽¹⁰⁾ procuraram determinar o momento ideal para levar a cabo a disjunção maxilar, comparando os efeitos do tratamento em pacientes agrupados consoante o índice de maturação cervical em tratados precocemente (antes do pico pubertário, estado cervical CS 1 a 3) e tratados tardiamente (após o pico pubertário, estado cervical CS 4 a 6). O grupo tratado precocemente revelou alterações mais significativas e efectivas a longo-prazo, com alterações esqueléticas na base óssea maxilar e suturas circunmaxilares.

Expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente

Em pacientes adultos, preconiza-se o tratamento cirúrgico para a correção de discrepâncias transversais maxilo-mandibulares⁽²⁵⁾. Estes procedimentos têm sido agrupados em duas categorias: segmentação da maxila com osteotomia LeFort para reposicionar os segmentos individuais e a expansão rápida da maxila assistida cirurgicamente (SARPE)⁽²⁵⁾.

A intervenção cirúrgica encontra-se indicada nas seguintes situações: deficiência transversal maxilar de 5 mm ou mais; discrepância significativa entre maxila e mandíbula; fracasso da expansão ortopédica e/ou ortodôntica; necessidade de expansão maxilar de mais de 7 mm; recessão gingival significativa na região de caninos e/ou premolares; idade do paciente superior a 15 anos de idade^(26, 27).

A idade do paciente tem sido considerada pela maioria dos autores como o critério fundamental para a distinção entre o procedimento cirúrgico ou ortopédico, ainda que com diferentes perspectivas sobre a matéria. *Epker et al.*⁽²⁸⁾ recomendaram a realização de procedimento cirúrgico em pacientes com mais de 16 anos de idade. *Timms et al.*⁽¹⁴⁾ consideraram 25 anos como o limite para o procedimento ortopédico. *Mossaz et al.*⁽²⁹⁾ arbitrariamente recomendou o procedimento cirúrgico “após a segunda década de vida”. *Alpern et al.*⁽³⁰⁾ sugeriu que o género do indivíduo fosse também tido em conta, de forma a

que indivíduos do sexo feminino a partir dos 20 anos e do sexo masculino a partir dos 25 anos deveriam ser submetidos a procedimento cirúrgico.

No entanto, a intervenção cirúrgica é financeiramente dispendiosa, requer mais tempo de hospitalização e de recuperação do paciente com morbidade inerente^(26, 31). Frequentemente, pacientes submetidos a este tipo de procedimentos cirúrgicos, para além da expectável dor e edema facial, estão em risco de sofrer outros efeitos adversos como hemorragias, infeções, sinusites, perda de osso periodontal, perda de vitalidade dentária, perda dentária, ulceração da mucosa do palato, expansão assimétrica, recidiva e mesmo situações mais severas como necrose asséptica e complicações orbitárias⁽²⁶⁾. *Williams et al.*⁽²⁶⁾ estudaram 120 pacientes submetidos a SARPE e observaram que 41 desenvolveram pelo menos uma complicação. Em 33 registaram-se complicações cirúrgicas, em 18 complicações periodontais e/ou dentárias e 10 desenvolveram, simultaneamente, complicações cirúrgicas, dentárias e periodontais. A expansão assimétrica e/ou inadequada foi a complicação cirúrgica mais frequente (13,3%), a recessão gengival foi a complicação dentária e/ou periodontal mais frequente (8,3%). Dois pacientes desenvolveram complicações periodontais com defeitos ósseos severos que levaram à perda dos incisivos centrais superiores⁽²⁶⁾. No estudo de *Cakarer et al.*⁽³¹⁾, em 2017, 20% dos indivíduos da amostra desenvolveram complicações pós-operatórias, incluindo défices neurosensitivos, infeção do seio maxilar, epistaxis, formação de fistulas e deiscência da incisão.

Apesar da correção cirúrgica ser efetiva em solucionar a discrepância, têm surgido algumas questões relativamente à estabilidade desta modalidade de tratamento. *Phillips et al.*⁽³²⁾ reportaram recidiva significativa após expansão com osteotomia segmentada e LeFort I em 39 pacientes. Os autores consideraram que com SARPE será possível obter resultados mais estáveis uma vez que permite adaptação dos tecidos durante a expansão e durante o período de consolidação. No entanto, a comparação entre os dois tipos de procedimentos cirúrgicos tem sido difícil, principalmente devido à dificuldade em estabelecer um estudo comparativo efetivo^(33, 34). *Berger et al.*⁽³⁵⁾ afirmou que a estabilidade pós-SARPE ao fim de um ano em pacientes pós-puberais foi semelhante à estabilidade da expansão ortopédica em pacientes pré-puberais.

A complexidade do procedimento cirúrgico, bem como o seu impacto na vida quotidiana levam a que muitos pacientes declinem esta opção de tratamento sendo que, até há pouco tempo, não existia nenhuma outra alternativa válida para o tratamento da insuficiência transversal em pacientes adultos. Em pacientes adultos jovens, esta questão é ainda mais pertinente, uma vez que são indivíduos que já alcançaram maturação esquelética mas que padecem de uma alteração que poderia ter sido tratada ortopedicamente se intervencionada poucos anos antes⁽³⁶⁻³⁸⁾.

Expansão rápida da maxila assistida por microimplantes (MARPE)

Inovações nas ferramentas de diagnóstico bem como nas ferramentas técnicas e clínicas possibilitaram o surgimento de alterações à técnica de disjunção rápida da maxila originando importantes progressos no tratamento da deficiência transversal, desenvolvendo-se um novo método de disjunção maxilar – o método *MARPE* ou *Expansão rápida da maxila assistida por microimplantes*. Este método não é mais do que a associação entre um dispositivo de disjunção maxilar convencional a microimplantes ortodônticos com o objetivo de obter uma técnica mais eficaz, obtendo ancoragem esquelética, minimizando os efeitos indesejados e obtendo uma expansão maxilar o mais efetiva possível⁽³⁸⁻⁴⁷⁾.

O desenvolvimento deste método foi possível graças à introdução dos microimplantes como coadjuvantes do tratamento ortodôntico. O seu baixo custo e natureza pouco invasiva permitiu que, em 1996, *Wherbein et al.*⁽⁴⁸⁾ introduzissem pela primeira vez a utilização de microimplantes na região palatina, já que esta zona se encontra coberta por gengiva queratinizada, fornecendo boa estabilidade e flexibilidade aos dispositivos. Por volta do início do ano 2000 a ideia da disjunção esquelética assistida por microimplantes começou a disseminar-se em diferentes conferências científicas como a *Asian Implant Orthodontic Conference* (AIOC) e a *World Implant Orthodontic Conference* (WIOC). Vários ortodontistas desenvolveram então novos designs de disjuntores ancorados esqueleticamente através de microimplantes. É importante notar que o termo MARPE não representa um tipo específico de disjuntor, mas, na verdade, refere-se à técnica de disjunção onde o disjuntor é ancorado através de microimplantes. Sob a denominação MARPE vários disjuntores existem com diferenças no que refere à localização da ancoragem, ao tamanho e número de microimplantes, à posição do parafuso de expansão, aos protocolos de ativação, etc. Alguns disjuntores possuem ancoragem unicamente através dos microimplantes, no entanto, a maioria apresenta caráter híbrido, possuindo ancoragem esquelética através de microimplantes e também ancoragem dentária. Assim, há que ter em conta que diferenças no design dos disjuntores, nos microimplantes e mesmo no procedimento vão originar resultados diferentes, podendo originar factos contraditórios e conclusões opostas, uma vez que as forças originadas durante a expansão e os seus vetores são altamente influenciados por estas variáveis^(38, 39, 49).

Um dos principais impulsionadores do método MARPE é o Dr. Won Moon que, com o apoio da sua equipa, tem vindo a desenvolver na Universidade da Califórnia - Los Angeles, E.U.A., um dos mais populares disjuntores MARPE disponíveis - o MSE (*Maxillary Expander*, Biomaterial Korea, Seoul, South Korea®) (imagem 1). Em 2010, *Lee et al.*⁽³³⁾ publicaram o primeiro caso clínico com a técnica MARPE onde alcançaram com sucesso

a separação da sutura palatina média com o disjuntor MSE. Desde esse momento, seguiram-se diversos estudos com a intenção de elucidar a técnica MARPE e as suas potencialidades enquanto tratamento da deficiência transversal da maxila em pacientes de várias faixas etárias, abrindo novas possibilidades de tratamento especialmente no tratamento de pacientes adultos jovens⁽³⁸⁻⁴⁷⁾.

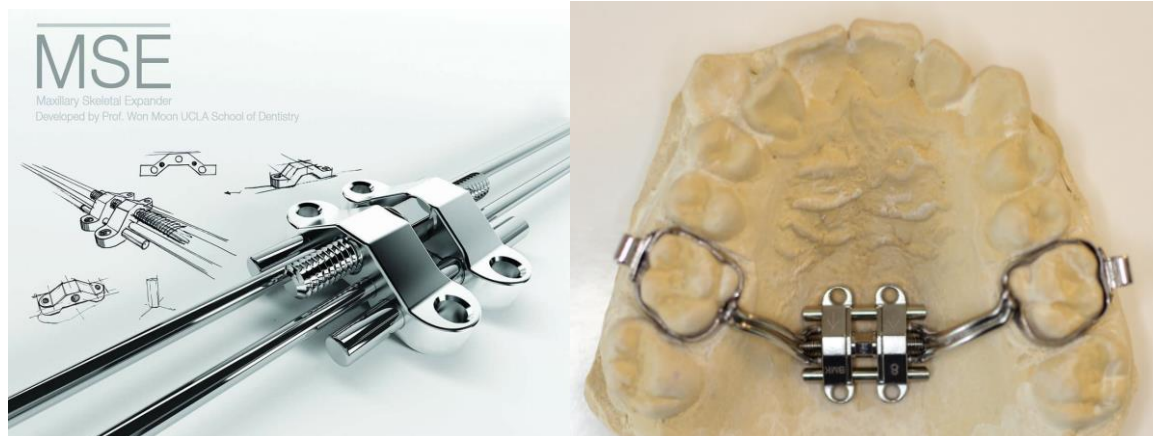


Imagem 1 - MSE Maxillary Expander, Biomaterial Korea, Seoul, South Korea®, desenvolvido pelo Dr. Won Moon.

A incorporação dos microimplantes tem como objetivo garantir uma transmissão de força mais eficaz à base óssea subjacente. Permite ancorar o dispositivo a uma estrutura óssea mais robusta aumentando a estabilidade primária e mantendo as hemimaxilas separadas durante o período de consolidação ^(33, 38-40, 45-47, 49-52). *Lee et al.*⁽³³⁾ afirmaram que os efeitos do tratamento poderiam ser definidos como uma combinação de expansão esquelética e dentoalveolar, já que o disjuntor é simultaneamente dento e osteo-suportado. A localização dos microimplantes na região paramediana da sutura palatina foi escolhida por ser de fácil acesso, com baixo risco de dano às estruturas anatómicas importantes e por ser um local com gengiva queratinizada menos susceptível à inflamação, além de apresentar osso cortical com boa qualidade para permitir a estabilidade primária dos microimplantes⁽⁵³⁾.

Moon et al. ⁽⁴⁹⁾ afirmaram que, para o sucesso da técnica MARPE, a ancoragem dos microimplantes deve ser bicortical. Desta forma, a abertura do parafuso do disjuntor permite influenciar estruturas a uma maior distância, de forma mais eficaz com menos stress para os próprios microimplantes ^(38-40, 46, 47, 49-52). *Lee et al.* ⁽⁵⁴⁾ concluíram que a ancoragem bicortical resulta em melhor estabilidade dos microimplantes, menor deformação e fratura e expansão maxilar mais paralela no plano coronal ⁽⁵⁴⁾.

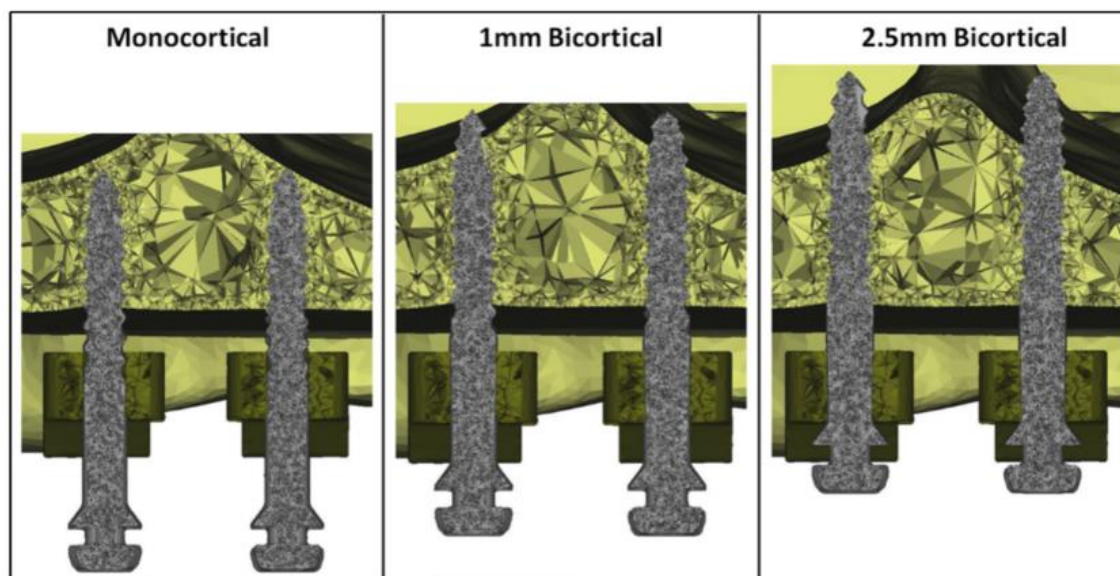


Imagem 2 - Exemplo de três modelos de ancoragem: ancoragem monocortical, ancoragem bicortical de 1 mm e ancoragem bicortical de 2mm⁽⁵⁴⁾.

Neste método, a eficiência da transmissão da força é afetada pela posição dos microimplantes, pelo comprimento do arame de conexão e pela estabilidade da conexão entre os microimplantes e o corpo do disjuntor. O eixo dos microimplantes e a direção do movimento provocado pela ativação do disjuntor deve ser igualmente considerada⁽⁴⁵⁾.

Esta melhoria efetiva da técnica veio despertar o interesse dos investigadores no tratamento da discrepância transversal maxilo-mandibular em pacientes adultos. Literatura recente reporta diversos casos clínicos de disjunção maxilar em pacientes adultos jovens com a técnica MARPE, com separação efetiva das duas hemimaxilas e alterações evidentes nas estruturas craniofaciais envolventes ^(17, 33, 38-40, 42, 43, 45-47, 49, 51, 52, 55-65).

Objetivo

A comunidade científica tem-se mostrado cada vez mais interessada na técnica MARPE, com diversas publicações de casos clínicos ilustrando diferentes disjuntores e protocolos de expansão^(17, 33, 38-40, 42, 43, 45-47, 49, 51, 52, 55-65). Hoje em dia já não é questionável o sucesso do tratamento da disjunção da maxila, mas sim, em que casos será possível obter a abertura da sutura palatina mediana em indivíduos adultos jovens, como alternativa ao procedimento cirúrgico. É objetivo da presente exposição descrever o método MARPE, as suas indicações, vantagens e desvantagens, bem como avaliar a sua pertinência

enquanto opção para o tratamento da insuficiência transversal da maxila em pacientes adultos.

Materiais e Métodos

Foi realizada pesquisa bibliográfica nas seguintes bases de dados eletrônicas: Google Scholar Beta, PubMed, Medline, Science Direct, Cochrane, Web of Science, Ovid, e Bandolier. Foram utilizadas as palavras-chave *orthodontics*, *rapid maxillary expansion*, *midpalatal suture maturation*, *miniimplant assisted rapid maxillary expansion*, *marpe*. Foi considerada literatura em língua inglesa, francesa e portuguesa. Como complemento, as referências bibliográficas de cada artigo foram revistas a fim de obter outros artigos pertinentes não mencionados na pesquisa bibliográfica inicial. Desta pesquisa resultaram 120 referências bibliográficas com pertinência para a presente dissertação.

Esta dissertação é também ilustrada com base num caso clínico levado a cabo em prática clínica privada e mediante o consentimento da paciente interveniente.

Diagnóstico transversal maxilo-mandibular

Ao contrário do que acontece com alterações nos planos vertical e sagital e apesar de a maxila ser uma estrutura exaustivamente descrita na literatura, o diagnóstico da deficiência transversal é frequentemente pouco claro e objetivo, sendo utilizados diferentes métodos para a sua avaliação. De facto, discrepâncias esqueléticas maxilares moderadas são as situações que mais comumente passam despercebidas ao clínico quando este recorre apenas a observação clínica e não uma análise objetiva⁽¹¹⁾. Em parte, pode dever-se ao facto de uma deficiência transversal da maxila nem sempre se manifestar sob a forma de mordida cruzada posterior. Mecanismos compensatórios fazem com que os dentes posteriores maxilares adquiram torque vestibular excessivo, vulgarmente designado como “tipping” vestibular, e que os dentes mandibulares apresentem torque lingual excessivo ou “tipping” lingual para compensar a desarmonia esquelética subjacente⁽⁹⁾(imagens 2, 3 e 4).

Por outro lado, o diagnóstico encontra-se também limitado pelo facto de não existir um valor absoluto e exato para a dimensão transversal ideal, nem para a maxila nem para a mandíbula. Na verdade, deve-se considerar cada paciente como a sua própria “norma” utilizando como ponto de partida a dimensão mandibular de cada paciente. Uma vez que a mandíbula é incapaz de ser afetada pelo tratamento ortodôntico tradicional, o objetivo será o de normalizar a maxila à sua função. Assim, a diferença entre as duas bases ósseas, em vez das suas dimensões tidas em conta individualmente, é o conceito a ter em mente⁽⁹⁾.

Estudos de *Ricketts*⁽⁶⁶⁾, *Andrews*⁽⁶⁷⁾ e *Tamburrino*⁽⁹⁾ concluíram que numa relação transversal ideal em pacientes adultos, a maxila possui uma dimensão transversal superior à mandíbula em 5 mm (ou seja, dimensão maxilar – dimensão mandibular = 5 mm). *Tamburrino et al.*⁽⁹⁾ afirmou ainda, que em discrepâncias de 2-5 mm poderia optar-se pela camuflagem ortodôntica mas que em discrepâncias inferiores a 2 mm seria necessário recorrer a correção ortopédica e/ou cirúrgica.

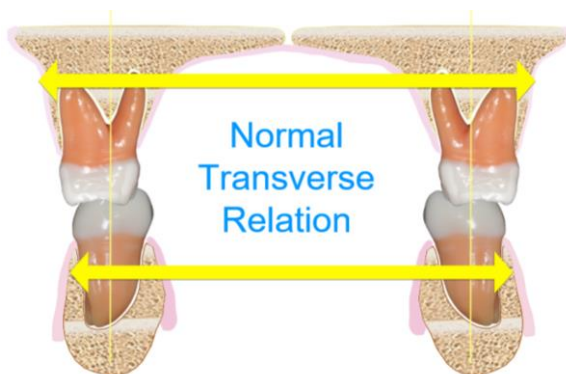


Imagem 3 - Esquema representativo de uma relação transversal normal entre maxila e mandíbula.



Imagem 4 - Esquema representativo de uma relação transversal anormal entre maxila e mandíbula sem compensação dentária

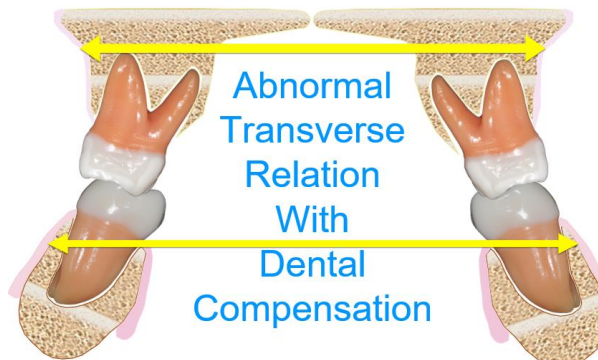


Imagem 5 - Esquema representativo de uma relação transversal anormal entre maxila e mandíbula com compensação dentária.

Em 1969, *Ricketts*⁽⁶⁶⁾ introduziu a análise esquelética transversal como parte do seu método de diagnóstico cefalométrico, recorrendo a uma cefalometria posteroanterior. Esta análise baseia-se na localização de dois pontos esqueléticos para determinar a dimensão maxilar – os pontos Jugais - e dois pontos esqueléticos para determinar a dimensão mandibular – os pontos Antegoniais. Em 1970, *Andrews*⁽⁶⁷⁾ publicou o reconhecido trabalho *The Six Keys to Normal Static Occlusion* e, mais tarde, desenvolveu a análise *Element III* com o objetivo de analisar a relação transversal entre maxilla e mandíbula. Esta análise baseia-se na identificação de uma linha, designada por WALA (devido a Will Andrews e

Larry Andrews) que os autores consideram corresponder à largura da mandíbula. No entanto ambos os métodos apresentam limitações. Na análise de Ricketts, o estudo incide numa imagem a duas dimensões, susceptível a fenómenos de magnificação e distorção bem como à dificuldade na identificação das estruturas. A análise de Andrews revela-se também de pouco interesse pois é um método altamente dependente do operador, baseando o diagnóstico, que deve ser esquelético, em indicadores dentários.

Em 2010, na Universidade da Pensilvania, *Tamburrino et al.*⁽⁹⁾ desenvolveram uma técnica para análise transversal da relação maxilo-mandibular com base em imagens de tomografia computadorizada. Para determinar a largura mandibular, os autores selecionam a partir do CBCT um corte coronal que interssete o centro dos primeiros molares mandibulares, sendo a medição feita desde a cortical vestibular na região da furca desde o lado direito até ao lado esquerdo. Para a maxilla, o mesmo método é empregue, medindo a distância ao nível da furca do primeiro molar. Subtraindo a largura mandibular à largura maxilar, determina-se a discrepância entre ambas bases ósseas⁽⁹⁾. Como já referido anteriormente, numa relação ideal a discrepância deve ser de 5 mm^(9, 66, 67).

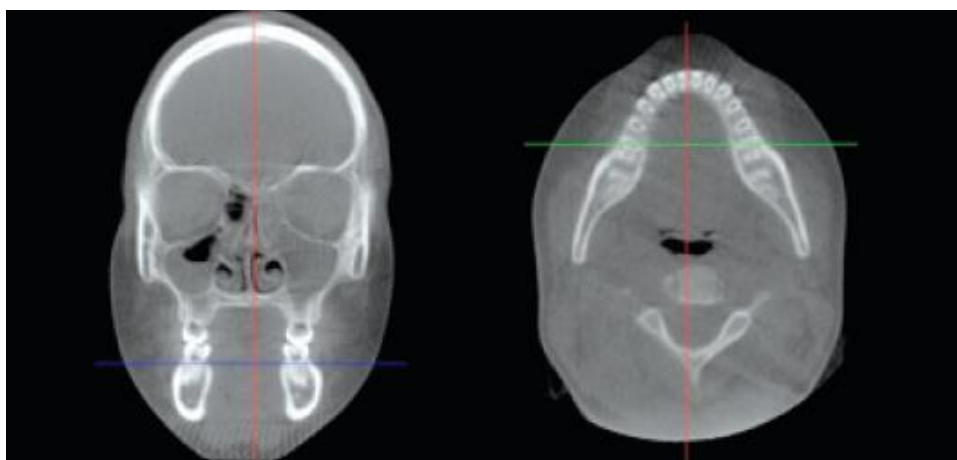


Imagem 6 - Medição da dimensão transversal da mandíbula ao nível da furca do primeiro molar⁽⁷⁾.

É possível obter uma boa intercuspidação e um posicionamento satisfatório dos dentes posteriores mesmo na presença de uma desarmonia esquelética. No entanto, este facto é acompanhado por um risco concomitante de danos ao periodonto. Em discrepâncias moderadas, estes efeitos podem não constituir problema, no entanto, em

discrepâncias severas a camuflagem ortodôntica da discrepância transversal recorrendo a brackets, elásticos cruzados ou arcos expandidos acarreta um elevado risco de fenestração radicular com significativa perda de inserção⁽¹¹⁾. De facto, *Anzilotti e Vanarsdall*⁽⁶⁸⁾ sugeriram que pacientes com discrepâncias esqueléticas superiores a 5 mm possuíam um maior risco de comprometimento periodontal do que pacientes com bases esqueléticas optimamente relacionadas. Apesar de existirem vários fatores biológicos, intrínsecos e extrínsecos que modulam a doença periodontal, um periodonto fino e fragilizado possui menor capacidade de suportar agressões mecânicas⁽¹¹⁾.

Caso Clínico

Uma paciente do sexo feminino, com 23 anos e 7 meses de idade, compareceu à consulta de ortodontia com o objetivo de se submeter a tratamento ortodôntico, apresentando como motivação a insatisfação estética com o seu sorriso.

Ao exame facial extra-oral, a paciente revela um perfil harmonioso e terços faciais proporcionais. A exposição frontal em sorriso revela a existência de corredores bucais, sendo facilmente perceptível a insuficiência transversal maxilar subjacente (imagens 7, 8 e 9).



Imagem 7 - Exploração extra-oral frontal da paciente.



Imagem 8 - Exploração extra-oral de perfil em repouso da paciente.



Imagem 9 - Exploração extra-oral da paciente a três-quartos (à direita).



Imagem 10 - Exploração intra-oral da paciente.

Ao exame intra-oral é notória a existência de mordida cruzada posterior bilateral com leve apinhamento da dentição maxilar (imagem 10). Observa-se também desvio da linha média dentária inferior de 2 mm à esquerda, classe I molar à direita, classe II molar à esquerda, classe I de caninos à direita e classe II de caninos à esquerda, sobremordida horizontal e vertical normais. A telerradiografia de perfil revela bases ósseas bem posicionadas, com biótipo mesofacial. Imagens tomográficas em corte sagital das articulações temporomandibulares revelaram um posicionamento correto dos côndilos na respetiva fossa articular. Imagens tomográficas em corte coronal ao nível dos primeiros molares maxilares demonstraram a existência de compensações traduzidas por uma inclinação vestibular excessiva destes elementos, bem como uma inclinação excessiva lingual dos elementos dentários antagonistas (imagem 16).

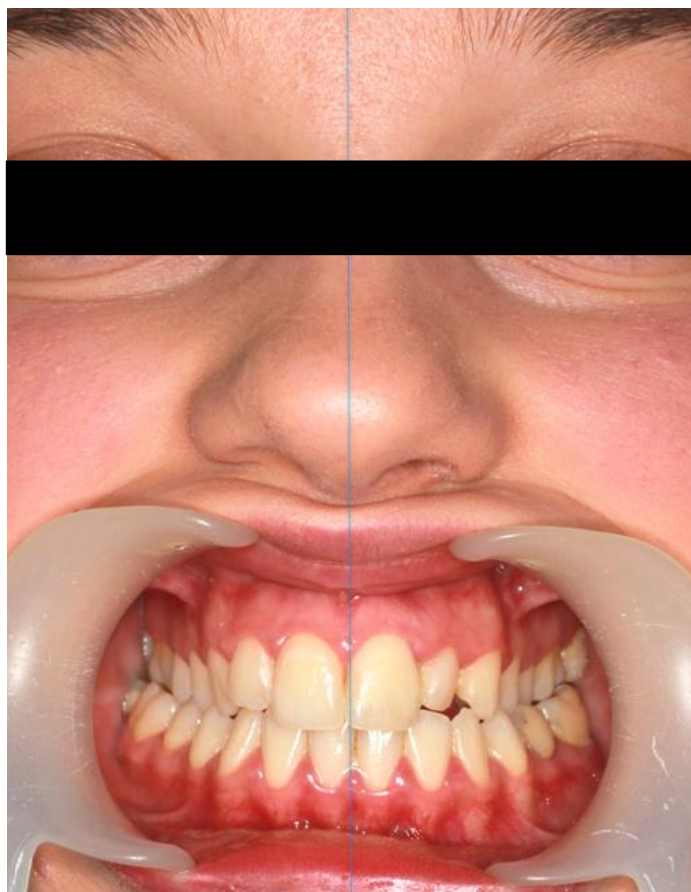


Imagem 11 - Exploração intra-oral com avaliação da coincidência entre as linhas-médias superior e inferior da paciente.



Imagem 12 - Ortopantomografia da paciente.



Imagem 13 – Corte tomográfico sagital.

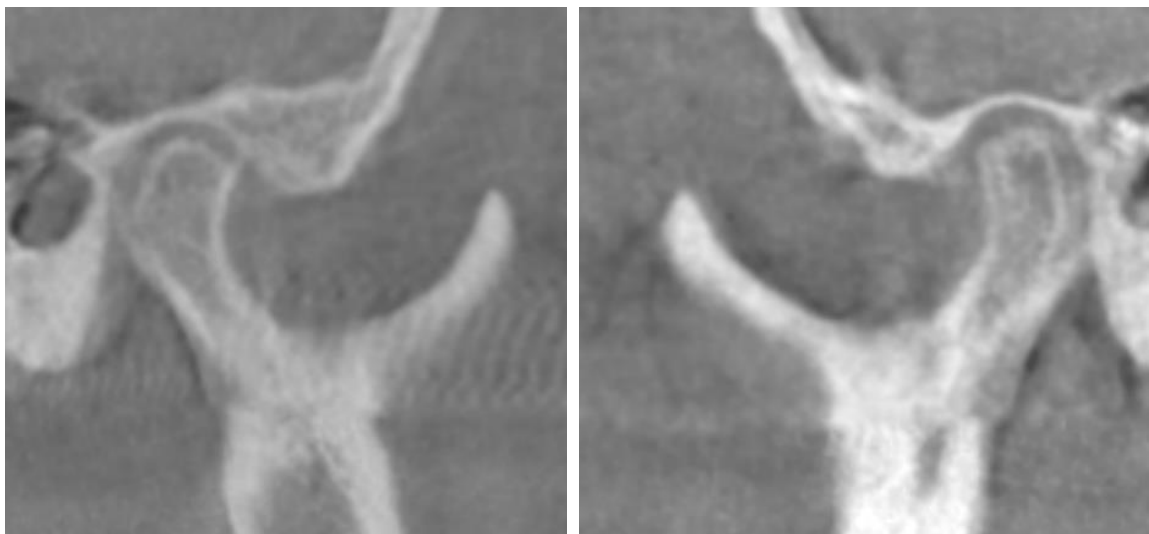


Imagem 14 - Corte sagital com o posicionamento dos côndilos mandibulares nas respectivas fossas glenóides.

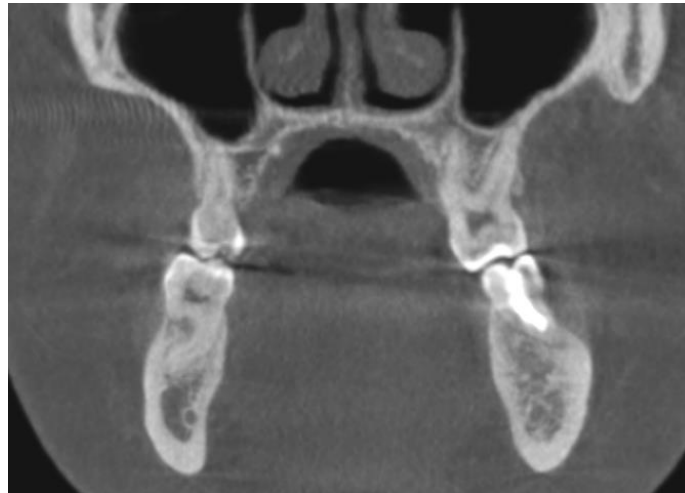


Imagem 15 - Corte coronal com pormenor da relação transversal maxilo-mandibular ao nível de 16 e 26 (compensações dento-alveolares).

A análise da dimensão transversal, medida desde a cortical externa da região de início da furca do primeiro molar maxilar e mandibular, revelou uma dimensão mandibular de 56,5 mm (imagem 17) e uma dimensão maxilar de 48,9 mm (imagem 18). De acordo com os parâmetros de *Tamburrino*⁽⁹⁾, *Ricketts*⁽⁶⁶⁾ e *Andrews*⁽⁶⁷⁾, onde a dimensão maxilar deveria ultrapassar a mandibular em 5 mm, esta relação é claramente deficiente, uma vez que para uma dimensão mandibular de 56,5 mm, deveríamos estar perante uma dimensão maxilar de 61,5 mm. Assim sendo, neste caso em particular, é necessária uma expansão maxilar de 12,6 mm (61,5 mm – 48,9 mm).



Imagem 16 - Corte transversal com pormenor da medição da dimensão transversal mandibular ao nível da cortical externa da região da furca do primeiro molar mandibular.



Imagem 17 - Corte transversal com pormenor da medição da dimensão transversal maxilar ao nível da cortical externa da região da furca do primeiro molar maxilar.

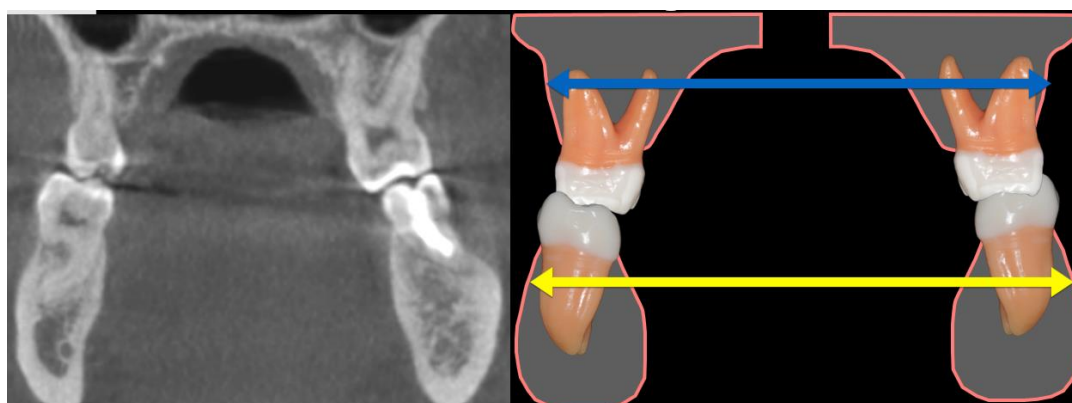


Imagem 18 - Corte coronal da relação transversal maxilo-mandibular ao nível de 16 e 26 (à direita) e respetiva representação esquemática (à esquerda).

As compensações dentárias existentes inviabilizaram a hipótese de camuflagem ortodôntica do problema transversal, pelo risco elevado de dano às estruturas de suporte.

Assim, tendo como prioridade a correção do problema transversal da paciente, optou-se por levar a cabo a expansão rápida da maxila assistida por microimplantes (MARPE), utilizando-se o disjuntor esquelético MSE (*Maxillary Expander*, Biomaterial Korea, Seoul, South Korea®).

Aspetos de confecção do disjuntor

O MSE (*Maxillary Expander*) caracteriza-se por possuir quatro microimplantes instalados no corpo do parafuso permitindo ancoragem esquelética e duas bandas para os primeiros molares permitindo ancoragem dentária. No corpo do disjuntor existem quatro orifícios com 1,8 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade chamados anéis de fixação; estes servem de suporte aos microimplantes servindo também como guia à sua inserção; os anéis anteriores localizam-se medialmente ao primeiro molar direito e esquerdo e os anéis posteriores localizam-se imediatamente por distal do primeiro molar. Os microimplantes utilizados possuem 1,8 mm de diâmetro e um comprimento variável de 9, 11 ou 13 mm, consoante o mais adequado. O anel de fixação e o microimplante possuem o mesmo diâmetro com a intenção de minimizar forças laterais indesejadas ^(33, 38, 41).

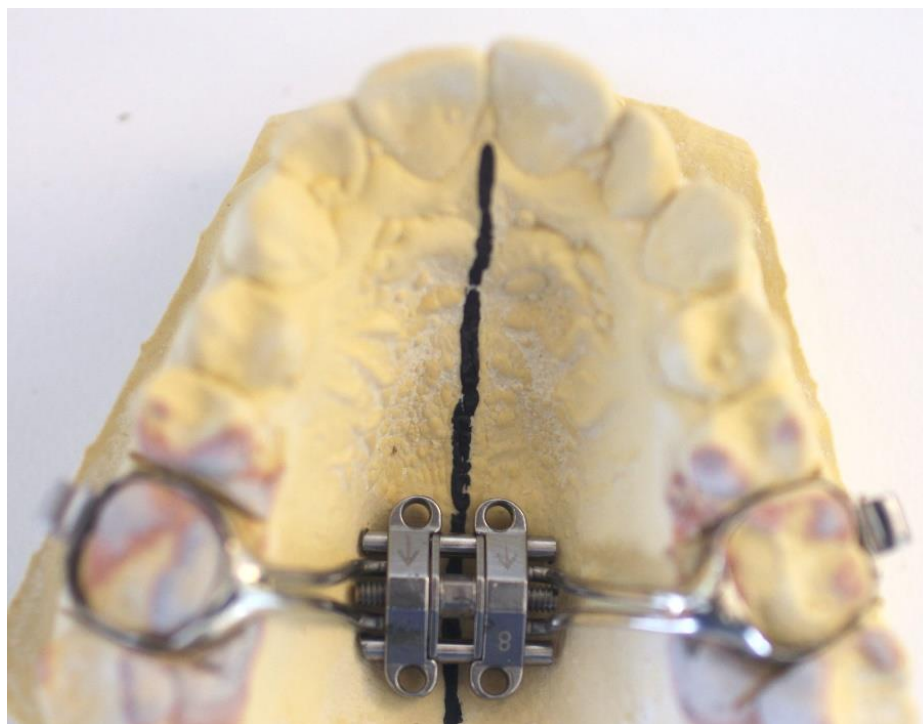


Imagem 19 - Aspeto oclusal do disjuntor MSE com parafuso de 8 mm.

Deve ser selecionado o disjuntor com maior capacidade expansiva possível que, ao mesmo tempo, possa ser colocado a uma distância vertical ideal da mucosa do palato. Se o parafuso for posicionado muito distante da mucosa, nomeadamente a mais de 2 mm, os microimplantes podem não alcançar a cortical óssea nasal, sendo maior o risco de deformação já que a força é aplicada a uma maior distância da interface osso/implante^(38, 54). Em palatos estreitos, típicos dos respiradores orais crónicos, mesmo o parafuso de 8

mm poderá não permitir uma correta colocação vertical. Nestes casos pode-se cortar as extremidades laterais do corpo do parafuso, diminuindo a sua dimensão transversal; este desgaste não afeta o sucesso do tratamento já que a força é transmitida aos microimplantes e não ao corpo do parafuso. Pode acontecer igualmente que a dimensão do palato do paciente apenas permita a seleção de um parafuso de 8 mm, mas que a expansão obtida por este dispositivo seja insuficiente; nestes casos pode ser necessário um segundo disjuntor para obter a quantidade de expansão necessária.

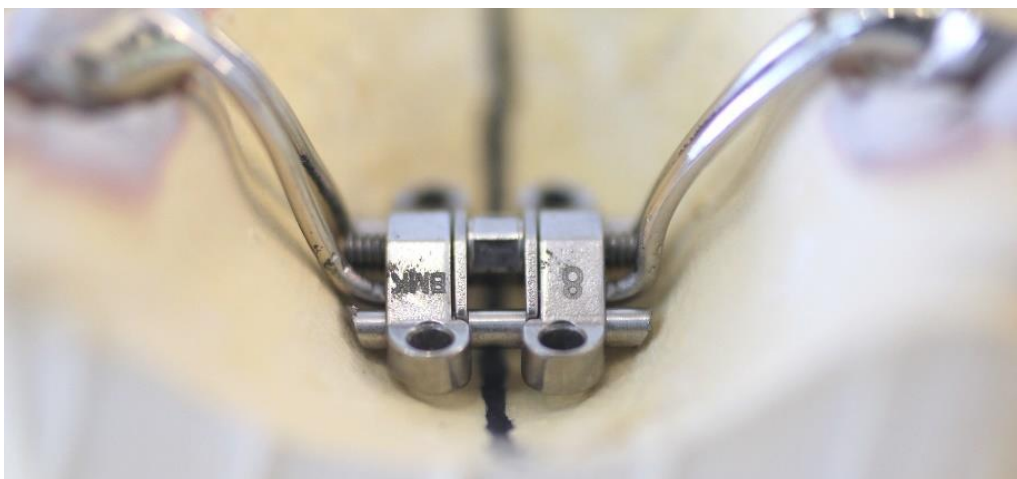


Imagem 20 - Pormenor da adaptação do disjuntor MSE à mucosa palatina subjacente.

O corpo do disjuntor deve ser posicionado o mais posteriormente possível, próximo da transição palato duro/mole, uma vez que a maior resistência à abertura da sutura se localiza entre a maxila e as lâminas pterigóides do osso esfenóide. Os autores defendem que quando as forças são aplicadas diretamente no centro de resistência da maxila, através de microimplantes e não utilizando ancoragem dentária, o sistema de forças é mais favorável devido a uma dissipação de forças homogênea, prevenindo a angulação dos elementos de ancoragem e permitindo uma disjunção mais paralela⁽³⁸⁾. No presente caso clínico, a profundidade do palato da paciente apenas permitia a colocação adequada de um parafuso de 8 mm, sendo este o selecionado para o tratamento.

Uma vez selecionado o tamanho do parafuso através de estudo radiológico, segue-se um dos pontos cruciais para o sucesso da técnica, isto é, a correta seleção do comprimento do microimplante. É importante notar que, se não for alcançada ancoragem bicortical, a abertura da sutura palatina mediana encontra-se seriamente comprometida. Para esta seleção há que ter em conta a espessura de osso e de tecido mole, bem como, a distância do anel de fixação dos microimplantes à mucosa⁽⁶⁹⁾. É, assim, necessário que o clínico tenha conhecimento pleno das estruturas anatómicas associadas. De entre as

características anatômicas da região do palato duro, salienta-se a espessura média de osso nas regiões mesial e distal ao parafuso variando de 3,77 a 3,88 mm e de 2,33 a 2,44 mm, respectivamente ⁽⁶⁹⁾. Da mesma forma, também os tecidos moles possuem espessura variável, nomeadamente 2,6 a 2,8 mm e 1,75 a 1,82 mm nas regiões mesial e distal do parafuso, respectivamente ⁽⁶⁹⁾.

Alguns métodos têm sido desenvolvidos por diferentes autores para tornar este passo do protocolo o mais previsível possível. São de salientar os trabalhos de *Nojima et al.* ⁽⁴⁴⁾, que propuseram um protocolo para a seleção do comprimento do microimplante com base na análise de imagens CBCT e de *Maino et al.* ⁽⁶⁰⁻⁶²⁾, tendo estes últimos desenvolvido um template informático para a elaboração de um guia cirúrgico de inserção dos microimplantes.

No caso clínico apresentado, seguiu-se o método proposto por *Nojima et al.* ⁽⁴⁴⁾ e após cuidadosa análise foram selecionados microimplantes de 1,8 mm de largura por 11 mm de comprimento. Segundo o método proposto por *Nojima et al.* ⁽⁴⁴⁾, numa primeira fase, obtêm-se os modelos de estudo do paciente. Sobre estes é desenhada uma linha representativa da sutura palatina mediana, onde se irá posicionar o parafuso (Imagem 21, figuras A e B); de seguida, é estabelecida a posição antero-posterior do parafuso posicionando-o em relação aos primeiros molares. Com o parafuso em posição traçam-se duas linhas perpendiculares, passando pelo centro dos anéis de fixação e pela face oclusal dos dentes de ancoragem (imagem 21, figuras C e D). Estas linhas serão usadas como referência para a seleção dos cortes tomográficos para a medição da espessura óssea nessas regiões.

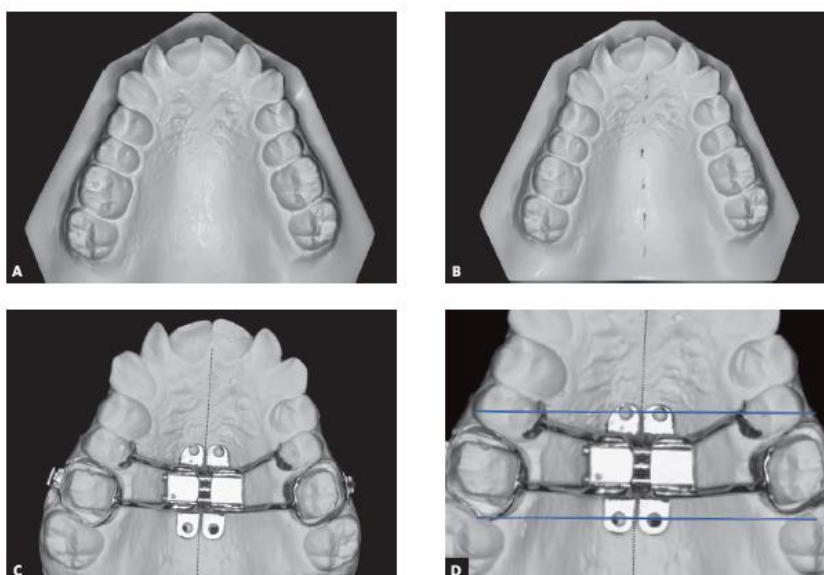


Imagem 21 - A) Modelo de estudo; B) Delineação da linha transversal correspondente à sutura palatina mediana; C) Posicionamento do parafuso em relação à linha transversal; D) Delineação de linhas perpendiculares, referentes à posição dos anéis de fixação dos microimplantes⁽⁴⁴⁾

Procede-se então à análise do CBCT do paciente, num software de visualização DICOM. As imagens deverão ser orientadas e selecionados os cortes adequados⁽⁴⁴⁾. No disjuntor deve ser medida a distância entre os anéis de fixação (figura 3E), este valor é transferido para o CBCT, medindo-se a espessura óssea nestas regiões em secção coronal (figura 3F) ⁽⁴⁴⁾. Segue-se a medição nos modelos de gesso da distância entre os anéis de fixação e o palato duro; para o efeito pode ser utilizada uma sonda periodontal com marcação milimetrada (figura 4) ⁽⁴⁴⁾.

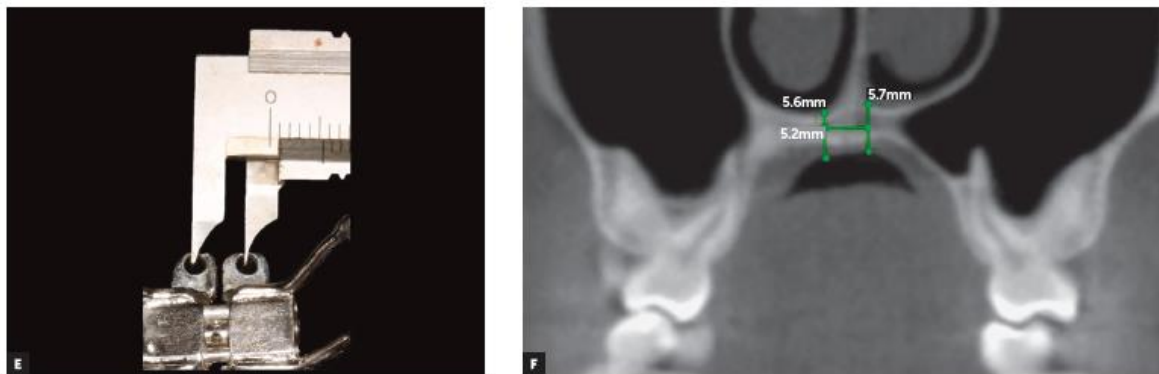


Imagem 22 - Medição da distância entre os anéis de fixação do disjuntor; F) Imagens de CBCT ilustrando a medição da espessura de osso e tecido mole, na secção coronal correspondente à região distal do parafuso de disjunção⁽⁴²⁾.

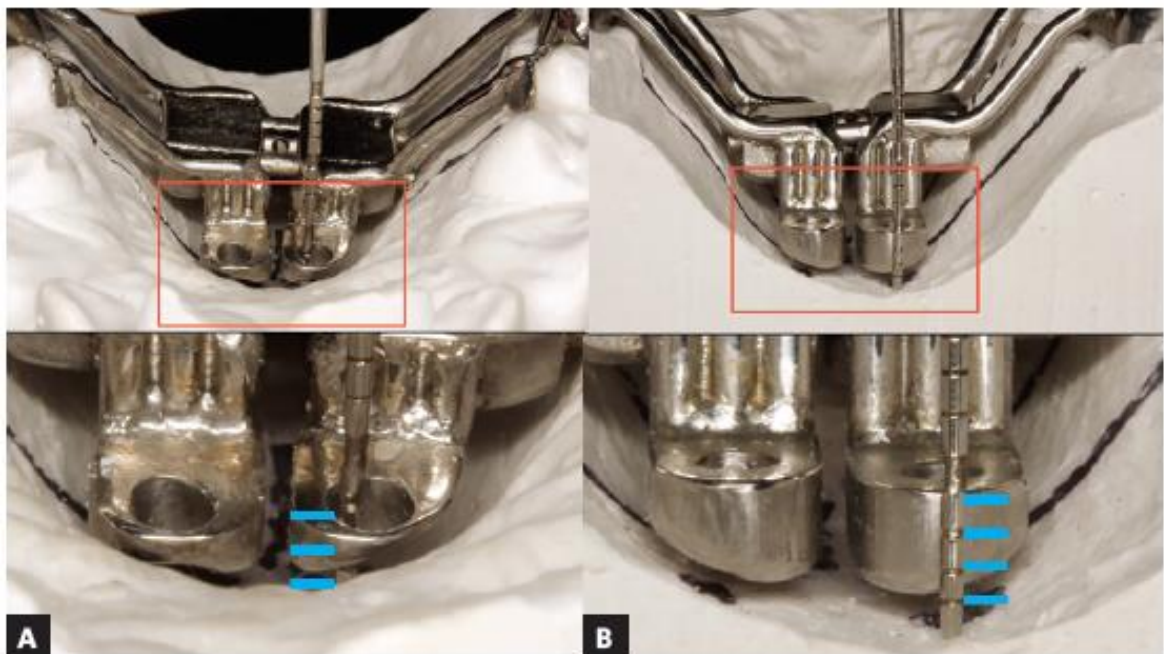


Imagem 23 - Medição da altura dos anéis de fixação na região anterior (A) e posterior (B); e entre estes e a superfície do palato⁽⁴²⁾.

Com estes dados é então possível selecionar o comprimento do microimplante o qual se obtém a partir da soma das medições obtidas: espessura óssea, 1,0 a 2,0 mm

necessários para a extremidade do microimplante ultrapassar a cortical óssea nasal, espessura da mucosa, espessura dos anéis de fixação e a respetiva distância à superfície do palato ⁽⁴⁴⁾.

Aspetos de instalação do disjuntor

Na primeira consulta com o paciente é importante proceder a uma explicação geral do procedimento, clarificando as limitações técnicas e possíveis complicações. Nesta consulta são realizadas moldagens ou scanning das arcadas e enviadas para laboratório para confeção do disjuntor⁽³⁸⁾.



Imagem 24 - Disjuntor MSE conforme fornecido pelo laboratório.

Na consulta de colocação do disjuntor aconselha-se a toma de um analgésico na hora anterior ao procedimento a fim de minimizar o desconforto para o paciente. No caso de o disjuntor estar perfeitamente adaptado é feita a sua cimentação, precedida pela colocação de elásticos separadores 5 a 7 dias antes. Depois de cimentado, procede-se à anestesia infiltrativa da região que irá receber os microimplantes. A quantidade de anestésico aplicada deve ser mínima (cerca de 1/5 de um anestubo) a fim de se anestesiarem apenas a mucosa e evitar a sua deformação⁽³⁶⁾. Uma vez anestesiada a mucosa, inserem-se os microimplantes utilizando para o efeito uma chave manual específica (Manual drive - Biomaterials Korea®, Seoul, South Korea), seguida de uma inserção final com o auxílio de uma carraca⁽³⁸⁾.

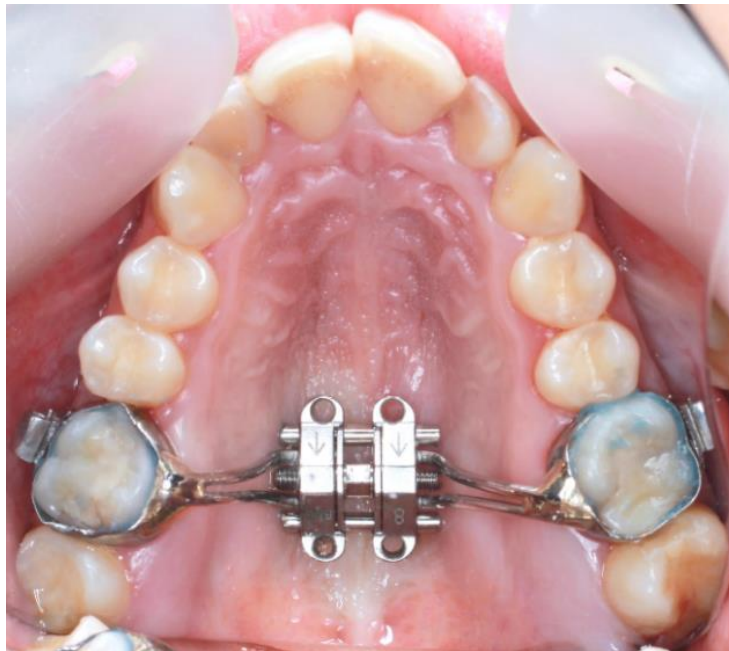


Imagem 25 - Perspectiva oclusal do disjuntor MSE já cimentado.

Depois de inseridos os quatro microimplantes, deve ser feita uma ativação imediata do parafuso de 2 a 3 voltas. O paciente poderá referir algum desconforto, especialmente na região nasal, quando a ancoragem bicortical é alcançada. Deve-se informar e esclarecer o paciente acerca do protocolo de expansão e cuidados de higiene, podendo ser feita prescrição de um fármaco analgésico de eleição em caso de necessidade, não sendo indicada cobertura antibiótica a menos que o paciente possua alguma patologia merecedora de atenção. O paciente deve ser acompanhado com maior frequência do que na disjunção convencional. Em todas as consultas de acompanhamento, a distância do disjuntor à mucosa deve ser avaliada. Em caso de contacto, a inflamação do tecido desenvolve-se rapidamente afectando o tratamento. A mobilidade dos microimplantes deve ser sempre avaliada e, em caso positivo, os microimplantes afetados devem ser removidos; o tratamento pode continuar mesmo que apenas exista um microimplante em cada lado⁽³⁸⁾.

A inserção dos microimplantes deve ser executada cuidadosamente a fim de evitar angulações indesejadas, embora os anéis de fixação funcionem como guias e facilitem este processo. Os microimplantes devem estar o mais perpendiculares possível ao osso do palato e cada microimplante paralelo entre si, para que a força seja distribuída de forma efetiva. Assim, tanto a inclinação anteroposterior como a lateral devem ser controladas⁽³⁸⁾.

Após a instalação é realizado um novo CBCT para avaliar a posição dos microimplantes.



Imagem 26 - Carraca (à direita) e Manual drive (à esquerda) utilizadas para a inserção dos microimplantes.

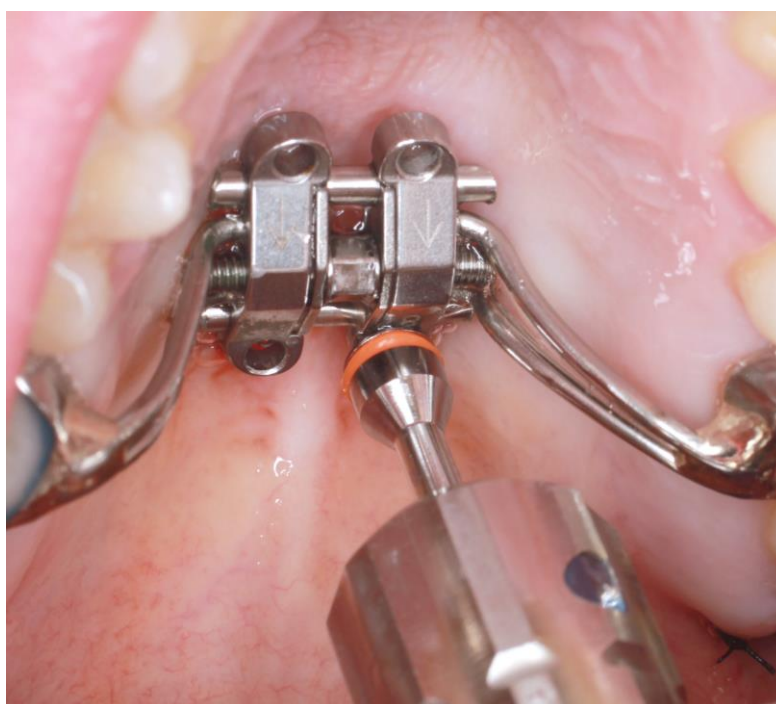


Imagem 27 - Pormenor da inserção do microimplante com o auxílio da manual drive.



Imagem 28 - Perspetiva intra-oral frontal após instalação do MSE.



Imagem 29 - Perspetiva intra-oral oclusal após instalação do MSE.

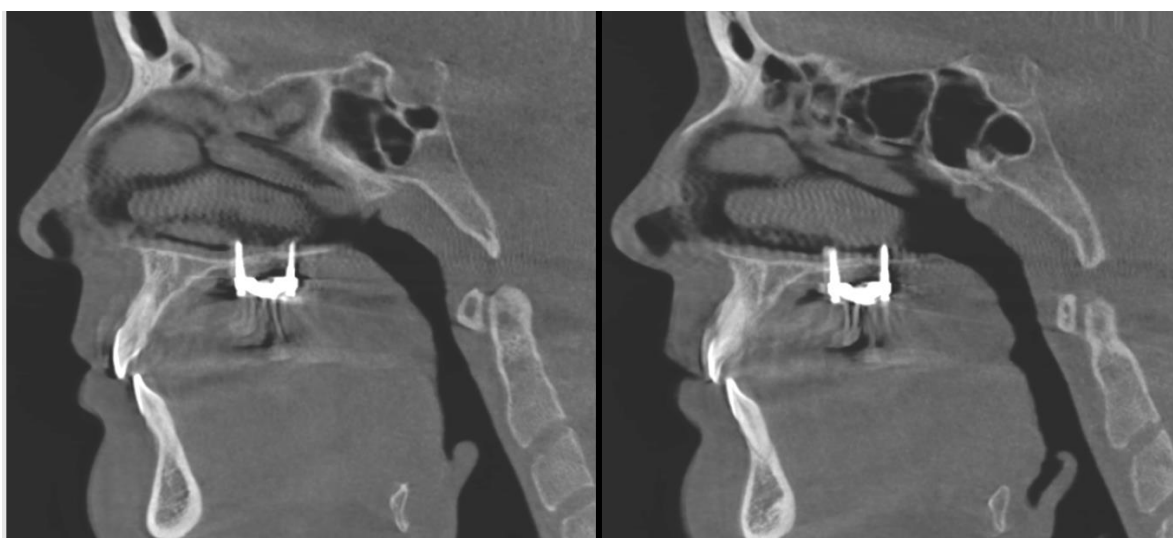


Imagem 30 - Corte sagital onde é possível avaliar a inserção dos microimplantes do lado direito (à direita) e do lado esquerdo (à esquerda).

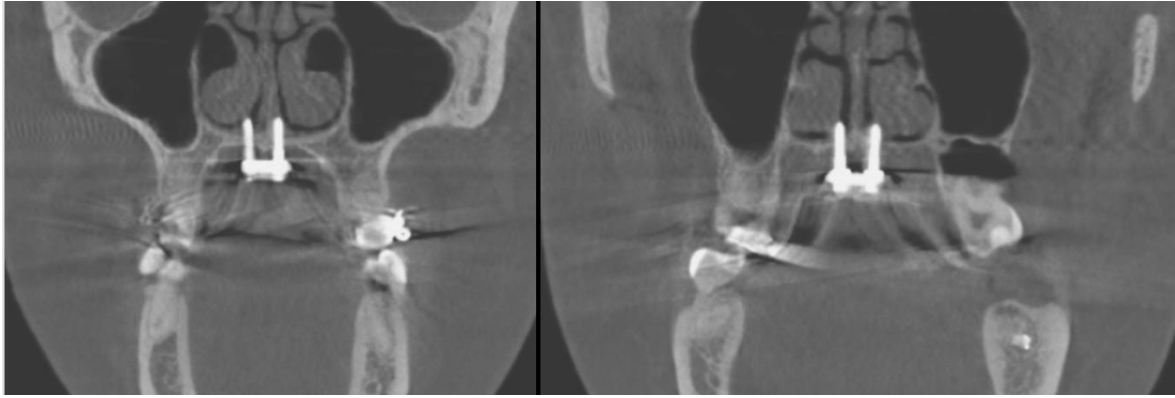


Imagem 31 - Corte coronal onde é possível avaliar a inserção dos microimplantes anteriores (à direita) e posteriores (à esquerda).

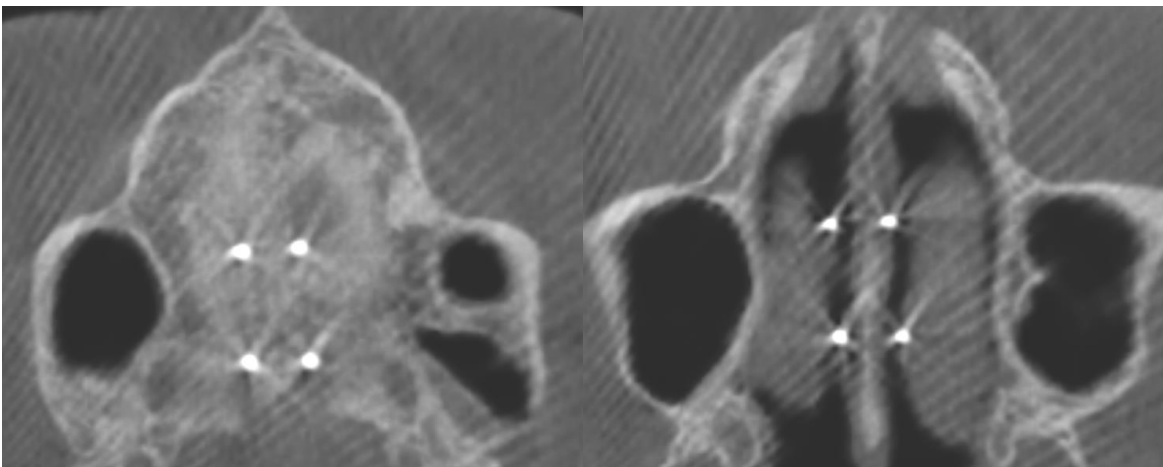
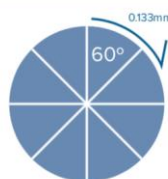


Imagem 32 - Corte horizontal onde é possível avaliar a posição dos quatro microimplantes numa região média da sutura (à direita) e numa região mais superior da sutura (à esquerda)

Aspetos do protocolo de disjunção

Os autores recomendam o seguinte protocolo de ativação como referência, baseando-se numa amostra de mais de 100 pacientes avaliados ao longo de 15 anos⁽³⁸⁾.

EDAD	ACTIVACIÓN
INICIO DE LA ADOLESCENCIA	6x /semana (0.80mm/semana)
FINAL DE LA ADOLESCENCIA	2x /día (0.27mm/día)
PRINCIPIOS A MEDIADOS DE LOS 20 AÑOS	4-6x /día (0.53mm-0.80mm/día)
ADULTO	Mínimo 4-6x /día
TRAS APERTURA DE DIASTEMA INTERINCISIVO	2x /día (0.27mm/día)



6 vueltas=0.8mm
Por ejemplo) Expansor de 12mm (90 vueltas)

Imagem 33 - Protocolo de expansão sugerido por Brunetto et al⁽³⁸⁾.

Em pacientes adultos, a ativação pode ser reduzida a um volta por dia após o surgimento do diastema interincisivo. O biotipo do paciente e os objetivos do tratamento devem ser tidos em conta aquando da determinação do protocolo ideal. As ativações não devem ser levadas ao limite de capacidade do parafuso, uma vez que o disjuntor perde rigidez, podendo sofrer deformação ao chegar ao seu limite⁽³⁸⁾. No presente caso clínico, foram realizadas 3 voltas de manhã e 3 voltas à noite, originando 6 voltas diárias.

Resultados

Após a instalação do disjuntor MSE, a paciente compareceu em consulta ao fim de dois dias para controlo do procedimento e reforço das instruções de higiene, não sendo registadas qualquer alterações indesejáveis. Ao fim de 7 dias de disjunção, ou seja, 42 voltas do parafuso, a paciente surgiu com diastema interincisivo (imagem 35).



Imagem 34 - Perspetiva intra-oral frontal no dia da instalação do disjuntor (à direita) e ao fim de 7 dias (à esquerda).



Imagem 35 - Perspetiva intra-oral oclusal no dia da instalação do disjuntor (à direita) e ao fim de 7 dias (à esquerda).

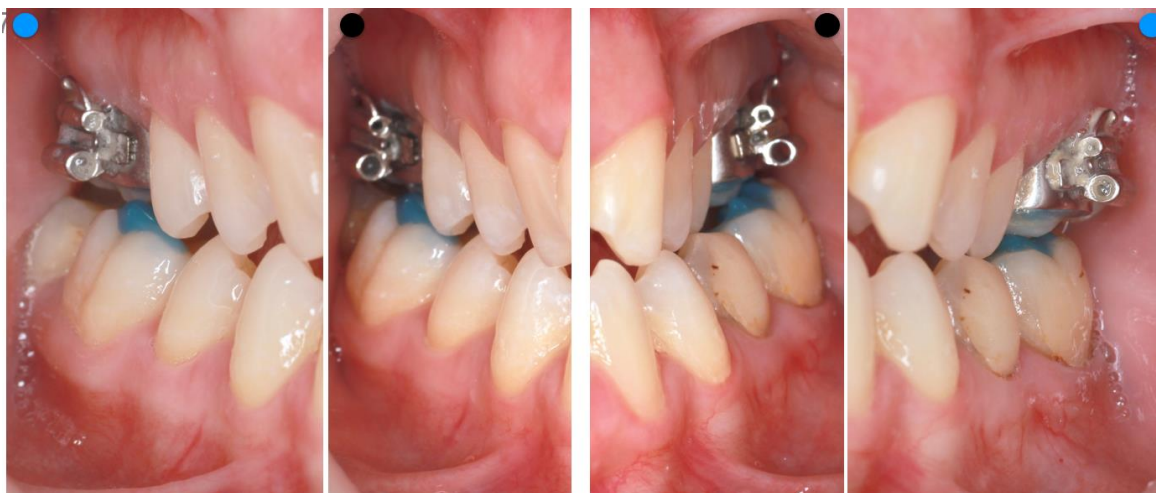


Imagem 36 - Pormenor intra-oral da relação maxilo-mandibular, comparando os resultados obtidos antes (a preto) e após (a azul) a disjunção com o MSE.

Neste momento do tratamento realizou-se novo CBCT para avaliar os ganhos transversais obtidos bem como a posição e integridade dos microimplantes. A análise do CBCT revelou que apesar de existirem ganhos transversais esqueléticos, os microimplantes estavam a adquirir angulação à medida que o parafuso ia sendo ativado, especialmente os do primeiro quadrante (imagem 39 e 40).

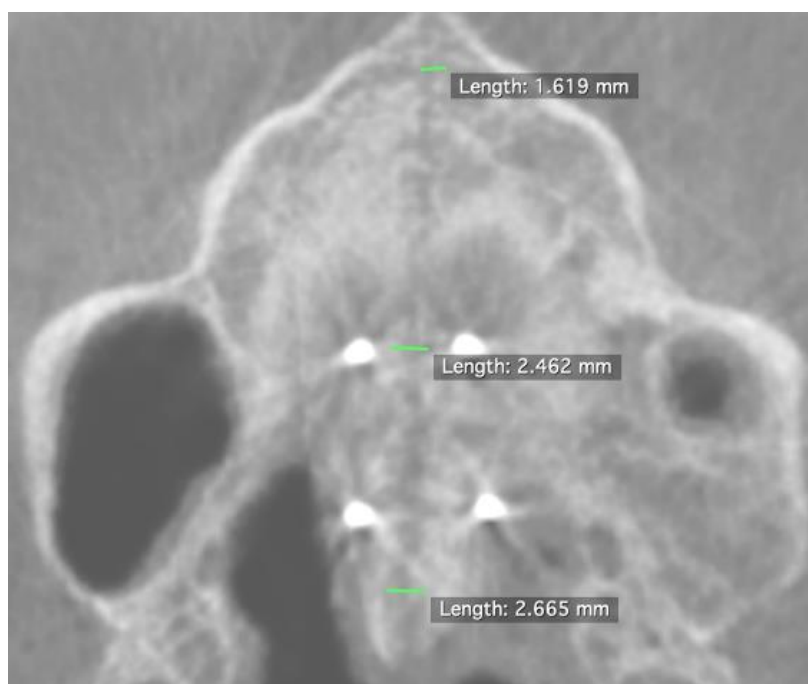


Imagem 37 - Corte transversal do CBCT onde se observa a abertura da sutura palatina mediana.

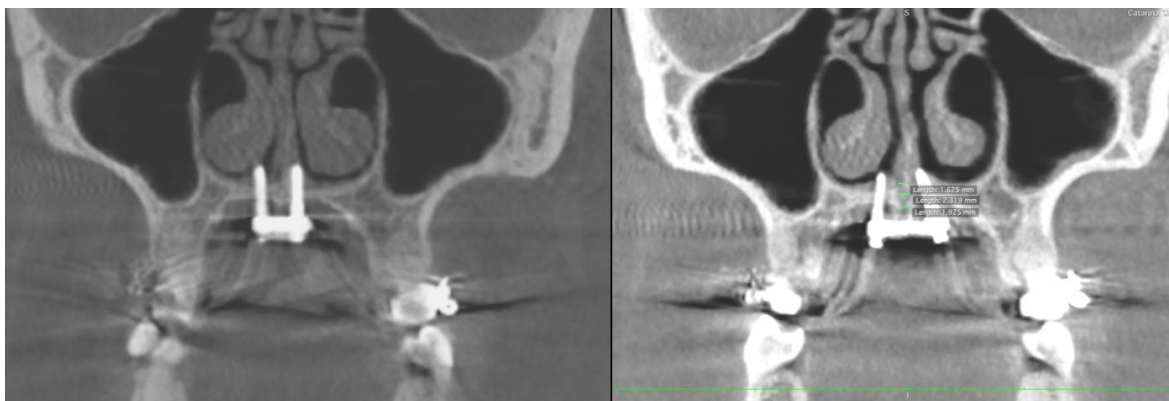


Imagem 38 - Cortes coronais dos CBCT's ao nível dos microimplantes anteriores, realizados antes do início da disjunção (à direita) e ao 7º dia de tratamento (à esquerda).

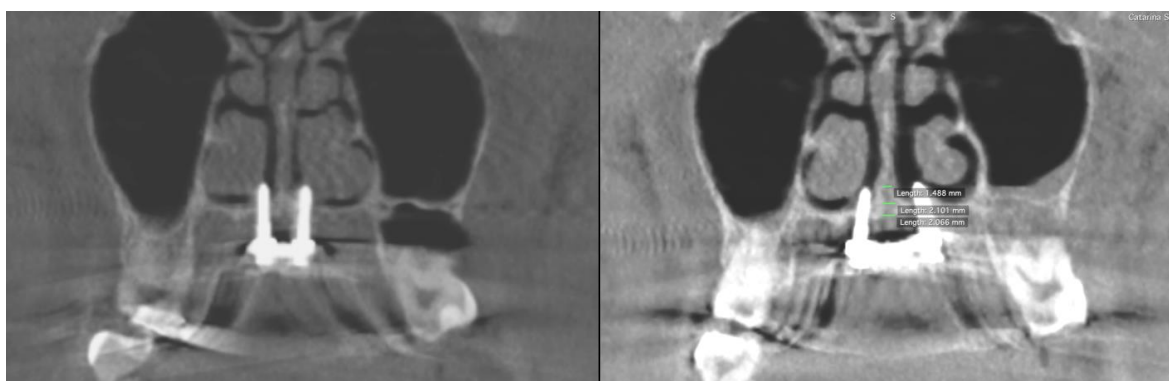


Imagem 39 - Cortes coronais dos CBCT's ao nível dos microimplantes posteriores, realizados antes do início da disjunção (à direita) e ao 7º dia de tratamento (à esquerda).

Optou-se então pela remoção do disjuntor e microimplantes e substituição por um novo MSE e respetivos microimplantes, com as mesmas características. Para a remoção do disjuntor, a mesma chave utilizada para a inserção deve ser utilizada em sentido contrário para a desinserção dos microimplantes. Devido às forças aplicadas, os microimplantes podem sofrer deformação e dificultar a sua remoção. Na maioria das vezes, os microimplantes podem ser removidos sem anestesia. Usualmente não são necessários cuidados adicionais, sendo que a região cicatriza em dois ou três dias após a remoção⁽³⁸⁾.



Imagem 41 - Pormenor do microimplante removido.



Imagem 40 - Remoção dos microimplantes com a manual drive



Imagem 42 - Perspetiva oclusal do estado da mucosa palatina após a remoção do disjuntor.

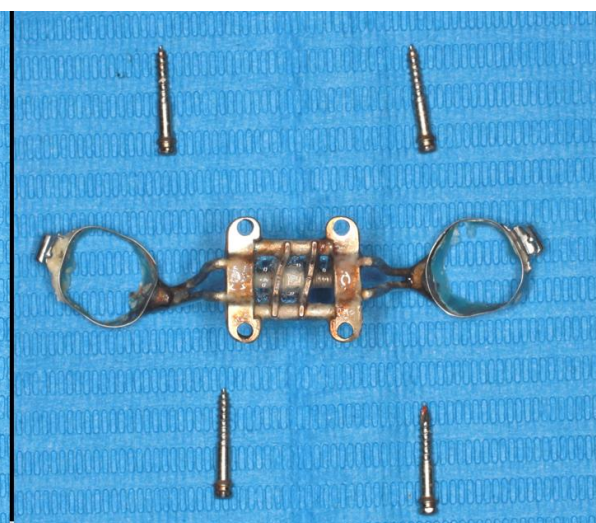
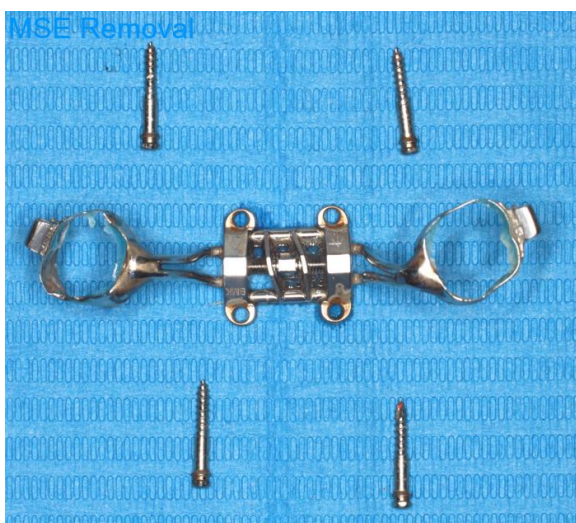


Imagem 43 - Disjuntor e microimplantes após a sua remoção, vista superior (à direita) e inferior (à esquerda).

Para a instalação do novo disjuntor MSE foi seguido o mesmo protocolo clínico e levado a cabo o mesmo protocolo de disjunção (imagem 34). Após três dias de ativação, ou seja, 18 voltas, a paciente detetou o aparecimento de diastema interincisivo e prontamente enviou uma fotografia tirada por si (imagem 46). Após este momento o protocolo seguido foi o de 2 voltas por dia. A evolução do tratamento pode ser avaliada nos registos fotográficos seguintes (imagens 45 a 50). Ao fim de 12 dias, bloqueou-se o parafuso com resina composta fluida (imagem 48).



Imagem 44 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) imediatamente após a colocação do novo disjuntor MSE.



Imagem 45 - Fotografia tirada pela paciente aquando do surgimento do diastema interincisivo, ao 3º dia do segundo período de ativações.



Imagem 46 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) ao fim do 4º dia após o novo período de disjunção.



Imagem 47 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) ao fim do 7º dia após o novo período de disjunção.



Imagem 48 - Perspetiva intra-oral frontal (à direita) e oclusal (à esquerda) ao fim do 12º dia após o novo período de disjunção.



Imagem 49 - Perspetiva intra-oral aquando do bloqueio do parafuso (à direita) e ao fim de 5 semanas (à esquerda), verificando-se o encerramento do diastema interincisivo.

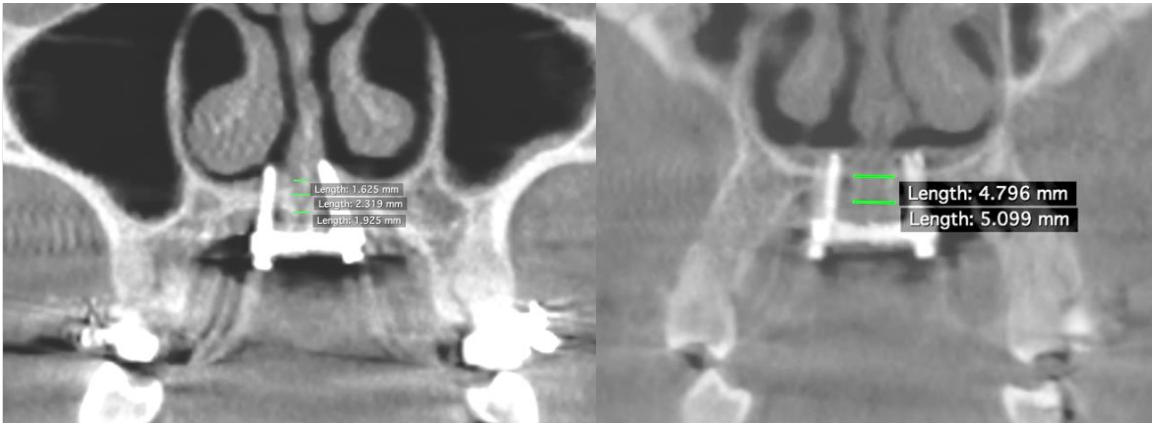


Imagem 50 - Corte coronal da posição dos microimplantes anteriores no fim do primeiro período de disjunção (à direita) e no fim do segundo período de disjunção (à esquerda).

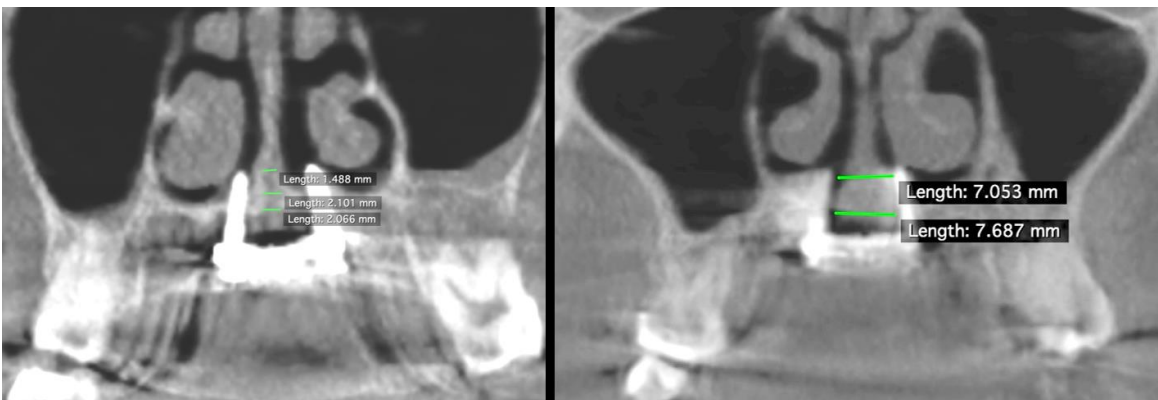


Imagem 51 - Corte coronal da posição dos microimplantes posteriores no fim do primeiro período de disjunção (à direita) e no fim do segundo período de disjunção (à esquerda).

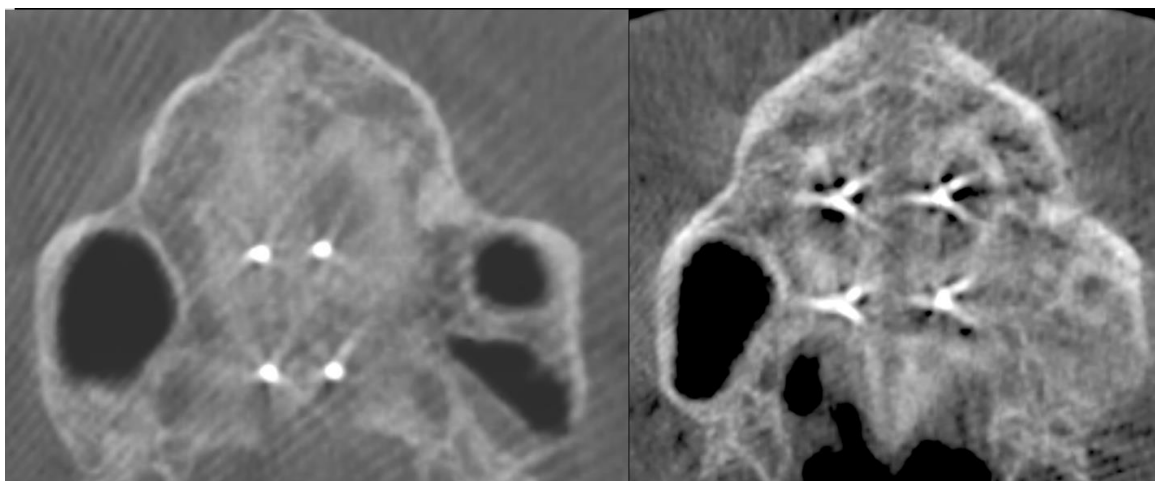


Imagem 52 - Corte transversal da região mediana da sutura palatina, no início do tratamento (à direita) e no fim do tratamento (à esquerda).

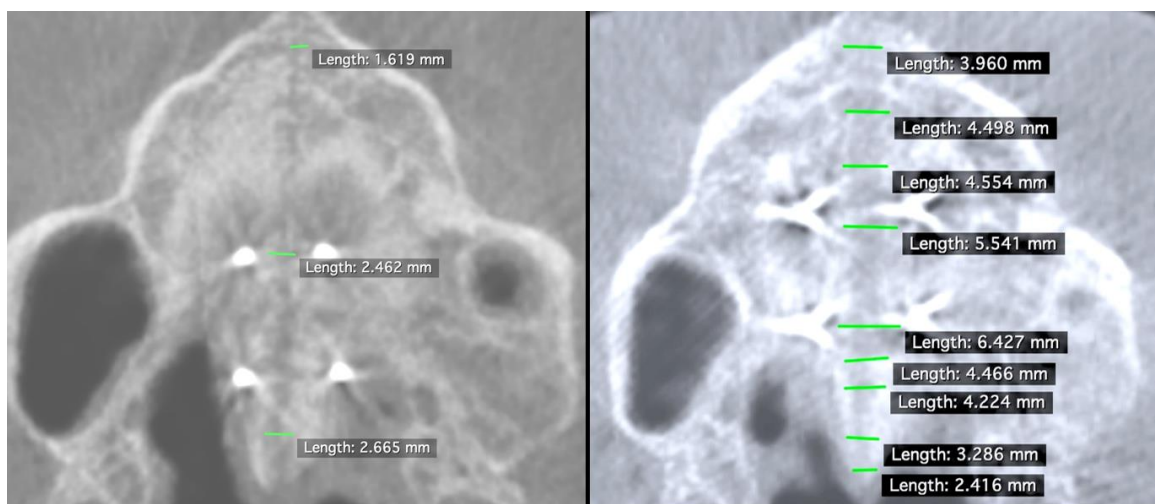


Imagem 53 - Corte transversal da região mediana da sutura palatina, ao fim do primeiro período de disjunção (à direita) e no fim do segundo período de disjunção (à esquerda).

Discussão

A literatura está repleta de estudos acerca da expansão rápida da maxila, ora com foco nos processos biomecânicos dela decorrentes ora no estudo dos processos biológicos e histológicos que ocorrem nos tecidos aquando da disjunção. Como objeto de estudo, para avaliar o comportamento do complexo maxilar, foram utilizados crânios de cadáveres humanos^(20, 70), espécimes animais^(71, 72) ou ainda modelos informáticos FEM (*finite element analysis, análise de elementos finitos*)^(45, 46, 54, 57, 73). No entanto, cada tipo de estudo tem as suas inerentes limitações. No caso estudos com espécimes animais, os seus resultados não podem ser extrapolados para o ser humano, uma vez que estes possuem diferenças anatômicas maxilares significativas. No caso de crânios de cadáveres, a falta de tecido

mole e periodontal pode alterar os efeitos do tratamento. Por fim, os estudos FEM consistem numa técnica de aproximação numérica usada para avaliar problemas biomecânicos sendo no entanto difícil incluir os tecidos moles nos modelos analisados e incorporá-los no programa informático⁽⁵⁴⁾. Por outro lado, os estudos clínicos foram levados a cabo através da análise de modelos de gesso e radiografias a duas dimensões, como a cefalometria lateral e posteroanterior. No entanto, este tipo de imagem radiológica apresenta desvantagens que afetam a sua pertinência para este tipo de estudos como é o caso de fenómenos de magnificação e de distorção bem como a dificuldade na identificação de estruturas⁽⁴¹⁾.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de novas tecnologias permitiu que a tomografia computadorizada por feixe cónico (CBCT) se tornasse uma das ferramentas imagiológicas mais eficazes e fiéis na reprodução das estruturas craniofaciais, com baixos níveis de radiação e mínima distorção^(61, 64, 74-81). O CBCT permite a captura e reprodução de secções maxilares nos três planos do espaço, com uma definição de aproximadamente 0,2 mm, sendo adequado para medições clínicas. Assim, o CBCT tornou-se o exame de eleição para a avaliação da maxila antes e após a disjunção maxilar, permitindo ao clínico explorar novas possibilidades de tratamento.^(40, 41, 44, 64, 78, 82-84).

Table 6.1 Radiographs used in orthodontics and dose equivalence			
Radiographic examination	Effective radiation dose (μSv)	Equivalent background radiation (days)	Risk of fatal cancer (per million)
DPT	3–38	0.5–5	0.2–1.9
Cephalometric lateral skull	2–5.6	0.3–0.45	0.34
Upper standard occlusal	8	1.2	0.4
Bitewing/periapical	0.3–2.2	0.15–0.27	0.02–0.6
Conventional CT scan (maxilla)	100–3000	15–455	8–242
Conventional CT scan (mandible)	350–1200	53–182	18–88
Chest	14	3	2
CBCT (small volume) ^a	10–67	4–10	
CBCT (large volume) ^a	30–1100	10–42	
Figures are based upon Radiation Protection 136, (2004). European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology. The Safe Use of Radiographs in Dental Practice. European Commission. It should be emphasized that these only represent a guide and are regularly updated as new recommendations are made, particularly with regard to tissue weighting factors in the calculation of effective doses. CBCT, cone-beam CT; CT, computerized tomography; DPT, dental panoramic tomograph. ^aCone-beam CT data is based upon Pauwels et al (2012) and the 2011 SEDENTEXCT publication.			

Imagem 54 – Comparação da dose efetiva de exames radiográficos utilizados em ortodontia⁽⁸⁵⁾.

No entanto, é importante ter em conta que esta continua a ser uma ferramenta emissora de radiação e portanto a sua utilização carece de uma cuidadosa avaliação da relação custo/benefício, já que o seu uso regular em tratamentos dentários e ortodônticos pode não ser justificado^(60, 61). Em 2004, o ICRP (International Committee of Radiological Protection) aconselhava a que a exposição a radiação ionizante a que um paciente é sujeito não exceda os 1000 μSv por ano⁽⁸⁶⁾. De notar que a radiação emitida por um CBCT de pequeno volume ronda os 10 a 67 μSv (imagem 56)⁽⁸⁵⁾.

Avaliação da ossificação da Sutura Palatina Mediana

A sutura palatina mediana é uma estrutura determinante no tratamento da insuficiência transversal da maxila já que permite a articulação entre as duas hemimaxilas e também entre os processos palatinos direito e esquerdo⁽⁸⁷⁾. Tem uma forma rugosa, intrincada e sinuosa, com tecido conjuntivo denso entre as suas margens ósseas. Anatomicamente, é composta pela união de três processos: os processos palatinos da maxila, processos alveolares da maxila e lâminas horizontais dos ossos palatinos ⁽³⁹⁾.

Os bordos mediais das hemimaxilas desenvolvem-se mutuamente até se encontrarem mecanicamente interligados. Progridem, através de estadios de desenvolvimento pós-natais: sinfibrose, com uma distância ampla entre bordos paralelos, sinartrose com uma relação mais próxima e sinuosa até, por fim, atingir a sinostose, ou seja, a completa interdigitação⁽⁸⁸⁾.

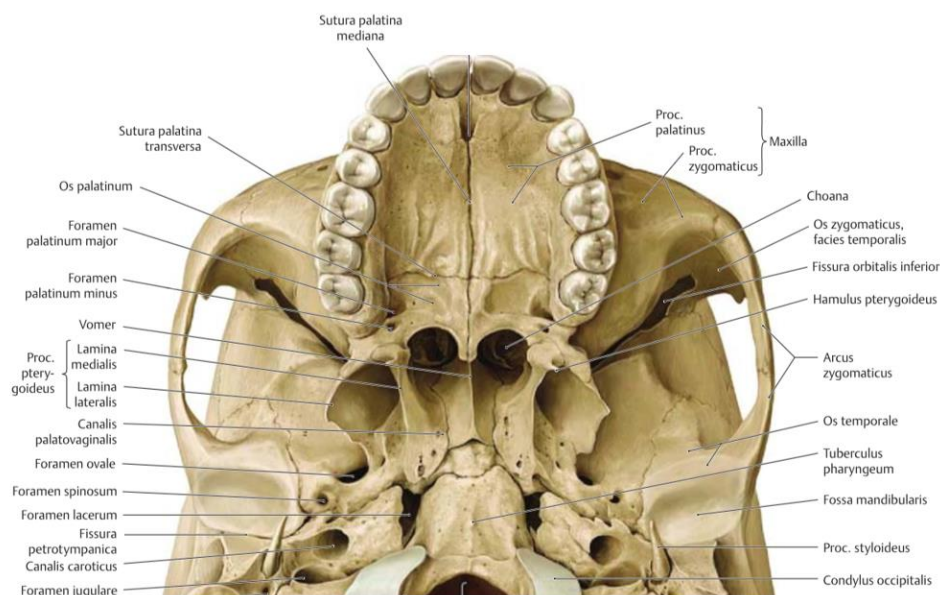


Imagem 55 - Vista inferior da base do crânio.

Para o sucesso da disjunção maxilar é necessário existir uma sutura palatina mediana passível de ser separada. No entanto, apesar do interesse da comunidade científica nesta estrutura, ainda não é claro a partir de que idade é expectável verificar-se a ossificação completa da sutura ou sinostose.

Em ortodontia, frequentemente o clínico recorre a radiografias de mão e punho para avaliar o estado de maturação esquelética do paciente. Este método foi desenvolvido em 1982 por *Fishman*⁽⁸⁹⁾ e envolve a identificação de 11 indicadores de maturação esquelética em radiografias de mão e punho, sendo identificados 4 processos de desenvolvimento, nomeadamente: alargamento das epífises, ossificação do osso sesamóide do polegar, capeamento das epífises e fusão epífise-diáfise. Num estudo radiográfico, *Revelo et al.*⁽⁹⁰⁾ compararam o estado da sutura palatina mediana em radiografias oclusais com o indicador de maturidade esquelética desenvolvido por *Fishman*⁽⁸⁹⁾ em 1982. Concluíram que aquando do término do crescimento esquelético geral do indivíduo, apenas 50% da sutura poderia ser considerada radiologicamente aproximada ou fusionada. Os autores verificaram também grandes variações entre indivíduos, não considerando este um indicador adequado para a avaliação da maturação da sutura palatina mediana⁽⁹⁰⁾.

Em 1982, *Melsen et al.*⁽²⁰⁾, levaram a cabo um dos mais importantes estudos até hoje efetuados sobre esta matéria. Estes autores efetuaram um exame clínico e histológico de crânios de cadáveres de indivíduos agrupados consoante a sua idade cronológica. Foi-lhes assim possível agrupar as características encontradas em quatro estadios de desenvolvimento principais. Num estadio de desenvolvimento inicial – estadio infantil – o exame macroscópico do crânio revelou que o osso palatino se encontra separado da maxila e dos processos pterigóides do osso esfenóide por camadas espessas e irregulares de tecido conjuntivo, deixando o osso palatino livre entre a maxila e o osso esfenóide; a sutura apresenta então uma forma ampla em Y⁽²⁰⁾. Percebe-se, portanto, a razão de nesta faixa etária serem obtidos resultados tão positivos com o tratamento de disjunção maxilar seguida de terapia com máscara facial⁽¹⁹⁾. No estadio juvenil, todas as superfícies da articulação entre o osso palatino e os ossos adjacentes revelaram um contacto mais íntimo do que no estadio anterior, apesar de este contacto se mostrar irregular. No estadio adolescente, os crânios revelaram um contacto íntimo entre os processos piramidais do osso palatino e estruturas adjacentes, as superfícies ósseas irregulares da sutura, entre os ossos palatinos e os processos pterigóides do osso esfenóide demonstraram uma morfologia mais complexa, tornando a desarticulação destas estruturas muito difícil. No estadio adulto, o contacto entre as estruturas ósseas tornou-se muito mais complexo, impossibilitando qualquer desarticulação da maxila, dos ossos palatinos e dos processos pterigóides do esfenóide sem que houvesse fratura dos mesmos. A camada de tecido de união entre as estruturas consistia de tecido fibroso com baixa celularidade e inúmeras

pontes ósseas atravessando a sutura⁽²⁰⁾. Foi também proposto que a região palatomaxilar poderia atuar como um fulcro, à volta do qual ocorre rotação posterior das estruturas aquando do processo de expansão maxilar ou aplicação de forças extra-orais⁽²⁰⁾. Um importante facto resultante da sua pesquisa foi a pronunciada variabilidade na maturação da sutura entre indivíduos de uma mesma idade cronológica⁽²⁰⁾. Das suas conclusões podemos inferir que a probabilidade de se obter com sucesso a disjunção maxilar é maior no estadio infantil e adolescente, no entanto não podemos ignorar a marcada variabilidade encontrada.

De facto, esta variabilidade individual já tinha sido reportada em 1977 por *Persson and Thilander*⁽⁷⁰⁾. Estes autores estudaram a obliteração das suturas palatinas mediana e transversa em espécimes de autópsia de 24 indivíduos, com idades compreendidas entre os 15 e os 35 anos da idade. As suas conclusões apontaram para que a idade do indivíduo fosse um indicador pobre e pouco fiável para a maturação da sutura palatina mediana. De facto, concluíram que a sutura palatina mediana pode revelar sinais de obliteração durante o período juvenil, mas que um grau marcado de maturação raramente é encontrado antes da terceira década de vida; encontraram grande variabilidade no que refere ao início da ossificação bem como ao seu desenvolvimento relativamente à idade, com variações também entre diferentes zonas da mesma sutura; verificaram que a progressão da ossificação da sutura ocorre mais rapidamente na superfície oral do que na superfície nasal e também mais na sua região posterior do que na anterior⁽⁷⁰⁾.

Em 2001, *Wehrbein et al.*⁽⁴⁸⁾, avaliaram em radiografias oclusais a maturação da sutura palatina mediana de adultos entre os 18 e os 38 anos de idade. Os autores propuseram que uma sutura palatina mediana radiologicamente visível corresponde, histologicamente a uma sutura predominantemente recta que projeta o seu trajeto no raio-x. Por outro lado, uma sutura palatina mediana que não é visível numa radiografia oclusal pode não ser o equivalente, histologicamente, a uma sutura fusionada, portanto, o termo “fusão da sutura” deverá ser evitado em contexto radiográfico⁽⁴⁸⁾.

Alguns autores assumem que no que respeita à disjunção da maxila não será o mais importante se existe obliteração ou não da sutura, mas sim qual a percentagem de obliteração presente. *Persson ant Thilander*⁽⁷⁰⁾, com base na sua amostra, determinaram que em suturas palatinas medianas com um índice de obliteração abaixo de 5% seria possível obter com sucesso a disjunção da maxila. Em traços gerais, os autores registaram índices inferiores a 0,1% até aos 25 anos de idade, sendo que a partir desta idade a percentagem variou entre 0,1 e 10%. Estes valores foram posteriormente corroborados por *Wehrbein et al.*⁽⁴⁸⁾, *Korbmacher et al.*⁽⁷⁹⁾ e *Knaup et al.*⁽⁹¹⁾, que encontraram índices abaixo de 5% em pacientes com idades muito variadas, nomeadamente, desde os 18 aos 38 anos de idade, dos 14 aos 71 anos⁽⁷⁹⁾ e dos 18 aos 63 anos⁽⁹¹⁾.

Em 2008, *Nguyen et al.*⁽⁹²⁾ compararam a anatomia radiográfica e microscópica da sutura palatina mediana de 20 cadáveres humanos com mais de 70 anos de idade. Curiosamente, em todos os exemplares a ossificação da sutura encontrava-se incompleta, sem existir relação entre o estado radiográfico (obliterado ou não) e o estado histológico (ossificado ou não). Os mesmo autores, numa avaliação por tomografia computadorizada, relataram que a sutura palatina apenas se encontrava completamente obliterada em 13% dos indivíduos estudados.

Angelieri et al.⁽¹⁵⁾, em 2013, desenvolveram um sistema de classificação da sutura palatina mediana, através da avaliação da morfologia da sutura em imagens tomográficas de 140 pacientes com idades entre os 5,6 e os 58,4 anos. Foram estabelecidos cinco diferentes estadios, com crescente interdigitação da sutura, desde o estadio A – onde a sutura palatina mediana é representada por um linha praticamente recta, com pouca ou nenhuma interdigitação – até ao estadio E – onde a obliteração da sutura é completa (imagens 58 a 62).

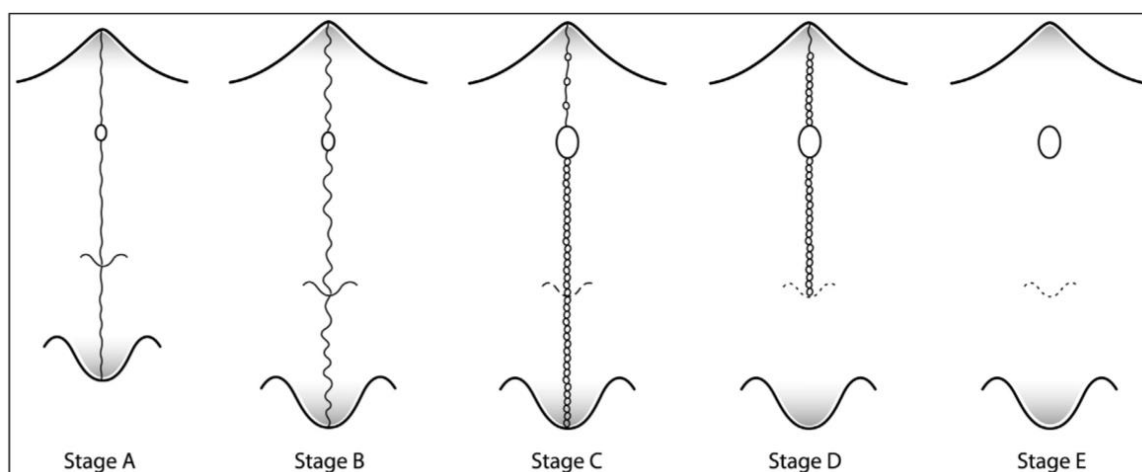


Imagem 56 - Método de avaliação da maturação da sutura palatina mediana, proposto por Angelieri et al.⁽¹⁵⁾ em 2013.

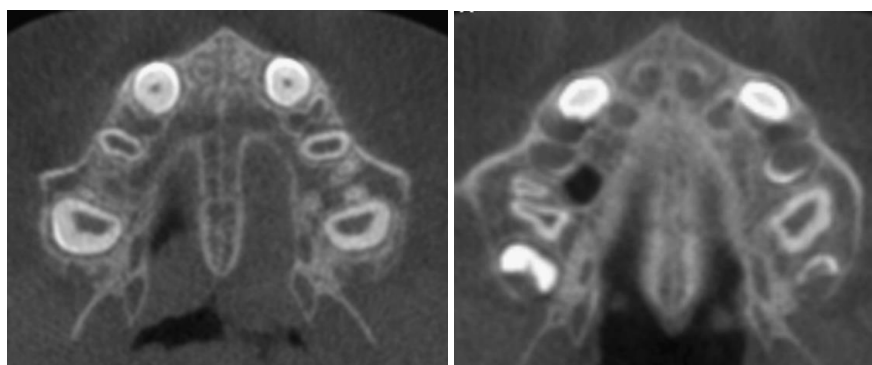


Imagem 56- Estadio A (à esquerda) e B (à direita) da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al.⁽¹⁵⁾.

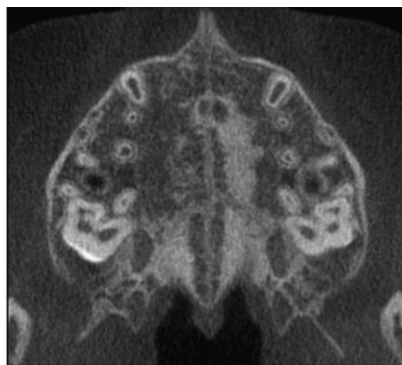


Imagem 57 – Estadio C da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al⁽¹⁵⁾.

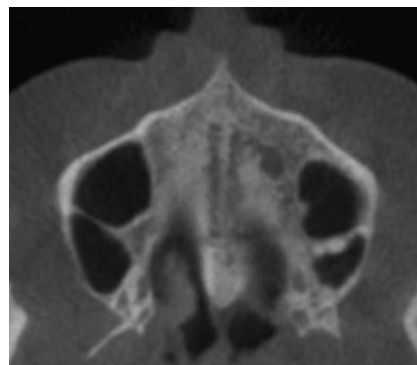


Imagem 58 - Estadio D da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al⁽¹⁵⁾.



Imagem 59 - Estadio E da classificação da maturação da sutura palatina mediana proposto por Angelieri et al⁽¹⁵⁾.

Os autores concluíram que os estadios A e B são característicos de indivíduos até aos 13 anos de idade. O estadio C foi encontrado principalmente em pacientes entre os 11 e os 17 anos de idade, embora tenha surgido também em pacientes fora desta faixa etária. Os estadios D e E foram encontrados em alguns indivíduos do sexo feminino aos 11 anos de idade. Dos 14 aos 17 anos, 23% dos pacientes do sexo masculino revelaram interdigitação unicamente na região do osso palatino. Em relação a pacientes adultos, 53% encontravam-se no estadio E, 31% no estadio D, 13% no estadio C e um paciente (3%) no estadio B. Segundo este sistema de classificação, a expansão rápida da maxila teria uma maiores efeitos ortopédicos em pacientes nos estadios A e B, maiores efeitos dentoalveolares no estadio C e nos estadios D e E o tratamento cirúrgico seria o mais indicado. Posteriormente outros autores propuseram-se validar este sistema de classificação, no entanto os resultados não se mostraram promissores^(80, 93). *Barbosa et al.*⁽⁹³⁾ consideraram que apesar de este método apresentar potencial reprodutibilidade, não obteve níveis de preditibilidade suficientemente elevados para a sua utilização em meio clínico. *Isfeld et al.*⁽⁸⁰⁾ afirmaram que o sistema desenvolvido não é intuitivo, requer

calibração significativa do operador e é altamente influenciado pela qualidade da imagem analisada.

Recentemente tem sido sugerido que, devido à relação proporcional entre densidade óssea e a sua resistência à fratura, o nível de densidade óssea ao nível da sutura palatina média seja o mais fiel indicador do aumento da resistência à expansão^(94, 95). Estudos recentes indicam a pertinência deste indicador, no entanto, para já a sua aplicação é limitada devido à baixa conformidade nas imagens tomográficas obtidas por diferentes aparelhos de CBCT⁽⁹⁴⁾.

A literatura não aponta para a existência de correlação entre a ossificação da sutura palatina mediana e o género do indivíduo^(20, 48, 70, 90). No estudo de *Persson and Thilander*⁽⁷⁰⁾, foi registada a obliteração completa da sutura numa paciente do sexo feminino com 15 anos de idade e foi registada ausência total de obliteração num indivíduo do sexo masculino com 32 anos de idade. No estudo de *Wehrbein et al.*⁽⁴⁸⁾, a obliteração mais precoce foi registada num indivíduo do sexo masculino com 21 anos e ausência de obliteração num indivíduo do sexo masculino com 32 anos.

Apesar dos avanços em métodos recentes de diagnóstico, é ainda hoje impossível levar a cabo de forma precisa uma análise da sutura palatina mediana e a sua consequente implicação clínica⁽³⁹⁾. Apesar de que esta evidência científica possa levar o clínico a considerar que a disjunção maxilar pode ser levada a cabo em idades mais avançadas, a verdade é que, ainda assim, experiências clínicas em pacientes adultos mostram que o sucesso da disjunção maxilar é extremamente difícil. Outros fatores estarão envolvidos nesta matéria, poderemos estar perante fatores anatómicos e biológicos como a interdigitação da sutura palatina mediana e de outras suturas maxilares bem como a rigidez aumentada das articulações envolvidas, ou então fatores relacionados com a técnica de disjunção empregue^(19, 20, 48, 79, 96).

Efeitos esqueléticos do método MARPE

A obtenção de expansão esquelética através do método MARPE, inclusivamente em pacientes adultos jovens, é comprovada pela literatura existente, que embora recente, é assertiva. Em 2016, *Park et al.*⁽⁴²⁾ avaliaram os CBCT de 19 pacientes com idades compreendidas entre os 16 e os 26 anos, submetidos a disjunção maxilar com técnica MARPE. Do total de pacientes, apenas em três se verificou insucesso da técnica, obtendo-se uma taxa de sucesso de 84,2%. Ainda em 2016, *Choi et al.*⁽⁵⁸⁾ reuniu um grupo de 69 indivíduos com média de idades de $20,9 \pm 2,9$ anos. Os autores observaram abertura

radiológica da sutura em 60 indivíduos, observando abertura radiológica da sutura e diastema interincisivo em 60 pacientes, alcançando uma taxa de sucesso de 86,9%. Em 2017, *Cantarella et al.*⁽⁴⁷⁾ observaram abertura da sutura palatina média no total de pacientes da amostra em estudo, nomeadamente, 15 pacientes com uma média de 17,2 anos (13,9-26,2 anos). Em 2017, *Lim et al.*⁽⁴¹⁾ observaram abertura da sutura palatina média em 33 de 38 pacientes submetidos à técnica MARPE, alcançando uma taxa de sucesso de 86,8%. Os pacientes que compõem a amostra destes estudos são adolescentes tardios ou adultos jovens, onde tradicionalmente a opção pela disjunção maxilar tradicional albergava um risco de insucesso elevado, sendo a única alternativa o procedimento cirúrgico. Com o método MARPE e especificamente nestes estudos com o disjuntor MSE, foi possível tratar com sucesso um elevado número de pacientes, tal como no caso clínico apresentado.

Permanece por determinar qual a razão que leva ao insucesso de alguns casos de MARPE, mas assume-se que estará relacionado com diferentes graus de ossificação da sutura palatina mediana bem como com a resistência das estruturas craniofaciais envolventes. A imagiologia a três dimensões é o exame de eleição para a avaliação do sucesso do tratamento embora o surgimento de diastema interincisivo, como no caso clínico apresentado, torne evidente o sucesso da expansão esquelética. Existem casos, no entanto, onde não se verifica o surgimento de diastema interincisivo mas onde é alcançada a separação das duas hemimaxilas^(19, 20, 48, 79, 96).

Tendo em conta os resultados promissores deste método, surge a necessidade de comparar os seus efeitos com os da disjunção maxilar tradicional. *Haas*⁽¹³⁾ afirmou que com a expansão rápida da maxila convencional são esperados os seguintes fenómenos:

1. Anteroposteriormente, a abertura da sutura palatina média é paralela; inferosuperiormente, a abertura é triangular com vértice na cavidade nasal e base na cavidade oral;
2. Os processos alveolares rodam e movem-se lateralmente enquanto os processos palatinos inclinam-se inferiormente na sua margem livre, com expansão do arco dentário e aumento de capacidade intranasal;
3. Quando a sutura palatina mediana abre, a maxilla move-se sempre em direção anterior e inferior;
4. A alteração da postura maxilar causa invariavelmente uma rotação inferior e posterior da mandíbula o que diminui o seu alcance sagital e leva ao aumento da altura facial inferior do paciente.

Já na década de 70, *Haas* havia afirmado que o objetivo da disjunção maxilar era maximizar o movimento ortopédico e minimizar a resposta ortodôntica. No entanto, sabe-

se que a disjunção maxilar tradicional desencadeia não só efeitos ortopédicos mas também dentoalveolares, uma vez que as forças são transmitidas por um disjuntor dentosuportado (41, 42, 49, 84, 97). Estes efeitos adversos incluem recessões gengivais, fenestrações, angulação vestibular dos dentes de ancoragem, angulação do processo alveolar e necrose da mucosa do palato. O surgimento de efeitos adversos demonstrou estar relacionado com determinados factores: a idade do paciente, tipo de disjuntor e espessura óssea antes do tratamento; por outro lado, a taxa de expansão e o tempo de retenção não mostraram associação relevante com efeitos nefastos⁽⁹⁷⁾.

Mais de 40 anos depois, *Suzuki et al.*⁽³⁹⁾ descreveram a técnica MARPE como a busca pelo movimento ortopédico puro. A pertinência da técnica MARPE advém da obtenção de uma técnica de eficácia superior que permita tirar vantagem da elevada variabilidade de ossificação da sutura palatina mediana, permitindo obter disjunção maxilar mesmo em pacientes adultos. No campo da biomecânica em ortodontia, para além de sistemas de força macromecânicas, informação sobre forças micromecânicas como distribuição de stress dentário, ao ligamento periodontal e osso alveolar são necessários para corretamente compreender as propriedades biológicas do movimento dentário, reabsorção radicular e remodelação óssea⁽⁵⁷⁾. A força gerada durante a disjunção maxilar, independentemente da técnica empregue, manifesta-se sob a forma de três diferentes componentes: expansão esquelética (abertura da sutura), expansão alveolar (angulação e remodelação alveolar) e expansão dentária (angulação dos dentes de ancoragem), sendo que apenas 50% da abertura do parafuso de um disjuntor corresponde a abertura real da sutura palatina mediana^(37, 98).

Alguns autores defendem que o método MARPE apresenta benefícios comparativamente à disjunção tradicional, minimizando efeitos adversos e com menores níveis de stress na cortical óssea vestibular e menor torque positivo dos dentes de ancoragem^(45, 57, 99). Em 2015, *Lin et al.*⁽⁹⁹⁾ levaram a cabo um estudo retrospectivo comparando os efeitos da disjunção maxilar tradicional com um disjuntor Hyrax com a disjunção maxilar com técnica MARPE utilizando o disjuntor MSE. Os autores consideraram que a angulação molar consistia na combinação do torque positivo molar e da angulação do respectivo processo alveolar. Demonstraram que o MSE produziu menor angulação molar do que o Hyrax (MSE = 4,1°, Hyrax 10,1°); de facto observou-se que o MSE produziu menos torque positivo molar (MSE = 2,66°, Hyrax = 6,28°) e menos angulação alveolar do que o disjuntor Hyrax (MSE = 1,4°, Hyrax = 3,8°). Os autores atribuíram estes resultados à natureza osteosuportada do MSE por oposição à natureza dentosuportada do Hyrax que transmite toda a força gerada aos elementos dentários de ancoragem.

No presente caso clínico, na primeira fase de ativações, claramente não foi atingido o objetivo do método MARPE. A angulação adquirida pelos microimplantes, especialmente os do primeiro quadrante, embora não tenha sido quantificada, revela uma expansão com um elevado componente dentoalveolar, por oposição à desejada expansão esquelética. Por esta razão, optou-se pela substituição dos microimplantes e disjuntor, sendo possível obter resultados mais satisfatórios na segunda fase de activações. De ressaltar que, sem o devido acompanhamento imagiológico, não seria possível tirar estas conclusões. A literatura aponta para a possibilidade da deformação dos microimplantes, o que dificulta não só o sucesso do método como torna clinicamente mais difícil a desinserção dos mesmos. Apesar do insucesso do primeiro disjuntor, quando retirados, os microimplantes encontravam-se em perfeitas condições. No estudo de *Choi et al.*⁽⁵⁸⁾, dos 69 pacientes, 5,0% dos MI sofreu deslocamento e 13,0% demonstrou mobilidade clinicamente aceitável. Os autores afirmaram ser possível avançar com sucesso o tratamento mesmo em caso de falha dos MI, desde que exista pelo menos um por hemimaxilla em perfeitas condições. Tendo em conta a importância dos microimplantes neste método, e os elevados níveis de força a que estes são sujeitos, recomenda-se utilizar apenas microimplantes de reconhecida qualidade e segurança.



Imagem 60 - Microimplantes com deformação, ilustrados por Brunetto et al.⁽³⁸⁾.

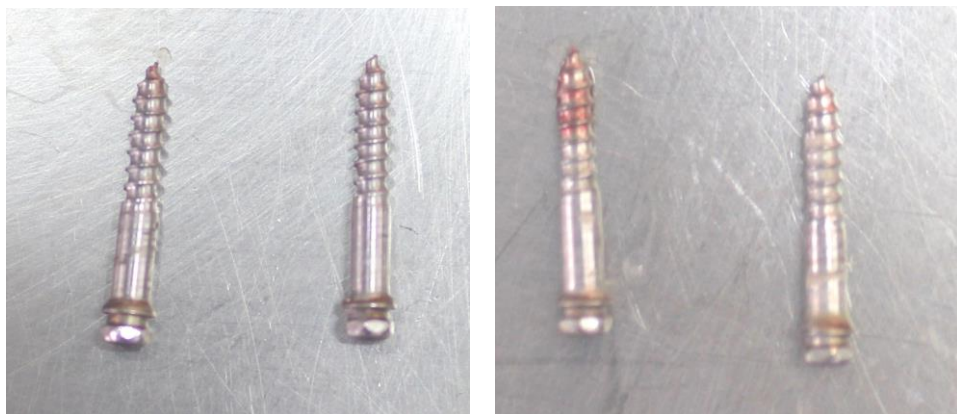


Imagem 61 - Microimplantes removidos no fim da primeira fase de ativações, no presente caso clínico.

Em 2018, Seong et al.⁽⁴⁵⁾ levaram a cabo uma análise FEM para avaliar os efeitos de três diferentes disjuntores: um disjuntor convencional (C-RPE), um disjuntor osteo-suportado (B-RPE) e um disjuntor osteo-dento-suportado (MARPE). A representação esquemática dos disjuntores avaliados encontra-se representada na figura seguinte:

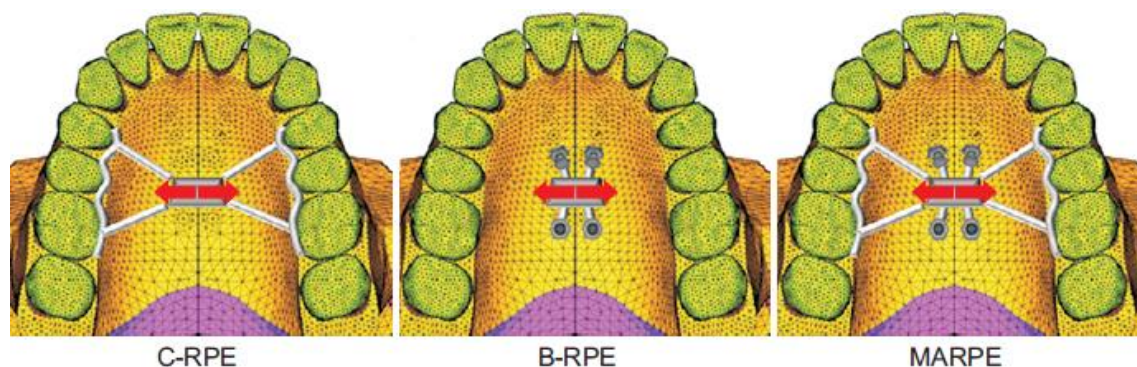


Imagem 62 - Diferentes disjuntores avaliados: disjuntor convencional (C-RPE), disjuntor osteo-suportado (B-RPE) e disjuntor osteo-dento-suportado (MARPE)⁽⁴⁵⁾.

Os autores observaram que o C-RPE transmitiu a força gerada a todas as suturas circunmaxilares, atingindo valores especialmente elevados ao nível da cortical óssea vestibular dos elementos dentários de ancoragem, potenciando os efeitos adversos dentoalveolares nesta região. Esperava-se que o disjuntor B-RPE representasse uma alternativa que limitasse a transmissão de força aos dentes de ancoragem, no entanto, verificou-se que com este tipo de disjuntor a força concentrou-se unicamente na região dos microimplantes, não havendo transmissão de força à sutura. Este facto origina o insucesso dos microimplantes e da própria expansão. Com o disjuntor MARPE, o valor máximo de stress atingido foi muito inferior ao do B-RPE (B-RPE= 1899,9 g/mm²; MARPE=558,6 g/mm²). O stress gerado na ativação do parafuso concentrou-se na região dos microimplantes mas verificou-se transmissão uniforme à região da sutura palatina mediana, diminuindo o stress transmitido aos dentes de ancoragem.

Location	C-RPE	B-RPE	MARPE
Buccal plate of anchor teeth	High	Low	Middle
Miniscrew	NA	1,899.9	558.6
Distribution pattern (midpalatal suture)	Overall area	Middle	Overall area
Maximum stress value (circumaxillary structure)	224.7	1,899.9	558.6
Maximum stress location (circumaxillary structure)	Around anchor teeth and frontal process of maxillary bone	Around miniscrew	Around miniscrew; Even distribution on basal bone

Imagem 63 - Comparação de níveis de stress (g/mm²) e distribuição de stress entre diferentes disjuntores maxilares utilizando modelo FEM. C-RPE (expansão rápida convencional), B-RPE (expansão rápida osteo-suportada) e MARPE (expansão rápida assistida por microimplantes)⁽⁴⁵⁾.

O método de conexão entre os microimplantes e o corpo do disjuntor também deve ser tido em consideração. No estudo de *Seong et al.*⁽⁴⁵⁾ os MI foram soldados com o disjuntor com arames de aço de 0,8 mm sendo que todo o complexo foi criado para funcionar como uma só unidade, sem perda de força na interface entre os componentes. Registraram-se níveis mais elevados de stress em torno dos dois MI anteriores; este facto poderá dever-se à espessura aumentada da cortical óssea nessa região, originando diferentes níveis de ancoragem entre os MI anteriores e posteriores. Estes resultados vão de encontro aos de *Lee et al.*⁽³³⁾ que afirmaram que a cortical óssea posterior é mais fina que a anterior.

Em 2018, *Hartono et al.*⁽⁵⁷⁾ concluíram existir diferenças estatisticamente significativas na distribuição de stress entre a expansão rápida da maxila com disjuntor tradicional e com disjuntor MSE. A aplicação da força de expansão no grupo com disjuntor dento-suportado revelou concentração de stress na região inferior da sutura palatina. Por outro lado, a concentração de stress no grupo com disjuntor MSE foi registada na região inferior e também superior da sutura palatina. Quando maior a abertura do parafuso, maior o stress registado. O grupo com disjuntor dento-suportado registou stress na região palatina do primeiro molar e polpa dentária do primeiro molar. No grupo MSE registou-se stress na região da cúspide distopalatina do primeiro molar, e região palatina do primeiro molar. Em ambos os grupos houve distribuição de stress à sutura zigomaticotemporal.

Diversos autores como *Zimring e Isaacson*⁽²⁴⁾, *Chaconas e Caputo*⁽¹⁸⁾ e *Lee et al.*⁽⁷³⁾ afirmaram que a força gerada durante a disjunção maxilar afecta não só a sutura palatina mas todo o complexo craniofacial, quer na disjunção maxilar tradicional quer na disjunção com técnica MARPE⁽¹³⁾. Em 1982, *Chaconas et al.*⁽¹⁸⁾ concluíram que tanto um disjuntor Hyrax como um Haas produzem forças que irradiam superiormente desde a região palatina média, pelas lâminas perpendiculares dos ossos palatinos até estruturas anatómicas mais profundas. As forças ramificam-se superiormente até ao osso zigomático, afetando áreas zigomaticomaxilares e zigomaticotemporais. Divergem de seguida medialmente para afetar a parede medial da órbita, concentrando-se na junção entre os ossos nasais e lacrimais. Num estudo de *Ghoneima et al.*⁽⁹⁶⁾, com disjuntores dento-suportados, verificou-se o aumento da largura das suturas intermaxilar, internasal, nasomaxilar, frontomaxilar e frontonasal. No entanto, as suturas frontozigomática, zigomaticomaxilar, zigomaticotemporal e pterigomaxilar não revelaram alteração significativa sendo que os autores atribuíram esta situação à elevada interdigitação e rigidez destas estruturas.

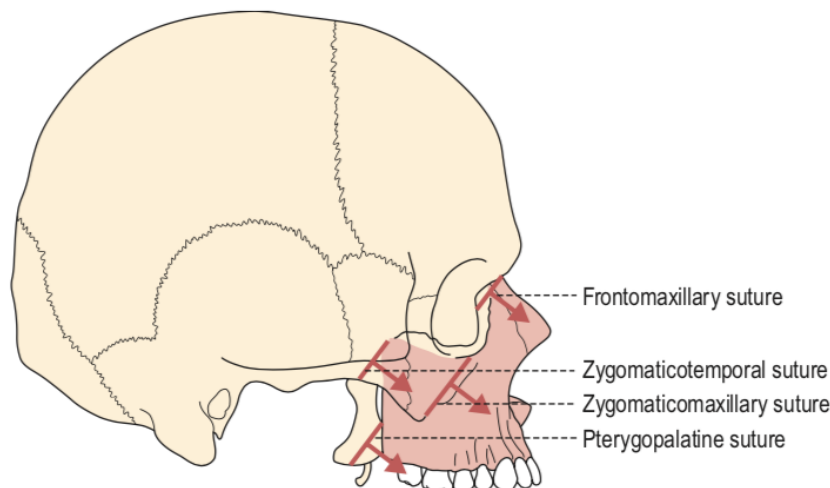


Imagem 64 – Representação de algumas das suturas afetadas pelo processo de disjunção maxilar.

No caso da disjunção maxilar tradicional sabe-se que a separação, de uma perspectiva oclusal, ocorre de forma triangular, com maior distância gerada na região anterior entre os incisivos centrais e menor distância na região posterior da maxila. Este efeito é facilmente perceptível pelo surgimento de um diastema interincisivo aquando da disjunção^(19, 57, 78, 98, 100). *Lione et al.* utilizaram um disjuntor maxilar dento-suportado activado 7 mm em todos os pacientes do seu estudo e concluíram que a separação da sutura palatina mediana foi de 3,01 mm ao nível da ENA e 1,15 mm ao nível da ENP, representando assim a expansão ao nível da ENP apenas 40% da expansão ao nível da ENA. Evidência sugere que este padrão de expansão triangular reflete a articulação dos ossos palatinos e das lâminas pteridóides mediais e laterais do osso esfenóide que constituem a principal resistência face à expansão da maxila, limitando a separação na região posterior^(96, 99). Para se obter uma separação quase paralela das duas hemimaxilas é necessário obter a desarticulação entre o processo piramidal do osso palatino e os processos pterigóides do osso esfenóide. De forma inversa, a separação típica em V dos disjuntores tradicionais reflecte a falta de desarticulação da sutura pterigopalatina. Conforme referido previamente, a tentativa de desarticulação desta sutura em crânios de cadáveres resultou sempre em fratura óssea⁽²⁰⁾. *Ghoneima et al.*⁽⁹⁶⁾, num estudo clínico, concluiu que esta sutura não pode ser separada com a utilização de disjuntores dento-suportados.

O método MARPE tem como objetivo originar uma expansão o mais paralela possível, no entanto a evidência não é clara, com resultados contraditórios entre estudos. Diversos autores concluíram que com o método MARPE é possível obter uma expansão quase paralela da maxila^(41, 52, 57, 99), enquanto outros obtiveram uma expansão triangular^(41, 49, 78, 99).

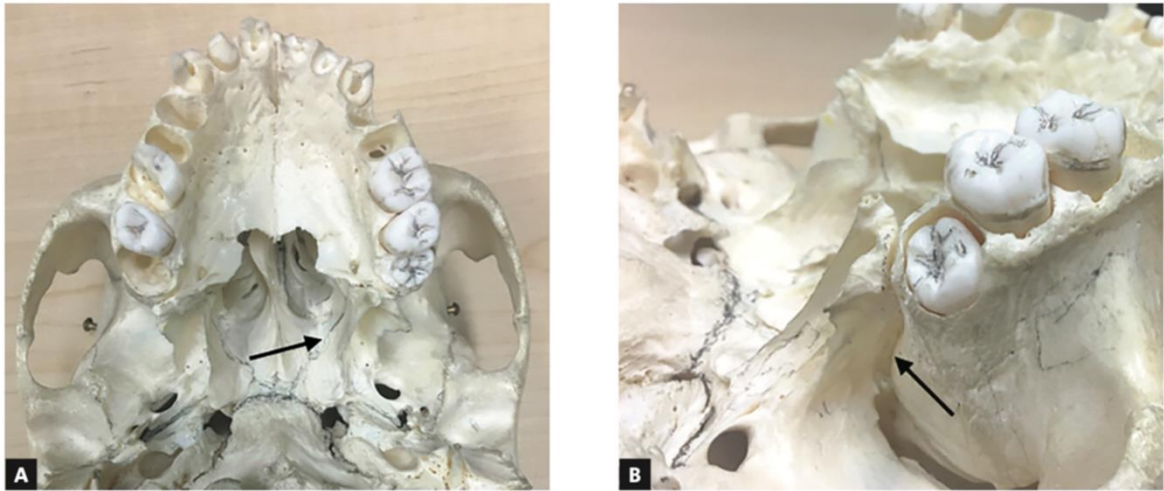


Imagem 65 - Crânio demonstrando a relação entre as lâminas pterigóides mediais do osso esfenóide e a maxila. Estas estruturas providenciam resistência às forças laterais aplicadas pelo disjuntor.

Um dos estudos que avaliaram a morfologia da expansão foi o de *Lin et al.*⁽⁹⁹⁾, onde se compararam imagens tomográficas pós-disjunção de pacientes tratados com disjuntor dento-suportado Hyrax e disjuntor osteo-dento-suportado MSE. No grupo tratado com disjuntor Hyrax, a sutura palatina média separou-se com uma divergência de posterior para anterior de $7,50^\circ (\pm 1-15^\circ)$; por outro lado, no grupo tratado com disjuntor MSE a sutura separou-se com uma divergência de apenas $0,62^\circ (\pm 0-2^\circ)$. *Hartono et al.*⁽⁵⁷⁾ obtiveram resultados similares ao comparar os dois tipos de disjuntores, chegando mesmo a afirmar que com o MSE a expansão surgia como uma linha recta entre as duas hemimaxilas. *Cantarella et al.*⁽⁴⁷⁾ demonstraram que as margens da sutura palatina mediana se separaram de forma praticamente paralela, correspondendo a quantidade de expansão ao nível da espinha nasal posterior a 90% (4,3 mm) à expansão obtida ao nível da espinha nasal anterior (4,8 mm). Conclui-se portanto que estes resultados diversos dever-se-ão à grande variabilidade observada no design no disjuntor e protocolo de ativação entre os diferentes estudos. É importante referir que os estudos citados de *Lin et al.*⁽⁹⁹⁾, *Hartono et al.*⁽⁵⁷⁾ e *Cantarella et al.*⁽⁴⁷⁾ tiveram como objeto de estudo o disjuntor MSE. *Cantarella et al.*⁽⁴⁷⁾ atribuíram estes resultados à utilização de quatro MI, com uma distância considerável entre eles e posicionados na região posterior do palato, medialmente à articulação zigomaticoesfenoidal, permitindo que a força fosse distribuída através de toda a sutura. Portanto, os resultados promissores destes autores deverão ser atribuídos ao tipo de disjuntor em si, com as particulares a ele inerentes, nomeadamente, a ancoragem bicortical dos quatro microimplantes.

Cantarella et al.⁽⁴⁷⁾, observaram que com o disjuntor MSE foi possível separar a sutura pterigopalatina, de forma a que o processo piramidal do osso palatino tenha sido mesmo

afastado das lâminas mediais e laterais dos processos pterigóides, sendo observáveis no CBCT em 53% das suturas avaliadas.

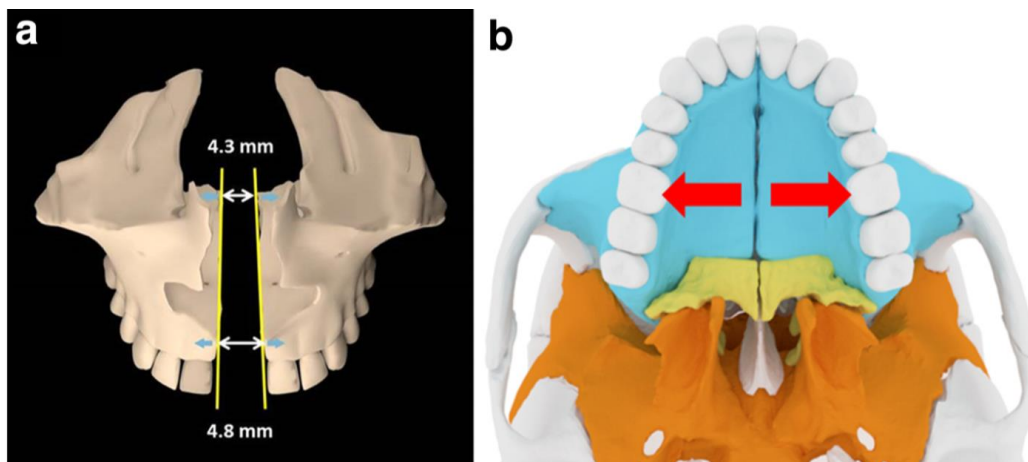


Imagem 66 - Representação do paralelismo sagital obtido com a disjunção com método MARPE, no estudo de Cantarella et al⁽⁴⁷⁾.

Em média, a separação foi de 1,4 mm na sutura do lado direito e 2,2 mm no lado esquerdo. Sete pacientes demonstraram separação simultânea nos lados direito e esquerdo, um paciente apenas no lado direito e um paciente apenas no lado esquerdo. A razão pela qual tenha sido possível desarticular a sutura pterigopalatina em apenas alguns pacientes poderá estar relacionada com características anatómicas como o tamanho e forma dos processos piramidais, afectando a resistência à expansão. O género e idade do paciente não demonstraram influenciar nem a magnitude nem a frequência de desarticulação das suturas para a amostra considerada no estudo⁽⁴⁷⁾.

No presente caso clínico, obteve-se uma separação das hemimaxilas tendencialmente paralela, como pode ser observado na imagem 67, onde se comparam os resultados obtidos no fim do primeiro período de activaões e no fim do segundo período.

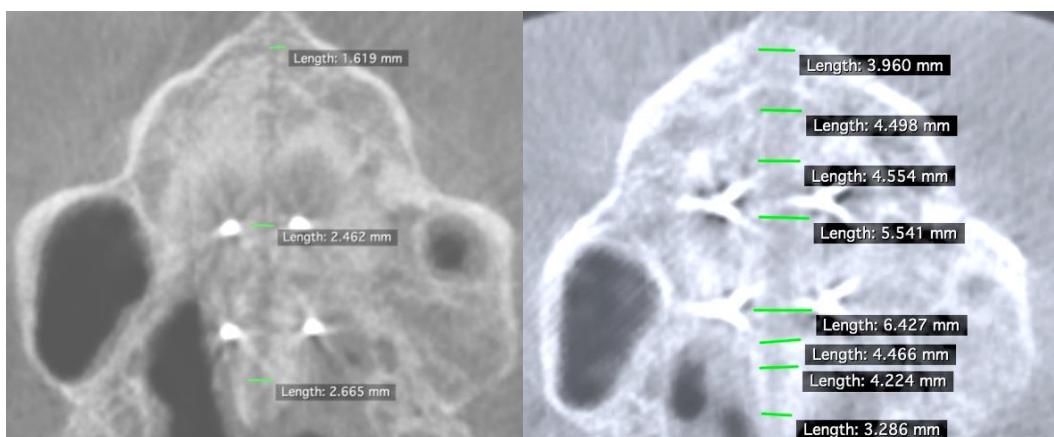


Imagem 67 - Disjunção maxilar obtida após o primeiro período de activaões (à direita) e após o segundo período de activaões.

Assim pode-se concluir que a capacidade do método MARPE em produzir uma disjunção mais paralela do que a disjunção tradicional assenta na correta utilização dos MI e no design do disjuntor⁽⁹⁹⁾. A utilização de MI com 11 mm, como no presente caso clínico, permite maior ancoragem e maior estabilidade durante a disjunção. Se forem utilizados MI mais curtos, como acontece com outros disjuntores MARPE, estes serão inseridos em osso esponjoso que é menos denso não permitindo alcançar a mesma estabilidade que o osso cortical⁽⁹³⁾. À medida que o parafuso de expansão é ativado, a força é estabilizada pela ancoragem óssea, impedindo que esta seja distribuída aos elementos dentários e processo alveolar, originando uma expansão mais paralela com menor probabilidade de ocorrerem efeitos adversos dentoalveolares^(38, 46, 101).

Avaliando o padrão transversal de disjunção da sutura palatina mediana, *Cantarella et al.*⁽⁴⁷⁾, observaram um movimento assimétrico das duas hemimaxilas, com metade da espinha nasal anterior sofrendo maior deslocamento do que a metade contralateral em cerca de 1,1 mm. A razão para tal é ainda desconhecida, no entanto, os autores assumem que uma das razões pode estar relacionada com forças externas presentes aquando da disjunção como uma mordida cruzada unilateral, um padrão de mastigação unilateral ou então pelo facto de as suturas circunmaxilares não serem susceptíveis em igual medida nos dois lados do crânio.

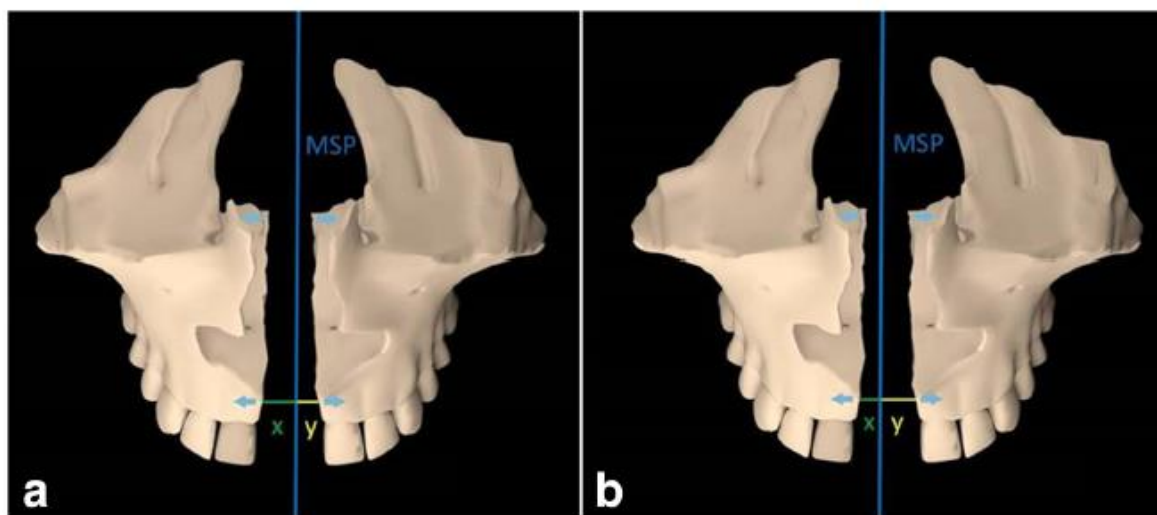


Imagem 68 - Representação esquemática da disjunção assimétrica da sutura palatina mediana. a) Maior movimento à direita; b) Maior movimento à esquerda⁽⁴⁷⁾.

No plano frontal, e no caso da disjunção tradicional, a sutura palatina média sofre uma expansão de forma não paralela. Superoinferiormente a sutura adota um padrão piramidal, com a base da pirâmida voltada para a cavidade oral e o vértice para a cavidade nasal⁽¹⁰²⁾. Na técnica MARPE, aparentemente, o padrão é similar⁽⁵²⁾.

A literatura continua a debater-se sobre a localização do fulcro rotacional da maxila durante a disjunção. Foram identificadas diferentes regiões, frequentemente ao nível da sutura frontomaxilar ^(19, 103, 104) mas também próximo da fissura orbitária superior ^(71, 105). *Garrett et al.* ⁽⁹⁸⁾ e *Mosleh et al.* ⁽¹⁷⁾ afirmaram que na disjunção tradicional, o fulcro do movimento maxilar localiza-se na sutura frontonasal e na sutura palatina média. Em 2018, *Cantarella et al.* ⁽⁵²⁾, observaram um maior aumento da distância interzigomática inferior em relação à distância interzigomática superior. Estes dados mostram uma rotação exterior do osso zigomático com maior deslocamento da sua região inferior, com aumento do ângulo frontozigomático de 2,5° e 2,9°, nos lados direito e esquerdo, respetivamente. Os autores concluíram que o complexo zigomaticomaxilar roda exteriormente com centro de rotação localizado próximo da sutura frontozigomática. O padrão de deslocamento do complexo zigomaticomaxilar foi calculado como a relação entre o aumento do ângulo frontozigomático e o aumento da distância interzigomática. A cada 1 mm de aumento na distância interzigomática, o complexo zigomaticomaxilar roda 0,6°.



Imagem 69 - Padrão de movimento lateral do complexo zigomaticomaxilar. Por cada mm de aumento da distância interzigomática inferior, cada complexo hemimaxilar roda 0,6°, com centro de rotação na sutura frontozigomática⁽⁵²⁾.

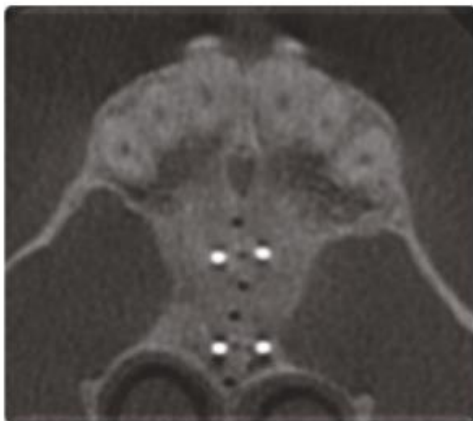
Uma grande vantagem de se obter uma expansão da maxila quase paralela, com a quantidade de expansão ao nível dos incisivos similar àquela obtida ao nível da região posterior é a possibilidade de se obter uma melhor coordenação entre as arcadas⁽⁴⁷⁾. A capacidade em obter desarticulação posterior é também vantajosa na melhoria da permeabilidade da via aérea, reduzindo a sua resistência⁽⁴⁵⁾.

Na literatura existe evidência científica de efeitos benéficos da técnica MARPE antes do tratamento de pacientes Classe III com máscara facial, mesmo em caso de pacientes adultos jovens^(50, 59, 62). Ao permitir a desarticulação das estruturas das suturas perimaxilares, através de um fenómeno semelhante à distração osteogénica, potencia o impacto da utilização da máscara facial^(50, 59, 62). Uma outra aplicação vantajosa do método MARPE é no tratamento de pacientes Classe II hiperdivergentes, que frequentemente apresentam deficiência transversal da maxila⁽³⁸⁾. De acordo com *Buschang et al.*⁽¹⁰⁶⁾ o melhor tratamento nestes pacientes é a rotação anti-horária da mandíbula. Com a utilização do método MARPE, a intrusão molar pode ser executada imediatamente após a disjunção, facilitando a correcção da relação sagital.

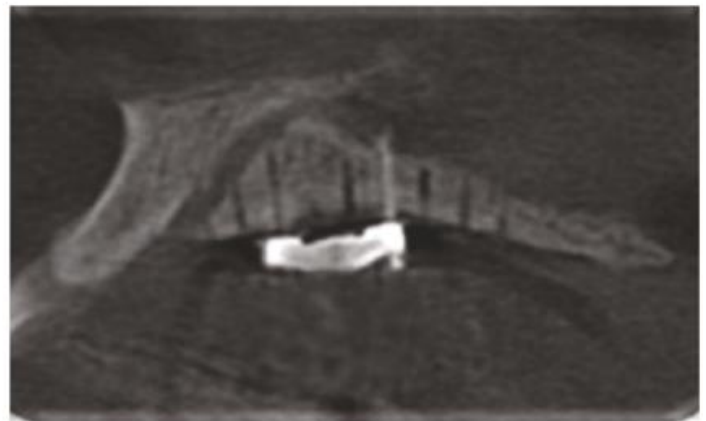
Como já referido, casos há onde esta técnica revela limitações, provavelmente devido à elevada resistência das estruturas envolventes como os pilares da abertura piriforme, a articulação zigomaticoesfenoidal, articulações com os processos pterigóides e a própria sutura palatina mediana. Assim, alguns autores ponderaram que seria benéfico reduzir a área de resistência óssea durante a disjunção com o método MARPE. Atualmente, para ultrapassar esta dificuldade, tem sido dada atenção ao fenómeno acelerador regional induzido por trauma cirúrgico (“RAP” *regional acceleratory phenomenon*) atuando diretamente na remodelação óssea e acelerando o movimento dentário⁽¹⁰⁷⁾. O RAP acontece quando ocorre um trauma mecânico no osso, geralmente limitado ao osso alveolar. Este processo inicia e potencia um processo de reparação óssea normal, aumento do turnover celular do osso alveolar, acelerando o movimento dentário⁽¹⁰⁷⁾. Entre os procedimentos estudados para este fim estão a corticotomia⁽¹⁰⁸⁾, microperfurações ósseas⁽¹⁰⁹⁾, piezoincisão⁽¹¹⁰⁾, corticopuntura⁽¹¹¹⁾ e corticocisão⁽¹¹²⁾. Na literatura alguns casos clínicos demonstraram a utilização do método de corticotomia como auxiliar na disjunção maxilar⁽¹¹³⁻¹¹⁵⁾. Recentemente esta técnica foi associada também à disjunção maxilar com o método MARPE como forma de diminuir a resistência da base óssea ao tratamento⁽¹¹⁵⁾. No caso clínico reportado por *Suzuki et al.*⁽¹¹⁵⁾ em 2018, após insucesso na ativação do disjuntor MSE numa paciente de 35 anos, realizou-se a corticopuntura ao longo da sutura palatina mediana com o objetivo de reduzir a resistência à disjunção e acelerar a remodelação óssea. O procedimento passa pela sucessiva inserção/desinserção de um microimplante de titânio de 9 mm, criando então pequenas perfurações com 2 mm de distância entre si e profundidade de 5 mm. Este procedimento foi capaz de permitir a posterior activação do disjuntor com consequente sucesso da técnica, sem a ocorrência de efeitos adversos.



Imagem 70 - Pormenor da superfície palatina após corticopuncturas⁽¹¹⁵⁾.



(a)



(b)

Imagem 71 - Imagem de CBCT permitindo visualizar as corticopuncturas em perspetiva sagital (a) e axial (b) ⁽¹¹⁵⁾.

Efeitos periodontais do método MARPE

A literatura atual, apesar de escassa nesta matéria, não refere a existência de efeitos particularmente nefastos para o periodonto provocados pelo método MARPE. *Park et al.*⁽⁴²⁾ observou diminuição da espessura da cortical óssea vestibular (0,6-1,1 mm) e da crista alveolar (1,7 – 2,2 mm) após disjunção com método MARPE. *Lim et al.*⁽⁴¹⁾ encontraram

resultados similares, encontrando também uma diminuição da espessura da cortical vestibular mas, por outro lado, um aumento na espessura na cortical palatina. Concluíram, por isso, que com a expansão os dentes de ancoragem adoptaram uma posição mais vertical com remodelação óssea do osso alveolar subjacente. *Carlson et al.*⁽⁴⁰⁾, num caso clínico de MARPE num paciente do sexo masculino com 19 anos de idade, registaram a manutenção da espessura da cortical óssea vestibular, sem fenómenos de torque positivo dos dentes de ancoragem⁽⁴⁰⁾. Estes resultados seriam relevantes se fosse feita comparação com os efeitos periodontais provocados pelos disjuntores dento-suportados ou mesmo pela disjunção cirurgicamente-assistida já que estes são os tratamentos alternativos ao método aqui descrito. No presente caso clínico, apesar de as alterações periodontais não serem objeto de estudo, não foram resistidas alterações merecedoras de atenção.

Efeitos do método MARPE nos tecidos moles faciais

Alguns autores questionaram-se de que forma a técnica MARPE afeta os tecidos moles da face. A obtenção de informação quantitativa relativamente a este tema deve ser cuidadosamente ponderada. A literatura aponta para que a informação obtida através de fotografia convencional poderá não ser o registo mais válido, já que este é influenciado por diversos fatores que irão originar discrepâncias indesejáveis. Fatores como a posição da cabeça aquando da fotografia, a distância entre objetiva, objeto e ângulo da câmara podem afetar significativamente os resultados obtidos ⁽¹¹⁶⁾. Para além disso, também a identificação dos pontos anatómicos cranianos e faciais através de fotografias é dificultada devido à natureza elástica do tecido em questão.

Num estudo pioneiro, *Abedini et al.*⁽⁵¹⁾, avaliaram os efeitos produzidos nos tecidos moles pela disjunção com MSE, recorrendo a imagens tomográficas a três dimensões. Os seus resultados revelaram que determinadas áreas da face possuem maior probabilidade de sofrer alterações com a disjunção maxilar. Estas áreas são a região ao redor do nariz (área paranasal), onde os vetores possuem uma direção anterior e lateral, bem como na região medial de ambas as hemifaces, onde os vetores possuem direção anterior e lateral⁽⁵¹⁾.

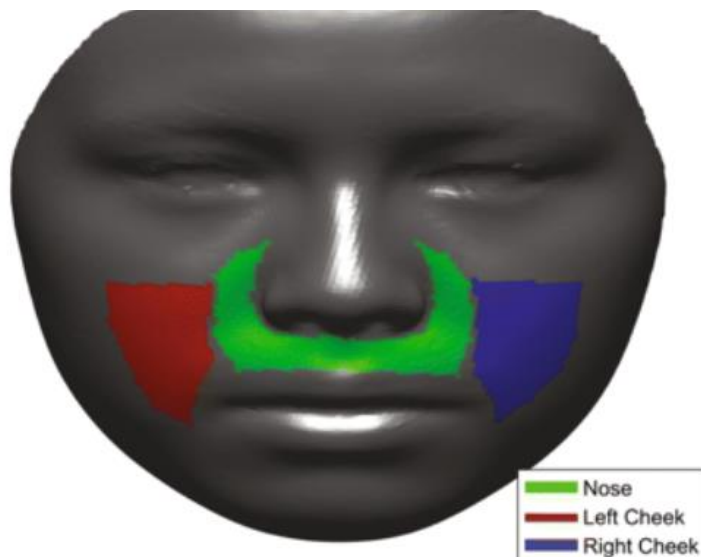


Imagem 72 – Representação das principais áreas afetadas pela disjunção maxilar com MSE no estudo de Abedini et al.⁽⁵¹⁾

A natureza na expansão é assimétrica, com maiores alterações nos tecidos moles de uma hemiface do que da outra. A média de alterações na região paranasal foi de 1,3 mm, na região das hemifaces a alteração foi de 2,4 mm na hemiface direita e 2,9 mm na hemiface esquerda. As alterações mostraram-se estáveis ao fim de um ano do período de contenção⁽⁵¹⁾.

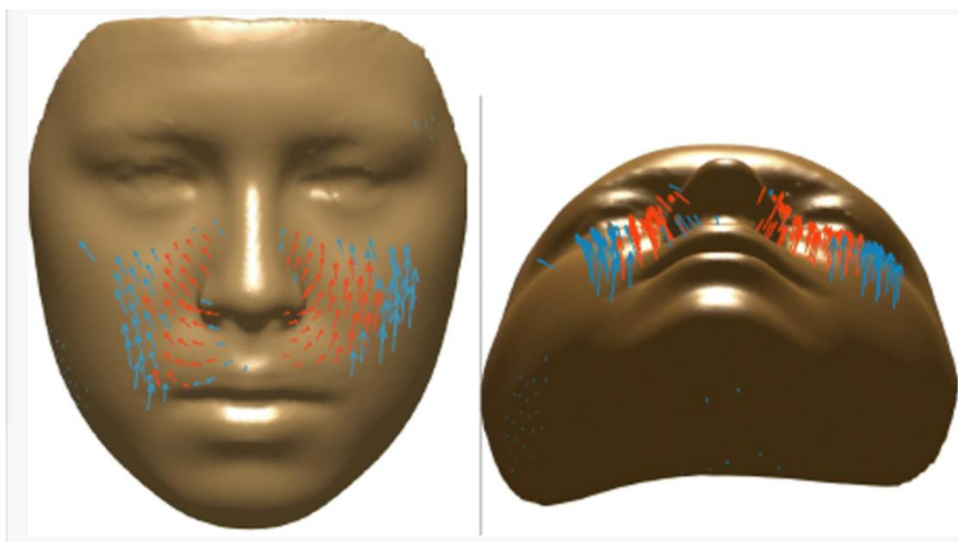


Imagem 73 – Mapa de vetores demonstrando a direção das alterações após a disjunção maxilar com MSE no estudo de Abedini et al.⁽⁵¹⁾ Setas azuis representam vetores com $p < 0,05$ e setas vermelhas representam vetores com $p < 0,01$.

Efeitos do método MARPE na via aérea superior

Indivíduos com deficiência transversal da maxila têm uma maior propensão ao desenvolvimento de patologia do tipo obstrutivo como é o caso da apneia obstrutiva do sono. A disjunção maxilar pode melhorar a ventilação do indivíduo já que promove o aumento do volume da nasofaringe, orofaringe e cavidades nasais^(42, 65, 117). Alguns autores consideram que a deficiência transversal da maxila é um fator subvalorizado em pacientes adultos com obstrução nasal ou SAO⁽⁶⁾. Para estes pacientes, a expansão maxilar aumenta o tamanho da cavidade nasal levando, por conseguinte, à diminuição da resistência da via aérea (10% de aumento do tamanho da cavidade nasal corresponde a 21% de melhoria da ventilação)⁽¹¹⁸⁾. *Abdullatif et al.*⁽⁵⁾ propuseram também que, para além do efeito direto da expansão maxilar na dimensão da via aérea, também os músculos com inserção no palato como o músculo palatoglosso e palatofaríngeo sofrem deslocamento anterior levando ao aumento da via aérea faríngea posterior, sendo possível um melhor posicionamento da língua, com consequente redução da obstrução da via aérea e reduzindo o colapso da via aérea superior durante o sono⁽¹¹⁹⁾.

Motro et al.⁽⁶⁵⁾ e *Carlson et al.*⁽⁴⁰⁾ concluíram que estes efeitos benéficos também se observam em pacientes adultos submetidos a tratamento. Consequentemente a técnica MARPE pode ter indicação para o tratamento de pacientes adultos com deficiência transversal maxilar, melhorando a sua qualidade de vida. Num caso clínico de um paciente do sexo feminino, com 22 anos e 6 meses de idade, *Brunetto et al.*⁽³⁸⁾ relataram numa polisonografia pós-expansão, a redução do índice de apneia-hipopneia de 7,9 para 1,5 com melhoria de sintomatologia associada.

A eficácia da técnica MARPE com este propósito permanece, ainda assim, por elucidar. Devem ser avaliados os efeitos na resistência da via aérea em diferentes grupos de pacientes, com diferentes patologias da via aérea.

Vantagens e limitações do método MARPE

Da análise da literatura existente conclui-se que o método MARPE tem como vantagens: forças aplicadas diretamente à sutura palatina mediana com limitação das forças aplicadas aos dentes, limitar o tipping dos elementos dentários^(46, 73, 120), limitar efeitos adversos periodontais^(33, 120), permitir obter melhor controlo vertical em pacientes dolicofaciais⁽⁴⁶⁾, limitar a movimentação dos elementos dentários de ancoragem^(45, 63), potenciar os efeitos de protração maxilar em pacientes Classe III tratados com máscara facial^(50, 62, 63), constituir uma alternativa para o tratamento da insuficiência transversal em

pacientes no final do crescimento pubertário ou mesmo em adultos^(33, 39, 41, 42, 58, 115), constituir uma alternativa efetiva ao SARPE⁽⁴⁰⁾, ser um tratamento estável e com recidiva limitada^(33, 58), originar uma potencial melhoria na permeabilidade da via aérea^(38, 40, 65).

Na literatura não são relatadas complicações severas da técnica MARPE. *Garib et al.*⁽¹²⁰⁾ referiram que uma desvantagem do método MARPE é a necessidade de uma ativação mais longa no tempo e com forças mais elevadas para permitir a rutura da sutura palatina mediana, comparativamente ao SARPE. Outras desvantagens relacionam-se com o seguinte: inflamação temporária da mucosa⁽³³⁾, dificuldade de higienização ao redor dos implantes e risco de infeção⁽⁴⁶⁾. A complicação mais frequente consiste efetivamente na inflamação local da mucosa e consequente hiperplasia em torno dos microimplantes, normalmente associada a higiene local inadequada⁽³⁸⁾. *Brunetto et al.*⁽³⁸⁾ sugerem que se dispense uma quantidade de tempo significativo na orientação do paciente relativamente aos cuidados de higiene a ter, otimizando-a com auxiliares como o jato de água. Em casos onde o controlo mecânico se mostrar insuficiente deve ser adotado, por tempo limitado, um meio químico de controlo como a aplicação de clorohexidina tópica, em colutório ou gel⁽³⁸⁾. *Choi et al.*⁽⁵⁸⁾ afirmaram que, para a prevenção desta situação, para além dos cuidados de higiene, será também importante uma elaboração cuidadosa do dispositivo e sua correta colocação.



Imagem 74 – Casos de inflamação da mucosa durante a disjunção maxilar com método MARPE devido a higiene oral insuficiente.

No que concerna ao protocolo clínico, a aplicação de anestesia local infiltrativa deve ser executada cuidadosamente devido à proximidade com a artéria palatina. O clínico deve ter um conhecimento profundo da posição desta artéria⁽¹²¹⁾.

Em relação a limitações do método MARPE está a possibilidade de insucesso da disjunção devido à resistência e interdigitação das estruturas craniofaciais^(58, 115) e a dificuldade de posicionamento do disjuntor em pacientes com palatos muito estreitos e profundos⁽³⁸⁾.

Conclusão

O objetivo principal da correção da relação transversal maxilomandibular é o incremento da dimensão transversal, obtido inteiramente por neo-formação óssea, sem compensação dentária, nem efeitos dentoalveolares ou periodontais indesejáveis e na ausência de recidiva.

Não existe evidência concreta que refira que a sutura palatina mediana se encontra ossificada no final do crescimento craniofacial, o que torna o método MARPE teoricamente aplicável mesmo em pacientes adultos, sobretudo adultos jovens.

Evidência recente demonstra que o método MARPE resulta na expansão efetiva da maxila e estruturas craniofaciais envoltentes com reduzidos custos e menores riscos do que os tratamentos alternativos, constituindo um técnica promissora para a expansão ortopédica em pacientes adultos. A ancoragem esquelética robusta obtida com este método oferece novas possibilidades mecânicas para o tratamento de várias maloclusões.

A associação entre a disjunção maxilar com método MARPE e terapia com máscara facial obteve resultados promissores, podendo tornar-se uma alternativa ao tratamento de pacientes adultos jovens com Classe III.

O método MARPE parece ter um impacto importante na redução da resistência da via aérea superior, podendo ser uma opção válida para a redução da obstrução da via aérea superior.

São necessários ensaios clínicos randomizados para avaliar comparativamente a eficácia de procedimentos de disjunção maxilar tradicional, MARPE e SARPE e, principalmente, os seus efeitos a longo prazo.

Bibliografia

1. da Silva Filho OG, Santamaria M, Jr., Capellozza Filho L. Epidemiology of posterior crossbite in the primary dentition. *The Journal of clinical pediatric dentistry*. 2007;32(1):73-8.
2. Brunelle J, Bhat M, Lipton J. Prevalence and distribution of selected occlusal characteristics in the US population, 1988–1991. *Journal of dental research*. 1996;75(2_suppl):706-13.
3. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. *Contemporary orthodontics*: Elsevier Health Sciences; 2006.
4. McNamara JA, Lione R, Franchi L, Angelieri F, Cevidanes LHS, Darendeliler MA, et al. The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health. *Progress in Orthodontics*. 2015;16(1).
5. Abdullatif J, Certal V, Zaghi S, Song SA, Chang ET, Gillespie MB, et al. Maxillary expansion and maxillomandibular expansion for adult OSA: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2016;44(5):574-8.
6. Vinha PP, Eckeli AL, Faria AC, Xavier SP, de Mello-Filho FV. Effects of surgically assisted rapid maxillary expansion on obstructive sleep apnea and daytime sleepiness. *Sleep and Breathing*. 2016;20(2):501-8.
7. Bseikri M, Lo L, Guilleminault C. Obstructive sleep apnea: a syndrome from childhood to old-age. *Pulmonary Therapy*. 2015;1(1):31-42.
8. Martins AB, Tufik S, Moura S. Síndrome da apnéia-hipopnéia obstrutiva do sono. *Fisiopatologia. J bras pneumol*. 2007;33(1):93-100.
9. Tamburrino R, Boucher N, Vanarsdall R, Secchi A. The transverse dimension: diagnosis and relevance to functional occlusion. *RWISO J*. 2010;2(1):13-22.
10. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA, Jr. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 2001;71(5):343-50.
11. Tamburrino R, Shah S, Fishel D. Periodontal rationale for transverse skeletal normalization. *Orthod Pract*. 2014;5(3):50-3.
12. Angell D. Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dent Cosmos*. 1860;1:540-4.
13. Haas AJ. Rapid Expansion Of The Maxillary Dental Arch And Nasal Cavity By Opening The Midpalatal Suture. *The Angle Orthodontist*. 1961;31(2):73-90.
14. Timms DJ. The dawn of rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 1999;69(3):247-50.
15. Angelieri F, Cevidanes 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.
16. Haas AJ. Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1970;57(3):219-55.
17. Mosleh MI, Kaddah MA, Abd ElSayed FA, 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.
18. Chaconas SJ, Caputo AA. Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *American journal of orthodontics*. 1982;82(6):492-501.
19. Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *American journal of orthodontics*. 1970;58(1):41-66.
20. Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *American journal of orthodontics*. 1982;82(4):329-42.
21. Isaacson RJ, Ingram AH. Forces produced by rapid maxillary expansion: II. Forces present during treatment. *The Angle Orthodontist*. 1964;34(4):261-70.
22. Mommaerts MY. Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *The British journal of oral & maxillofacial surgery*. 1999;37(4):268-72.

23. Alpern MC, Yurosko JJ. Rapid palatal expansion in adults with and without surgery. *Angle Orthod.* 1987;57(3):245-63.
24. Zimring JF, Isaacson RJ. Forces produced by rapid maxillary expansion: III. Forces present during retention. *The Angle Orthodontist.* 1965;35(3):178-86.
25. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91(1):3-14.
26. 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.
27. Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ. Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: report on 47 cases using the Haas expander. *The Angle Orthodontist.* 2000;70(2):129-44.
28. Belli SJ. Long term anteroposterior, transverse, and vertical skeletal changes following rapid maxillary expansion in adults: The Ohio State University; 1992.
29. Mossaz CF, Byloff FK, Richter M. Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *Eur J Orthod.* 1992;14(2):110-6.
30. Alpern MC, Yurosko JJ. Surgically assisted rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(6):786; author reply -7.
31. Cakarar S, Keskin B, Isler S, Cansiz E, Uzun A, Keskin C. Complications associated with surgically assisted rapid palatal expansion without pterygomaxillary separation. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery.* 2017;118(5):279-82.
32. Phillips C, Medland W, Fields JH, Proffit W, White JR. Stability of surgical maxillary expansion. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery.* 1992;7(3):139-46.
33. 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):830-9.
34. L'tanya JB, White Jr RP, Proffit WR, Turvey TA. Segmental LeFort I osteotomy for management of transverse maxillary deficiency. *Journal of oral and maxillofacial surgery.* 1997;55(7):728-31.
35. Berger JL, Pangrazio-Kulbersh V, Borgula T, Kaczynski R. Stability of orthopedic and surgically assisted rapid palatal expansion over time. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* 1998;114(6):638-45.
36. Menon S, Manerikar R, Sinha R. Surgical management of transverse maxillary deficiency in adults. *J Maxillofac Oral Surg.* 2010;9(3):241-6.
37. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(2):290-302.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. Lim HM, Park YC, Lee KJ, Kim KH, Choi YJ. Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Korean J Orthod.* 2017;47(5):313-22.
42. Park JJ, Park YC, Lee KJ, Cha JY, Tahk JH, Choi YJ. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod.* 2017;47(2):77-86.
43. Cunha ACD, Lee H, Nojima LI, Nojima M, Lee KJ. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion for managing arch perimeter in an adult patient. *Dental Press J Orthod.* 2017;22(3):97-108.

44. Nojima LI, Nojima M, Cunha ACD, Guss NO, Sant'Anna EF. Mini-implant selection protocol applied to MARPE. *Dental Press J Orthod*. 2018;23(5):93-101.
45. Seong EH, Choi SH, Kim HJ, Yu HS, Park YC, Lee KJ. Evaluation of the effects of miniscrew incorporation in palatal expanders for young adults using finite element analysis. *Korean J Orthod*. 2018;48(2):81-9.
46. 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. *Prog Orthod*. 2014;15:52.
47. 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;18(1):34.
48. Wehrbein H, Yildizhan F. The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur J Orthod*. 2001;23(2):105-14.
49. Moon W. Class III treatment by combining facemask (FM) and maxillary skeletal expander (MSE). *Seminars in Orthodontics*. 2018;24(1):95-107.
50. Moon W, editor Class III treatment by combining facemask (FM) and maxillary skeletal expander (MSE). *Seminars in Orthodontics*; 2018: Elsevier.
51. Abedini S, Elkenawy I, Kim E, Moon W. Three-dimensional soft tissue analysis of the face following micro-implant-supported maxillary skeletal expansion. *Prog Orthod*. 2018;19(1):46.
52. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, Mallya SM, Pan HC, Alkahtani MR, et al. Midfacial changes in the coronal plane induced by microimplant-supported skeletal expander, studied with cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;154(3):337-45.
53. SH K. A study on the bone thickness of midpalatal suture area for miniscrew insertion. . *Korean J Orthod*. 2004.
54. 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;151(5):887-97.
55. Fonseca-Silva T, Fonseca-Silva Â, Vieira-Andrade RG, Santos Carolina Carvalho de O. Non-surgical rapid maxillary expansion in adult patient: Report and review. *International Dental & Medical Journal of Advanced Research - VOLUME 2015*. 2015;1(1):1-3.
56. Liu S, Xu T, Zou W. Effects of rapid maxillary expansion on the midpalatal suture: a systematic review. *Eur J Orthod*. 2015;37(6):651-5.
57. Hartono N, Soegiharto BM, Widayati R. The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE)-a finite element analysis. *Prog Orthod*. 2018;19(1):33.
58. Choi SH, Shi KK, Cha JY, Park YC, Lee KJ. Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *Angle Orthod*. 2016;86(5):713-20.
59. Lombardo L, Carlucci A, Maino BG, Colonna A, Paoletto E, Siciliani G. Class III malocclusion and bilateral cross-bite in an adult patient treated with miniscrew-assisted rapid palatal expander and aligners. *Angle Orthod*. 2018;88(5):649-64.
60. Maino G, Paoletto E, Lombardo L, Siciliani G. Un nuovo metodo 3D per l'inserimento guidato degli ancoraggi scheletrici sul palato.
61. Maino BG, Paoletto E, Lombardo L, 3rd, Siciliani G. A Three-Dimensional Digital Insertion Guide for Palatal Miniscrew Placement. *Journal of clinical orthodontics : JCO*. 2016;50(1):12-22.
62. Maino G, Turci Y, Arreghini A, Paoletto E, Siciliani G, Lombardo L. Skeletal and dentoalveolar effects of hybrid rapid palatal expansion and facemask treatment in growing skeletal Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;153(2):262-8.
63. 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.

64. 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.
65. Motro M, Schauseil M, Ludwig B, Zorkun B, Mainusch S, Ates M, et al. Rapid-maxillary-expansion induced rhinological effects: a retrospective multicenter study. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2016;273(3):679-87.
66. Ricketts R. *Introducing computerized cephalometrics.* Denver: Rocky Mountain Data Systems. Inc, March. 1969.
67. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *American journal of orthodontics.* 1972;62(3):296-309.
68. Anzilotti C, Vanarsdall R, Balakrishnan M. *Expansion and evaluation of post-retention gingival recession: thesis.* Philadelphia, 2002, University of Pennsylvania; 2002.
69. Marquezan M, Nojima LI, Freitas AOAd, Baratieri C, Alves Júnior M, Nojima MdCG, et al. Tomographic mapping of the hard palate and overlying mucosa. *Brazilian oral research.* 2012;26(1):36-42.
70. Persson M, Thilander B. Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *American journal of orthodontics.* 1977;72(1):42-52.
71. Gardner GE, Kronman JH. Cranioskeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus monkey. *American journal of orthodontics.* 1971;59(2):146-55.
72. Persson M, Magnusson B, Thilander B. Sutural closure in rabbit and man: a morphological and histochemical study. *Journal of Anatomy.* 1978;125(Pt 2):313.
73. Lee HK, Bayome M, Ahn CS, Kim S-H, Kim KB, Mo S-S, et al. Stress distribution and displacement by different bone-borne palatal expanders with micro-implants: a three-dimensional finite-element analysis. *European Journal of Orthodontics.* 2012;36(5):531-40.
74. Woller JL, Kim KB, Behrents RG, Buschang PH. An assessment of the maxilla after rapid maxillary expansion using cone beam computed tomography in growing children. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2014;19(1):26-35.
75. Rinaldi MRL, Azeredo F, de Lima EM, Rizzatto SMD, Sameshima G, de Menezes LM. Cone-beam computed tomography evaluation of bone plate and root length after maxillary expansion using tooth-borne and tooth-tissue-borne banded expanders. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2018;154(4):504-16.
76. Ribeiro GLU, Locks A, Pereira J, Brunetto M. Analysis of rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2010;15(6):107-12.
77. Ladewig VM, Capelozza-Filho L, Almeida-Pedrin RR, Guedes FP, de Almeida Cardoso M, de Castro Ferreira Conti AC. Tomographic evaluation of the maturation stage of the midpalatal suture in postadolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(6):818-24.
78. Pangrazio-Kulbersh V, Wine P, Haughey M, Pajtas B, Kaczynski R. Cone beam computed tomography evaluation of changes in the naso-maxillary complex associated with two types of maxillary expanders. *Angle Orthod.* 2012;82(3):448-57.
79. Korbmacher H, Schilling A, Puschel K, Amling M, Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofacc Orthop.* 2007;68(5):364-76.
80. Isfeld D, Flores-Mir C, Leon-Salazar V, Lagravere M. Evaluation of a novel palatal suture maturation classification as assessed by cone-beam computed tomography imaging of a pre- and postexpansion treatment cohort. *Angle Orthod.* 2018.
81. Baka ZM, Akin M, Ucar FI, Ileri Z. Cone-beam computed tomography evaluation of dentoskeletal changes after asymmetric rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(1):61-71.
82. Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2011;140(5):734-44.

83. De Vos W, Casselman J, Swennen G. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2009;38(6):609-25.
84. Furtado A, Furtado GC, El Haje O, Rosario HD, Franco A, Makeeva I, et al. Soft-tissue cone-beam computed tomography (ST-CBCT) technique for the analysis of skeletal, dental and periodontal effects of orthopedic rapid maxillary expansion. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(9):e883-e90.
85. Cobourne MT, DiBiase AT. *Handbook of orthodontics*: Elsevier Health Sciences; 2015.
86. Carlson S, Graham J, Harrell Jr W, Lin E, Molen A, Womack R. The truth about CBCT radiation. *Orthotown*. 2011;4(7):62-8.
87. Netter FH, Colacino S. *Atlas of human anatomy*: Ciba-Geigy Corporation; 1989.
88. Melsen B. A histological study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children. *Transactions European Orthodontic Society*. 1972:499.
89. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: a clinically oriented method based on hand-wrist films. *The Angle Orthodontist*. 1982;52(2):88-112.
90. Revelo B, Fishman LS. Maturational evaluation of ossification of the midpalatal suture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;105(3):288-92.
91. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H. Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop*. 2004;65(6):467-74.
92. N'Guyen T, Ayral X, Vacher C. Radiographic and microscopic anatomy of the mid-palatal suture in the elderly. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2007;30(1):65-8.
93. Vieira-Barbosa NM. Confiabilidade e reprodutibilidade do método de análise da maturação da sutura palatina mediana: um estudo tomográfico. 2017.
94. Abo Samra D, Hadad R. Midpalatal suture: evaluation of the morphological maturation stages via bone density. *Prog Orthod*. 2018;19(1):29.
95. Grunheid T, Larson CE, Larson BE. Midpalatal suture density ratio: A novel predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151(2):267-76.
96. 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.
97. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(4):428 e1-8.
98. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;134(1):8-9.
99. Lin Y. Comparison of skeletal and dental changes with MSE (Maxillary Skeletal Expander) and Hyrax appliance using CBCT imaging: UCLA; 2015.
100. Kanomi R, Deguchi T, Kakuno E, Takano-Yamamoto T, Roberts WE. CBCT of skeletal changes following rapid maxillary expansion to increase arch-length with a development-dependent bonded or banded appliance. *The Angle Orthodontist*. 2013;83(5):851-7.
101. Moon SH, Park SH, Lim WH, Chun YS. Palatal Bone Density in Adult Subjects: Implications for Mini-Implant Placement. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(1):137-44.
102. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *The Angle Orthodontist*. 1965;35(3):200-17.
103. Işeri H, Tekkaya AE, Öztan Ö, Bilgic S. Biomechanical effects of rapid maxillary expansion on the craniofacial skeleton, studied by the finite element method. *The European Journal of Orthodontics*. 1998;20(4):347-56.
104. Jafari A, Shetty KS, Kumar M. Study of stress distribution and displacement of various craniofacial structures following application of transverse orthopedic forces—a three-dimensional FEM study. *The Angle Orthodontist*. 2003;73(1):12-20.

105. Gautam P, Valiathan A, Adhikari R. Stress and displacement patterns in the craniofacial skeleton with rapid maxillary expansion: a finite element method study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007;132(1):5. e1-5. e11.
106. Buschang PH, Carrillo R, Rossouw PE. Orthopedic correction of growing hyperdivergent, retrognathic patients with miniscrew implants. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2011;69(3):754-62.
107. Wilcko WM, Wilcko MT, Bouquot J, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. 2001;21(1):9-20.
108. Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NF, Bouquot JE. Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009;67(10):2149-59.
109. Cheung T, Park J, Lee D, Kim C, Olson J, Javadi S, et al. Ability of mini-implant-facilitated micro-osteoperforations to accelerate tooth movement in rats. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2016;150(6):958-67.
110. Kim Y-S, Kim S-J, Yoon H-J, Lee PJ, Moon W, Park Y-G. Effect of piezopuncture on tooth movement and bone remodeling in dogs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144(1):23-31.
111. Suzuki SS, Garcez AS, Reese PO, Suzuki H, Ribeiro MS, Moon W. Effects of corticopuncture (CP) and low-level laser therapy (LLLT) on the rate of tooth movement and root resorption in rats using micro-CT evaluation. *Lasers in medical science*. 2018;33(4):811-21.
112. Murphy C, Kalajic Z, Chandhoke T, Utreja A, Nanda R, Uribe F. The effect of corticision on root resorption with heavy and light forces. *The Angle Orthodontist*. 2015;86(1):17-23.
113. Echchadi ME, Benchikh B, Bellamine M, Kim S-H. Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion: A novel approach with a 3-year follow-up. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2015;148(1):138-53.
114. Hassan AH, AlGhamdi AT, Al-Fraidi AA, Al-Hubail A, Hajrassy MK. Unilateral cross bite treated by corticotomy-assisted expansion: two case reports. *Head & face medicine*. 2010;6(1):6.
115. Suzuki SS, Braga LFS, Fujii DN, Moon W, Suzuki H. Corticopuncture Facilitated Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion. *Case reports in dentistry*. 2018;2018.
116. Lane C, Harrell Jr W. Completing the 3-dimensional picture. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;133(4):612-20.
117. Izuka EN, Feres MF, Pignatari SS. Immediate impact of rapid maxillary expansion on upper airway dimensions and on the quality of life of mouth breathers. *Dental Press J Orthod*. 2015;20(3):43-9.
118. Powell NB, Zonato AI, Weaver EM, Li K, Troell R, Riley RW, et al. Radiofrequency treatment of turbinate hypertrophy in subjects using continuous positive airway pressure: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical pilot trial. *The Laryngoscope*. 2001;111(10):1783-90.
119. Vinha PP, Faria AC, Xavier SP, Christino M, de Mello-Filho FV. Enlargement of the pharynx resulting from surgically assisted rapid maxillary expansion. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2016;74(2):369-79.
120. Garib DG, Henriques JF, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;129(6):749-58.
121. Reiser GM, Bruno JF, Mahan PE, Larkin LH. The subepithelial connective tissue graft palatal donor site: anatomic considerations for surgeons. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 1996;16(2).