



**UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA**

AVALIAÇÃO DOS MINI IMPLANTES NA DISTALIZAÇÃO DOS MOLARES SUPERIORES – REVISÃO NARRATIVA

[Evaluation of mini implants in maxillary molars distalisation - narrative review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Mehdi Rouis

Orientadora:

Doutora Vanda Maria Urzal de Carvalho

JUNHO 2024

**AVALIAÇÃO DOS MINI IMPLANTES NA DISTALIZAÇÃO
DOS MOLARES SUPERIORES – REVISÃO NARRATIVA**

[Evaluation of mini implants in maxillary molars distalisation - narrative review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Mehdi Rouis

Orientadora:

Doutora Vanda Maria Urzal de Carvalho

JUNHO 2024

Dedico este trabalho aos meus pais, Sonia e Kamel, sem os quais não conseguiria alcançar este meu desejo.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Professora Doutora Vanda Urzal, o meu agradecimento por todos os ensinamentos, ao longo deste percurso.

Agradeço aos meus pais. Os seus sacrifícios valeram a pena.

Ao Nicolas, um grande amigo, que esteve sempre presente, desde o primeiro ano.

Ao meu binómio de clínica e amigo Samuel, obrigada por todos estes anos ao teu lado. Trabalhar contigo foi um prazer, e um grande apoio, amigo que posso contar por muitos mais anos.

Para os meus amigos de lá, Jean-Theodore, Giannis, Marvin, Jason

RESUMO

Objetivo: O objetivo principal deste estudo foi a realização de uma revisão da literatura, para analisar a eficácia dos mini-implantes na distalização do molar superior. **Métodos:** Com base nos estudos clínicos randomizados e retrospectivos, a pesquisa bibliográfica foi realizada em três bases de dados: Pubmed, Cochrane Libraby e Lilacs, nos últimos dez anos. Foram incluídos pacientes com má oclusão de Classe II de Angle e necessidade de tratamento ortodôntico, pacientes adultos e pacientes que receberam tratamento com mini-implantes. Foram excluídos pacientes com prévio tratamento ortodôntico, pacientes com deformidades dentofaciais e com alterações do metabolismo sistêmico. **Resultados:** Os resultados dos estudos obtidos sobre a eficácia dos mini-implantes na distalização molar foram similares. Todos indicaram que a utilização dos mini-implantes é um método eficaz na obtenção da relação de Classe I, com grande estabilidade, melhor controlo do movimento de distalização, melhor controlo do movimento radicular, menor perda de ancoragem, maior conforto, menor cooperação do paciente e mínimos efeitos adversos. Identificou-se uma lacuna, na literatura, relativamente aos métodos de avaliação dos movimentos dentários. Futuras pesquisas deverão continuar a explorar novas tecnologias para otimizar os resultados da distalização molar, necessitando sobreposições de avaliação ainda mais precisas e confiáveis. **Conclusão:** Os mini-implantes representam um método eficaz para a distalização dos molares superiores, com grande estabilidade a longo prazo, e controlo preciso do movimento.

Palavras-Chave: Distalização; Classe II; Ancoragem; Ortodontia

ABSTRACT

Objective: The main objective of this study is to conduct a literature review to analyze the effectiveness of mini-implants in the distalization of the upper molar. **Methods:** Based on randomized controlled clinical retrospective studies, a bibliographic search was carried out in three databases: PubMed, Cochrane Library, and LILACS, over the last ten years. Included were patients with Angle Class II malocclusion requiring orthodontic treatment, adult patients, and patients who received treatment with mini-implants. Excluded were patients with previous orthodontic treatment, patients with dentofacial deformities, and patients with systemic metabolic changes. **Results:** The results of studies on the effectiveness of mini-implants in molar distalization are convergent. All indicate that the use of mini-implants is an effective method to achieve a Class I relationship, with great stability, better control of distal movement, better control of root movement, less anchorage loss, greater comfort, lower compliance, and minimal adverse effects. A gap has been identified in the literature regarding methods for evaluating dental movements. Future research should continue to explore these technologies to further optimize the results of molar distalization, which necessarily involves achieving more precise and reliable superimpositions. **Conclusion:** Mini-implants represent an effective method for the distalization of upper molars, with great long-term stability and precise control of movement.

Keywords: Distalization; Class II; Anchorage; Orthodontics

ÍNDICE GERAL

I.	INTRODUÇÃO	1
II.	MATERIAIS E MÉTODOS	3
	i. Estratégia de pesquisa.....	3
	ii. Seleção dos artigos.....	3
	iii. Resultados.....	4
III.	DESENVOLVIMENTO	5
	1. A distalização do molar superior.....	5
	i. Definição.....	5
	ii. Indicações.....	5
	2. Dispositivo terapêutico	5
	i. Evolução histórico do arsenal terapêutico.....	5
	ii. Anatomia e características do mini-implante.....	7
	iii. Posicionamento do mini-implante na cavidade oral	12
	iv. Biomecânica ortodôntica	14
	v. Insucessos e fatores de riscos associados.....	17
	vi. Vantagens e limitações dos mini-implantes	18
	3. Métodos de sobreposição para avaliação dos movimentos.....	18
	i. Sobreposição radiológica	19
	ii. Sobreposição em modelos	20
	4. Sobreposição nas rugas palatinas: uma referência fiável.....	21
	i. Definição.....	21
	ii. Aplicação em ortodontia	21
	iii. Métodos de análise dos movimentos dentários	22
IV.	RESULTADOS DOS ESTUDOS	31
	i. Kook et al., (2014).....	31
	ii. Nienkemper et al., (2014).....	32
	iii. Park et al., (2017).....	33
	iv. Lee et al., (2018).....	34
	v. Betchold et al., (2020).....	35

vi. Kim et al., (2022).....	35
vii. Fouda et al., (2022).....	36
viii. Raghis et al., (2023).....	36
V. DISCUSSÃO.....	35
VI. CONCLUSÃO.....	41
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de um mini-implante.....	8
Figura 2 – Área em “T” definida por Wilmes.....	13
Figura 3 – Centro de resistência	15
Figura 4 – Sobreposição dos modelos	22
Figura 5 – Sistema de coordenadas em três dimensões	23
Figura 6 – Planos de referência e ponto de origem.....	23
Figura 7 – Variáveis lineares	24
Figura 8 – Sobreposição dos modelos 3D T0 e T1.....	25
Figura 9 – Sistema de coordenadas e direções	26
Figura 10 – Pontos de referência	27
Figura 11 – Linhas de referências.....	28
Figura 12 – Medidas lineares e angulares	28
Figura 13 – Esquema do aparelho <i>modified palatal anchorage plate</i>	29
Figura 14 – Esquema do aparelho <i>Beneslider</i>	30
Figura 15 – Esquema do aparelho <i>modified casted palatal plate</i>	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Chaves de pesquisa.....	3
Tabela 2 – Critérios de inclusão e exclusão.....	4
Tabela 3 – Resumo das características desejadas num mini-implante.....	11
Tabela 4 – Forças ótimas nos movimentos dentários ortodônticos.....	15
Tabela 5 – Vantagens e limitações dos mini-implantes	18

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

CMA - *Carrière Motion Appliance*

CBCT – *Cone Beam Computed Tomography* – Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

CR – Centro de resistência

CIZ – Crista infra-zygomática

FA – *Facial-Axis Point* – Ponto eixo facial

FEO – Forças extra-orais

FM – Força motriz

IAQG - *International Aerospace Quality Group*

MCPP – *Modified casted palatal plate* – Placa palatina fundida modificada

MI – Mini-implante

mm – Milímetros

MPAP – *Modified palatal anchorage plate* – Placa palatina com ancoragem modificada

RE – Resistência estável

RM – Resistência móvel

TAD – *Temporary Anchorage Devices* - dispositivos de ancoragem temporária

TRP – Teleradiografia de perfil

U3 – Canino superior

U4 - Primeiro pré-molar superior

U6 - Primeiro molar superior

I. INTRODUÇÃO

No campo da ortodontia, o tratamento das más oclusões de Classe II representa um grande desafio, devido à sua prevalência e à complexidade das suas etiologias. Esta condição, que afeta cerca de 20% dos pacientes ortodônticos (Hourfar et al., 2014), requer abordagens terapêuticas inovadoras, para otimizar os resultados funcionais e estéticos. Pesquisas históricas, como as de Nakasima et al. (1982), revelaram uma componente hereditária significativa, influenciando assim as estratégias de diagnóstico e terapêutica adequadas para esses pacientes. No entanto, ela também pode ser de origem secundária/funcional, como uma disfunção anatômica (microglossia, deglutição infantil, ...) ou de origem parafuncional (hábitos de sucção não nutritiva ...). Devido ao desenvolvimento de novas tecnologias, a ortodontia viu emergir soluções cada vez mais sofisticadas para corrigir essas más oclusões. Os tratamentos da Classe II podem ser segmentados em três categorias: tratamentos com extrações, tratamentos sem extrações e tratamentos ortodôntico-cirúrgicos.

Entre os tratamentos sem extrações, os mini-implantes (MI) revolucionaram as técnicas de distalização molar. Eles oferecem um método menos invasivo e esteticamente favorável para ajustar a posição dos molares superiores, permitindo o movimento posterior dos dentes, para obter uma relação molar de Classe I (Cerrati et al., 2024), essencial na função e harmonia dentofacial. A distalização dos molares, antes realizada principalmente com aparelhos intra e extra-orais, podia ser desconfortável para o paciente, e esteticamente não favorável. Cerrati et al. (2024) notaram a eficácia aumentada dos MI, que eliminavam a necessidade de cooperação do paciente, também reduziam as restrições físicas e estéticas associadas aos métodos tradicionais.

Os MI como *temporary anchoring devices* (TDA), permitem uma distalização molar precisa, ao fornecer um ponto de ancoragem fixo, o que anteriormente era uma limitação dos aparelhos, que dependiam da cooperação do paciente. Raghis et al. (2023) discutiram as vantagens desses dispositivos, incluindo a sua capacidade de melhorar o conforto do paciente e simplificar os procedimentos ortodônticos.

Esta revisão narrativa visou explorar e sintetizar o conhecimento atual sobre o uso de mini-implantes para a distalização dos molares superiores. Examinaram-se os resultados de

estudos clínicos randomizados e análises retrospectivas, para avaliar a eficácia e as limitações dessa tecnologia. A análise baseou-se numa pesquisa realizada em três bases de dados: PubMed, Cochrane Library e LILACS, cobrindo publicações dos últimos dez anos até Abril de 2024, para garantir a atualidade e a relevância das informações examinadas.

Um aspeto crucial da avaliação da eficácia dos MI na distalização molar foi a capacidade de medir, com precisão, o movimento dentário. A comparação, nos modelos ortodônticos, utilizando referências anatómicas estáveis como as rugas palatinas, foi o método de escolha para esta análise. As rugas palatinas, devido à sua estabilidade e resistência às mudanças induzidas pelos tratamentos ortodônticos, fornecem pontos de referência confiáveis para as comparações longitudinais. Esta técnica permitiu uma avaliação detalhada e objetiva dos movimentos dentários, comparando impressões pré e pós-tratamento. Essencial para verificar que as modificações observadas são o resultado das intervenções ortodônticas, e não de variações naturais ou erros de medição. A precisão deste método contribuiu significativamente para a validação dos resultados clínicos obtidos com os MI (Jang et al., 2009).

A integração dos MI nos protocolos de tratamento ortodôntico para as más oclusões de Classe II, não só alterou a prática clínica, mas também abriu novas áreas de futuras pesquisas. Esta revisão narrativa destacou as contribuições significativas dos MI na prática ortodôntica, identificando lacunas na literatura existente, sugerindo novas direções para futuros estudos.

II. MATERIAS E MÉTODOS

i. Estratégia de pesquisa

A pesquisa eletrónica foi realizada em três bases de dados: *PubMed* (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed), *Cochrane Library* (www.cochranelibrary.com) e *LILACS* (www.lilacs.bvsalud.org). Englobou artigos publicados nos últimos dez anos até abril de 2024, sem restrições de língua. As chaves de pesquisa utilizadas, nas respectivas bases de dados, estão descritas na tabela 1.

Tabela 1

Chaves de pesquisa

Base de dados	Chaves de pesquisa	Nº
<i>PubMed</i>	« Orthodontic anchorage procedures » AND « orthodontic appliance design » AND « tooth movement techniques » AND « Class II » Filter: in the last 10 years	113
<i>Cochrane Library</i>	« Orthodontic anchorage procedures » AND « orthodontic appliance design » AND « tooth movement techniques » AND « Class II » Filter: in the last 10 years	11
LILACS	« Orthodontic anchorage procedures » AND « orthodontic appliance design » AND « tooth movement techniques » AND « Class II » Filter: in the last 10 years	127

ii. Seleção dos artigos

Depois da obtenção dos estudos nas três bases de dados já mencionadas, os artigos duplicados foram removidos. Após se terem assinalado os critérios de inclusão e exclusão, descritos na tabela 2, procedeu-se do seguinte modo: verificaram-se todos os títulos e resumos aplicando-se os critérios de exclusão. Seguidamente avaliou-se o conteúdo integral dos artigos e aplicaram-se s critérios de inclusão.

Tabela 2

Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão	Estudos que avaliaram pacientes adultos com Classe II Estudos que incluíram tratamentos ortodônticos com mini-implantes.
Critérios de exclusão	Pacientes com prévio tratamento ortodôntico, pacientes com deformidades dento-faciais e com alterações do metabolismo sistêmico.
Tipologia de estudo	Estudos clínicos randomizados e estudos clínicos retrospectivos

iii. Resultados

A análise inicial das bases de dados eletrônicas resultou num total de 251 artigos. Depois da remoção dos estudos duplicados, foram avaliados os títulos e resumos dos 126 artigos. Por fim, foram identificados 22 artigos potencialmente relevantes. Os textos completos desses artigos foram obtidos e submetidos a uma avaliação minuciosa. Aplicando os critérios de inclusão, só 8 artigos foram incluídos.

III. DESENVOLVIMENTO

1. A distalização do molar superior

i. Definição

A distalização do molar superior é o deslocamento para distal deste dente, na arcada dentária, possível através de determinadas técnicas.

ii. Indicações

No estudo de Cheng et al. (2024) a distalização dos molares superiores é implementada para corrigir as más oclusões de Classe II de Angle, enquanto a distalização dos molares inferiores a má oclusão de Classe III de Angle.

A má oclusão de Classe II, na qual o sulco mesiovestibular do primeiro molar inferior está posicionado distalmente em relação à cúspide mesiovestibular do primeiro molar superior, é uma condição clínica frequentemente encontrada nas consultas ortodônticas, representando cerca 20 % dos casos (Hourfar et al., 2014).

Na Classe II, Div.1, as relações dos primeiros molares são iguais às da Classe II, no entanto os incisivos maxilares estão protruídos/vestibulizados, existindo um grande *overjet*.

Na Classe II, Div.2, as relações dos primeiros molares são iguais às da Classe II, mas os incisivos maxilares estão retroclinados/lingualizados, existindo um grande *overbite*.

Nas subdivisões, existe uma relação molar de Classe II de um lado e do outro lado uma relação molar de Classe I.

Ainda no mesmo estudo (Cheng et al., 2024) a distalização molar é útil no tratamento dos apinhamentos dentários, quando existe desarmonia dento-maxilar (DDM).

2. Dispositivos terapêuticos

i. Evolução histórica do arsenal terapêutico

A partir de 1860, um ponto crucial foi alcançado no campo da ortodontia, marcando o início da vontade de modificar a forma e a posição das bases ósseas maxilares e mandibulares, com o auxílio de dispositivos extra e intraorais. A primeira disjunção da maxila foi realizada pelo

Dr. Charles E. Angell utilizando um parafuso transpalatino de Dwinell. Este método abriu novas perspectivas na correção de más oclusões transversais.

Em 1866, o Dr. Hal C. Kingsley introduziu as primeiras forças extra orais (FEO) (Figura 1), marcando um avanço significativo, no campo da ortodontia. Embora a eficácia inicial tenha sido reconhecida, esses dispositivos foram negligenciados por algum tempo, entre 1910 e 1936, principalmente devido às suas limitações e ao surgimento de outras técnicas de tratamento. Eles são constituídos por:

- um capacete ou uma faixa cervical permitindo um ponto de apoio craniano;
- um arco facial, soldado ou não a um arco interno, ligado a uma goteira ou a uma placa removível que transmite a força às arcadas dentárias;
- um ou mais elásticos constituindo a força de tração que pode ser orientada de diferentes maneiras: alta, média ou baixa.

A FEO com apoio dentário pode ser ortopédica ou ortodôntica, dependendo da intensidade da força. A ação ortopédica é exercida ao nível das suturas, sendo válida apenas quando há um potencial de crescimento, e a força deve ser intensa. A ação ortodôntica é exercida ao nível dos dentes de apoio do arco intraoral. O objetivo da FEO é permitir, em função da zona de apoio e da orientação da tração:

- um reforço da ancoragem conforme as necessidades mecânicas do tratamento;
- modificações esqueléticas, tais como: limitação do crescimento anterior do maxilar; mudança na direção do crescimento; inclinação do plano palatino (permitindo afetar a posição e inclinação dos dentes superiores, influenciar as relações maxilo-mandibular até alterar a estética facial); rotação mandibular no sentido do fechamento ou da abertura do plano oclusal; movimento distal dos dentes superiores; intrusão ou extrusão desses mesmos dentes; rotação disto-lingual dos molares superiores (Alain Béry, 1980).

Em 1971, Jean Delaire, um ortodontista francês, revolucionou o tratamento das más oclusões ao imaginar a máscara facial para avançar o maxilar, oferecendo assim uma nova abordagem terapêutica (Guédon & Phillipe, 2007). Realizando um apoio fronto-mentoniano, estritamente adaptável à morfologia facial do paciente, a máscara permite submeter a arcada maxilar a forças ortopédicas extraorais póstero-anteriores importantes. Ela age em contra-reação provocando:

- na mandíbula: uma mudança na direção do crescimento da cartilagem condilar. A máscara facial exerce forças que podem influenciar não só a posição do maxilar, mas também a direção e a forma de crescimento da mandíbula, especialmente a nível da cartilagem condilar;

- nas arcadas alvéolo-dentárias: uma mesialização da arcada superior. No entanto esses dispositivos revelaram limitações em termos de conformidade e conforto para os pacientes, além de considerações estéticas e de segurança. Limitações surgem quando os pacientes acham difícil seguir essas diretrizes devido ao desconforto, ao impacto na vida diária, ou por motivos estéticos, resultando em menos horas de uso ou uso inadequado, o que pode comprometer a eficácia do tratamento. A segurança no uso da máscara facial envolve evitar lesões físicas, irritações, ou complicações devido ao uso do dispositivo. Isso pode incluir a prevenção de pressão excessiva ou feridas nos pontos de contato, a prevenção de problemas de pele ou mucosas, e garantir que o dispositivo não cause efeitos adversos à saúde geral do paciente. Segurança também envolve assegurar que o dispositivo seja ajustado corretamente e que não haja risco de asfixia ou outros danos durante o uso.

Posteriormente, ao longo do século XX, Edward H. Angle, considerado o pai da ortodontia moderna, desempenhou um papel crucial no desenvolvimento de muitos dispositivos ortodônticos. A sua influência contribuiu para o desenvolvimento de vários dispositivos como a mola em T de Jasper Jumper, um dispositivo intraoral usado para distalização molar, bem como os sistemas de bielas de Herbst e Tavernier-Martine, o Pendulum, o Distal Jet ... No entanto, frequentemente resultavam efeitos colaterais indesejados, como extrusão e protrusão dos dentes anteriores maxilares, além de extrusão, inclinação distal e rotação distal dos primeiros molares maxilares (Park et al., 2017).

Foi para superar essas preocupações de ancoragem e estética que os MI foram introduzidos.

ii. Anatomia e características do mini-implante

Embora os MI tenham sido comercializados inicialmente de aço inoxidável, atualmente são compostos por uma liga de titânio grau 5 (William et al., 2015).

A liga de titânio grau 5, também conhecida como Ti6Al4V, é um tipo específico de liga de titânio amplamente utilizado em diversas indústrias, incluindo aeroespacial, biomédica e, especialmente, para implantes ortopédicos e dentários. Esta liga é composta principalmente

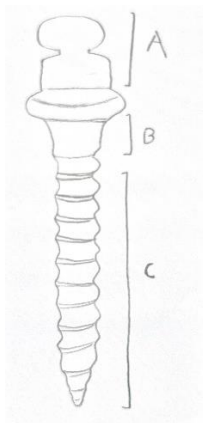
de titânio, com 6% de alumínio e 4% de vanádio. Essas adições de vanádio e alumínio melhoraram significativamente a resistência mecânica da liga, a sua resistência à corrosão e a sua capacidade de ser trabalhada a quente ou a frio. O "grau 5" refere-se à classificação dessa liga de acordo com os padrões da American Society for Testing and Materials (ASTM) e do International Aerospace Quality Group (IAQG), que a considera uma das ligas de titânio mais eficazes para aplicações que exijam alta resistência e durabilidade. É particularmente valorizada pelas suas propriedades de alta resistência mecânica, leveza e biocompatibilidade, tornando-a ideal para dispositivos médicos implantáveis. Os MI são constituídos por:

- Cabeça: permite conectar-se ao dispositivo ortodôntico.
- Pescoço ou perfil transmucoso: por definição atravessa a mucosa, localizando-se entre a região intra-oral e a porção óssea, variando de 1,5 a 3 mm, permitindo uma boa cicatrização gengival ao redor do implante. Os pescoços curtos serão preferencialmente usados nas faces vestibulares maxilares e mandibulares, e os pescoços longos para os tecidos espessos.
- Porção endo-óssea/roscas: parte do MI que é implantada diretamente no osso alveolar. Pode ser de forma cilíndrica, cônica ou cilíndrico-cônica.

Pode observar-se na figura 1 um esquema de um mini-implante.

Figura 1

Esquema de um mini-implante



Nota. Esquema de um MI ortodôntico. (A) cabeça; (B) pescoço; (C) rosca.

Do ponto de vista tanto da estabilidade e da facilidade de utilização, os parafusos para o osso alveolar devem ter características diferentes dos parafusos para osso mais denso do palato ou

da mandíbula. A estabilidade a curto prazo ou primária é determinada pela retenção mecânica do parafuso no osso, que depende das propriedades do osso, do *design* de engenharia do parafuso e da técnica de colocação. A estabilidade a longo prazo ou secundária é definida pela união biológica do parafuso com o osso circundante. Ela é determinada pela superfície do implante, pelas características do osso e pelo *turnover* ósseo (especialmente no contexto de osso cortical versus medular), e é afetada pela superfície do implante e pelo sistema mecânico utilizado. Para obter uma boa estabilidade secundária, é importante limitar os micro movimentos que poderiam levar à reabsorção óssea e à formação de uma cápsula fibrosa. Com o tempo, a estabilidade primária diminui enquanto a estabilidade secundária aumenta; a estabilidade clínica é a soma da estabilidade primária e secundária e é o principal fator de sucesso clínico (William et al., 2015).

Os fatores relacionados ao **sucesso da estabilidade** que se mostraram importantes são:

- **O *pitch* das roscas do parafuso** (distância entre duas roscas). Um *pitch* apertado significa que as roscas estão próximas, um *pitch* largo significa que estão mais afastados. Quanto mais denso o osso, mais próximos devem estar as roscas. Tornou-se evidente que a maior parte da resistência de um parafuso está relacionada ao contato com o osso cortical, e relativamente menos ao osso medular. Como a camada de osso cortical é fina, no alvéolo dentário, um passo mais apertado dos fios perto da cabeça do parafuso dá um maior contato com este, maior resistência à tração e melhor estabilidade primária.

- **O comprimento do parafuso.** Se a quantidade de contato com o osso cortical é o principal fator de estabilidade, e a quantidade de contato com o osso medular tem pouco significado, parece evidente que os parafusos curtos devem funcionar tão bem quanto os mais longos. Mas a quantidade de tecido mole sobrejacente ao osso é uma consideração importante; os parafusos que se estendem até à base do processo zigomático precisam ser mais longos para alcançar algum osso cortical. Um parafuso longo que atravessa todo o alvéolo para alcançar o osso cortical do outro lado (chamado de parafuso bicortical) proporciona maior estabilidade, mas para a maioria das aplicações, a invasividade adicional que ele implica não é justificada.

- **O diâmetro do parafuso.** Um parafuso a ser colocado no processo alveolar deve ser estreito o suficiente para caber entre os dentes. Os parafusos ósseos ou TAD podem ter um diâmetro de 1,3 mm a 2 mm. A taxa de sucesso diminui quando o parafuso é mais estreito que 1,3 mm.

Dentro da faixa de diâmetro de 1,3 a 2,0 mm, a estabilidade e a sobrevivência estão muito mais fortemente relacionadas à quantidade de contato com o osso cortical, do que ao diâmetro do parafuso. No entanto um parafuso de maior diâmetro mostra uma melhor estabilidade primária quando uma força intensa é aplicada. Neste ponto, os dados sugerem que a proximidade das raízes não é um fator importante na estabilidade a longo prazo do parafuso, e a penetração do ligamento periodontal não leva à anquilose. Se o parafuso estiver a menos de 0,5 mm do ligamento periodontal, a taxa de sucesso cai significativamente. Em humanos, a possibilidade de anquilose durante a cicatrização não pode ser excluída, e por isso é importante evitar o contacto com as raízes dos dentes.

- **A forma da ponta:** Todos os mini-implantes ortodônticos são auto-roscantes. Existem dois *designs* auto-roscantes: formador de rosca e cortador de rosca. A diferença é a presença de uma ranhura de corte na ponta do parafuso cortador de rosca. Um parafuso formador de rosca comprime o osso ao redor da rosca à medida que avança, obtendo um melhor contato osso-parafuso, sendo mais adequado para osso alveolar. Os canais no parafuso cortador de rosca melhoram a penetração no osso mais denso. Parece que os parafusos cortadores de rosca funcionam melhor na área *buccal shelf*, *zygomatic buttress* e no palato.

Existem dois fatores importantes na facilidade de uso dos MI: a facilidade (ou dificuldade) de colocar o parafuso e a facilidade de usar a cabeça do parafuso exposta, como ponto de fixação para molas ou fios.

Os condicionantes que influenciam a **facilidade de colocação** do MI incluem:

- **Necessidade de um furo piloto:** Os parafusos auto-perfurantes não necessitam de um furo piloto e podem penetrar a cortical se esta for fina. Parafusos deste tipo estão a substituir os parafusos que requerem um furo piloto, dependendo da dificuldade de penetrar a cortical durante o momento de inserção. Se esta for difícil de penetrar, um furo piloto pode diminuir o torque de inserção e o potencial de fratura do parafuso.

- **Necessidade de uma punção de tecido:** Uma punção através da gengiva raramente é necessária, a menos que um furo piloto tenha que ser efetuado. Frequentemente é necessária em tecido não aderido para evitar que o tecido gengival se enrole ao redor do parafuso.

- **Facilidade ou dificuldade de girar o parafuso enquanto é inserido, mantendo pressão sobre ele:** Uma vez que as roscas do parafuso se fixam no osso, uma forte resistência ao girar o parafuso nesse ponto, reflete um torque de inserção elevado. Isso aumenta a estabilidade

primária, mas pode levar à fratura do parafuso, aumento dos microdanos (por pressão excessiva) no osso e estabilidade secundária reduzida. Um torque de inserção moderado proporciona estabilidade primária suficiente sem causar compressão óssea excessiva e remodelação subsequente. É necessária uma chave para se encaixar na cabeça do parafuso para a sua inserção, e alguns sistemas oferecem um instrumento com controlo de torque para a colocação do parafuso no ósseo.

- **Design da área da cabeça à qual um fio, mola ou elástico será fixado:** É desejável ter uma fixação, ou seja uma ranhura na cabeça que permitiria a inserção de um fio pesado para ser possível mudar a direção da força, uma vez que o momento resultante provavelmente torceria ou desapertaria o parafuso (William et al., 2015).

Na tabela 3, podemos observar um resumo das características desejadas para um MI.

Tabela 3

Resumo das características desejadas num mini-implante

Relacionada com a estabilidade e o sucesso	Relacionada com a facilidade de utilização
<ul style="list-style-type: none"> • O <i>pitch</i> das roscas do parafuso: apertado. • Comprimento do parafuso: Osso alveolar (que circunda as raízes): aproximadamente de 6mm. Osso palatino ou mandibular: aproximadamente de 4 mm. Base óssea zigomática: 6 até 8mm. • Diâmetro do parafuso: mínimo 1,3mm e máximo 2,0mm. • Forma do parafuso: de preferência de forma cônica e com ranhura de corte. • Bicortical versus monocortical: preferir monocortical (vantagem mínima de estabilidade para bicortical). 	<ul style="list-style-type: none"> • Furo piloto: melhor se não for usado. • Punção de tecido: melhor se não for usado. • Torque de inserção: melhor se for baixo. • Dispositivo de inserção: melhor se for simples.

iii. Posicionamento do mini-implante na cavidade oral

A escolha do local para inserção dos MI é influenciada pelo tipo de mini-parafuso utilizado. O comprimento dos MI é determinado pela qualidade e quantidade do osso disponível, bem como pelos tecidos moles adjacentes e pela orientação das forças aplicadas.

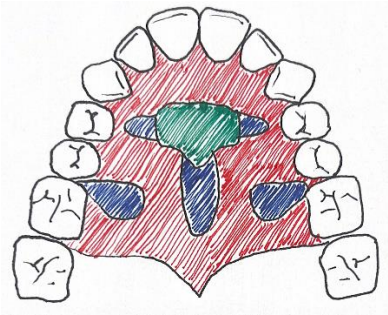
- **Zona inter-radicular:** De acordo com Ludwig et al. (2011) a taxa de perda é estimada em 25%. Os dispositivos de ancoragem temporária, quando inseridos na região inter-radicular, correm o risco de causar lesões às raízes ou ao periodonto, enquanto que a colocação de um MI na área dentoalveolar pode interferir no movimento dos dentes, especialmente quando o dente deslocado se aproxima do MI.

- **Zona palatina paramediana:** é um local muito apropriado para os MI, sem necessidade de uma intervenção cirúrgica complexa. O tecido queratinizado e o osso denso fornecem suporte suficiente para a colocação dos TAD. A área circundante também está livre de quaisquer estruturas dentárias ou de vasos ou nervos importantes (Raghis et al., 2023). Ludwig et al. (2011) reforçam essa ideia ao dizer que a zona palatina é a única alternativa segura como área de inserção do MI, baseando-se no facto de que a inserção na parte inferior do arco zigomático envolve o risco de perfurar o seio maxilar; facto que Chang et al. (2022) contestaram no seu estudo sobre a inserção de MI na parte da crista infra-zigomática. Ludwig et al. (2011) referem que o palato anterior é um dos locais mais apropriados para a colocação de mini parafusos ortodônticos. O osso cortical é tipicamente mais espesso nessa região em relação aos locais de inserção interradiculares, e a disponibilidade de gengiva aderida favorável assegura altos índices de sucesso. Além disso, os MI instalados nessa área não interferem com as raízes dentárias nem restringem o movimento dos dentes. O uso de ancoragem esquelética no palato anterior é excelente para várias abordagens de tratamento ortodôntico, incluindo distalização, deslocamento dos dentes anteriores para frente, expansão rápida do maxilar superior, fechamento de espaços e técnicas de intrusão.

Na figura 2 pode observar-se os potenciais locais de inserção.

Figura 2

Área em “T” definida por Wilmes



Nota. Potenciais locais de inserção: (verde), zona ideal; (azul), zona restrita devido às variações individuais; (vermelho), devido à espessura da mucosa ou a elementos vasculares. Adaptado de “Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites” de Ludwig, B., Glasl, B., Bowman, S.J., Wilmes, B., Kinzinger, G., & Lisson, J. 2011. *Journal of clinical orthodontics*, 45(8), 433-41 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22094724/>)

- **Zona da crista infra zygomatica (zona da CIZ):** pode-se pensar que a inserção de um MI na zona infra-zigomática poderia ser problemática devido ao possível risco de penetração no seio maxilar. Questiona-se "Quando o implante penetra no seio, o envolvimento bicortical fornece torque suficiente para manter o mini-implante no lugar?». «Essa penetração nos seios afeta a taxa de sobrevivência do implante?». Chang et al. (2022) demonstraram num estudo, que a perfuração do seio causa uma diminuição no envolvimento ósseo e no torque de inserção, mas não influencia a taxa de sobrevivência do MI. Embora os adultos apresentem um risco maior de penetração do seio devido ao aumento do tamanho dos seios, o estudo revelou que eles apresentavam um melhor torque de inserção, devido à melhor qualidade óssea. O impacto da penetração dos seios poderia ser compensado pelo aumento geral da qualidade óssea. No entanto, pacientes mais jovens com ossos menos densos, podiam ter taxas de sucesso mais baixas, devido à reduzida densidade óssea, o que afeta a estabilidade inicial e o torque de aperto dos parafusos. Além disso, o estudo mostrou que a incidência de perfuração dos seios, aumenta com um ângulo de inserção mais vertical do parafuso na CIZ. Isso significa que quanto mais o ângulo de inserção se aproxima de 90 graus em relação à superfície óssea, maior é o risco de perfuração do seio. Uma inserção menos perpendicular (mais inclinada) e uma orientação cuidadosamente controlada, são recomendadas para minimizar o risco de complicações e maximizar a estabilidade dos MI. Ao inclinar o MI, a extremidade é menos propensa a penetrar na cavidade sinusal, pois o implante segue uma trajetória mais paralela à superfície óssea, proporcionando um caminho de inserção mais controlado. Em conclusão, os MI colocados na CIZ são um procedimento mais técnico, apresentando um método de ancoragem viável e eficaz para ortodontia, com complicações

gerenciáveis e uma boa previsibilidade de sucesso, particularmente benéfico para pacientes adultos com uma qualidade óssea aumentada. (maior densidade óssea com a idade = melhor qualidade para ancoragem do parafuso).

iv. Biomecânica ortodôntica

Segundo Jacques Faure (2011), uma análise detalhada da mecânica é crucial para que o profissional implemente terapias apropriadas, especialmente em situações clínicas atípicas. O deslocamento dentário é determinado por fenómenos bioelétricos e de pressão, cujo determinante primário resulta do equilíbrio primário do dente no meio elástico (ligamento alvéolo-dentário). De facto, quando um sistema de forças é aplicado, o equilíbrio dente/meio elástico é modificado. Quando uma força é inicialmente aplicada a um dente, dois fenómenos determinam o movimento:

- Fenómenos de tensão sofridos pelo osso alveolar: as tensões geram correntes elétricas (fenómenos de piezoelectricidade) que modificam o metabolismo das células ósseas.
- Fenómenos de compressão/extensão sofridos pelo ligamento: esses fenómenos causam a compressão dos vasos sanguíneos, a compressão das fibras ligamentares/dilatações dos vasos sanguíneos e a extensão das fibras ligamentares.

Após algumas horas, a remodelação óssea inicia-se devido a modificações metabólicas e diferenciações celulares. Observa-se atividade osteoblástica indutora de aposição óssea na zona de extensão, e atividade osteoclástica indutora de reabsorção nas zonas de compressão. Após alguns dias, esta modificação torna-se visível, e um neo-alvéolo é formado. O mesmo processo pode-se repetir para prolongar o movimento iniciado. O movimento é limitado pela forma geométrica do alvéolo ósseo.

Uma força ortodôntica é caracterizada por:

- Direção ;
- Sentido ;
- Intensidade ;
- Ritmo de aplicação (contínuo; descontínuo; intermitente).

De acordo com William et al. (2015) os valores ótimos de forças dependem em grande parte do tamanho do dente envolvido e do tipo de movimento a realizar. Assim, menores valores são apropriados para incisivos e valores maiores para dentes posteriores multirradiculares.

Na tabela 4 enunciamos os valores ótimos de forças em função do tipo de movimento realizado.

Tabela 4

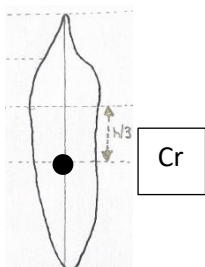
Forças ótimas para movimentos dentários ortodônticos

Tipos de movimentos	Força (em gramas)
Inclinação	35-60
Translação	70-120
Verticalização radicular	50-100
Rotação	35-60
Extrusão	35-60
Intrusão	10-20

Para estudar os diferentes movimentos dentários envolvidos na distalização do molar superior, é adequado definir os conceitos de "centro de resistência" (CR) e "valor de ancoragem". O **centro de resistência** de um sólido é o ponto no qual efetuando-se uma força, o sólido move-se na direção dessa força sem rotação (Jacque Faure, 2011). O CR é descrito na figura 3, e corresponde aproximadamente ao terço radicular cervical num dente monorradicular. Num dente multirradicular, ele situa-se na zona da furca. O valor da ancoragem é a capacidade do dente resistir ao deslocamento.

Figure 3

Centro de resistência



Em mecânica de grupo, o trinómio de Nevreze (Faure, 2011) permite definir três elementos:

- Resistência móvel (RM), isto é, os dentes a serem movidos.
- Resistência estável (RE), os elementos que não se desejam mover.
- Força motriz (FM), ou seja, a força que permite mover o grupo móvel.

A regra de Nevreze indica que a força aplicada pelo tratamento, deve ser suficiente para provocar o movimento da RM e insuficiente para mobilizar a RE. Isso pressupõe claramente que a RE é muito mais significativa que a RM.

Com uma ancoragem assistida por MI, podem ser utilizadas duas mecânicas diferentes:

- Mecânica direta: um módulo de força (mola ou módulo elastomérico) é colocado entre o MI e o setor móvel.
- Mecânica indireta: uma ligadura metálica conecta o MI ao setor estável, reforçando sua ancoragem.

Optou-se por descrever o método sem extrações dentárias, para ilustrar a mecânica indireta. De facto, até hoje, esta é a estratégia de escolha para tratar a má oclusão de Classe II da maneira menos invasiva possível. Esta estratégia geralmente implica um deslocamento global do arco, o que requer um deslocamento em duas etapas: deslocamento do setor posterior e depois do anterior (Faure, 2011). Neste caso, a zona anterior representa inicialmente o setor estável e os molares o setor móvel. De um modo geral o MI é ligado distalmente ao canino superior (U3), e a distalização é realizada com uma mola comprimida entre U3 ou o primeiro pré-molar superior (U4) e o primeiro molar superior (U6). Uma vez que o recuo molar for alcançado, o setor anterior torna-se o setor móvel e os molares o setor estável (Faure, 2011).

v. Insucessos e fatores de riscos associados

Num estudo realizado por Papageorgiou et al. (2012) a taxa de falha dos MI é de 13,5 a 14,0%. As falhas dos MI ortodônticos geralmente não estão associados ao sexo ou à idade do paciente. Os fatores de riscos associados são:

- **Local de inserção** - Os MI inseridos na mandíbula mostraram uma taxa de insucesso maior, em comparação com aqueles inseridos na maxila. Facto que pode ser devido a diferenças na densidade óssea entre as duas arcadas, o que afeta a estabilidade inicial do implante. Taxas de falha significativamente mais altas foram observadas em MI colocados na região posterior em comparação com aqueles colocados na região anterior do maxilar (Papageorgiou et al., 2012).

- **Contacto com a raiz** - O contacto com as raízes dos dentes adjacentes durante a inserção aumenta significativamente a taxa de insucesso. Facto que pode causar danos às raízes ou respostas inflamatórias que comprometem a estabilidade do MI.

- **Espessura do osso cortical** - Taxas mais altas de falha de MI foram observadas em locais do maxilar com espessura de osso cortical inferior a 1 mm, comparado com locais com espessura de osso cortical maior ou igual a 1 mm.

- **Técnicas de inserção** - Os métodos de inserção, incluindo o torque de inserção e o ângulo de inserção, também são fatores críticos. Um torque muito alto ($>10\text{Ncm}$) com altos níveis de *stress*, pode causar necrose e isquemia local do osso circundante, enquanto um ângulo inadequado pode comprometer a estabilidade do implante.

- **Tipo de tecido mole** - A localização do implante em tecidos moles não aderidos, em comparação com tecidos aderidos, pode influenciar o risco de inflamação e mobilidade do implante, provocando o insucesso.

- **Higiene oral** - Uma má higiene oral pode aumentar o risco de infeção ao redor do MI, o que pode contribuir para a falha do mesmo.

Estes fatores mostram a importância do planeamento cuidadoso, tendo em consideração as condições anatómicas do paciente antes da colocação dos MI. A identificação e manipulação

adequada desses riscos, são essenciais para maximizar as taxas de sucesso dos tratamentos ortodônticos que utilizam MI.

Devido às limitações inerentes do MI, pode-se concluir que um sucesso clínico total não pode ser garantido, embora o prognóstico continue bom, relativamente ao conjunto das complicações. No entanto, ele contribuiu significativamente para a expansão das possibilidades do tratamento ortodôntico não cirúrgico.

vi. Vantagens e limitações dos mini-implantes

Na tabela 5 enunciamos as vantagens e as limitações dos MI em ortodontia.

Tabela 5

Vantagens e limitações dos mini-implantes

Vantagens	Limitações/complicações
Biocompatível, durabilidade, segurança.	Inflamação e infecção dos tecidos.
Baixo custo.	Perda de estabilidade.
Pouco invasivo.	Fractura.
Técnica fiável.	Atingimento das estruturas vizinhas (seios, nervos, dentes, vasos).
Simple de colocação.	Ausência de estabilidade primária.
Confortável para o paciente.	
Necessidade mínima da cooperação.	

3. Métodos de sobreposição para avaliação dos movimentos

A interpretação e compreensão de todos os elementos incluindo o exame clínico, fotografias, radiografias e modelos de estudo, podem às vezes parecer complexas. No entanto, é essencial avaliá-los com precisão, para observar as modificações nos tecidos duros e moles, a fim de verificar a eficácia de um tratamento assistido por MI. Facto que inevitavelmente requer sobreposições pré e pós-tratamento, que são excelentes ferramentas de avaliação. Entre os

diferentes métodos, encontram-se modelos de sobreposição convencionais como a sobreposição em telerradiografias de perfil (TRP) e o uso de modelos de gesso. No entanto, esses métodos podem conter erros. Com a rápida evolução das tecnologias, novos métodos foram desenvolvidos para superar as limitações dos métodos convencionais, focados em ferramentas mais precisas e confiáveis, como o uso de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) ou modelos numéricos e digitalizados.

i. Sobreposição radiológica

As TRP fornecem uma representação bidimensional de uma estrutura tridimensional, principalmente no plano sagital (de perfil). No entanto, essa perspectiva limita a sua capacidade de fornecer detalhes exaustivos sobre as posições e movimentos dos dentes nos planos horizontal (transversal) e vertical, e não pode ser usada para avaliar o movimento nas três direções. Devido a erros gerados pela posição inadequada da cabeça do paciente, ao alinhamento do dispositivo de imagem, às distorções geométricas inerentes criadas pela distância de projeção e pela divergência do feixe (Garcia et al., 2018), as estruturas ósseas e dentárias podem-se sobrepor, o que complica a distinção precisa entre os diferentes componentes anatómicos, especialmente nas áreas densas, como as bases dos ossos maxilares e mandibulares. Essa sobreposição pode obscurecer certos aspectos das relações oclusais e dos alinhamentos dentários.

Para superar as limitações dos métodos de sobreposição nas TRP, surgiram métodos de sobreposição nos CBCT. Desde a sua introdução em 1998, este tem sido cada vez mais utilizado em ortodontia. Uma das principais vantagens do CBCT em relação à radiografia 2D é a sua capacidade de fornecer informações volumétricas, superficiais e seccionais em 3D das estruturas craniofaciais. No entanto, as diretrizes europeias e americanas sobre radiografia, especificam que estas radiografias de rotina não são indicadas para nenhum paciente em nenhuma disciplina odontológica, incluindo ortodontia, porque o risco de exposição desnecessária à radiação ionizante pode superar seus benefícios (Kapila & Nervina, 2015). Atualmente a sua utilização é recomendada nos casos em que o exame clínico, complementado pela radiografia convencional, não pode fornecer informações diagnósticas satisfatórias, e também se aplica aos pacientes em cirurgia ortognática. Assim o

uso de CBCT para avaliação dos resultados de tratamento não é recomendado, ou seja, não há evidências clínicas que provem a sua utilidade.

ii. Sobreposição em modelos

O *scanner* intra-oral é agora reconhecido como uma ferramenta confiável, precisa e reprodutível, que também se destaca pela sua praticidade. Introduzido nas práticas odontológicas desde a década de 1980, este instrumento tornou-se essencial em ortodontia pelas suas capacidades inovadoras. Com uma camara específica, o scanner intra-oral permite criar um modelo digital das arcadas dentárias do paciente, incluindo em oclusão, capturando os detalhes dos tecidos duros e moles sem contato direto. Este processo utiliza um feixe de luz, para realizar um *scan* da boca, simulando uma impressão digital, idêntica à técnica tradicional de impressão com alginato, mas sem os inconvenientes associados a esta última.

A operação geralmente começa com o registo da arcada inferior (áreas oclusais, vestibular e lingual), seguida pela arcada superior (áreas oclusais, vestibular e palatina), e termina com a captura da oclusão bilateral em posição de intercuspidação máxima. Ao contrário dos modelos de gesso tradicionais, que não permitem medir precisamente a inclinação dos dentes individuais, o *scanner* intra-oral captura os dados em três dimensões. Isso facilita a manipulação e análise dos eixos de corte, permitindo uma avaliação detalhada do movimento de um dente específico, e da estimativa da posição axial dos dentes (Park et al., 2012).

Os modelos digitais reduzem os erros relacionados aos processos de fabricação de gesso e às deformações potenciais do material. Cada *scan* pode ser reproduzido a partir dos dados digitais sem perda de detalhes, ao contrário dos modelos de gesso, que podem-se degradar ou quebrar. Os dados digitais podem ser armazenados de forma compacta e segura, e facilmente são acessíveis para consultas futuras, sem necessitar de um espaço físico significativo. As tecnologias digitais permitem visualizações em 3D, o que facilita os planeamentos de tratamentos complexos e a comunicação com o paciente. Além disso, um mapeamento tridimensional dos movimentos dentários, pode ser obtido pela sobreposição das modificações dentárias em estruturas de referência estáveis, como as rugas palatinas, devido à sua resistência a mudanças fisiológicas e ortodônticas.

4. Sobreposição nas rugas palatinas: uma referência fiável

i. Definição

De acordo com Patil et al. (2008), Gloria definiu em 1911 as rugas palatinas como cristas localizadas na parte anterior da mucosa palatina, de ambos os lados da rafe mediana, e atrás da papila incisiva. O padrão de orientação típico do indivíduo é formado entre a 12^a e a 14^a semana de vida intrauterina, e permanece estável ao longo da vida, até que a mucosa oral se degenere, após a morte. As rugas são particularmente notáveis pela sua variabilidade inter individual. Essa unicidade torna as rugas úteis na área de identificação forense. De fato, na revisão sistemática realizada por Patil et al. (2008), concluiu-se que as rugas palatinas são permanentes e únicas para cada pessoa, e clínicos e cientistas podem usá-las para estabelecer identidade através de discriminação. Se padrões específicos de rugas pudessem ser estabelecidos para diferentes grupos étnicos, eles ajudariam o odontologista forense, na identificação de cada pessoa. Por serem um marco estável, as rugas palatinas também podem desempenhar um papel significativo na odontologia clínica.

ii. Aplicação em ortodontia

Num estudo publicado por Almeida et al. (1995), os objetivos foram determinar se as rugas palatinas permaneciam estáveis durante o crescimento normal, e se o tratamento com aparelhos extra orais ou aparelhos funcionais afetavam a posição das mesmas. Concluíram que as rugas medianas pareciam ser pontos anatômicos adequados para a construção de planos de referência estáveis e para análise longitudinal de modelos. Num outro estudo publicado mais tarde por Jang et al. (2009), cujo objetivo era avaliar a estabilidade das rugas palatinas como pontos de referência para a superposição de modelos dentários, e estabelecer um método de superposição tridimensional, para analisar o movimento dentário, concluiu-se que os modelos dentários maxilares podiam ser confiavelmente superpostos, nos pontos mediais das terceiras rugas palatinas e no arco palatino, como pontos de referência.

Ainda com o objetivo de avaliar a estabilidade das rugas palatinas após um tratamento ortodôntico, Zhao et al. (2022) compararam três grupos distintos:

- Um grupo sem tratamento;
- Um grupo tratado sem extrações;

- Um grupo tratado com extrações.

Nuvens de pontos foram estabelecidas nas rugas nos modelos pré-tratamento e pós-tratamento. A superposição foi realizada nas nuvens de pontos com o objetivo de manter a mesma disposição dos pontos entre eles. Os resultados mostraram que, nos grupos sem extração, as três rugas são estáveis, portanto, utilizáveis para superposição. No grupo das extrações, a primeira ruga não é estável (retração incisiva), a superposição é realizada então apenas na segunda e terceira rugas. Com bases destes estudos, pôde-se concluir que as superposições na terceira ruga são as mais estáveis, independentemente do método utilizado. Uma vez que os modelos são superpostos num referencial confiável, podemos analisar os movimentos dentários.

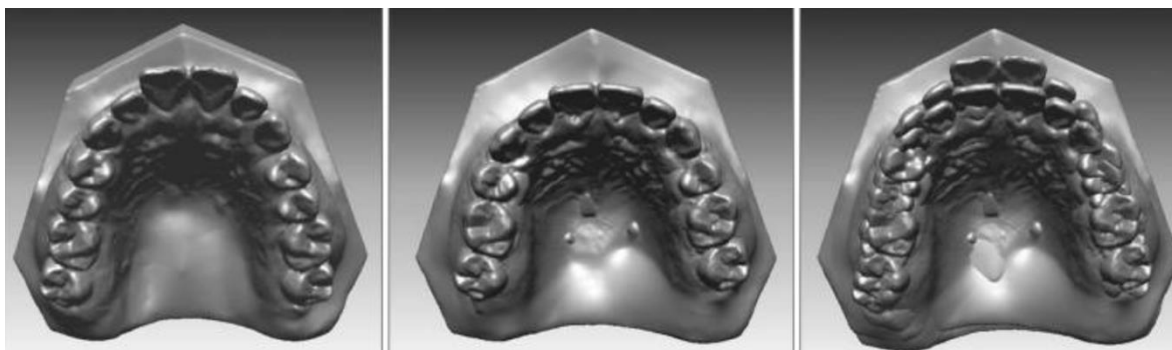
iii. Métodos de análise dos movimentos dentários

Para analisar os movimentos dentários, vários métodos foram encontrados na literatura.

O estudo de Park et al. (2012) teve como objetivo analisar tridimensionalmente os movimentos dos dentes, comparando um sistema de ancoragem convencional com um sistema de ancoragem usando MI. Para isso, modelos maxilares 3D antes (T0) e depois (T1) foram construídos usando um *scanner* laser 3D. As rugas palatinas e a área médio-palatina foram usadas como área de referência estável, para a sobreposição dos modelos maxilares virtuais 3D nas etapas T0 e T1. Na figura 4 pode observar-se a sobreposição dos modelos. Um marco único, o ponto *facial-axis* (FA) foi usado, porque não sofria alterações durante o tratamento ortodôntico. Ele foi definido como o ponto central da coroa clínica dos dentes.

Figura 4

Sobreposição dos modelos

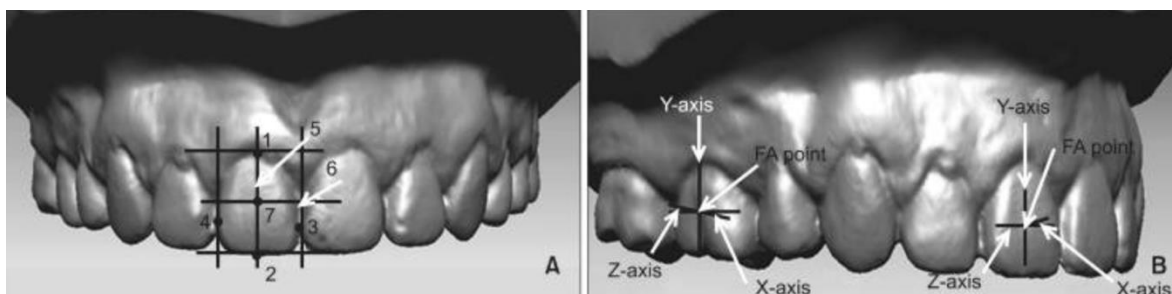


Nota. Sobreposição dos modelos maxilares virtuais 3D de pré e pós tratamento. Reimpressão de “Preliminary three-dimensional analysis of tooth movement and arch dimension change of the maxillary dentition in Class II division 1 malocclusion treated with first premolar extraction: conventional anchorage vs. mini-implant anchorage” de Park, HM., Kim, BH., Yang, IH., Baek, SH. 2012. *The Korean Journal of Orthodontics*, 42(6), 280–290 (<https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.6.280>). Copyright 2012 dos autores.

A partir de cada um dos pontos FA colocados nos dentes, eles definiram um sistema nas três dimensões (eixo X, eixo Y e eixo Z) que se podem observar na figura 5.

Figura 5

Sistema de coordenadas em três dimensões



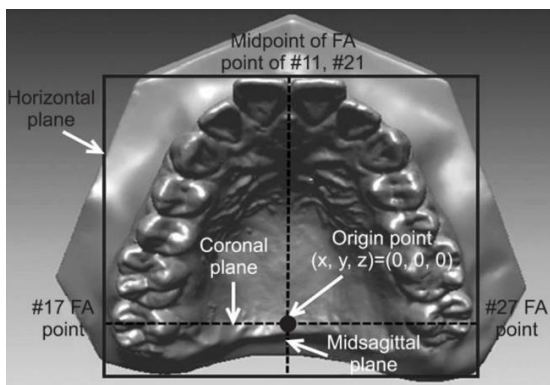
Nota. **A**, definição do ponto FA (7). **B**, definição do sistema de coordenadas estabelecido por FA: X-axis; Y-axis; Z-axis. Reimpressão de “Preliminary three-dimensional analysis of tooth movement and arch dimension change of the maxillary dentition in Class II division 1 malocclusion treated with first premolar extraction: conventional anchorage vs. mini-implant anchorage” de Park, HM., Kim, BH., Yang, IH., Baek, SH. 2012. *The Korean Journal of Orthodontics*, 42(6), 280–290 (<https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.6.280>). Copyright 2012 dos autores.

Eles também definiram os três planos de referência e o ponto de origem (intersecção dos três planos) que se pode observar na vista oclusal, na figura 6:

- plano horizontal;
- plano coronal ;
- plano sagital;
- origem (X, Y, Z) = (0, 0, 0).

Figura 6

Planos de referências e ponto de origem



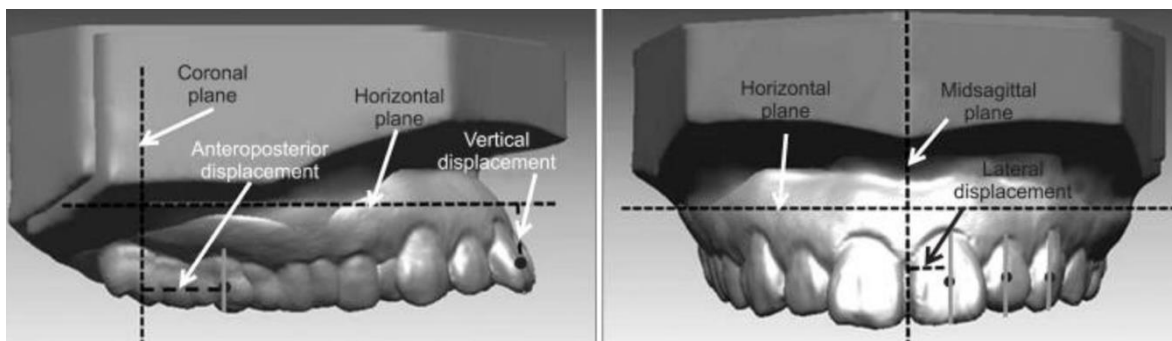
Nota. Definição dos planos de referências e origem em vista oclusal. Reimpressão de “Preliminary three-dimensional analysis of tooth movement and arch dimension change of the maxillary dentition in Class II division 1 malocclusion treated with first premolar extraction: conventional anchorage vs. mini-implant anchorage” de Park, H.M., Kim, B.H., Yang, I.H., Baek, S.H. 2012. *The Korean Journal of Orthodontics*, 42(6), 280–290 (<https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.6.280>). Copyright 2012 dos autores.

Desta forma observaram-se as diferentes variáveis lineares (Figura 7) em função da origem:

- deslocamento vertical;
- deslocamento antero-posterior;
- deslocamento lateral.

Figura 7

Variáveis lineares



Nota. Definição das variáveis lineares: deslocamento anteroposterior, vertical e lateral. Reimpressão de “Preliminary three-dimensional analysis of tooth movement and arch dimension change of the maxillary dentition in Class II division 1 malocclusion treated with first premolar extraction: conventional anchorage vs. mini-implant anchorage” de Park, H.M., Kim, B.H., Yang, I.H., Baek, S.H. 2012. *The Korean Journal of Orthodontics*, 42(6), 280–290 (<https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.6.280>). Copyright 2012 dos autores.

Graças a esta análise tridimensional, eles puderam concluir que no tratamento da má oclusão de Classe II, os MI podem fornecer menos perda de ancoragem, uma rotação mesial interna dos dentes posteriores maxilares e menor mudança na dimensão do arco.

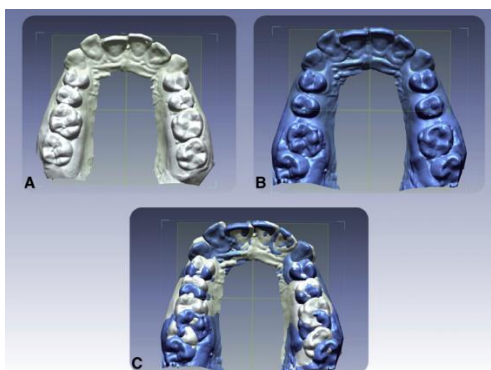
Do mesmo modo, num estudo de Ali et al. (2016) cujo objetivo era avaliar tridimensionalmente os movimentos dos dentes no tratamento das más oclusões de Classe II, os autores utilizaram um único ponto, o FA como marco para analisar os movimentos 3D.

Uma outra técnica para analisar os movimentos consistiu na utilização de vários pontos. É o caso do estudo de Durant et al. (2016) que analisou os movimentos tridimensionais realizados na distalização molar assistida por MI palatinos.

Do mesmo modo que o método que utiliza um ponto único, o modelo dental de T0 (pré-tratamento) e T1 (pós-distalização molar) foram digitalizados com um *scanner* ótico dentário. As imagens obtidas foram convertidas em dados digitais, e estes foram importados para um software. Pode observar-se na figura 8 a sobreposição dos modelos 3D a T0 e T1. Este software é utilizado para alinhar e comparar os modelos 3D digitalizados, dos dentes antes e depois do tratamento. Isso permite uma análise detalhada das mudanças estruturais ocorridas. O procedimento de alinhamento foi realizado em pontos de referência anatômicos estáveis (rugas palatinas).

Figura 8

Sobreposição dos modelos 3D T0 e T1

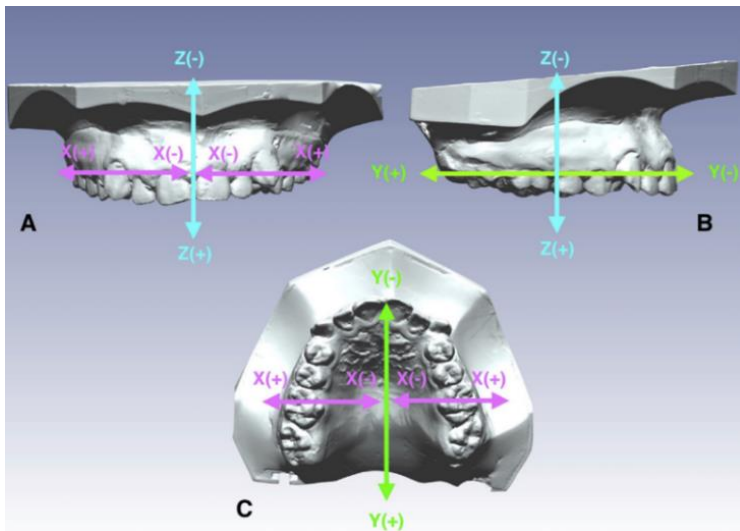


Nota. Sobreposição dos modelos T0 e T1. (A) pré-tratamento, (B) pós-tratamento, (C) sobreposição pré e pós-tratamento. Reimpressão de “Three-dimensional analysis of tooth movements after palatal miniscrew-supported molar distalization” de Duran, G.S., Görgülü, S., & Dindaroğlu, F. 2016. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 150(1), 188–197 (<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.024>). Copyright 2016 dos autores.

Na figura 9 pode observar-se um sistema de coordenadas que foi definido no plano oclusal em T0 (eixo X, eixo Y e eixo Z). Em seguida, a partir do sistema de coordenadas foram definidas as direções.

Figura 9

Sistema de coordenadas e direções



Nota. Sistema de coordenadas e direções. (A) vista frontal, (B) vista sagital, (C) vista oclusal. (X(+)), direção bucal (dentes posteriores) e direção distal (dentes anteriores); (X(-)), direção palatina (dentes posteriores) e direção mesial (dentes anteriores); (Y(+)), direção distal (dentes posteriores) e retroclinação (dentes anteriores); (Y(-)), direção mesial (dentes posteriores) e proclinação (dentes anteriores); (Z(-)), intrusão; (Z(+)), extrusão. Reimpressão de “ Three-dimensional analysis of tooth movements after palatal miniscrew-supported molar distalization” de Duran, G.S., Görgülü, S., & Dindaroğlu, F. 2016. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 150(1), 188–197 (<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.024>). Copyright 2016 dos autores.

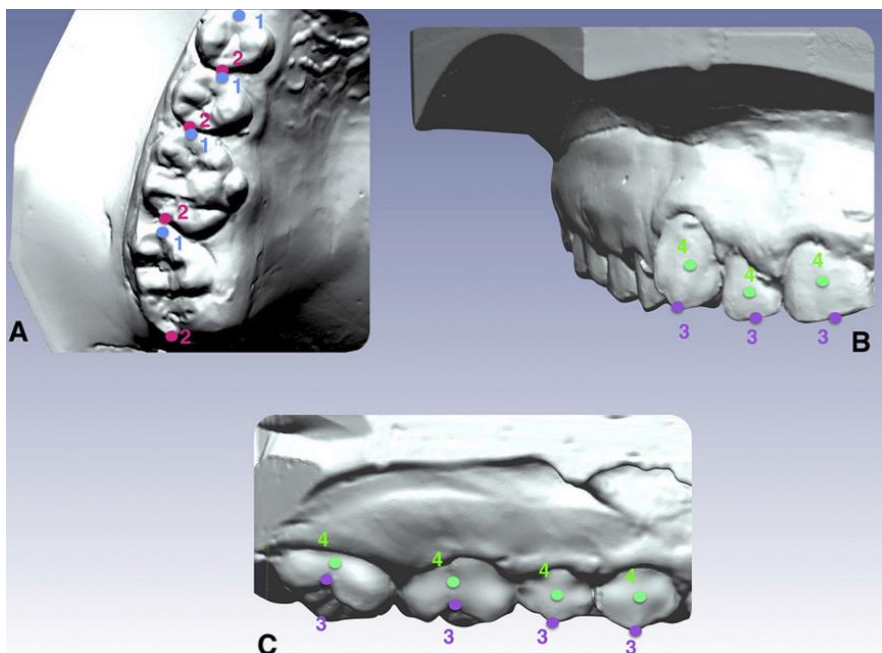
Pontos e linhas de referência em cada dente, de todos os modelos, foram determinados pelo mesmo investigador:

- ponto méso-oclusal;
- ponto disto-oclusal;
- extremidades das cúspides dos caninos e pré-molares, e pontos médios;
- ponto FA.

Esses pontos são posicionados nos modelos T0 antes do tratamento e nos modelos T1 após a distalização molar. Pode observar-se na figura 10 os pontos de referências.

Figura 10

Pontos de referências



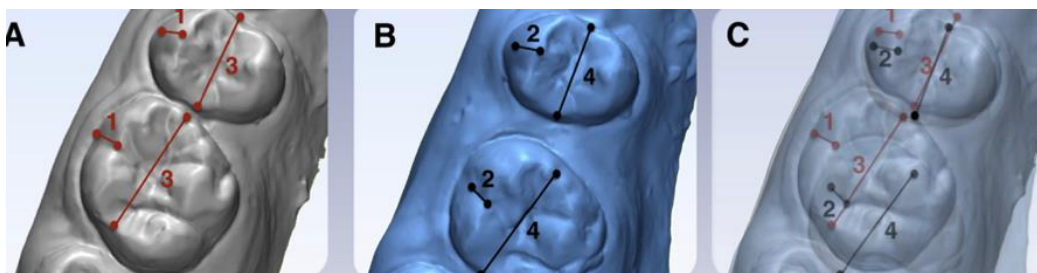
Nota. Pontos de referências. (A) vista oclusal, (B) vista frontal, (C) vista sagital. (1) ponto méso-oclusal, (2) ponto disto-oclusal, (3) extremidades das cúspides dos caninos e pré-molares, e pontos médios, (4) ponto do eixo facial. Reimpressão de “Three-dimensional analysis of tooth movements after palatal miniscrew-supported molar distalization” de Duran, G.S., Görgülü, S., & Dindaroğlu, F. 2016. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 150(1), 188–197 (<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.024>). Copyright 2016 dos autores.

Os modelos T0 e T1 são então sobrepostos e linhas são determinadas entre os diferentes pontos. Na figura 11 pode observar-se as linhas de referências:

- linhas entre a ponta da cúspide e os pontos do eixo facial em T0;
- linhas entre a ponta da cúspide e os pontos do eixo facial em T1;
- linhas entre os pontos oclusais méso-distais em T0;
- linhas entre os pontos oclusais méso-distais em T1.

Figura 11

Linhas de referências

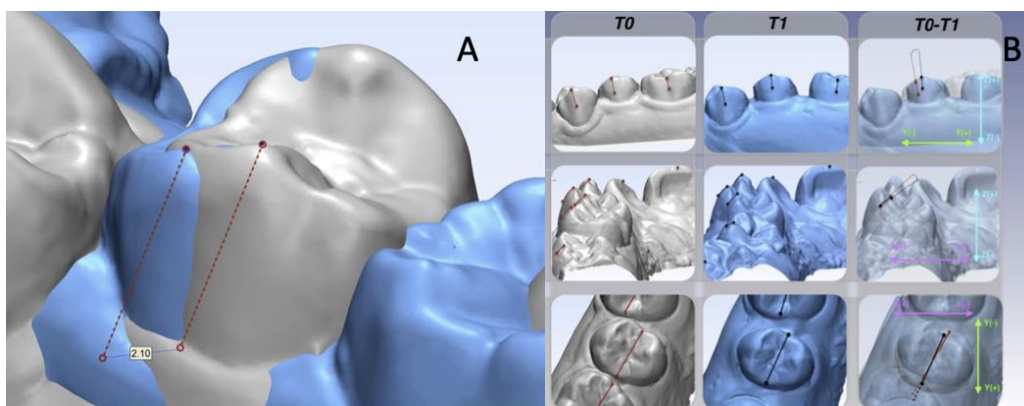


Nota. Pontos de referências. (A) T0, (B) T1, (C) modelos sobrepostos. (1) e (2) linhas entre a ponta da cúspide e os pontos do eixo facial, (3) e (4) linhas entre os pontos oclusais méso-distais. Reimpressão de “Three-dimensional analysis of tooth movements after palatal miniscrew-supported molar distalization” de Duran, G.S., Görgülü, S., & Dindaroğlu, F. 2016. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 150(1), 188–197 (<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.024>). Copyright 2016 dos autores.

A distância entre os pontos de referência foi medida linearmente em milímetros nos eixos x, y e z, nos modelos alinhados. Da mesma forma, os ângulos entre as linhas de referência foram medidos em graus, e foram obtidos valores de inclinação, angulação e rotação. Pode-se observar na figura 12 as medidas lineares e angulares.

Figura 12

Medidas lineares e angulares



Nota. Pontos de referências. (A) medida linear em T0-T1, (B) medidas angulares. Readaptado de “Three-dimensional analysis of tooth movements after palatal miniscrew-supported molar distalization” de Duran, G.S., Görgülü, S., & Dindaroğlu, F. 2016. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 150(1), 188–197. (<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.024>). Copyright 2016 dos autores.

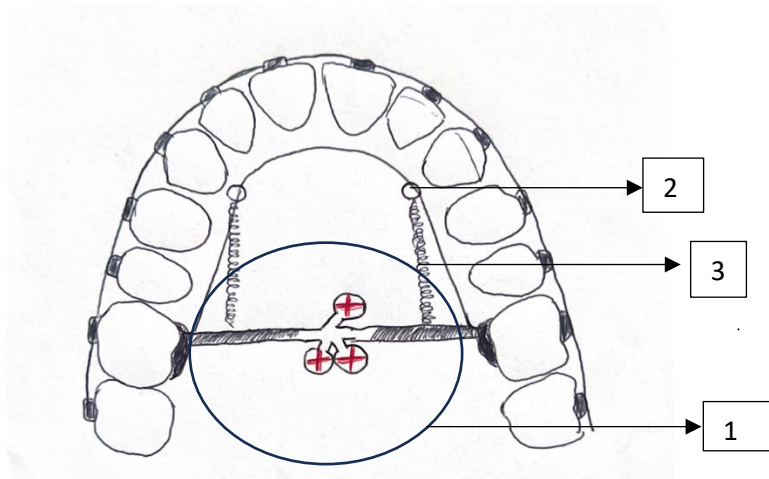
IV. RESULTADOS DOS ESTUDOS

i. Kook et al., (2014)

O objetivo deste estudo retrospectivo foi avaliar os efeitos do tratamento da distalização dos dentes posteriores maxilares, realizada por um aparelho de ancoragem palatino modificado, utilizando cefalogramas derivados do CBCT. A amostra consistiu em 40 cefalogramas laterais, obtidos a partir de imagens de CBCT, de 20 pacientes com Classe II (idade média, 22,9 anos) que foram submetidos à distalização bilateral da dentição maxilar. Os cefalogramas laterais foram derivados das imagens de CBCT realizadas imediatamente antes da colocação de um aparelho de ancoragem palatina modificada, e no final da distalização. O primeiro molar maxilar foi distalizado em 3,3 mm na coroa e 2,2 mm ao nível da raiz, com inclinação distal de $3,4^\circ$ e 1,8 mm de intrusão. O aparelho *modified palatal anchorage plate* (MPAP) (. figura 13) foi eficaz na minimização da inclinação distal e na prevenção da extrusão molar durante a distalização.

Figura 13

Esquema do aparelho modified palatal anchorage plate



Nota. O conjunto placa palatina e MI (1) é conectada aos ganchos (2) do arco palatino por meio de elásticos ou molas (3). A direção da força pode ser alterada de acordo com os entalhes nos braços da placa palatina

ii. Nienkemper et al., (2014)

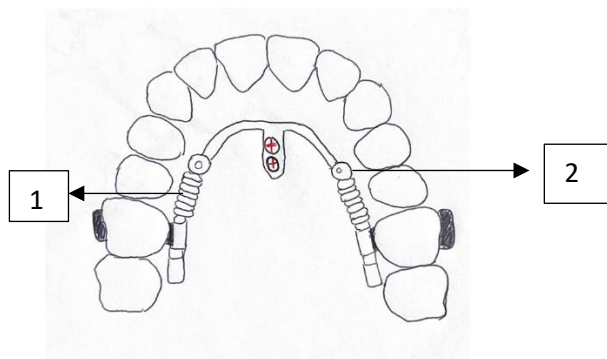
O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia da distalização molar dependendo da idade e da erupção do segundo molar usando o *Beneslider* (figura 14). O aparelho *Beneslider* é um sistema composto por dois mini-implantes, que são conectados entre si por meio de uma placa. O conjunto mini-implantes e placa foi ligado ao arco e equipado com acessórios (mobilizador, molas, tubos ligados, conector etc ...) que são fixados no arco. A força é ativada através das molas. O tratamento de 51 pacientes (idade média de $17,8 \pm 9,6$ anos) foi investigado, retrospectivamente, por meio de cefalogramas pré e pós-tratamento. Os pacientes foram divididos em três grupos:

- Grupo 1 (n=14). Crianças com segundos molares superiores não erupcionados. As forças de distalização aplicadas foram de 2,4 N.
- Grupo 2 (n=23). Adolescentes com segundos molares erupcionados. As forças de distalização aplicadas foram de 5,0 N.
- Grupo 3 (n=14). Adultos. As forças de distalização aplicadas foram de 5,0 N.

Os resultados mostram um deslocamento médio da trifurcação variando de 3,3 a 3,7 mm. A duração média do tratamento foi de $7,5 \pm 2,9$ meses. A velocidade de distalização variou de 0,5 a 0,6 mm por mês. Não existiram diferenças significativas entre os três grupos em relação à distalização molar, duração do tratamento e velocidade de distalização. Em todos os pacientes, foi alcançado uma relação molar de Classe I. Todos os MI permaneceram estáveis durante o tratamento.

Figura 14

Esquema do aparelho Beneslider



Nota. A força da distalização é realizada com a mola (1) através da ativação do *mobilizer* (2)

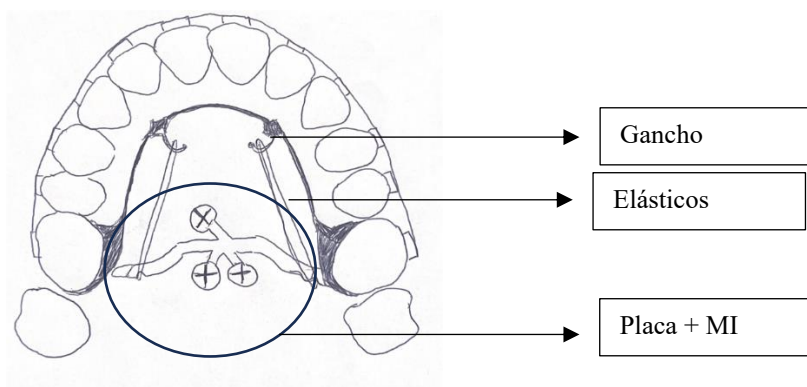
iii. Park et al., (2017)

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos dentários e esqueléticos do aparelho *modified casted palatal plate* (MCP) (figura 15) nos pacientes adultos com má oclusão de Classe II, e compará-los com os obtidos com a utilização do aparelho de tração cervical de headgear (tração baixa). A amostra do estudo consistiu em telerradiografias laterais de 44 pacientes adultos, com má oclusão de Classe II, Div.1. A amostra foi dividida em dois grupos: grupo MCP (n=22; idade, $24,7 \pm 7,7$ anos) e grupo de headgear (n=22; idade, $23,0 \pm 7,7$ anos).

No grupo MCP, foram observadas mudanças significativas na posição do primeiro molar maxilar, com uma média de distalização de 4,2 mm na coroa e de 3,5 mm na raiz, acompanhada de uma inclinação distal de $3,9^\circ$ e uma intrusão de 2,5 mm. Por outro lado, no grupo com aparelho headgear, a distalização foi menor, com apenas 2,3 mm na coroa e 0,6 mm na raiz, com uma inclinação distal de $8,6^\circ$ e uma extrusão de 0,4 mm. Não houve diferenças significativas nos efeitos esqueléticos do tratamento entre os dois grupos. Nenhuma das variáveis dos tecidos moles mostrou diferença significativa entre os dois grupos. Estes resultados sugerem que o MCP é uma modalidade de tratamento eficaz com um melhor controlo da distalização do molar superior.

Figura 15

Esquema do aparelho modified casted palatal plate



iv. Lee et al., (2018)

O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos do tratamento de dispositivos de ancoragem temporária colocados em palatino versus vestibular, num estudo envolvendo 40 pacientes com má oclusão de Classe II. Vinte e dois pacientes foram tratados com dispositivos de ancoragem temporária MCPD colocados em palatino (idade média de $21,9 \pm 6,6$ anos), enquanto 18 pacientes (idade média de $24,2 \pm 6,8$ anos) foram tratados com MI colocados por vestibular, entre o primeiro molar e o segundo pré-molar maxilar. Um total de 26 medidas lineares e angulares foram analisadas em telerradiografias laterais, antes e após o tratamento. Os aparelhos MCPD apresentaram 4,2 mm de distalização, 1,6 mm de intrusão com uma inclinação de 2° e 0,8 mm de extrusão dos incisivos. O grupo dos MI vestibulares mostrou 2,0 mm de distalização e 0,1 mm de intrusão do primeiro molar com uma inclinação de $7,2^\circ$ e 0,3 mm de extrusão dos incisivos. Os aparelhos MCPD demonstraram uma distalização e uma intrusão significativamente maiores com uma quantidade menor de inclinação distal, dos primeiros molares maxilares em comparação com os MI vestibulares. A utilização do aparelho MCPD pode ser recomendada como uma das opções de tratamento para a distalização do molar superior ou para a distalização total do arco superior, proporcionando um controlo radicular mais eficaz.

v. Betchold et al., (2020)

O objetivo deste estudo retrospectivo foi avaliar a estabilidade da distalização maxilar ancorada por MI em más oclusões de Classe II. Incluiu um grupo de distalização ($n=19$; idade média em $T_0=24,9$ anos) e um grupo controlo ($n=19$ idade média em $T_0=25,4$ anos). Cefalogramas laterais de 38 pacientes adultos foram tirados antes (T_0), imediatamente após (T_1) e 3-4 anos após (T_2) o tratamento. O movimento horizontal e vertical e a inclinação dos U6 e incisivos centrais (U1) foram medidos, juntamente com parâmetros craniofaciais esqueléticos, em três momentos, para comparar os dois grupos em relação aos efeitos do tratamento alcançados e à sua estabilidade. A terapêutica de distalização total do arco, originou um movimento distal de 4,2 mm do U6, sem inclinação distal da coroa ($0,6^\circ$ de mudança de eixo) e $3,3^\circ$ de aumento da inclinação do plano oclusal. Ao longo de um período médio de retenção de 42 meses, a distalização total do arco maxilar proporcionou alta

estabilidade nos resultados do tratamento, mostrando a mesma quantidade de movimento mesial (0,7 mm) que o grupo controle.

vi. Kim et al., (2022)

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do tratamento após a distalização molar utilizando MCPP em pacientes com má oclusão de Classe II com pneumatização do seio maxilar. Este estudo retrospectivo consistiu em 70 telerradiografias laterais derivadas de imagens de CBCT de 35 pacientes com má oclusão de Classe II (idade média de $22,3 \pm 7,4$ anos) que tinham sido submetidos à distalização total bilateral do arco dentário maxilar, utilizando MCPP. As amostras foram divididas em 2 grupos de acordo com a pneumatização do seio maxilar:

- Grupo 1 (n=40) com pneumatização do seio maxilar,
- Grupo 2 (n=30) sem pneumatização do seio maxilar.

O recuo do primeiro molar maxilar foi de 4,3 mm para o grupo 1 e de 3,5 mm para o grupo 2, com uma intrusão de 1,4 mm e 2,5 mm, respetivamente, e uma inclinação distal de $5,2^\circ \pm 7,1^\circ$ e $5,1^\circ \pm 4,2^\circ$, respetivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. O grupo 1 apresentou uma inclinação distal dos segundos molares maxilares de $3,5^\circ$, o que foi significativamente maior do que os $0,2^\circ$ do grupo 2 ($P < 0,05$).

Este estudo sugere que as placas MCPP são uma opção eficaz para a distalização molar no tratamento da má oclusão de Classe II, fornecendo resultados semelhantes, independentemente do nível de pneumatização sinusal.

vii. Fouda et al., (2022)

O objetivo deste estudo foi avaliar o controlo de ancoragem usando MI em comparação com um aparelho Essix, no tratamento da má oclusão de Classe II, por meio de distalização, com o Carriere Motion Appliance (CMA).

Vinte e quatro pacientes pós-puberdade, com má oclusão de Classe II, Div.1, foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos iguais.

- Grupo 1 (n=12) CMA com MI (idade média = 18,0 anos);
- Grupo 2 (n=12) CMA com aparelho Essix (idade média = 17,8 anos).

No grupo com MI, o U6 foi distalizado significativamente de $-2,57 \pm 1,52$ mm com uma inclinação distal de $-3,75^\circ \pm 4,71^\circ$. No grupo com aparelho Essix, o U6 foi distalizado de $-1,53 \pm 1,11$ mm, com uma inclinação distal de $-3,71^\circ \pm 3,59^\circ$. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos ($P < 0.05$).

viii. Raghis et al., (2023)

O objetivo deste estudo randomizado foi avaliar as mudanças no tratamento após a distalização total do arco maxilar, usando o MCPP em comparação com MI vestibulares. Os participantes eram adultos jovens, com Classe II dentária. Foram incluídos 40 pacientes (idade média de $20 \pm 3,1$ anos) e designados aleatoriamente para o grupo da placa ($n=20$) e para o grupo de MI ($n=20$). Foi observada uma distalização significativa do U6 em ambos os grupos (4,33 mm no grupo de placas e 1,88 mm no grupo dos MI). Foi combinada com intrusão significativa e inclinação distal não significativa do U6 no grupo de placas (1,85 mm e $3,10^\circ$, respectivamente), enquanto a intrusão e inclinação distal não foram significativas no grupo dos MI (0,8 mm e 2° , respectivamente). Tanto o MCPP como os mini-implantes vestibulares, podem ser dispositivos viáveis para a distalização total do arco maxilar, no tratamento de pacientes Classe II. O MCPP pode ser considerado quando for necessário uma distalização mais extensa.

V. DISCUSSÃO

A literatura disponível destaca várias estratégias de ancoragem temporária para a distalização molar em pacientes com má oclusão de Classe II, especialmente a eficácia das MCPP.

Lee et al. (2018) observaram que as MCPP proporcionam uma maior distalização e melhor intrusão dos molares com menor inclinação, em comparação com os MI vestibulares. Essa maior eficácia, poderia ser atribuída à melhor distribuição das forças e ao controlo aumentado oferecido pelas MCPP, que são fixadas no palato, uma área que oferece alta densidade óssea. Kook et al. (2014) reforçam essa ideia, ao notar que as MCPP são eficazes para minimizar a inclinação distal e prevenir a extrusão molar durante a distalização. No entanto, Raghis et al. (2023) relatam que existem algumas desvantagens relacionadas à aplicação das MCPP: elas devem ser ajustadas manualmente no modelo dentário do paciente, devido ao seu *design* pré-fabricado, o que pode levar a uma inflamação dos tecidos palatinos devido a um mau ajuste. Além disso, a estabilidade das MCPP depende da inserção de três MI na área paramediana. Um ajuste apertado deve ser realizado para reduzir o risco de inclinação da placa, que pode causar compressão dos tecidos moles quando mal ajustada.

Park et al. (2017) relatam que o uso das MCPP permitem uma distalização eficaz, mais significativa, com menor inclinação molar em comparação com a *headgear* cervical.

Num outro estudo, Fouda et al. (2022) mostraram que o movimento distal e a inclinação distal do U6, observados nos dois grupos, não foram significativamente diferentes entre os modos de ancoragem de MI e Essix. No entanto, em comparação com o aparelho Essix, os MI resultaram numa diminuição da perda de ancoragem dos incisivos mandibulares em termos de movimento anterior e pro-inclinação. Facto que reforça a ideia de que os dispositivos assistidos por MI são mais eficazes do que os sistemas convencionais.

De acordo com Bechtold et al. (2020), uma distalização significativa dos molares, sem efeito adverso de inclinação, destaca a eficácia dos MI para um movimento controlado. Demonstraram que os MI forneciam uma estabilidade notável dos resultados pós-tratamento, com uma recidiva mínima dos movimentos molares. Isso é corroborado por outras pesquisas que destacam a confiabilidade dos MI para manter os resultados de distalização, por longos períodos.

Outro estudo destaca que as MCPP não só garantem uma distalização eficaz, mas também uma melhor intrusão dos molares, indicando uma superioridade potencial para o controle vertical, além do controle antero posterior.

As convergências observadas nos estudos mostram que os MI representam um avanço significativo nas técnicas de distalização dos molares superiores. Os resultados sugerem que os MI são eficazes para atingir os objetivos do tratamento ortodôntico, e oferecer uma melhor aceitação pelo paciente. A estabilidade a longo prazo e a precisão no controle dos movimentos molares, como documentado por Kook et al. (2014) e Lee et al. (2018) são elementos essenciais que melhoram a eficácia global dos MI. A redução da perda de ancoragem, evidenciada por Nienkemper et al. (2014) e Kim et al. (2022) permite maximizar a eficácia dos movimentos dentários, enquanto minimiza os efeitos indesejáveis sobre os dentes adjacentes. O conforto aumentado e a redução da necessidade de cooperação, destacados por Park et al. (2017) e Raghis et al. (2023), tornam os MI mais atrativos para os pacientes, facilitando assim a adesão ao tratamento ortodôntico. Uma taxa de sucesso elevada com menos complicações, como indicado por Betchold et al. (2020) e Fouda et al. (2022) confirmam a utilização dos MI como um método seguro e eficaz para a distalização dos molares. A eficácia dos MI na correção das más oclusões de Classe II, observada por todos os autores, mostra a sua capacidade de fornecer resultados duradouros e satisfatórios, reduzindo a necessidade de intervenções adicionais. Os MI emergem como uma ferramenta indispensável para a distalização dos molares superiores. Os autores concordam com a sua eficácia superior em termos de estabilidade, controle do movimento, conforto do paciente, taxa de sucesso e gestão das complicações. Esta convergência nos resultados dos diferentes estudos reforça a adoção dos MI como uma solução confiável e moderna na correção das más oclusões de Classe II.

Os estudos que examinam a eficácia dos MI na distalização dos molares superiores também apresentam divergências em vários aspetos. Essas divergências dizem respeito principalmente às técnicas de colocação, à gestão das complicações e à eficácia comparativa em relação a outros métodos. As divergências sobre as técnicas de colocação e a localização ideal dos mini-implantes são notáveis. **Fouda et al. (2022)** insistem na importância de um planeamento rigoroso e de técnicas precisas de colocação, para maximizar a eficácia e minimizar os riscos de complicações. Eles observaram que erros no posicionamento podiam

originar complicações significativas, como infecções ou perda de estabilidade do implante. Em contraste, **Kim et al. (2022)** insistem no uso de tecnologia de ponta para guiar a colocação dos MI, sugerindo que a imagiologia avançada pode ajudar a melhorar a precisão do posicionamento, e reduzir os erros potenciais. Essa divergência mostra que, embora a precisão da colocação seja um consenso, os métodos para alcançá-la podem variar entre os autores. A gestão das complicações associadas ao uso de MI também varia entre os estudos. **Betchold et al. (2020)** observaram uma baixa incidência de complicações, mas ressaltam que complicações menores possam ocorrer, como dores ou infecções leves, que geralmente são gerenciáveis com cuidados apropriados. Eles atribuíram a baixa incidência de complicações, a técnicas cuidadosas de colocação e a uma boa higiene oral. Em contraste, **Nienkemper et al. (2014)** mencionaram que as complicações podiam incluir uma perda de estabilidade, mais frequente, e dificuldades relacionadas à gestão do movimento dos implantes nos casos de forças excessivas. Eles sugeriram que o uso de protocolos padronizados para a gestão dos MI, poderiam ajudar a minimizar essas complicações. Existem divergências sobre a superioridade dos MI em relação aos métodos tradicionais de distalização. **Park et al. (2017)** concluíram que os MI são claramente superiores aos métodos tradicionais, especialmente em termos de conforto e precisão do movimento. Eles destacaram que os MI reduzem a necessidade de dispositivos extra-orais e minimizavam a cooperação do paciente, tornando o tratamento mais eficaz. **Kook et al. (2014)**, embora reconheçam a eficácia dos mini-implantes, sugeriram que alguns métodos tradicionais ainda podiam ser apropriados, em casos específicos, especialmente quando os mini-implantes não são uma opção viável, devido a contraindicações ou preferências do paciente. Eles ressaltam que os MI nem sempre são necessários, e que a sua utilização deve ser avaliada caso a caso. Os impactos a longo prazo dos MI também são um tema de divergência. **Lee et al. (2018)** destacam que os mini-implantes oferecem uma solução estável a longo prazo para a distalização molar, mantendo os resultados da correção das más oclusões de Classe II por um período prolongado. Eles observaram que os resultados são duradouros e requerem poucos ajustes, após o tratamento inicial. **Raghis et al. (2023)**, no entanto, alertaram que a eficácia a longo prazo dos MI, dependia fortemente da gestão pós-tratamento e da monitorização contínua. Eles sugeriram que ajustes regulares e uma supervisão cuidadosa serão necessários, para prevenir possíveis recidivas, especialmente em casos complexos. As divergências entre

os autores sobre a eficácia dos MI destacam aspetos chave a considerar, na sua utilização para a distalização dos molares superiores, nomeadamente técnicas de colocação, gestão das complicações etc. Assim as variações nas técnicas de colocação, a gestão das complicações e as comparações com os métodos tradicionais refletem a complexidade da integração MI na prática clínica. As divergências sobre as técnicas de colocação ressaltam a importância do planeamento e da tecnologia, para garantir o sucesso dos MI. A precisão da colocação é um fator determinante para evitar complicações e melhorar os resultados. A gestão das complicações varia de acordo com os protocolos seguidos. A divergência nas conclusões sobre os impactos a longo prazo, destacam a necessidade de protocolos rigorosos de acompanhamento. As técnicas de colocação, a gestão das complicações e as comparações com os métodos tradicionais devem ser adaptadas em função das necessidades específicas dos pacientes e dos contextos clínicos. Uma abordagem personalizada e uma avaliação clínica aprofundada são essenciais para otimizar o uso dos MI e garantir resultados satisfatórios a longo prazo.

Na maioria dos estudos, encontramos sobreposições em telerradiografias de perfil e CBCT. Os estudos geralmente empregam cefalogramas antes e depois do tratamento, para analisar o movimento molar.

A literatura revelou que poucos estudos compararam o uso de dispositivos que utilizam MI com um dispositivo que utiliza um sistema convencional. Seria importante realizar mais estudos retrospectivos e randomizados, para comparação entre dispositivos convencionais *versus* modificados com MI, utilizando métodos de sobreposição em modelos digitais virtuais, usando como pontos de referência estável as rugas palatinas. Para aumentar a precisão, poderiam ser utilizados vários pontos para analisar os movimentos dentários como no estudo de Durant et al. (2016). No entanto, a 3D oferece a possibilidade de sobrepor em superfícies, ou seja, uma multiplicidade de pontos, o que aumenta consideravelmente a precisão. A ortodontia está em constante evolução e seria interessante criar novos protocolos de superposição, ainda mais estáveis e precisos, com o objetivo de realizar um estudo de análise 3D dos movimentos dentários, aplicados especificamente à distalização dos molares superiores, combinando "zona de superposição", "terceira ruga palatina" e os MI. Nesse sentido, novos protocolos mais originais e estruturados deveriam ser propostos. Embora essa técnica de coleta de dados, sobreposição e uso de softwares possa ser difícil de implementar

na prática clínica, ela é totalmente viável no contexto de um estudo explicativo, conduzido segundo um protocolo controlado. Para que seja mais facilmente realizável por outros, a elaboração de um protocolo original e detalhado poderia ser seguido como um tutorial. Além disso, deveria haver mais estudos coortes randomizadas, retrospectivos e prospectivos na literatura, para analisar os movimentos dentários em 3D durante a distalização molar. O objetivo seria determinar os movimentos desejados e indesejados nas três dimensões do espaço, bem como observar as variações de efeitos em função do sistema de distalização utilizado. Idealmente, o sistema de distalização dos primeiros molares superiores apresentaria uma distalização ilimitada, simétrica ou não, com controlo dos molares nos três planos do espaço, sem efeitos colaterais, confortável para o praticante, de baixo custo entre outros fatores.

A utilização dos MI poderia ser combinada com outras técnicas para aumentar sua eficácia e reduzir o tempo de tratamento ortodôntico, especialmente por meio da osteoperfuração. É um processo minimamente invasivo, utilizado na ortodontia para acelerar o movimento dos dentes, estimulando a reabsorção óssea ao redor dos dentes, promovendo assim uma movimentação mais rápida.

A avaliação dos MI na distalização dos molares superiores mostra claramente a sua eficácia e estabilidade no tratamento das más oclusões de Classe II. No entanto, além dos resultados positivos observados nos estudos analisados, é crucial considerar algumas perspectivas clínicas e de pesquisa para melhorar ainda mais essa técnica. Pessoalmente, acredito que os MI representam um avanço significativo no campo da ortodontia moderna, pois permitem superar várias limitações dos métodos tradicionais de distalização. A sua capacidade de fornecer uma ancoragem temporária confiável, sem depender da cooperação do paciente, oferece não apenas maior conforto, mas também maior flexibilidade nos planos de tratamento ortodôntico. Ao analisar os resultados dos estudos incluídos, é evidente que os mini-implantes se destacam pela sua capacidade de controlar precisamente os movimentos dentários, minimizando assim a perda de ancoragem e os efeitos colaterais indesejáveis. No entanto, é essencial destacar que o sucesso desses dispositivos depende fortemente de fatores como a experiência do clínico, características anatômicas do paciente, a seleção apropriada dos locais de inserção e a gestão pós-operatória dos pacientes. Uma das perspectivas futuras importantes pode ser a melhoria dos materiais utilizados para os MI. A pesquisa poderia ser

focada no desenvolvimento de novas ligas ou revestimentos que favoreçam uma melhor integração óssea, reduzindo assim as taxas de insucesso. Além disso, a incorporação de tecnologias digitais, como impressão 3D e planejamento cirúrgico assistido por computador, poderia melhorar a precisão da colocação dos implantes, maximizando os resultados terapêuticos. Também é interessante considerar o impacto dos MI no contexto das novas tendências em ortodontia, como a ortodontia invisível. A sinergia entre essa tecnologia e os MI poderá abrir caminho para tratamentos ainda mais estéticos e personalizados, atendendo às crescentes expectativas dos pacientes, em termos de conforto, estética e discrição. Embora os MI já tenham demonstrado eficácia na distalização dos molares, é imperativo continuar as pesquisas para otimizar o seu uso e integrar novas inovações tecnológicas. Uma abordagem holística que englobe tanto avanços materiais, quanto estratégias clínicas aprimoradas, poderá fortalecer o seu papel, como um pilar essencial da ortodontia contemporânea.

VI. CONCLUSÃO

Os MI representam um método eficaz para a distalização dos molares superiores, oferecendo uma distalização molar com grande estabilidade a longo prazo, e controlo preciso do movimento molar. No entanto, apesar de sua eficácia, o uso dos mini-implantes nem sempre é o mais recomendado.

Pesquisas futuras devem continuar a explorar essas tecnologias para otimizar os resultados da distalização molar, o que passa necessariamente pela realização de sobreposições mais precisas e confiáveis para avaliar os movimentos dentários.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M.A., Phillips, C., Kula, K., & Tulloch, C. (1995). Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis in orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 108(4), 449-454. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1996\)066%3C0073:sotpra%3E2.3.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1996)066%3C0073:sotpra%3E2.3.co;2)
- Ali, D., Mohammed, H., Koo, S.H., Kang, K.H., & Kim, S.C. (2016). Three-dimensional evaluation of tooth movement in Class II malocclusions treated without extraction by orthodontic mini-implant anchorage. *The Korean Journal of Orthodontics*, 46, 280-9. <https://doi.org/10.4041/kjod.2016.46.5.280>
- Bechtold T.E., Park Y.C., Kim K.H., Jung H, Kang J.Y., & Choi Y.J. (2020). Long-term stability of miniscrew anchored maxillary molar distalization in Class II treatment. *The Angle Orthodontist*, 90(3), 362-368. <https://doi.org/10.2319/051619-335.1>
- Bery, A. (1980). *Que sais-je ? L'orthodontie*. Presse Universitaire de France.
- Ceratti, C., Serafin, M., Del Fabbro, M., & Caprioglio, A. (2024). Effectiveness of miniscrew-supported maxillary molar distalization according to temporary anchorage device features and appliance design: systematic review and meta-analysis. *The Angle Orthodontist*, 94(1), 107-121. <https://doi.org/10.2319/052223-364.1>
- Cheng, L., Feng, Z., Hao, Z., Si, M., Yuan, R., & Feng, Z. (2024). Molar distalization in orthodontics: a bibliometric analysis. *Clinical oral investigations*, 28(2), 123. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05520-w>
- Chang, C., Jia-Hong, L., & Eugene, R. (2022). Success of infrazygomatic crest bone screws: patient age, insertion angle, sinus penetration, and terminal insertion torque. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 161(6), 783-790. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.01.028>
- Duran, G.S., Görgülü, S., & Dindaroğlu, F. (2016). Three-dimensional analysis of tooth movements after palatal miniscrew-supported molar distalization. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 150(1), 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.12.024>
- Guédon, P., & Philippe, J. (2007). L'évolution des appareils orthodontiques de 1728 à 2007. *L'orthodontie Française*, 78(4), 295-302. <https://doi.org/10.1051/orthodfr:2007031>
- Hourfar, J., Ludwig, B., & Kanavakis, G. (2014). An active, skeletally anchored transpalatal appliance for derotation, distalization and vertical control of maxillary first molars. *Journal of Orthodontics*, 41(1), 24–32. <https://doi.org/10.1179/1465313314y.0000000102>

- Faure, J. (2011). *Biomécanique orthodontico*. EDP science.
<https://fr.scribd.com/document/478120954/Jacques-Faure-BiomA-canique-orthodontique-EDP-SCIENCES-2011-1-pdf>
- Fouda, A.S., Attia, K.H., Abouelezz, A.M., El-Ghafour, M.A., & Aboulfotouh, M.H. (2022). Anchorage control using miniscrews in comparison to Essix appliance in treatment of postpubertal patients with Class II malocclusion using Carrière Motion Appliance. *The Angle orthodontist*, 92(1), 45-54. <https://doi.org/10.2319/021421-126.1>
- Jang, I., Tanaka, M., Koga, Y., Iijima, S., Yozgatian, JH., Cha, BK., & Yoshida, N. (2009). A novel method for the assessment of three-dimensional tooth movement during orthodontic treatment. *The Angle Orthodontist*, 79(3), 447–453. <https://doi.org/10.2319/042308-225.1>
- Kapila, S.D., & Nervina, J.M. (2015). CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140282. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140282>
- Kim, S., Lee, N.K., Park, J.H., Ku, J.H., Kim, Y., Kook, Y.A., Chou, A.H.K., & Vaid, N.R. (2022). Treatment effects after maxillary total arch distalization using a modified C-palatal plate in patients with Class II malocclusion with sinus pneumatization. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 162(4), 469-76. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.04.033>
- Kook, Y.A., Bayome, M., Trang, V.T.T., Kim, H.J., Park, J.H., Kim, K.B., & Behrents, R.G. (2014). Treatment effects of a modified palatal anchorage plate for distalization evaluated with cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 146(1), 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.03.023>
- Lee, S.K., Abbas, N.H., Bayome, M., Baik, U.B., Kook, Y.A., Hong M., & Park, J.H. (2018). A comparison of treatment effects of total arch distalization using modified C-palatal plate vs buccal miniscrews. *The Angle Orthodontist*, 88(1), 45-51. <https://doi.org/10.2319/061917-406.1>
- Ludwig, B., Glasl, B., Bowman, S.J., Wilmes, B., Kinzinger, G., & Lisson, J. (2011). Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *Journal of clinical orthodontics*, 45(8), 433-41. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22094724/>
- Nakasima, A., Ichinose. M., Nakata, S., & Takahama, Y. (1982). Hereditary factors in the craniofacial morphology of Angle's Class II and Class III malocclusions, *American journal of orthodontics*, 82(2), 0–156. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(82\)90493-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(82)90493-6)

- Nienkemper, M., Wilmes, B., Yamaguchi, S., Ludwig, B., & Drescher, D. (2014). Treatment efficiency of mini-implant-borne distalization depending on age and second-molar eruption. *Journal of orofacial orthopedics*, 75(2), 118-32. <https://doi.org/10.1007/s00056-013-0199-z>
- Papageorgiou S.N., Zogakis I.P., & Papadopoulos, M.A. (2012). Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142(5), 577-595. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.05.016>
- Park, C.O., Sa'aed, N.L., Bayome, M., Park, J.H., Kook, Y.A., Park, Y.S., & Han, S.H. (2017). Comparison of treatment effects between the modified C-palatal plate and cervical pull headgear for total arch distalization in adults. *The Korean Journal of Orthodontics*, 47(6), 375–383. <https://doi.org/10.4041/kjod.2017.47.6.375>
- Park, H.M., Kim, B.H., Yang, I.H., & Baek, S.H. (2012). Preliminary three-dimensional analysis of tooth movement and arch dimension change of the maxillary dentition in Class II division 1 malocclusion treated with first premolar extraction: conventional anchorage vs. mini-implant anchorage. *The Korean Journal of Orthodontics*, 42(6), 280–290. <https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.6.280>
- Patil, M.S., Patil, S.B., & Acharya, A.B. (2008). Palatine Rugae and Their Significance in Clinical Dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 139(11), 1471–1478. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0072>
- Ponce-Garcia, C., Lagravere-Vich, M., Cevidanes L.H.S., De Olivera Ruellas, A.C., Carey, J., Flores- Mir, C. (2018). Reliability of three-dimensional anterior cranial base superimposition methods for assessment of overall hard tissue changes: A systematic review. *The Angle Orthodontist*, 88(2), 233-45. <https://doi.org/10.2319/071217-468.1>
- Raghis, T.R., Alsulaiman, T.M.A., Mahmoud, G., & Youssef, M. (2023). Skeletal and dentoalveolar changes after total maxillary arch distalization using the casted palatal plate vs. buccal miniscrews: A randomized clinical trial. *International Orthodontics*. 21(4), 100808. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2023.100808>
- William, R.P., Henry W.F., Brent E.L., & David, M.S. (2018). *Contemporary orthodontics* (6^a ed). Elsevier.
- Zhao, J., Du, S., Liu, Y., Saif, B.S., Hou, Y., & Guo, Y.C. (2022). Evaluation of the stability of the palatal rugae using the three-dimensional superimposition technique following orthodontic treatment. *Journal of Dentistry*, 119, 104055. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104055>