

Fábio Manuel Lagarto Moreno

**Modificações esqueléticas e dento-alveolares na expansão palatina
com dispositivos MARPE**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2020

Fábio Manuel Lagarto Moreno

**Modificações esqueléticas e dento-alveolares na expansão palatina
com dispositivos MARPE**

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2020

Fábio Manuel Lagarto Moreno

**Modificações esqueléticas e dento-alveolares na expansão palatina
com dispositivos MARPE**

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Medicina Dentária

RESUMO

A expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes ortodônticos (*Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion*, ou MARPE) é uma alternativa para a correção da deficiência transversal da maxila em jovens adultos, sem recorrer à expansão palatina rápida cirurgicamente assistida ou à utilização de dispositivos de expansão dento-suportados. Devido à interdigitação das suturas, com o avançar da idade, existe a possibilidade de provocar efeitos colaterais e frequentemente insucesso na expansão. A técnica MARPE baseia-se na ancoragem esquelética através de mini-implantes ortodônticos para a transmissão das forças de expansão diretamente às estruturas ósseas.

Com este trabalho, pretende-se realizar uma revisão da literatura sobre a técnica MARPE, para compreender melhor os efeitos esqueléticos e dento-alveolares deste método de expansão, utilizado para regularizar a discrepância transversal entre a mandíbula e a maxila.

Neste contexto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados eletrônicas PubMed e B-on, não tendo sido imposto qualquer limite temporal ou linguístico.

Palavras-chave: “expansão palatina”; “dispositivos MARPE”; “mini-implantes”.

ABSTRACT

The miniscrew-assisted rapid palatal expansion (Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion, or MARPE) is an alternative for the correction of transverse maxillary deficiency in young adults, without resorting to surgically assisted rapid palatal expansion or the use of tooth-borne maxillary expander . Due to the interdigitation of sutures, with advancing age, there is a possibility of causing side effects and often failure to expand. MARPE is based on skeletal anchorage through orthodontic miniscrew for the transmission of expansion forces directly to bone structures.

With this work, it is intended to carry out a literature review on the MARPE technique to better understand the skeletal and dento-alveolar effects of this expansion method used to regularize the transverse discrepancy between the mandible and the maxilla.

In this context, a bibliographic search was performed in the electronic databases PubMed and B-on, with no temporal or linguistic limits imposed.

Keywords: “palatal expansion”; “MARPE”; “miniscrew”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à minha orientadora, Professora Doutora Mónica Pinho, pela oportunidade, paciência, compreensão e por todo o apoio na realização deste trabalho.

Aos meus pais, ao meu irmão e à Sílvia pelo apoio incondicional e confiança, não só durante a realização deste trabalho como, também, em todos os momentos que me incentivaram e nunca deixaram que, em situação de desânimo, desistisse. Agradeço o incentivo e por acreditarem no sucesso da minha formação académica.

A todos os meus amigos e colegas que me apoiaram e deram forças para não desistir, em cada etapa do meu percurso, mesmo nos momentos mais difíceis.

Por fim agradeço, também, à Universidade Fernando Pessoa e a todos os professores, pela paciência, insistência, críticas e ensinamentos que foram cruciais neste meu percurso de vida e de formação.

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	1
1.	Materiais e Métodos	2
II.	DESENVOLVIMENTO	3
1.	Técnica MARPE.....	3
2.	Sutura Palatina.....	5
i.	Avaliação da Maturação da Sutura Palatina	5
3.	Modificações Esqueléticas	6
i.	Modificações na Sutura Palatina	7
ii.	Modificações Circum-Maxilares	8
iii.	Modificações Dento-Alveolares	10
III.	DISCUSSÃO.....	11
IV.	CONCLUSÃO	15
	Bibliografia.....	16

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CBCT - *Cone Beam Computer Tomography*

ERM - *Expansão Rápida da Maxila*

MARPE - *Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion*

MSE - *Maxillary Skeletal Expander*

RAP - *Regional Acceleratory Phenomenon*

SARPE - *Expansão Palatalina Rápida Assistida Cirurgicamente*

I. Introdução

A deficiência transversal maxilar é considerada uma deformidade dento-facial, com palato profundo ou ogival, inclinações dentárias e possíveis apinhamentos, podendo os pacientes apresentar dificultada respiração nasal, com hipoplasia zigomática, base nasal estreita e/ou sulco nasolabial profundo (Betts et al., 1995).

Quando identificada em pacientes jovens, com recurso a um tratamento correto e precoce, o resultado final será mais favorável. A eleição do método de tratamento depende da dimensão de correção, das alterações dento-alveolares e esqueléticas presentes e ainda da idade do paciente (Baccetti et al., 2001). Esta deficiência pode ser tratada recorrendo a métodos ortopédicos como a expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes ortodônticos (MARPE) ou recorrendo à expansão rápida da maxila (ERM) com ancoragem dentária. O sucesso da expansão da maxila com o método ERM depende do *design* do dispositivo, do protocolo de ativação e da idade do paciente no momento da intervenção (Jang et al., 2016; Baccetti et al., 2001).

À medida que o paciente envelhece, ocorre progressivamente a calcificação e interdigitação das suturas, dificultando a ERM (Angelieri et al., 2013), o que pode levar a uma menor expansão ortopédica ou mesmo à falha na expansão. Para contrariar essa interdigitação e calcificação são necessárias maiores forças, que podem conduzir ao aumento dos efeitos colaterais dento-alveolares, como uma maior inclinação dentária nos dentes posteriores, reabsorção radicular, extrusão dentária, assim como a redução da espessura e altura do osso alveolar, recessão gengival devido à ancoragem nos dentes de suporte que exercem forças expansoras sobre os dentes e estruturas de suporte (Rungcharassaeng et al., 2007).

Como forma de contornar as limitações da ERM, anteriormente referidas, em jovens adultos e adultos é possível recorrer a métodos cirúrgicos, nomeadamente expansão rápida do palato cirurgicamente assistida (SARPE). Sendo um tratamento complexo, a SARPE apresenta outras limitações como custos e riscos associados a uma qualquer cirurgia, nomeadamente hemorragias, infeções, necrose asséptica, ulceração da mucosa do palato, redução de osso periodontal, perda de vitalidade dentária ou mesmo da peça dentária (Williams et al., 2012), também poderá ocorrer recessão periodontal que pode ser justificada pelo disjuntor que é utilizado na expansão e contenção (Gauthier et al., 2011).

Para contornar estas restrições, Kee-Joon Lee demonstrou que o uso do MARPE é uma alternativa que se baseia num dispositivo com ancoragem óssea pela incorporação de mini-implantes ortodônticos para reduzir a necessidade de procedimentos cirúrgicos (Lee et al., 2010).

Podemos inferir que existe cada vez mais interesse na técnica MARPE, com um aumento de publicações e estudos com diferentes desenhos de disjuntores e protocolos de expansão (Lo et al., 2020 ; Yoon et al., 2019 ; Lombardo et al., 2018 ; Moon, 2018 ; Suzuki et al., 2018 ; Carlson et al., 2016 ; Maino et al., 2016 ; Kim, 2012)

Este trabalho de revisão pretende abordar as modificações esqueléticas e dento-alveolares no tratamento da deficiência transversal maxilar com os dispositivos *Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion* (MARPE).

Como objetivo académico, considero relevante analisar a informação disponível sobre o tema e contextualizar os dados dos artigos relevantes.

1. Materiais e Métodos

No desenvolvimento deste trabalho foi elaborada uma revisão bibliográfica da literatura, com pesquisa de artigos científicos e publicações, recorrendo às bases de dados eletrónicas *PubMed* e *B-on*.

As palavras-chave utilizadas foram: “expansão palatina”, “dispositivos MARPE” e “mini-implantes” em diferentes combinações, sem limites linguísticos, sendo apenas considerados estudos em humanos.

Com base nas palavras-chave e incluindo “*palatal expansion*”; “MARPE”; “*miniscrew*”, foram encontrados 66 artigos, nomeadamente ensaios clínicos e revisões. Após a leitura dos documentos, foram utilizados apenas 60 pela sua pertinência e relação com o tema, sendo os critérios de inclusão os estudos sobre a expansão palatina, modificações esqueléticas e dento-alveolares com mini-implantes (MARPE). Para contextualizar toda a informação da revisão, foram também incluídos outros artigos pela sua relevante pertinência com o tema.

A pesquisa foi realizada de março a julho de 2020.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Técnica MARPE

Deve-se salientar que MARPE não traduz um tipo específico de disjuntor, referindo-se à técnica em que é utilizado um disjuntor ancorado por mini-implantes, exibindo vários desenhos relativamente à localização de ancoragem, ao tamanho e número de mini-implantes, tamanho e posição do parafuso de expansão e aos diferentes protocolos de ativação do parafuso.

A técnica MARPE consiste num dispositivo de expansão palatina rápida convencional com quatro mini-implantes ortodônticos instalados num parafuso de expansão, paralelo à sutura palatina mediana e a si próprio (Suzuki et al., 2016), otimizando, assim, as forças mecânicas aplicadas sobre as suturas circum-maxilares. Desta forma, as forças são exercidas predominantemente sobre os mini-implantes, evitando as forças excessivas sobre os dentes o que também leva a menores efeitos alveolares e menor inclinação dentária.

Os resultados do tratamento com o MARPE podem variar consoante as variações do *design* dos disjuntores, o protocolo de ativação, a localização e o tamanho dos mini-implantes, devido às forças geradas durante a expansão e os vetores serem altamente influenciados por estas variáveis, o que pode levar a conclusões divergentes (Moon, 2018; Brunetto et al., 2017).

Na seleção da localização dos mini-implantes é fundamental ter em consideração um acesso favorável e uma zona com baixo risco de dano de estruturas nobres, tal como a escolha de uma área com osso cortical com espessura adequada (pelo menos 1mm) e ainda o estado e espessura da mucosa (Marquezan et al., 2012; Motoyoshi et al., 2007) o que faz da região a 3mm, posteriormente do forame incisivo e de 1 a 5mm, bilateralmente da sutura palatina, a área mais apropriada para a colocação dos mini-implantes (Moon et al., 2010).

O corpo do expansor deve ser colocado o mais posteriormente possível, perto da união do palato duro com o palato mole, devido à grande resistência entre as suturas da maxila e as placas pterigóideas. Será conveniente assegurar que as forças sejam aplicadas o mais posteriormente possível de forma a ultrapassar a resistência inicial e a favorecer uma abertura paralela da sutura palatina (Brunetto et al., 2017; Carlson et al., 2016 ; Moon et al., 2010).

Também é importante selecionar o tamanho do mini-implante após o estudo imagiológico, pois se não for obtida ancoragem bicortical a abertura da sutura e consequente expansão

palatina pode ficar comprometida (Lee et al., 2017). Em virtude da ancoragem bicortical dos mini-implantes proporcionar maior estabilidade destes, diminui a sua deformação e fratura e ainda promove uma expansão mais paralela no plano coronal (Lee et al., 2017). Para a seleção do tamanho do mini-implante é necessário ter em consideração a espessura do osso, do tecido mole e ainda a distância do anel de fixação dos mini-implantes à mucosa (Nojima et al., 2018).

A aplicação dos mini-implantes pode ser feita com recurso a uma chave manual, ou recorrendo ao micro-motor eléctrico, porém, este pode ter a desvantagem de aplicar um torque mais elevado e transmitir uma menor sensibilidade ao operador, pelo que, muitas vezes, se opta pela aplicação manual, tendo sempre em atenção a angulação de inserção, devendo ser o mais perpendicular possível ao osso palatino e cada mini-implante o mais perpendicular entre si (Brunetto et al., 2017).

O protocolo de ativação do expansor varia consoante o autor, necessitando de ser adaptado de acordo com o estado de interdigitação e consolidação das suturas. Brunetto et al. (2017), baseando-se numa amostra de 100 pacientes ao longo de 15 anos, propôs um protocolo de disjunção, fazendo distinção consoante a faixa etária, sugerindo que no início da adolescência este processo seja realizado seis vezes por semana, equivalendo a 0.80mm semanais. No final da adolescência recomenda duas vezes por dia (0.27mm diários), em jovens adultos sugere quatro a seis vezes por dia (0.53mm a 0.80mm). Nos adultos, após o aparecimento do diastema interincisivo, a ativação pode ser reduzida a uma volta por dia. É necessário ter em consideração o biótipo, o objetivo de tratamento e o tamanho do parafuso para o estabelecimento do protocolo de ativação. Nesta abordagem alerta que não deve ser atingida a capacidade máxima de expansão do parafuso dado que o disjuntor pode perder rigidez o que pode levar à sua deformação (Brunetto et al., 2017).

O acompanhamento do paciente deve ser mais rigoroso que o usual de modo a controlar a distância do expansor à mucosa. Se ocorrer contacto entre o disjuntor e a mucosa pode levar a uma inflamação com potencial de progredir rapidamente, comprometendo a manutenção do expansor. Recomenda-se uma verificação regular à estabilidade dos mini-implantes, pois se algum apresentar mobilidade deve ser removido, podendo continuar com o tratamento com cuidados redobrados, necessitando, pelo menos, de um mini-implante de cada lado da sutura palatina (Brunetto et al., 2017).

A remoção dos mini-implantes é realizada com o mesmo conetor acoplado à chave, girando-a lentamente no sentido anti-horário. É possível apresentar acumulação de placa bacteriana na

cabeça dos mini-implantes o que pode dificultar a inserção e adaptação do conector, obrigando a limpeza. A ocorrência de alguma alteração da inclinação dos mini-implantes também pode vir a dificultar o encaixe do conector e a sua remoção. É possível retirar sem usar anestesia. Pode-se aplicar uma bola de algodão embebida numa solução aquosa de peróxido de hidrogénio nos orifícios originados pelos mini-implantes, por norma não é necessário nenhum cuidado adicional. Geralmente a cicatrização da mucosa fica completa em 2 a 3 dias (Brunetto et al., 2017).

2. Sutura Palatina

A sutura palatina mediana é relevante no tratamento da deficiência transversal da maxila pois possibilita a articulação entre os processos palatinos esquerdo e direito, e as duas hemimaxilas.

O processo de ossificação da sutura palatina começa pela formação de espículas ósseas nas margens da sutura (Cohen, 1993). Estas espículas estão presentes ao longo da sutura e à medida que vai ocorrendo maturação da sutura estas espículas vão aumentando de número, formando um aspeto recortado com áreas mais próximas entre si e outras separadas por tecido conjuntivo (Wehrbein, 2001; Knaup, 2004). Com o aumento da interdigitação vai ocorrendo a ossificação, de posterior para anterior (Knaup, 2004; Persson, 1977) com reabsorção do osso cortical nas extremidades suturais e formação de osso esponjoso (Sun, 2004).

i. Avaliação da Maturação da Sutura Palatina

Para se realizar uma expansão verdadeiramente ortopédica é necessário que a sutura palatina mediana seja suscetível de ser separada. Ainda não se encontrou um consenso sobre a partir de que idade exata é esperada a ossificação completa da sutura. Assim sendo é frequente recorrer a métodos imagiológicos a fim de determinar o estado de maturação esquelética do paciente. Desde cedo que se verificou um interesse sobre a maturação da sutura palatina com vários autores a explorar o assunto, como Fishman (1982) que desenvolveu um método que recorre a radiografias da mão e punho para avaliar o estado de maturação esquelética do paciente, no entanto Revelo e Fishman (1994) constaram grandes variações entre indivíduos, concluindo que não seria um método apropriado para a avaliação do estado de maturação da sutura palatina. Também Melsen (1982) definiu quatro estadios de desenvolvimento (estadio infantil, estadio juvenil, estadio adolescente e estadio adulto), apesar deste agrupamento, foi possível verificar a variabilidade na maturação da sutura no mesmo intervalo etário. Com este

estudo, também foi possível depreender o motivo pelo qual, na faixa etária do estadió infantil e adolescente se obtêm resultados positivos elevados com o tratamento da disjunção maxilar.

Do mesmo modo, Angelieri et al. (2013) também desenvolveram um sistema de classificação da sutura palatina, pela análise da morfologia da sutura de 140 pacientes entre os 5.6 e 58.4 anos, através de imagens tomográficas. Apresentando um sistema composto por 5 estadios, sendo o primeiro o estadió A, no qual a sutura exibe pouca ou nenhuma interdigitação e com um aspeto reto, finalizando no estadió E onde a sutura apresenta uma obliteração completa. De acordo com este sistema proposto, durante os estadios A e B a expansão rápida da maxila apresentaria os efeitos ortopédicos desejados e reduzidos efeitos dento-alveolares, sendo também bem sucedida no estadió C, mas com menos efeito esquelético, enquanto no estadió D e E seria mais adequado o tratamento cirúrgico.

Recentemente, também, foi proposto como indicador do aumento da resistência à expansão na ERM, a relação de densidade da sutura palatina mediana segundo os estudos de Abo Samra (2018) e Grünheid (2017). Contudo, a sua aplicação clínica é limitada devido à baixa compatibilidade nas imagens obtidas por diferentes aparelhos de CBCT (*Cone Beam computer Tomography*) (Abo, 2018)

Relativamente à disjunção maxilar, certos autores (Persson, 1977 ; Revelo, 1994 ; Wehrbein, 2001 ; Korbmacher et al., 2007), reconhecem que o principal não é distinguir se existe ou não fusão da sutura, mas sim que percentagem desta se encontra fusionada. Segundo o estudo de Persson (1977), seria possível obter com êxito a disjunção da maxila em suturas que apresentassem um índice de fusão abaixo dos 5%. Posteriormente, os estudos de Revelo (1994), Wehrbein (2001) e de Korbmacher et al. (2007) vieram a corroborar esses valores.

3. Modificações Esqueléticas

A obtenção de expansão esquelética pelo método MARPE, inclusive em jovens adultos, já foi confirmada pela literatura existente (Choi et al., 2016 ; Park et al., 2017 ; Lim et al., 2017 ; Cantarella et al., 2017 ; Ngan et al., 2018). Apesar de existir alguma incerteza sobre o motivo que leva ao insucesso na expansão em certos casos que utilizaram MARPE, autores como Choi et al. (2016), atribuem aos diferentes graus de ossificação da sutura palatina e das restantes suturas circum-maxilares, tal como a resistência das estruturas craniofaciais envolventes, como causas de insucesso. Para ultrapassar esse obstáculo, tem-se estudado o evento acelerador regional induzido por trauma cirúrgico (“RAP” *regional acceleratory phenomenon*) que se baseia no facto de após um trauma mecânico é iniciado e é promovida a

reparação óssea, com o aumento do *turnover* celular do osso alveolar, acelerando o movimento dentário. Têm sido estudados vários procedimentos para a indução de RAP, como a corticotomia (Wilcko et al., 2009), microperfurações ósseas (Cheung et al., 2016) e corticopuntura (Suzuki, SS. et al., 2018).

Na literatura, existem poucos estudos sobre o uso do método de corticotomia como auxiliar no tratamento da deficiência transversal da maxila (CAE *corticomy-assisted expansion*), que consiste na realização perfurações na cortical vestibular maxilar com instrumento *piezo* e a utilização de expansores dento-suportados (Echchadi et al., 2015; Hassan et al., 2010).

Relativamente à corticopuntura, no caso clínico de Suzuki et al. (2018), onde uma paciente com 35 anos teve insucesso na disjunção palatina, utilizando um dispositivo MSE, realizaram posteriormente corticopuntura ao longo da sutura palatina mediana de modo a reduzir a resistência da base óssea à disjunção e acelerar a remodelação óssea. A técnica utilizada passa pela inserção e desinserção de um microimplante, criando perfurações com 5mm de profundidade e 2mm de distância entre si, permitindo a ativação do disjuntor com sucesso, atingindo, assim, os objetivos pretendidos sem os efeitos adversos de outras técnicas mais invasivas.

i. Modificações na Sutura Palatina

No estudo de Choi et al. (2016), onde foi utilizado com um disjuntor Hyrax com quatro mini-implantes em jovens adultos com deficiência transversal maxilar, com uma taxa de sucesso na expansão palatina de 86.9% em 69 pacientes dos 18 aos 28 anos, com uma média 20.9 ± 2.9 anos. Imediatamente após a remoção do dispositivo de expansão, observaram que a sutura palatina teve uma expansão triangular, com o menor aumento na porção superior, medida na cavidade nasal, com aumento de 1.07mm, e na porção inferior, medida pela distância inter-molar, com um aumento de 8.32mm.

Cantarella et al. (2017) estudaram os efeitos nas suturas palatina mediana e pterigopalatina de um tipo particular de dispositivo MARPE, *Maxillary Skeletal Expander* (MSE), caracterizado pela presença de quatro mini-implantes localizados na porção posterior do palato com ancoragem bicortical, em 15 indivíduos com idades entre os 13.9 e 26.2 anos de idade. O protocolo de disjunção seguido foi de 2 ativações diárias, 0.25 mm por ativação, até o aparecimento de diastema interincisivo, passando a uma ativação por dia. A duração da ativação do expansor variou entre 12 a 36 dias. Após a expansão, o MSE permaneceu

bloqueado por 3 meses para estabilização. Os resultados obtidos na abertura da espinha nasal anterior foram de 4.8 mm, e na espinha nasal posterior 4.3 mm, o que revela uma abertura da sutura palatina mediada praticamente paralela no sentido antero-posterior. Também verificaram que, em média, uma metade da espinha nasal anterior moveu-se mais do que a contra lateral 1.1 mm, associando que esta movimentação poderia estar ligada a forças externas, como a presença de mordida cruzada unilateral, que dificulta o movimento de uma maxila, ou devido às restantes suturas circum-maxilares poderem não se soltar nas mesmas proporções nos dois lados, durante a expansão.

ii. Modificações Circum-Maxilares

Vários autores como Lee et al. (2012), MacGinnis et al. (2014), Cantarella et al. (2018), Ngan et al. (2018) e Oh et al. (2019) descreveram que as forças geradas na disjunção maxilar, além de conseguirem provocar alterações na sutura palatina, também afetam estruturas do complexo craniofacial, tanto na disjunção maxilar dento-suportada ou com a utilização da técnica MARPE. As forças produzidas são irradiadas desde a região palatina até às estruturas anatómicas mais profundas, como o osso zigomático, afetando áreas zigomaticomaxilares e zigomaticotemporais.

Estas alterações provadas pela disjunção palatina, têm também um impacto positivo nas vias aéreas, sendo mais notável nas vias aéreas superiores, com expansão significativa na nasofaringe e orofaringe (Zeng, 2013; Motro et al., 2016). Desta forma, pode melhorar a ventilação, melhorando o prognóstico no tratamento de indivíduos com apneia obstrutiva do sono (McNamara et al., 2015; Brunetto et al., 2017).

Relativamente à sutura pterigopalatina, no estudo de Cantarella et al. (2017), esta apresentou desunião, pois o processo piramidal do osso palatino foi afastado das lâminas lateral e medial dos processo pterigóides, sendo possível a deteção por CBCT em 53% das suturas. A largura média de disjunção entre as lâminas pterigopalatinas e do processo pterigóide foi de 1.4 mm no lado direito e 2.2 mm no lado esquerdo. De acordo com o autor, esta disjunção poderá depender das características anatómicas, tamanho e forma, dos processos piramidais que apresentam uma grande variedade entre a população. O que, segundo o autor, também pode justificar a variação da desarticulação em certos pacientes e noutros não, tal como a espessura e densidade óssea individual, é o grau de interdigitação das suturas e das complexas interações entre as suturas circum-maxilares.

A finalidade do estudo de Cantarella et al. (2018) foi analisar as modificações nas estruturas ósseas zigomáticas, maxilares e localizar o centro de rotação do complexo zigomático maxilar no plano horizontal. Tendo obtido aumento de 2.8 mm na distância inter-maxilar anterior e um aumento de 2.4 mm na distância inter-zigomática posterior. Nesta análise, os autores chegaram à conclusão que, após o tratamento com MSE, no plano horizontal, a maxila, o osso zigomático e todo o arco zigomático foram deslocados lateralmente. A variação angular do processo zigomático do osso temporal do lado direito foi de 1.7° e 2.1° no lado esquerdo. Relativamente ao ângulo zigomático-temporal, o facto dos valores serem relativamente reduzidos demonstraria que o complexo zigomático-maxilar e o processo zigomático do osso temporal mantiveram a sua inclinação relativa durante a expansão maxilar e ambos giram juntos num centro de rotação comum. Como o aumento da distância entre os pontos mais posteriores dos tubérculo articular do osso temporal esquerdo e direito foi mínimo, considerando os aumentos da distância inter-zigomática posterior e da angulação do processo zigomático do osso temporal, concluiu-se que o complexo zigomático-maxilar tem o centro de rotação localizado na porção proximal do processo zigomático do osso temporal.

No estudo de Oh et al. (2019), que teve como propósito avaliar as modificações ocorridas após a expansão maxilar comparando três tipos de expansores, um expansor dento-suportado e dois tipos de dispositivos MARPE, osteo-suportado e osteo-dento-suportado, foi possível observar que os três tipos de expansores estudados conseguiram expandir a dentição maxilar, bem como o osso basal maxilar e ainda afetou as estruturas faciais superiores. Os dispositivos osteo-dento-suportados obtiveram alterações esqueléticas mais significativas, principalmente no soalho nasal, base maxilar e na sutura palatina. Verificando um padrão de expansão triangular no plano frontal, onde o maior aumento observado foi na sutura palatina, seguido pelo osso basal da maxila e na cavidade nasal. Ainda foi possível perceber pequenas, mudanças na distância entre as suturas fronto-zigomáticas. Também, verificaram que os resultados obtidos na abertura da espinha nasal posterior foram ligeiramente menores relativamente à abertura da espinha nasal anterior, nos dois grupos, sugerindo uma expansão triangular.

Estes resultados contrariam os estudos de Moon (2018) e Cantarella et al. (2017) que obtiveram uma disjunção mais paralela, Oh et al. (2019) também verificaram um padrão de expansão triangular no plano frontal, onde o maior aumento observado foi na sutura palatina, seguido pelo osso basal da maxila e na cavidade nasal. Ainda foi possível verificar pequenas, mudanças na distância entre as suturas fronto-zigomáticas.

iii. Modificações Dento-Alveolares

Certos autores sustentam que os dispositivos MARPE têm como vantagem, relativamente à disjunção com dispositivos dento-suportados, a diminuição dos efeitos adversos consequentes ao nível de stress na cortical óssea vestibular, e também permitem um menor torque nos dentes de ancoragem (Hartono et al., 2018; Seong et al., 2018). Desta forma, os dispositivos MARPE com um suporte esquelético poderão ser utilizados em pacientes com ancoragem dentária insuficiente ou debilitada (reabsorções ósseas, ou dentes decíduos), sendo mesmo recomendados na existência de um periodonto vestibular fragilizado ao nível dos pré-molares (Toklu et al., 2015) ou mesmo na ausência de peças dentárias, pois a sua aplicação não fica comprometida Montigny (2017).

No estudo de Toklu et al. (2015), onde compararam disjuntores Hyrax dento-suportados com disjuntores Hyrax osteo-dento-suportados, verificaram que a espessura do osso alveolar em vestibular nos primeiros molares diminuiu aproximadamente 0.7 a 1.2mm, e obtiveram um aumento em palatino nos dois disjuntores após a disjunção palatina, o que vai de encontro com os estudos prévios de Garib et al. (2006), Rungcharassaeng et al. (2007) e Garib et al. (2008). Esta semelhança deve-se ao facto de terem sido utilizados como dentes de ancoragem os primeiros molares nos dois dispositivos, pois não foi encontrada perda ou ganho de estrutura óssea em zonas de dentes que não foram utilizados como ancoragem. Em contraste com os dispositivos Hyrax dento-suportados, onde também foram utilizados os primeiros pré-molares como ancoragem, apresentando diminuição na tábua óssea vestibular de 0.6 a 0.8mm. Relativamente à angulação dento-alveolar, observaram uma inclinação palatina dos primeiros molares de 2.5° a 3°, o que contrasta com os 5.3° a 6.5° obtidos por Wilmes et al. (2010). Segundo Toklu et al.(2015), esta disparidade pode dever-se a diferenças metodológicas, pois apesar da expansão molar ser mais curta, o período de ativação do disjuntor também foi mais curto no estudo de por Wilmes et al. (2010) a metodologia de medição da angulação também foi diferente, tendo Toklu et al.(2015) utilizado imagens de CBCT, enquanto Wilmes et al. (2010) utilizaram modelos 3D de modelos de gesso.

A técnica MARPE também tem como vantagem o facto de apresentar menos efeitos adversos na dimensão vertical, aumentando as possibilidades terapêuticas em pacientes dolicofaciais, permitindo um maior controlo vertical (MacGinnis et al., 2014).

III. DISCUSSÃO

No tratamento da deficiência transversal maxilar, independentemente do método utilizado, as forças geradas durante o procedimento provocam alterações a nível esquelético, alveolar e dentário, o que significa que as forças geradas pela abertura do parafuso de expansão são distribuídas pelas estruturas e apenas uma parte dessa expansão corresponde à abertura da sutura palatina.

Se não for tratada correta e atempadamente a deficiência transversal maxilar, de modo a estabelecer uma relação adequada entre a maxila e a mandíbula no plano transversal, pode levar a desequilíbrios estéticos e oclusais com danos nas estruturas periodontais, como perda óssea e recessões gengivais, podendo também apresentar alteração da posição lingual, apinhamento dentário por falta de espaço na arcada para um correto alinhamento dentário. Se surgirem efeitos na articulação temporomandibular podem ser associados ao desvio funcional da mandíbula provocado pela incorreta angulação vestibulo-lingual dos dentes posteriores e orientação mandibular assimétrica.

Outro efeito da atresia maxilar é a redução da cavidade nasal o que pode originar um aumento da resistência na passagem aérea nasal, constituindo um factor etiológico da síndrome da apneia obstrutiva do sono (Brunetto et al., 2017; McNamara et al., 2015).

Este modelo de tratamento tem sido aplicado pelos clínicos, apresentando taxas de sucesso relativamente estáveis e favoráveis na expansão da sutura palatina. Choi et al. (2016), num grupo de 69 jovens adultos, com uma média de idades de 20.9 anos, alcançou uma taxa de sucesso de 86.9%. Park et al. (2017), em 19 indivíduos obtiveram uma taxa de sucesso de 84.2%. Lim et al. (2017) num grupo de 38 pacientes, com uma média de idade de 21.6 anos, observaram a expansão da sutura palatina média em 33, obtendo assim uma taxa de sucesso de 86,8%. Cantarella et al. (2017), estudaram a abertura da sutura palatina numa amostra de 15 pacientes, com uma média de 17.2 anos, obtendo a separação da sutura palatina no total da amostra, como também Ngan et al. (2018) obtiveram, com sucesso, a separação da sutura em todos os 8 pacientes em estudo, com uma média de idades de 21.9 anos.

Sugerindo, deste modo, que o MARPE é uma boa opção de tratamento em jovens adultos como alternativa ao SARPE, ou em casos com ancoragem dentária insuficiente ou debilitada, onde os dispositivos dento-suportados estão desaconselhados.

Os casos de insucesso na utilização de dispositivos MARPE poderão estar relacionados com a variação na ossificação da sutura palatina mediana, bem como as restantes suturas circum-maxilares.

Um dos objetivos do MARPE, com a introdução dos mini-implantes é potenciar a expansão esquelética. Segundo Ngan et al. (2018) 41% do total de expansão obtido foi atribuído à expansão esquelética e 59% à expansão dento-alveolar. O que vai de encontro com outros estudos, como o de Choi et al.(2016) com 43% do total de expansão a ser atribuído à expansão esquelética e 45.5% à expansão dento-alveolar, Lim et al.(2017) com 39.1% de expansão esquelética, 7.1% alveolar e 53.8% de expansão dentária e com o estudo de Park et al.(2017) 37% de expansão esquelética, 22.2% de expansão alveolar e 40.7% de expansão dentária.

Outro dos objetivos do MARPE é proporcionar uma expansão, o mais paralela possível no plano transversal, com vários autores a concluir que com o MARPE é possível obter uma expansão paralela da sutura palatina mediana (Cantarella et al., 2017; Park et al., 2017; Cantarella et al., 2018; Moon, 2018; Ngan et al., 2018), sendo que esse resultado entra em conflito com Oh et al. (2019) que obteve uma expansão triangular. Estas diferenças podem ser justificadas pela diversidade do *design* dos disjuntores e do protocolo de ativação entre os diferentes estudos.

Apesar de nos estudos de Moon (2018) e de Canterella (2017) também terem sido utilizados dispositivos MSE, os mini-implantes foram posicionados mais posteriormente, imediatamente antes do palato mole. Enquanto no estudo de Oh et al. (2019) os mini-implantes foram aplicados mais anteriormente, com o objectivo de serem aplicados em osso cortical com maior espessura para obterem um ancoragem bicortical, uma vez que o segmento posterior do palato é mais fino e é possível que não promova a ancoragem bicortical em adolescentes. Deste modo, considera-se a posição dos mini-implantes, a rigidez do dispositivo e a posição do parafuso de expansão como fatores decisivos no padrão de expansão da sutura palatina.

Os efeitos do MARPE não estão limitados à maxila, estendendo-se às estruturas circum-maxilares. Apresentando uma expansão do arco zigomático, e da cavidade nasal (Lim et al., 2017; Park et al., 2017).

No plano coronal é possível verificar um padrão de expansão triangular com a base ao nível do palato duro, uma vez que a base nasal apresenta uma maior expansão comparativamente ao arco zigomático. Este aumento da cavidade nasal levará ao aumento do fluxo de ar melhorando a respiração nasal, favorecendo o prognóstico no tratamento de indivíduos com

apneia obstrutiva do sono. Este padrão de expansão triangular no plano coronal pode ser atribuído à distribuição das tensões, geradas durante a disjunção, ao longo das suturas circum-maxilares, resultando numa rotação lateral das metades maxilares com centro de rotação próximo da sutura frontonasal (Lim et al., 2017 ; Ngan et al., 2018).

Ainda que o objectivo do MARPE seja obter uma expansão maioritariamente esquelética com os mini-implantes a exercerem as forças de expansão directamente ao osso maxilar, verifica-se que uma parte do total de expansão obtida se deve à expansão dento-alveolar.

Foi possível observar uma inclinação vestibular dos primeiros molares e nos primeiros pré-molares nos estudos de Lim et al. (2017), Park et al. (2017) e Ngan et al. (2018). Segundo Ngan et al. (2018) esta inclinação pode ocorrer em consequência de terem sido utilizadas como dentes de ancoragem, estando ligados ao disjuntor por uma ligação rígida, movimentando-se paralelamente ao disjuntor durante a expansão ativa, ou devido à falta de uma ancoragem bicortical dos mini-implantes, ou por inclinação dos mini-implantes. Park et al. (2017) observaram que a inclinação vestibular dos primeiros molares foi maior que a dos primeiros pré-molares, podendo ser justificada pela maior densidade óssea do osso cortical vestibular na região dos pré-molares e canino. Park et al. (2017) acrescenta ainda que as inclinações dentárias poderão levar às alterações no osso alveolar.

Relativamente às alterações na inclinação vestibular do osso alveolar, Ngan et al.(2018) associaram-nas com a rotação das metades maxilares após a disjunção da sutura palatina mediana com o centro de rotação próximo da sutura frontonasal. Contudo, os resultados dos estudos demonstraram que a utilização do método MARPE é eficaz na produção de uma expansão esquelética significativa, sem atingir severos efeitos dento-alveolares, quando comparados com a expansão palatina dento-suportada convencional (Ngan et al., 2018).

As forças geradas pela ativação do disjuntor aos dentes de ancoragem podem produzir áreas de compressão no ligamento periodontal, propiciando reabsorções ósseas, que levam à diminuição da espessura óssea vestibular (Garib et al., 2006).

Nos estudos de Lim et al. (2017), Park et al. (2017) e Ngan et al, (2018) observaram essa diminuição de espessura do osso alveolar em vestibular nos dentes de ancoragem, tendo obtido valores de redução de 0.36mm no primeiro molar e 0.52mm no primeiro pré-molar, 0.6mm no primeiro molar e 1.1mm no primeiro pré-molar, 0.43mm no primeiro molar e 0.61mm no primeiro pré-molar, respetivamente. Sendo possível observar uma consistência entre os resultados de Lim et al. (2017) e Ngan et al, (2018), mas verifica-se que os valores da diminuição de espessura do osso alveolar vestibular de Park et al. (2017) foram ligeiramente

mais elevados, o que pode ser justificado pela diferença da duração de expansão do disjuntor, sendo o período mais reduzido dos três estudos com apenas 27 dias, e uma média de expansão de 6.7mm, também o valor mais elevado dos três grupos. Em comparação com Lim et al. (2017) que apresentou uma média de expansão de 6.54mm por uma média de 35 dias, e Ngan et al. (2018) teve uma média de expansão de 5.61mm por 53 dias.

Lim et al. (2017) também verificaram que a inclinação dentária vestibular foi mais acentuada do que a inclinação alveolar desde o início da ativação do disjuntor, o que poderá explicar a diminuição da espessura do osso alveolar em vestibular e o aumento da espessura do osso alveolar palatino.

IV. CONCLUSÃO

A literatura recente aponta o método MARPE como uma opção de tratamento não cirúrgico, para a correção da deficiência transversal da maxila e estruturas craniofaciais envolventes em jovens adultos, como alternativa a tratamentos mais invasivos, com mais riscos e custos.

Os efeitos do MARPE não estão limitados à maxila, estendendo-se às estruturas circum-maxilares, sendo possível verificar um padrão de expansão triangular no plano coronal.

O método MARPE demonstra ter influência na redução da resistência da via aérea superior, apresentando potencial no tratamento de obstruções da via aérea superior.

Para se obterem padrões de expansão mais previsíveis, com distribuição de tensões relativamente uniformes, diminuindo a tensão gerada nos dentes de ancoragem é necessário obter uma ancoragem bicortical dos mini-implantes.

Continuam a ser necessários mais estudos para obter resultados mais previsíveis e consistentes com a utilização da técnica, no entanto, esta parece poder ser considerada uma mais-valia para a correção da deficiência transversal da maxila.

Bibliografia

- Angelieri, F. *et al.* (2013). Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 144(5), pp. 759-769.
- Abo Samra, D. Hadad, R. (2013). Midpalatal suture: evaluation of the morphological maturation stages via bone density. *Progress in orthodontics*. 19(1), pp.29.
- Baccetti, T. *et al.* (2001). Treatment timing for rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist*, 71(5), pp. 343-50.
- Betts, NJ. *et al.* (1995). Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 10(2),pp. 75-96.
- Brunetto, DP. *et al.* (2017). Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dental Press Journal of Orthodontics*, 22(1), pp. 110-25.
- Cantarella, D. *et al.* (2017). Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Progress in orthodontics*, 18(1). [Em linha]. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5663987/>>. [Consultado em 1/3/2020].
- Cantarella, D. *et al.* (2018). Midfacial changes in the coronal plane induced by microimplant-supported skeletal expander, studied with cone-beam computed tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 154(3), pp. 337-345.
- Cantarella, D. *et al.* (2018). Zygomaticomaxillary modifications in the horizontal plane induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with CBCT images. *Progress in orthodontics*, 19(1). [Em linha]. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6196147/>>. [Consultado em 1/3/2020].
- Carlson, C. *et al.* (2016). Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(5), pp. 716-728.
- Cheung, T. *et al.* (2016). Ability of mini-implant-facilitated micro-osteoperforations to accelerate tooth movement in rats. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 50(6), pp.958-967.

Choi, SH. *et al.* (2016). Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *The Angle Orthodontist*, 86(5), pp.713-20

Cohen, M. (1993). Sutural biology and the correlates of craniosynostosis. *American Journal of Medical Genetics*, 47(5), pp.581-616.

Echchadi, ME. *et al.* (2015) Corticotomy-assisted rapid maxillary expansion: A novel approach with a 3-year follow-up. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(1), pp.138-153.

Fishman, LS. (1982) Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *The Angle orthodontist*, 52(2), pp.88-112.

Gauthier, C. *et al.* (2011). Periodontal effects of surgically assisted rapid palatal expansion evaluated clinically and with cone-beam computerized tomography: 6-month preliminary results. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(4), pp. 117-128.

Garib, DG. *et al.*(2006). Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129(6), pp. 749-758.

Garib, DG. *et al.* (2008). Rapid maxillary expansion using palatal implants. *Journal of clinical orthodontics*, 42(11), pp. 665–671.

Grünheid, T., Larson, CE. e Larson, BE. (2017). Midpalatal suture density ratio: A novel predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 151(2), pp. 267-276.

Hartono, N. *et al.* (2018). The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE)-a finite element analysis. *Progress in orthodontics*, 19(1), pp. 33.

Hassan, H. *et al.* (2010). Unilateral cross bite treated by corticotomy-assisted expansion: two case reports. *Head & Face Medicine*, 6(1) [Em linha]. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20482859/>>. [Consultado em 1/3/2020].

Jang, HI. *et al.* (2016). Relationship between maturation indices and morphology of the midpalatal suture obtained using cone-beam computed tomography images. *The Korean Journal of Orthodontics*, 46(6), pp. 345-355.

Kim, KB. e Helmkamp, ME. (2012). Miniscrew implant-supported rapid maxillary expansion. *Journal of clinical orthodontics* , 46(10), pp. 608-612.

Knaup, B., Yildizhan, F. e Wehrbein, H. (2004). Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 65(6), pp. 467-74.

- Korbmacher, H. *et al.* (2007). Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *Journal of orofacial orthopedics*, 68(5), pp. 364-376.
- Lee, HK., *et al.*(2012). Stress distribution and displacement by different bone-borne palatal expanders with micro-implants: a three-dimensional finite-element analysis. *European Journal of Orthodontics*, 36(5),pp. 531-40.
- Lee, KJ. *et al.* (2010). Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(6), pp. 830-839.
- Lee, RJ., Moon, W. e Hong C. (2017). Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(5), pp. 887-897.
- Lim, H.M. *et al.* (2017). Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *The Korean Journal of Orthodontic*, 47(5), pp.313-322.
- Lo Giudice, A. *et al.* (2020). Description of a Digital Work-Flow for CBCT-Guided Construction of Micro-Implant Supported Maxillary Skeletal Expander. *Materials* 13(8). [Em linha]. Disponível em < <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/8/1815>>. [Consultado em 3/7/2020].
- Lombardo, L. *et al.* (2018). Class III malocclusion and bilateral cross-bite in an adult patient treated with miniscrew-assisted rapid palatal expander and aligners. *The Angle Orthodontist*, 88(5), pp. 649-664.
- Maino, BG. *et al.* (2016). A Three-Dimensional Digital Insertion Guide for Palatal Miniscrew Placement. *Journal of clinical orthodontics*, 50(1), pp. 12-22.
- MacGinnis, M. *et al.* (2014). The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex--a finite element method (FEM) analysis. *Progress in orthodontics*, 15(1), pp.52.
- McNamara, JA. *et al.* (2015). The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health. *Progress in Orthodontics*, 16(1). [Em linha]. Disponível em <<https://progressinorthodontics.springeropen.com/articles/10.1186/s40510-015-0105-x#citeas>> . [Consultado em 3/7/2020].
- Marquezan, M. *et al.* (2012). Tomographic mapping of the hard palate and overlying mucosa, *Brazilian oral Research*, 26(1), pp. 36-42.
- Melsen, B. e Melsen, F. (1982). The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *American journal of orthodontics*, 82(4), pp. 329-42.
- Montigny, M.. (2017). Mini-implant assisted rapid palatal expansion: New perspectives. *Journal of Dentofacial Anomalies and Orthodontics*, 20(4), pp.405.

- Moon, SH. *et al.* (2010). Palatal bone density in adult subjects: implications for mini-implant placement. *The Angle Orthodontist*, 80(1), pp. 137-144.
- Moon, W. (2018). Class III treatment by combining facemask (FM) and maxillary skeletal expander (MSE). *Seminars in Orthodontics*, 24(1), pp. 95-107.
- Motoyoshi, M. *et al.* (2007). Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22(5), pp. 779-784.
- Motro, M. *et al.* (2016). Rapid-maxillary-expansion induced rhinological effects: a retrospective multicenter study. *European archives of otorhinolaryngology*, 273(3), pp. 679-87.
- Ngan, P. *et al.* (2018). Skeletal, dentoalveolar, and periodontal changes of skeletally matured patients with maxillary deficiency treated with microimplant-assisted rapid palatal expansion appliances: A pilot study. *APOS Trends in Orthodontics*, 8 (2), pp. 71-85.
- Nojima, L. *et al.* (2018). Mini-implante selection protocol applied to MARPE. *Dental press journal of orthodontics*, 23(5), pp. 93-101.
- Oh, H. *et al.* (2019). Comparison of traditional RPE with two types of micro-implant assisted RPE: CBCT study. *Seminars in Orthodontics*, 25(1), pp. 60-68.
- Park, JJ. *et al.* (2017). Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Korean journal of orthodontics*, 47(2), pp. 77-86.
- Persson, M. e Thilander, B. (1977). Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *American journal of orthodontics*, 72(1), pp.42-52.
- Revelo, B. e Fishman, LS. (1994). Maturational evaluation of ossification of the midpalatal suture. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 105(3), pp. 288-92.
- Rungcharassaeng, K. *et al.* (2007). Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(4), pp. 428-436.
- Seong, EH. *et al.* (2018). Evaluation of the effects of miniscrew incorporation in palatal expanders for young adults using finite element analysis. *Korean journal of orthodontics*, 48(2), pp.81-89.
- Starnbach, H. *et al.* (1966). Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist*. 36(4), pp. 152-164.
- Sun, Z., Lee, E. e Herring, SW. (2004) Cranial sutures and bones: growth and fusion in relation to masticatory strain. *The anatomical record. Part A, Discoveries in molecular, cellular, and evolutionary biology*, 276(2), pp.150-161.

Suzuki, H. *et al.* (2016). Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 21 (4), pp.17-23.

Suzuki, S. *et al.* (2018). Corticopuncture Facilitated Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion. *Case Reports in Dentistry*, 2018. [Em linha]. Disponível em <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6305058/>> [Consultado em 3/7/2020].

Suzuki, SS. *et al.* (2018). 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*, 33(4), pp. 811-821.

Toklu, M., Germec-Cakan, D. e Tozlu, M. (2015) Periodontal, dentoalveolar, and skeletal effects of overthterminal and tooth-bone-terminal expansion appliances. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 148(1), pp.97-109.

Wehrbein, H. e Yildizhan, F.(2001). The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *European Journal of Orthodontics*, 23(2), pp.105-114.

Wilcko, MT. *et al.* (2009). Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(10), pp.2149-2159

Williams, BJ. *et al.* (2012). Complications following surgically assisted rapid palatal expansion: a retrospective cohort study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 70 (10), pp. 2394-2402.

Wilmes, B., Nienkemper, M. e Drescher, D. (2010). Application and effectiveness of a mini-implant- and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybrid hyrax. *World journal of orthodontics*, 11(4), pp. 323-330.

Yoon, S. *et al.* (2019). Influence of changing various parameters in miniscrew-assisted rapid palatal expansion: A three-dimensional finite element analysis. *Korean journal of orthodontics*, 49 (3), pp. 150-160.

Zeng, J. e Gao, X. (2013) A prospective CBCT study of upper airway changes after rapid maxillary expansion. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(11), pp. 1805–1810.