

Sónia Cristina Vale Fernandes Nogueira Milhão

**Ancoragem Esquelética Ortodôntica Monocortical vs. Bicortical:
Revisão Sistemática**

Dissertação do 2º Ciclo de Estudos Conducente ao grau de Mestre em
Ortodontia

Trabalho realizado sob a Orientação de:

Professora Doutora Primavera Sousa Santos

Gandra, 18 de abril de 2021

Sónia Cristina Vale Fernandes Nogueira Milhão

Ancoragem Esquelética Ortodôntica Monocortical vs. Bicortical:
Revisão Sistemática

Dissertação do 2º Ciclo de Estudos Conducente ao grau de Mestre em
Ortodontia

Trabalho realizado sob a Orientação de:

Professora Doutora Primavera Sousa Santos

Gandra, 18 de abril de 2021

Declaração de Integridade

Sónia Cristina Vale Fernandes Nogueira Milhão estudante do Mestrado em Ortodontia do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração desta Dissertação.

Confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele).

Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Declaração do Orientador

Eu, **Primavera Conceição de Sousa Santos**, com a categoria profissional de Professora Auxiliar Convidada do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientadora da dissertação intitulada **“Ancoragem Esquelética Ortodôntica Monocortical vs. Bicortical”**, da aluna Sónia Cristina Vale Fernandes Nogueira Milhão do Mestrado de Ortodontia.

Declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 18 de abril de 2021

O Orientador



Primavera Conceição de Sousa Santos

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Doutora Primavera Santos, pela incomensurável orientação, disponibilidade, incentivo e compreensão prestada, essenciais na realização deste trabalho.

Aos Professores do Mestrado, o meu agradecimento especial, porque contribuíram sempre da melhor forma para a conclusão desta etapa.

Conseguiram-no, de forma perspicaz e transmitindo sempre o máximo de conhecimento, para que me fosse possível abraçar este “Mundo da Ortodontia” de uma forma: confiante e fundamentada.

A todos as colegas de Mestrado, um agradecimento pelo espírito de equipa e companheirismo sempre presentes, e pelos momentos partilhados. E sem dúvida pelo enriquecimento intercultural que me proporcionaram!

Aos funcionários e assistentes da clínica, pela simpatia demonstrada.

Aos meus pais e irmão pela paciência, dedicação e ajuda.

A todos os amigos e colegas que me apoiaram e incentivaram sempre que necessário.

Obrigado!

“O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão de existir. “

Albert Einstein

Resumo

Introdução: Com o avanço da Ortodontia e da Implantodontia, os mini-implantes tornaram-se uma técnica simples e viável. Estes dispositivos possibilitam um adequado tratamento por fornecer ancoragem ortodôntica em várias situações, permitindo movimentações de forma controlada e diminuindo resultados indesejados, tornando os tratamentos mais simples e rápidos. Os mini-implantes podem contribuir de forma valiosa para uma ancoragem intra-oral estável, sem risco de movimentação recíproca. O tipo de ancoragem monocortical ou bicortical é determinada pelo comprimento do mini-implante. Deste modo, a ancoragem monocortical reduz, o risco de lesão às estruturas anatômicas adjacentes, como os ligamentos periodontais (PDLs) enquanto os mini-implantes mais longos, aumentam a estabilidade primária, levando a um risco reduzido de afrouxamento ou perda, mesmo que o risco de lesão para estruturas anatômicas adjacentes possa ser aumentado.

Objetivo: Avaliação biomecânica dos sistemas de ancoragem monocortical e bicortical.

Material e métodos: Realizou-se uma pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed, Science Direct e Google académico. Foram usadas as seguintes palavras-chave em conjugação ou simples para a pesquisa: “monocortical mini-implant” AND “bicortical mini-implant”; “monocortical and bicortical mini-implant” AND “primary stability”; “monocortical and bicortical mini-implant” AND “biomechanical characteristics” tendo selecionado 11 artigos científicos dos 137 encontrados sobre este tema.

Conclusões: Do ponto de vista biomecânico, a ancoragem de mini-implantes bicortical é mais favorável do que a ancoragem monocortical, porque a tensão induzida no osso peri-implante é menor. Portanto, a ancoragem bicortical deve ser especialmente considerada em situações clínicas desafiadoras que requerem ancoragem pesada. Isso implica uma morfologia benéfica, permitindo uma inserção bicortical sem maior risco de lesão nas estruturas adjacentes.

Palavras-Chave: “monocortical mini-implant” AND “bicortical mini-implant”; “monocortical and bicortical mini-implant” AND “primary stability”; “monocortical and bicortical mini-implant” AND “biomechanical characteristics”.

Abstract

Introduction: With the advancement of Orthodontics and Implantology, mini-implants have become a simple and viable technique. These devices enable an adequate treatment for providing orthodontic anchorage in various situations, allowing movements in a controlled manner and reducing unwanted results, making treatments simpler and faster. Mini-implants can make a valuable contribution to a stable intraoral anchorage, without the risk of reciprocal movement. The type of anchorage (monocortical or bicortical) is determined by the length of the mini-implant. In this way, the monocortical anchorage obviously reduces the risk of injury to adjacent anatomical structures, such as periodontal ligaments (PDLs) while the mini-implants more long, increase primary stability, leading to a reduced risk of loosening or loss, even though the risk of injury to adjacent anatomical structures may be increased.

Objective: Biomechanical evaluation of monocortical and bicortical anchoring systems.

Material and methods: A bibliographic search was performed in the PubMed, Science Direct and Google academic database. The following keywords were used in conjunction or simple for the search: “monocortical mini-implant” AND “bicortical mini-implant”; “Monocortical and bicortical mini-implant” AND “primary stability”; “Monocortical and bicortical mini-implant” AND “biomechanical characteristics” having selected 11 scientific articles from the 137 found on this topic.

Conclusions: From the biomechanical point of view, anchoring of bicortical mini-implants is more favorable than monocortical anchoring, because the stress induced in the peri-implant bone is less. Therefore, bicortical anchoring should be especially considered in challenging clinical situations that require heavy anchoring. This implies a beneficial morphology, allowing a bicortical insertion without greater risk of injury to the adjacent structures.

Keywords: “Monocortical mini-implant” AND “bicortical mini-implant”; “Monocortical and bicortical mini-implant” AND “primary stability”; “Monocortical and bicortical mini-implant” AND “biomechanical characteristics”.

Índice

1. Introdução	1
2. Material e Métodos.....	2
2.1. Protocolo e registo.....	2
2.2. Critérios de elegibilidade	3
2.3. Critérios de Inclusão	3
2.4. Critérios de Exclusão.....	3
2.5. Fontes de Informação	4
3. Resultados	5
3.1. Seleção dos estudos.....	5
3.2. Processo de recolha de dados	6
3.3. Itens de dados e recolha.....	6
4. Discussão	14
4.1. Mini-Implantes.....	14
4.2. Classificação	14
4.2.1. Segundo as características de inserção	14
4.2.2. Segundo as suas dimensões.....	15
4.2.3. Classificação de acordo com o contacto osso-implante	16
4.2.4. Classificação de acordo com a aplicação	16
4.3. Biocompatibilidade	16
4.4. Estabilidade primária (Retenção mecânica/Osteointegração).....	16
4.5. Características da Liga de titânio.....	17
4.6. Características do Mini-Implante	17
4.7. Ancoragem.....	17
4.8. Ancoragem Esquelética	19

4.9. Tensão cortical	20
4.10. Ancoragem Monocortical	20
4.11. Aplicações e indicações clínicas dos Mini-Implantes Monocorticais	21
4.12. Ancoragem Bicortical	21
4.13. Ancoragem Bicortical associado à técnica de Marpe	22
5. Limitações	24
6. Conclusão	25
7. Bibliografia	26

Índice de Figuras

Figura 1. Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada neste estudo	6
Figura 2. Exemplo de três modelos de ancoragem: Ancoragem Monocortical, Ancoragem Bicortical de 1mm e Ancoragem Bicortical de 2mm.	23

Índice de Tabelas

Tabela 1. Estratégia PICOS População (Population)	3
Tabela 2. Artigos selecionados	4
Tabela 3. Resultados relevantes dos artigos selecionados para o estudo	7

Lista de Abreviaturas

MI – Mini-implante

PDL`s- Ligamento Periodontal

TAD`s – Dispositivo de ancoragem temporária

B-RPE- Dispositivos de Expansão Rápida Maxilar

FEA- Análise de elemento Finito

Ti-6Al-4V – Liga de titânio – 90% titânio 6% alumínio 4% vanádio

MARPE – Mini-screws assisted rapid maxillary expansion. Expansão rápida da maxila assistida por microimplantes.

1. Introdução

A ancoragem, em Ortodontia, é definida como sendo a resistência a movimentos dentários indesejados e é gerada pelos dentes/componentes que resistem às forças de ação originadas pelo sistema do aparelho fixo.¹ De acordo com a terceira lei de Newton, “toda a ação desencadeia uma reação, com igual direção, intensidade e sentidos opostos”, o que significa que, inevitavelmente, todas as unidades dentárias nas quais o aparelho ortodôntico está apoiado irão mover-se.² Assim, o grande objetivo da ancoragem é maximizar o movimento dentário pretendido e, ao mesmo tempo minimizar os efeitos indesejáveis decorrentes desse mesmo movimento.^{3,4}

Com o intuito de se conseguir uma ancoragem absoluta, e tendo como ponto de partida a criação dos implantes osteointegrados na Medicina Dentária, foi introduzido, em 1965, o conceito de ancoragem rígida ou esquelética.⁵ Esta é caracterizada pelo uso de elementos inseridos no periósteo ou em zona intra-óssea, que possuam a capacidade de se osteointegrar.⁶

Desde então, vários dispositivos fixos de ancoragem esquelética foram desenvolvidos e utilizados com sucesso, no que concerne à obtenção de uma ancoragem ideal, fixa, rígida e absoluta.⁴ Esta evolução tecnológica tem permitido a obtenção de melhores resultados terapêuticos, pois proporciona ao ortodontista um total controlo da ancoragem, gerando assim uma menor quantidade de efeitos colaterais, não obstante o facto de que todos eles apresentarem, também, desvantagens.^{7,8}

Com a introdução dos mini-implantes (MI), surge um novo conceito de ancoragem em Ortodontia, a ancoragem esquelética, a qual não permite a movimentação da unidade de reação.⁹ Esta é obtida através da incapacidade de movimentação da unidade de ancoragem, em relação à mecânica ortodôntica. As cargas ortodônticas de natureza contínua, unidirecional e de baixa magnitude não são capazes de gerar atividade osteolítica na interface óssea do implante, sendo que a ausência de movimentação nestes dispositivos permite mais previsibilidade de tratamentos complexos, independentemente da cooperação do paciente.¹⁰

Os MI, além de serem um sistema de ancoragem fiável, por se aportarem em osso esquelético, providenciam uma ancoragem absoluta com apenas um procedimento cirúrgico simples, estando disponíveis em diversas formas e tamanhos.^{11,12}

Contudo, também têm desvantagens, como a taxa de perda e de desgaste (afrouxamento) relativamente alta, uma vez que, geralmente, se situa entre os 10% e 30% quando inseridos monocorticalmente.¹³

Os fatores que interferem com a taxa de sucesso dos MI podem ser vários, tais como a direção e a magnitude da força aplicada, o design da rosca, o diâmetro da rosca, mas sobretudo, o comprimento do MI.¹⁴ É o comprimento do MI que determina o tipo de ancoragem, monocortical ou bicortical.^{15,16}

Desta forma, a ancoragem monocortical reduz o risco de lesão às estruturas anatómicas adjacentes, tal como o ligamento periodontal (PDL's).¹⁷ Em situações clínicas desafiadoras que requerem ancoragem pesada, entra em consideração a inserção de MI ancorados bicorticalmente.

Os MI mais longos, podem aumentar a estabilidade primária, levando a um risco reduzido de desgaste (afrouxamento) ou perda, mesmo que o risco de lesão para estruturas anatómicas adjacentes possa ser aumentado.¹⁸

Assim, tanto os fatores de ancoragem como o risco de lesão devem ser considerados na escolha de um comprimento de MI específico.¹⁹

2. Material e Métodos

2.1. Protocolo e registo

O protocolo de revisão utilizado foi o proposto nas recomendações PRISMA (PRISMA Statement), recorrendo à checklist com o mesmo nome, disponível em <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/Checklist> e ao Fluxograma PRISMA disponível em <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram>, consultados em 20-04-2021.

2.2. Critérios de elegibilidade

Os estudos incluídos na presente revisão sistemática integrativa, foram selecionados de acordo a estratégia PICOS (PICOS Strategy), obedecendo aos seguintes critérios:

Tabela 1. Estratégia PICOS População (Population)

Polulação (Population)	Modelos de crânio Maxilas e Mandibulas Blocos Ósseos Modelos de Estrutura Nasomaxilar MI de Liga de Titânio
Intervenção (Intervention)	Sistemas de ancoragem monocortical e bicortical
Comparação (Comparison)	Comparação biomecânica dos sistemas de ancoragem monocortical e bicortical
Resultados (Outcomes)	A ancoragem de MI bicorticais resulta numa melhor estabilidade, numa diminuição da deformação e fratura.
Desenho dos estudos (Study Design)	Estudos clínicos (RCT's), estudos in vitro e retrospectivos.

2.3. Critérios de Inclusão

- Artigos publicados desde 2008 até 2021;
- Artigo de língua Inglesa;
- Disponibilidade: artigos na íntegra que retratem a temática e não bloqueados;
- Estudos randomizados controlados, estudos pré-clínicos *in vitro* e *in vivo*, estudos observacionais, estudos transversais, relatos de casos, estudos de coorte, estudos caso-controle, revisões e estudos prospetivos e retrospectivos.

2.4. Critérios de Exclusão

- Meta-análises, revisões narrativas;

- Teses e dissertações;
- Artigos anteriores a 2008;
- Artigos cujo título e/ou resumo não se enquadram na temática;
- Artigos cuja leitura na íntegra não forneceu informações relevantes;
- Artigos de outras línguas que não inglesa;
- Artigos não disponibilizados na base de dados referidos em texto integral.

2.5. Fontes de Informação

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados eletrônica PubMed (via National Library of Medicine), ScienceDirect, e Google Acadêmico, com os seguintes termos: “Monocortical mini-implant” AND “Bicortical mini-implant”; “Monocortical and Bicortical mini-implant” AND “primary stability”; “Monocortical and Bicortical mini-implant” AND “biomechanical characteristics”.

Foram analisados artigos publicados entre 2008 e 2021 de idioma inglês.

Utilizando a pesquisa avançada fizeram-se as seguintes combinações de palavras-chave (Tabela 2):

Tabela 2. Artigos selecionados

Base de Dados	Palavra-Chave	Artigos Encontrados Correspondentes aos Critérios	Artigos Selecionados
- PubMed	“Monocortical mini-implant” AND “bicortical mini-implant”	8	8
-Science Direct -Google Acadêmico	“mono and bicortical mini-implant” AND “primary stability”	15	2
	“mono and bicortical mini-implant” AND “biomechanical characteristics”.	4	1

3. Resultados

3.1. Seleção dos estudos

Etapa I - Realizaram-se pesquisas nas bases de dados PubMed, ScienceDirect e Google Acadêmico procurando artigos do ano 2008 a 2021. Estas foram restringidas através da aplicação de dois filtros: um filtro para intervalo temporal (2008 a 2021) outro para o idioma das publicações (inglês). Os artigos duplicados (que se encontravam em mais do que uma base de dados e repetidos, também, na mesma base de dados) foram eliminados, e logo a seguir, foram selecionados os artigos cujos títulos e resumos iam de encontro aos objetivos deste trabalho. Posteriormente, foram excluídas as revisões narrativas. A exclusão dos artigos era indicada para quando os mesmo não cumpriam os critérios de inclusão.

Etapa II - A qualidade do estudo foi analisada nos artigos que cumpriam os critérios de inclusão, examinando o texto na sua totalidade, de modo a selecionar os que melhor cumpriam o objetivo deste trabalho.

Segundo as bases de dados consultadas e de acordo com a estratégia de pesquisa, foram encontrados 137 artigos. Os artigos duplicados foram excluídos ficando 99 artigos. Após ler o título e o Abstract, 75 foram excluídos pois não correspondiam aos critérios de inclusão. Foram também excluídos 13 artigos após a leitura na íntegra, uma vez que não forneciam dados relevantes para o estudo. Os restantes 11 artigos foram incluídos nesta revisão sistemática integrativa, como se pode verificar no fluxograma representado na Figura 1.

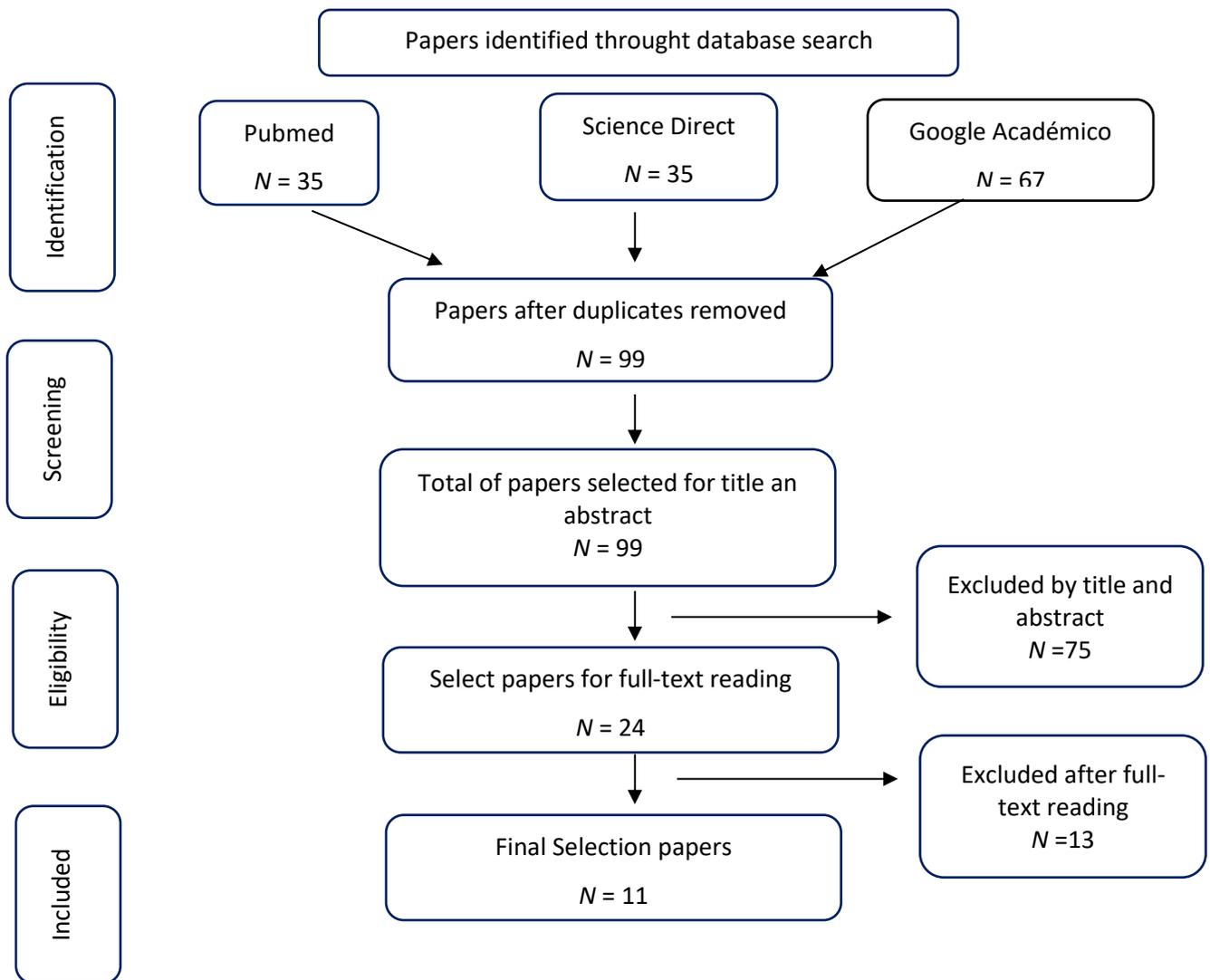


Figura 1. Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada neste estudo

3.2. Processo de recolha de dados

Os estudos selecionados, relacionam-se com: as características biomecânicas dos mini implantes bicorticais e monocorticais, referindo a sua capacidade de ancoragem de cada um dos sistemas, assim como a influência que têm na estabilidade, resistência, forças de deflexão, tensões que induzem no osso cortical e risco de fratura

3.3. Itens de dados e recolha

As seguintes informações foram retiradas a partir dos artigos selecionados: autor/ano de publicação, MI monocorticais e bicorticais, ancoragem, estabilidade, resistência, forças de deflexão tensões e risco de fatura.

Tabela 3. Resultados relevantes dos artigos selecionados para o estudo

Autores	Desenho do Estudo	Objetivo	Número de Participantes	Intervenção	Resultados
Brettin (2008) ²⁰	Estudo in vitro	Avaliar se a colocação de MI bicortical (em toda a largura do alvéolo) promove uma maior resistência e estabilidade e deste modo, uma força de ancoragem superior quando comparada com a colocação de MI monocortical.	Foram colocados 44 MI de liga de titânio, 1,5 × 15,0 mm, em 22 maxilas e mandíbulas hemiseccionadas, entre o primeiro e o segundo pré-molares.	Metade dos MI foi colocado monocorticalmente e a outra metade bicorticalmente e todas foram submetidas a aplicações de força tangencial perpendicular ao MI. As amostras de osso foram seccionadas medindo-se a espessura óssea nos locais do MI.	<p>-A ancoragem esquelética é mais eficaz utilizando MI bicortical do que monocortical;</p> <p>-Os valores da força de deflexão foram significativamente maiores para os MI bicortical, do que para os MI monocortical colocados tanto na maxila quanto na mandíbula ($P < 0.01$ em cada instância).</p> <p>-A resistência ao movimento dos MI (ancoragem) é maior para a aplicação bicortical em comparação com a colocação monocortical, pois a carga bicortical resulta numa tensão cortical mais baixa.</p> <p>-Os MI monocortical eram significativamente mais móveis após a aplicação da força do que os MI bicortical. A análise do elemento finito indicou tensões ósseas corticais mais baixas com colocação bicortical do que com colocação monocortical,</p>
Morarend (2009) ²¹	Estudo Retrospectivo	Comparar o efeito da resistência da força de ancoragem relativamente aos diâmetros maiores dos MI monocortical e aos MI monocortical de menor diâmetro; assim como comparar a força de resistência dos MI monocortical	Noventa e seis MI de liga de titânio foram colocados em 24 maxilares hemiseccionados e 24 mandíbulas hemiseccionadas entre o primeiro e o segundo pré-molar.	No primeiro grupo, utilizaram 24 MI de grande diâmetro (2,5 3 17 mm) e 24 MI de pequeno diâmetro (1,5 3 15 mm) foram colocados monocorticalmente. No segundo grupo, 24 MI de grande diâmetro (2,5 3 17 mm) foram colocados monocorticalmente e 24 MI de pequeno diâmetro (1,5 3 15 mm) foram colocados bicorticalmente. As análises estatísticas, incluindo o teste t de amostras emparelhadas e o teste	<p>- Os valores da força de ancoragem maxilar dos MI monocortical de 2,5 mm foram significativamente maiores do que dos MI monocortical de 1,5 mm ($P \setminus 0,01$).</p> <p>- Os valores médios da força de ancoragem maxilar dos MI bicortical de 1,5 mm foram significativamente maiores do que os dos MI monocortical de 2,5 mm ($P \setminus 0,01$).</p> <p>- Com base no teste t, os valores médios da força de ancoragem na mandíbula foram significativamente maiores do que nos locais maxilares para os MI monocortical</p>

		de diâmetro maior à dos MI bicorticais de diâmetro menor.		t de 2 amostras, foram utilizadas para quantificar as características do MI quanto à força-deflexão. Análise de variância unilateral (ANOVA) com post-hoc Tukey foi usado para determinar diferenças significativas e a ordem dessas diferenças, na ancoragem de força entre os 3 tipos de MI nos locais maxilar e mandibular.	de 2,5 mm e os MI monocorticais de 1,5 mm. Não houve diferenças estatisticamente significativas nos valores médios da força de ancoragem entre os sítios maxilar e mandibular para os MI bicorticais de 1,5 mm. -Diâmetro maior (2,5 mm) MI monocorticais fornecem maior resistência à força de ancoragem do que os de menor diâmetro (1,5 mm) MI monocorticais na mandíbula e na maxila. - Diâmetro menor (1,5 mm) bicortical os MI fornecem resistência à força de ancoragem pelo menos igual a parafusos monocorticais de diâmetro maior (2,5 mm). Uma alternativa à colocação de um MI de diâmetro maior para ancoragem adicional é um MI bicortical mais estreito.
Lemieux (2011) ²²	Estudo Retrospectivo	O objetivo desta investigação foi caracterizar os fatores que influenciam tanto a colocação como a estabilidade primária dos MI em cadáveres humanos. Os fatores estudados foram o comprimento do MI profundidade de colocação, densidade óssea e tipo de osso.	Sessenta MI padrão (6, 8 e 10 mm; 20 de cada tamanho) foram colocados nas maxilas e mandíbulas de 5 cadáveres humanos frescos.	A tomografia computadorizada foi usada para medir o padrão de colocação, densidade óssea e espessura circundante de cada dispositivo. Os MI foram posteriormente submetidos a forças de tração crescentes até à falha, e a força máxima de ancoragem mecânica de cada um foi registrada com um dinamômetro. Os dados de medição foram usados para construir um modelo estatístico no MATLAB, incluindo o máximo de força de ancoragem, comprimento do MI, tipo de osso, profundidade de colocação e densidade em torno de cada seção do MI. O modelo foi usado para determinar os coeficientes de correlação entre essas	-MI mais curtos (6 mm) tendem a ter uma penetração do osso cortical vestibular- MI Monocorticais - MI mais longos tendem a penetrar mais longe no osso (oferecendo mais ancoragem mecânica) mas também foram associados a maiores incidências de perfurações sinusais e bicorticais. - Profundidade de colocação e densidade óssea no local de colocação do MI são os fatores que mais influenciam a estabilidade primária.

				variáveis. O nível de significância estatística foi estabelecido em $P \leq 0,05$.	
Holberg (2014) ²³	Estudo in vitro	Uma vez que se têm verificado elevadas taxas de afrouxamento e perda de MI monocorticais os autores orientaram-se pela hipótese nula: "A carga do osso peri-implante na ancoragem monocortical ou bicortical é idêntica".	Preparação anatômica de um segmento mandibular (homem de 18 anos) com o dente 46 em falta serviu como base morfológica para os modelos do Método de Elemento Finito (FEM). Esta alteração anatômica foi analisada usando tomografia computadorizada (TAC), e os dados morfológicos foram adquiridos por segmentação manual das camadas de tomografia axial usando o software Amira™.	Todos os elementos construíveis (suportes, power arm e MI) foram projetados virtualmente. Os modelos sólidos resultantes poderiam ser combinados a três modelos compostos. O primeiro modelo CAD representava uma ancoragem monocortical curta usando um MI com diâmetro de 1,6 mm e um comprimento de 5mm. O MI no segundo modelo (comprimento de 7mm) também foi inserido monocorticamente. Finalmente, no terceiro modelo a ancoragem bicortical foi realizada utilizando-se um MI com diâmetro de 1,6 mm e comprimento de 10mm. As condições de carga e limite foram definidas de acordo com os valores-padrão encontrados na literatura. Uma força e uma contra força, cada uma de 1,5 N, foi aplicada a todos os modelos de simulação, enquanto a orientação do vetor de força correspondeu à bobina fechada. As condições de contacto entre as estruturas foram definidas como fixas — apenas o contacto entre o osso e o MI foi dependente de atrito com elevação não linear (coeficiente $\mu = 0,3$).	- A hipótese nula pode ser refutada, uma vez que se verificaram diferenças significativas entre os diferentes tipos de ancoragem. -Os valores de tensão peri-implante no osso cortical para a variante monocortical foi mais do dobro dos verificados para a variante bicortical. -Na ancoragem bicortical as tensões máximas induzidas no osso cortical foram as mais baixas, este tipo de ancoragem parece ser superior em relação à estabilidade primária de longa duração. Assim, o risco de perda ou afrouxamento dos MI deve ser reduzido na ancoragem bicortical. -Relativamente às diferenças biomecânicas, concluiu-se que na ancoragem monocortical curta as tensões foram maiores do que com MI mais longos. As diferenças de tensões entre ambas as variantes monocorticais foram altamente significativas, mas a extensão das diferenças foi muito menor do que entre ancoragem monocortical e bicortical.
Lofaj (2015) ²⁴	Estudo Retrospectivo	O objetivo deste artigo foi comparar a distribuição da tensão exercida na parte	Avaliaram-se 178 exames TAC de mandíbulas atróficas edêntulas. O grupo consistia em 84 homens (entre os 52 e	Analisou-se a parte frontal da mandíbula na região canina e nos forames mentonianos, onde as maiores alterações atróficas são observadas. No	-A análise revelou que as maiores tensões compressivas no osso cortical são geradas no limite do osso cortical onde ocorre o maior torque do implante.

		cortical e trabeculada do modelo de mandíbula pela análise FEA, usando métodos estáticos lineares para fixação de MI monocorticais e bicorticais;	72 anos) e 94 mulheres (entre os 48 e 68 anos).	grupo dos homens, a atrofia foi dos níveis III a V, e no grupo das mulheres dos níveis IV a VI. A forma do modelo simplificado da mandíbula em formato de trapézio foi selecionada para cálculos FEA, como variável foram incluídas duas alturas diferentes, 17,5 mm e 12 mm. A mandíbula foi modelada com barras de madeira com seção transversal retangular. A diferença entre a forma trapezoidal e retangular foi considerada sem importância porque as tensões estão sempre concentradas na zona próxima ao implante. A largura das barras era constante (12 mm). A altura era variável para obter diferentes níveis de atrofia via altura e índice de volume ósseo absoluto.	<ul style="list-style-type: none"> - O modo mais eficaz de reduzir o nível máximo de tensões compressivas no osso cortical e no MI é a recessão do implante, ou seja, rosquear o MI ligeiramente abaixo da superfície do osso cortical. - Encurtamento do comprimento intra-osseo do implante e / ou o afinamento do osso cortical superior resulta em um aumento substancial das tensões compressivas máximas. -A comparação de FEA em modelos experimentais, sugere que a fixação dos MI bicortical é mais eficiente do que no MI monocortical;
Yang (2015) ²⁵	Estudo Retrospectivo	O objetivo deste estudo foi propor um protocolo para a colocação bicortical segura de MI. Efetuou-se medições dos espaços interradiculares dos dentes superiores e mediu-se a qualidade óssea.	A amostra consistiu na recolha de dados de CBCT de 50 adultos (22 homens, 28 mulheres; idades 18-39 anos; média idade, 25,7 anos). Todos os pacientes atenderam aos seguintes critérios: sem periodontite ou discrepância do arco posterior; dentes posteriores não girados ou malformados e sem história de tratamento ortodôntico antes de efetuar o CBCT.	Foram obtidos dados de tomografia computadorizada de 50 adultos. Para cada medição interradicular a espessura dos ossos e distâncias interradiculares nos planos 1,5, 3, 6, e 9 mm acima da junção cimento-esmalte, foram medidas. Foram definidas unidades de osso padrão para avaliar as influências do osso, da densidade e dos diferentes padrões de colocação sobre a estabilidade dos MI.	<ul style="list-style-type: none"> - O espaço interradicular na maxila para colocação bicortical de MI de 1,5 mm de diâmetro estavam em todos os planos entre os primeiros e segundos pré-molares, e entre o segundo pré-molar e o primeiro molar. A colocação bicortical pode incluir mais padrões unidades ósseas em redor dos MI do que qualquer colocação de MI monocorticais. - A colocação bicortical pode ser mais estável no maxilar. - A colocação bicortical de MI no plano anterior nem sempre é viável devido aos espaços interradiculares que são estreitos. - O ângulo de colocação entre o segundo pré-molar e o primeiro molar era de 58. A colocação bicortical poderia ter mais unidades ósseas padrão do que a colocação monocortical na maxila.

					- Colocação bicortical seria mais estável na maxila. Para o local entre os molares, deve ser tomado especial cuidado num plano mais alto de 6 mm para evitar a penetração do seio maxilar. A área interradicular mais favorável na maxila situava-se entre o segundo pré-molar e o primeiro molar.
Mir (2017) ²⁶	Estudo Retrospectivo	Neste estudo comparou-se a fixação de um MI bicortical inserido no palato com a fixação monocortical quando a espessura da camada cortical ancorada é semelhante.	Foram concebidos blocos ósseos de 22 mm de largura por 22 mm de comprimento com várias alturas (mm). Definiram-se 6 configurações com base na altura do osso e fixação (bicortical vs. monocortical);	Foram concebidos 6 modelos: 1) monocortical, 1,1 mm espessura cortical palatina, 8,5 mm de altura óssea; 2) bicortical, 0,4 mm palatina, 0,7 mm de espessura cortical nasal, 8 mm de altura óssea; 3) bicortical, 0,7 mm palatino e 0,4 mm de espessura da cortical nasal, 8 mm de altura do osso; 4) monocortical, 1,1 mm de espessura cortical palatina, 7 mm de altura óssea; 5) bicortical, 0,4 mm palatina, 0,7 mm de espessura cortical nasal, 7 mm de altura óssea; 6) bicortical, 0,7 mm palatino e 0,4 mm de espessura cortical nasal, 8,5 mm de altura óssea. Um MI de 8 mm foi inserido no osso e sujeito a remoção vertical até deslocação de 0,01 mm e 0,05 mm ou carga de tração horizontal de 2 N.	-A ancoragem do MI bicortical resulta em melhor estabilidade do MI, redução da deformação e fratura do MI, expansão mais paralela no plano coronal e aumento da expansão durante a expansão palatina óssea. -No entanto, a profundidade de ancoragem do MI bicortical não foi significativa. - Em termos de teste de remoção vertical, a ancoragem monocortical do MI fornece maior retenção quando comparada com uma ancoragem bicortical; - Os modelos com ancoragem bicortical e um córtex palatino mais espesso sustentaram tensões menores quando sujeitos a uma carga de tração horizontal.

<p>Azmi (2016)²⁷</p>	<p>Estudo Retrospetivo</p>	<p>Comparar a estabilidade de MI imobilizados e não imobilizados entre as técnicas de ancoragem monocortical e bicortical.</p>	<p>Trinta e seis (1,5 mm x 10 mm / diâmetro x comprimento) MI AbsoAnchor autoperfurantes foram inseridos nos 24 blocos de osso bovino que foram divididos em quatro grupos com designs diferentes para cada grupo: 6 monocorticais, 6 bicorticais, 12 imobilizados monocortical, 12 bicortical imobilizados.</p>	<p>Os MI foram inseridos perpendicularmente à superfície do osso cortical. Dois MI para os grupos imobilizados foram inseridos com 1cm de distância entre os MI e são unidos com fio de aço inoxidável de 0,9mm de diâmetro e fio de ligadura ortodôntica. Em seguida, a força de remoção (quantificação das forças de tração necessárias para remover um MI) foi medida a uma velocidade de 2 mm/min para todos os grupos. Foram realizadas seis leituras para cada grupo das técnicas de ancoragem e registadas na unidade de Newton (N).</p>	<p>-A média da força de remoção do grupo imobilizado foi estatisticamente maior do que o do grupo não imobilizado. -A média da força de remoção do MI bicortical foi maior do que o do MI monocortical nos grupos imobilizados e não imobilizados, porém não é significativa. -Ambos os MI de ancoragem monocortical e bicortical foram significativamente mais estáveis do que os não imobilizados. -No entanto, na ancoragem monocortical e bicortical, não houve diferenças significativas da força de remoção entre os MI imobilizados e não imobilizados.</p>
<p>Lee (2017)²⁸</p>	<p>Estudo in vitro</p>	<p>Analisar e comparar os efeitos das ancoragens bicorticais e monocorticais na distribuição de tensões e deslocamento durante a expansão palatina óssea, utilizando a FEA.</p>	<p>Dois modelos de crânio construídos para representar a expansão antes e depois da abertura da sutura palatina mediana.</p>	<p>Este estudo compreendeu três situações clínicas com diferentes profundidades de inserção de MI em cada modelo de crânio: (1) monocortical, (2) bicortical de 1 mm e (3) bicortical de 2,5 mm. Realizaram-se simulações FEA para cada situação clínica e, avaliou-se a distribuição de tensão de Von Mises e o deslocamento transversal para todos os modelos de crânio.</p>	<p>-A ancoragem de MI bicortical resulta numa melhor estabilidade do MI, diminuição da deformação e fratura do mesmo, assim como se verifica uma expansão mais paralela no plano coronal e um aumento da expansão durante a expansão palatina óssea. Contudo, a profundidade da ancoragem do MI bicortical não se revelou significativa.</p>
<p>Li (2020)²⁹</p>	<p>Estudo Retrospetivo</p>	<p>Avaliar e comparar os efeitos esqueléticos da ancoragem de MI monocorticais e bicorticais, na expansão esquelética maxilar, recorrendo à tomografia computadorizada de feixe cónico em jovens adultos.</p>	<p>Envolveu um total de 48 pacientes: 19 elementos do sexo masculino e 29 do sexo feminino.</p>	<p>Os 48 pacientes foram divididos em 3 grupos de acordo com aos padrões de inserção dos MI utilizados: G1 (4 MI de inserção bicortical) - 4 MI foram aplicados por penetração do osso cortical palatino e nasal; G2 (penetração bicortical traseira) 2 MI posteriores foram aplicados penetrando o osso cortical bilateral, 2 MI anteriores foram aplicados através da penetração do osso cortical palatino;</p>	<p>-A expansão esquelética maxilar com penetração bicortical traseira de 2 vias produziu os mesmos efeitos dento-esqueléticos que a expansão esquelética maxilar com penetração de 4-bicórticos. -No entanto, a expansão esquelética maxilar com penetração não-bicortical de 4 MI gera menos efeitos esqueléticos e mais efeitos secundários dentoalveolares.</p>

				G3 (não houve penetração bicortical) 4 MI que penetraram apenas o osso cortical por palatino.	
Sermboonsang (2020) ²⁹	Estudo Retrospectivo	Avaliar a eficácia biomecânica de diferentes técnicas de colocação de MI em diferentes estágios de maturação da sutura palatina mediana através da FEA.	Quatro modelos de estrutura nasomaxilar utilizaram com expansor palatino com ativação rápida. Recorreram a MI monocorticais e bicorticais com uma sutura palatina mediana parcialmente ossificada e sutura palatina mediana ossificada completa.	Os elementos de todos os modelos 3D foram gerados a partir do programa de geração de elementos. Quatro números diferentes de elemento foram gerados para realizar testes de convergência para modelos de FEA monocortical e bicortical. O expansor incluiu dispositivo expansor e quatro MI. A sua especificação incluía expansão máxima de 10 mm, comprimento de expansão de volta completa de 0,8 mm. O MI tinha 2 mm de diâmetro e comprimentos de 14 mm para colocação bicortical e 8 mm para colocação monocortical. O modelo 3D do expansor foi criado a partir do software CAD. O expansor e os MI foram alinhados ao osso nasomaxilar no palato, os MI foram colocados 3 mm lateralmente à sutura palatina mediana e conectados ao expansor por meio de fios de 1,4 mm de diâmetro. Dois dos MI foram colocados entre o primeiro pré-molar e o segundo pré-molar e outros 2 foram colocados entre as regiões do primeiro molar e do segundo molar. Os modelos estudados apresentaram quatro casos com diferentes propriedades de sutura da palatina mediana e tipo de colocação dos MI. Todos os casos de análise foram realizados pelo método FEA.	-A partir dos resultados, as técnicas de colocação monocortical e bicortical em B-RPE (dispositivos de expansão rápida maxilar) podem separar potencialmente a sutura palatina mediana parcialmente ossificada. -A técnica de colocação bicortical aumenta a estabilidade dos MI, o que diminui o risco de deformação do MI e promove um deslocamento paralelo mais favorável da estrutura maxilar. -Nem a técnica de colocação monocortical nem bicortical usando B-RPE pode expandir a sutura palatina mediana ossificada completa, no entanto, requer uma força maior do que o estágio parcialmente ossificado. -Técnicas de colocação bicortical devem ser realizadas, pois produzem um bom resultado clínico.

4. Discussão

4.1. Mini-Implantes

A utilização de dispositivos ortodônticos para ancoragem esquelética com diferentes desenhos, formas e metodologias de aplicação tem-se mostrado cada vez mais frequente clinicamente.¹

Da mesma forma, diferentes termos como MI, MI ortodônticos, microimplantes, microimplantes ortodônticos, miniparafusos e microparafusos têm sido utilizados pelos autores em diferentes publicações, gerando a necessidade de padronização quanto à terminologia mais adequada para se referir a dispositivos específicos.² Em 2005, Mah e Bergstrand publicaram os resultados compilados e obtidos através de uma reunião, realizada no ano anterior, envolvendo diversos pesquisadores e clínicos experientes na área de ancoragem esquelética, previamente à reunião da AAO, em Orlando.³

Um dos tópicos abordados neste encontro foi a definição da melhor nomenclatura a ser utilizada para estes dispositivos, sendo que o termo DAT refere-se a “todas as variações de implantes, parafusos, pinos e onplants que são instalados especificamente para promover ancoragem ortodôntica e são removidos após a terapia biomecânica”, o que foi aceite pelos presentes.⁴ Da mesma forma, apesar de não haver consenso do ponto de vista científico, o termo MI parece ser mais adequado do que microimplante, uma vez que “micro” é definido como 10^{-6} . O desenho e a forma destes sistemas de ancoragem podem sugerir o termo parafuso como adequado, mas para evitar conotações negativas, os autores reunidos demonstraram a preferência por palavras como pinos, implantes ou dispositivos.⁵

4.2. Classificação

A classificação dos MI pode ser feita de diversas formas, entre elas:^{3,4}

4.2.1. Segundo as características de inserção

Autoperfurante: Não necessitar de fresagem óssea, tem o processo operatório mais simples e rápido. Acredita-se que os autoperfurantes apresentam maior estabilidade primária e oferecem maior resistência à aplicação de carga ortodôntica imediata.⁵ De acordo com a

disposição, a separação das espirais e a ponta do parafuso, tal pode ou não ser autoperfurante.⁶ Este é o método mais utilizado, com parafusos de diâmetro de 1,6mm ou mais. Tanto a ponta como o fio são mais afiados. Portanto, ao usar um parafuso autoperfurante, deve-se ter cuidado para não danificar a raiz; especialmente quando usamos um MI de grande diâmetro como os maiores que 1,6mm. Têm maior contacto MI-osso e menos danos térmicos;

Autorosqueante: o próprio parafuso tem um poder de corte, após osteotomia inicial (perfuração da mucosa gengival e cortical óssea com uma fresa), cria o seu próprio caminho de entrada no osso.⁷

Este método é usado com parafusos de pequeno diâmetro ou titânio puro de baixo grau.⁸

4.2.2. Segundo as suas dimensões

O diâmetro pode variar entre o 1,3mm e os 2mm e o comprimento entre 6mm e 12 mm.

Podemos dividir em 3 tipos de acordo com o diâmetro apresentado: tipo A- 1,3mm de diâmetro no pescoço e 1,1 mm; tipo B- de 1,5mm e 1,3mm na ponta, ambos com 11 mm de comprimento e finalmente tipo C- de 1,5mm de diâmetro e 1,3 na ponta e com 9mm de comprimento.^{9,10}

A escolha de um ou outro varia de acordo com o local, método de inserção e o tipo de osso. Em geral, um curto (6mm) seria selecionado para inserção perpendicular na região anterior da maxila, diâmetro de 1,3 a 1,6mm. Para colocar no palato o comprimento de 8 a 10mm e o diâmetro de 1,5-1,8mm poderiam ser aumentados, exceto na sutura palatina de 1,6 a 2mm de diâmetro e comprimento de 6mm. Por fim, o diâmetro de 1,3 a 1,6 e comprimento de 5 a 7mm seria utilizada para a inserção na mandíbula.³

De acordo com a forma e tamanho: Cilíndricos (MI, Implantes palatinos, implantes convencionais) mini-placas e onplants.

De acordo com a cabeça do MI:

- Cabeça pequena-gengiva aderida na maxila e mandíbula, assim como no palato;
- Sem cabeça-mucosa móvel da maxila e mandíbula;
- Cabeça longa- limite entre gengiva aderida e gengiva livre mandibular;
- Cabeça circular- gengiva aderida no palato e no maxilar;

- Cabeça de fixação- área vestibular maxilar e mandibular para fixação intermaxilar. Também para o palato e sutura palatina;
- Cabeça em forma de suporte- gengiva aderida maxilar e mandibular e palato;^{4,5,6}

4.2.3. Classificação de acordo com o contacto osso-implante: osteointegrado ou não osteointegrado.⁶

4.2.4. Classificação de acordo com a aplicação

- Utilizados apenas em ortodontia (implantes ortodônticos), utilizados em prostodontia e ortodontia (implantes prostodônticos) não aderida e caso este seja adequadamente escolhido para a situação específica.¹¹

4.3. Biocompatibilidade

Os MI devem ser fabricados num material biocompatível, sendo que são fabricados em titânio ou em aço inoxidável.¹²

4.4. Estabilidade primária (Retenção mecânica/Osteointegração)

A estabilidade primária dos MI é crucial e preponderante no que diz respeito ao sucesso dos mesmos, sendo definida como a estabilidade do dispositivo imediatamente após o momento da sua introdução no osso.² Está relacionada maioritariamente com a sua retenção mecânica, proporcionada pelo íntimo contacto entre a rosca do dispositivo e o osso cortical, não sendo dependente da taxa de osteointegração.⁵ Existem três fatores que influenciam a estabilidade primária de um MI: a qualidade óssea, o desenho do MI e o método de inserção. No entanto, verificam-se outros fatores que não devem ser subestimados quando se fala de estabilidade primária, nomeadamente a higiene oral do paciente, os hábitos tabágicos e a idade.¹² Sendo que a osteointegração pode ser uma desvantagem que complica o processo de remoção dos MI, a superfície destes dispositivos é lisa, não tratada com os materiais dos implantes dentários convencionais, a fim de evitar um elevado crescimento ósseo nas suas imediações.¹³ Ao contrário dos implantes protéticos, os MI ortodônticos não osteointegram, estando a sua estabilidade primária dependente da retenção mecânica do dispositivo no osso.¹⁹ Pode e é

frequente, no entanto, ocorrer alguma osteointegração após a colocação do MI, nomeadamente após as três primeiras semanas seguintes à sua colocação.¹¹

4.5. Características da Liga de titânio

Atualmente, está disponível no mercado nacional e internacional, uma série de DAT's com diferentes desenhos, diâmetros, comprimentos, graus de pureza de titânio e tratamentos de superfície. Normalmente os MI são encontrados com comprimento que varia de 4 a 12 mm e diâmetro variando de 1,2 a 2 mm.¹² São fabricados com a liga Ti-6AL-4V (contendo 6% de alumínio, 4% de vanádio), também chamada de titânio grau V de pureza, diferente dos implantes dentários osteointegráveis que são geralmente fabricados com titânio comercialmente puro. Essa mistura na liga de titânio é realizada nos MI por estes apresentarem diâmetro menor que os implantes dentários convencionais, fazendo com que seja necessária a utilização de um material de maior resistência que o titânio comercialmente puro, como é o caso da liga Ti-6AL-4V, que é cerca de 6 vezes mais resistente do que o titânio comercialmente puro.¹⁰ Esta liga possui características inferiores em relação à bioatividade, o que faz com que a qualidade da osteointegração seja menor, o que é desejável, pois promove maior facilidade na remoção do dispositivo.^{10,11} Isso não promove uma menor fixação ao osso, devido ao facto da sua estabilidade ser advir da estabilidade primária (mecânica) e não da secundária (osteointegração).¹⁴

4.6. Características do Mini-Implante

Os MI podem ser divididos em três partes: cabeça, perfil transmucoso e corpo. Estes dispositivos podem variar no que concerne ao tipo e formato de cabeça, ao comprimento do perfil transmucoso, ao tipo de rosca, ao diâmetro do corpo e ao seu comprimento.⁵ A seleção do dispositivo deve ser realizada após a determinação do local de colocação do mesmo, na medida em que podem seleccionar-se as várias partes do mesmo, em ordem à necessidade individual de cada caso clínico.^{7,9}

4.7. Ancoragem

Comparativamente ao passado, e com o passar dos anos, existem cada vez mais pacientes a receber tratamento ortodôntico, não fosse a estética uma preocupação cada vez maior nos

grupos sociais do mundo atual.¹ Desde há muito tempo que se verifica a necessidade de uma fonte de ancoragem ideal e absoluta em Ortodontia, sendo a inexistência desta um dos maiores problemas inerentes ao tratamento ortodôntico, dado que muitas das vezes os resultados do mesmo não eram previsíveis devido à necessidade de colaboração por parte do paciente. Assim, o controlo da ancoragem é fundamental para o sucesso do tratamento ortodôntico.^{1, 7}

A ancoragem em Ortodontia é definida como sendo a resistência a movimentos dentários indesejados e é gerada pelos dentes/componentes que resistem às forças de ação originadas pelo sistema do aparelho fixo.^{1,8} De acordo com a terceira lei de Newton, “toda a ação desencadeia uma reação, com igual direção, intensidade e sentidos opostos”, significando isto que, inevitavelmente, todas as unidades dentárias nas quais o aparelho ortodôntico está apoiado irão mover-se. Sendo assim, quando uma força é aplicada sobre um dente que se deseja movimentar, os dentes de ancoragem recebem uma força da mesma intensidade, mesma direção e em sentido oposto.¹²

Assim, o grande objetivo da ancoragem é maximizar o movimento dentário desejado e minimizar os efeitos indesejáveis decorrentes desse mesmo movimento.^{1, 5, 12}

Para evitar o movimento indesejado dos dentes de ancoragem é necessário utilizar sistemas para obtenção e controle da ancoragem ortodôntica, sendo de grande importância no planejamento do tratamento ortodôntico.^{12,13}

Até aos dias de hoje, várias formas de promover uma ancoragem máxima e ideal foram testadas (em zonas como os dentes, o mento, o pescoço, a cabeça ou os músculos) sendo que qualquer movimento dentário desfavorável deve ser controlado, sob o risco de se piorar uma má-oclusão que se pretende tratar. Desta forma, o controlo da ancoragem é preponderante num tratamento ortodôntico com bons resultados estéticos e funcionais.^{4,5} Primariamente, a ancoragem ortodôntica, designada por ancoragem convencional, foi tentada de diversas formas, levada a cabo pelos ortodontistas através do recurso a dispositivos removíveis extra-orais, tais como máscaras faciais, mentoneiras e arcos faciais, ou dispositivos intra-orais, tais como os elásticos intermaxilares, barras transpalatinas, quadri-hélices, etc.^{15, 16, 17}

No entanto, os dispositivos extra-orais, que podem ser usados de forma suplementar à ancoragem dento-suportada, distribuindo forças em direções que não são possíveis comparativamente às intra-orais. Apesar de serem bastante estáveis, possuem limitações severas, pois requerem uma excelente colaboração por parte do paciente, são antiestéticos, desconfortáveis e são usados apenas durante parte do dia.^{11, 14, 16}

Sendo assim, a ancoragem inadequada é um aspeto limitante importante da terapia ortodôntica. Devido às limitações de ancoragem, muitas vezes os pacientes são submetidos a alternativas de tratamento menos desejáveis (extrações de dentes permanentes, tração extra-oral e cirurgia ortognática) ou são obtidos resultados insatisfatório.¹⁶

Uma alternativa satisfatória para os problemas de ancoragem surgiu a partir da união dos conceitos de ancoragem ortodôntica tradicional, dos implantes para reposição dentária e dos mecanismos de fixação óssea em cirurgias ortognáticas. Modificações destas técnicas foram unificadas com os princípios biomecânicos e biológicos da osteointegração, dando origem aos sistemas de ancoragem esquelética em Ortodontia.¹⁷

Comparativamente ao passado e com o passar dos anos, existem cada vez mais pacientes a receber tratamento ortodôntico, não fosse a estética uma preocupação cada vez maior nos grupos sociais do mundo atual.¹ Desde há muito tempo que se verifica a necessidade de uma fonte de ancoragem ideal e absoluta em Ortodontia, sendo a inexistência desta um dos maiores problemas inerentes ao tratamento ortodôntico, dado que muitas das vezes os resultados do mesmo não eram previsíveis devido à necessidade de colaboração por parte do paciente. Assim, o controlo da ancoragem é fundamental para o sucesso do tratamento ortodôntico.^{1, 7}

4.8. Ancoragem Esquelética

Com o intuito de se conseguir uma ancoragem absoluta, e tendo como ponto de partida a introdução dos implantes osteointegrados na Medicina Dentária, foi introduzido, em 1965 por Branemark e seguido por Creekmore em 1983, o conceito de ancoragem rígida ou esquelética, que se caracteriza pelo uso de elementos inseridos no periósteo ou em zona intra-óssea, que possuam a capacidade de se osteointegrar.

Este conceito de osteointegração, segundo Branemark e Roberts, implica um contacto direto entre o osso vivo e a superfície do implante, visível através de microscopia ótica, sem formação de uma camada fibrosa entre o osso e o implante, com som metálico à percussão, sem movimento fisiológico ou decorrente da carga ortodôntica e com características funcionais idênticas a uma anquilose dentária.^{5, 9, 17}

Vários dispositivos fixos de ancoragem esquelética foram desenvolvidos desde então e utilizados com sucesso no que concerne à obtenção de uma ancoragem ideal, fixa, rígida e

absoluta, permitindo assim melhores resultados terapêuticos por proporcionarem ao ortodontista um total controlo da ancoragem gerando assim uma menor quantidade de efeitos colaterais, não obstante o facto de que todos eles apresentam também desvantagens.^{2,4} Encontram-se descritas na literatura várias desvantagens e riscos inerentes à utilização de ancoragem esquelética: a intervenção cirúrgica necessária à colocação e remoção dos dispositivos, a perda dos mesmos, a possibilidade de infeção do local circundante ao dispositivo de ancoragem e a lesão de raízes quando se coloca o dispositivo no espaço interradicular.⁵

4.9. Tensão cortical

Na fixação bicortical existe uma estabilidade primária de longa duração, uma vez que o risco de perda ou afrouxamento do MI é reduzido recorrendo a este tipo de ancoragem.¹⁰ Os resultados atuais são apoiados pelo estudo de Brettin et al. (2008), no qual as forças de deflexão de MI monocortical ou bicorticamente ancorados foram calculadas utilizando-se um modelo FEA simplificado e uma preparação anatómica.¹² Aqui, os MI ancorados bicorticamente sofreram menos afrouxamento do que os monocorticais.¹⁵ Além disso, estes autores observaram, também, diferenças biomecânicas entre variantes da ancoragem monocortical, uma vez que a ancoragem monocortical curta é limitada ao córtex externo, as tensões foram maiores do que com MI mais longos.¹⁷ Estas diferenças de tensão entre variantes monocorticais foram altamente significativas, mas a extensão das diferenças foi muito menor do que entre ancoragem monocortical e bicortical.^{18,19}

4.10. Ancoragem Monocortical

Para uma estabilidade primária sustentável dos MI ortodônticos é importante evitar o enfraquecimento do MI sobrecarregando o osso peri-implante.¹⁷ Em particular, a tensão induzida na região cervical do osso peri-implante é importante, pois quanto menor a tensão induzida, menor é o risco de afrouxamento do MI (Florvaag et al., 2010).¹⁶ Com a ancoragem monocortical curta, no entanto, tensões relativamente altas são aplicadas na região do osso peri-implante cervical.⁵ Estas são um pouco mais elevadas do que numa ancoragem monocortical longa, mas significativamente mais altas do que na ancoragem bicortical.¹⁹

4.11. Aplicações e indicações clínicas dos Mini-Implantes

Monocorticais

Não estão ainda bem descritas e totalmente documentadas as indicações e aplicações clínicas da ancoragem temporária esquelética com MI monocorticais.¹⁰ No entanto, a maior parte da literatura confirma este tipo de dispositivos como alternativa aos meios de ancoragem anteriormente utilizados pelos ortodontistas.¹⁴ Isso é indicativo de que os MI monocorticais podem assim ser utilizados em casos em que se verifica a necessidade de extrusão de caninos inclusos, nas correções de mordidas profundas, encerramento de espaços de extração, alinhamento das linhas médias, extrusão e intrusão de molares, distalização de molares maxilares, distalização de dentes mandibulares, retração em massa de dentes anteriores, mesialização de molares, alinhamento de terceiros molares superiores e inferiores e ancoragem para a utilização de elásticos intermaxilares para correção de discrepâncias sagitais.¹⁷ Os MI passaram então a ser utilizados em casos em que, de outra forma, não seria possível realizar os movimentos pretendidos. Assim, em pacientes com unidades dentárias insuficientes para utilização de ancoragem convencional, em casos em que se prevê seguramente que as forças geradas na unidade reativa vão produzir efeitos adversos, em pacientes com necessidade de movimentos dentários assimétricos em todos os planos do espaço e, nalguns casos, em alternativa à cirurgia ortognática, os MI podem ser utilizados para obter uma ancoragem eficaz e com bons resultados.^{16,17}

4.12. Ancoragem Bicortical

A tensão óssea cervical é consideravelmente menor na variante bicortical do que em todas as variantes de ancoragem monocortical. Na ancoragem bicortical o MI é completamente fixado pelo osso cortical, impedindo um efeito de alavanca do corpo do implante. Dado que as tensões gerais no osso cervical são muito baixas na ancoragem bicortical, o risco de afrouxamento ou perda do MI é reduzido quando comparado com a ancoragem monocortical. Adicionalmente, a fixação bicortical promove uma expansão mais paralela no plano coronal e a profundidade da ancoragem do MI bicortical não é significativa.

Relativamente à influência direta do tipo de colocação, monocortical ou bicortical, Brettin et al. (2008), sugere que a resistência de MI de um mesmo diâmetro, com colocação bicortical fornece uma resistência de ancoragem ortodôntica superior, reduz a tensão sobre o osso

cortical, e apresenta uma estabilidade superior em comparação com os MI colocados de forma monocortical.^{20,21}

Do ponto de vista biomecânico, a ancoragem de MI bicortical é mais favorável do que a ancoragem monocortical, porque a tensão induzida no osso peri-implante é menor. Portanto, a fixação bicortical deve ser especialmente considerada em situações clínicas desafiadoras que requerem ancoragem pesada. Isso implica uma morfologia benéfica, permitindo uma inserção bicortical sem maior risco de lesão nas estruturas adjacentes.²¹

Este tipo de ancoragem dá ao ortodontista uma resistência superior na ancoragem, reduzindo a tensão óssea cortical e promove uma estabilidade superior quando comparada com a colocação de MI monocorticais.²⁰

4.13. Ancoragem Bicortical associado à técnica de Marpe

A localização dos microimplantes na região paramediana da sutura palatina foi escolhida por ser de fácil acesso, com baixo risco de dano às estruturas anatómicas importantes e por ser um local com gengiva queratinizada menos suscetível à inflamação, além de apresentar osso cortical com boa qualidade para permitir a estabilidade primária dos MI.³⁰

Lee et al., afirmaram que, para o sucesso da técnica MARPE (Miniscrew assisted rapid maxillary expansion), a ancoragem dos MI deve ser bicortical. Uma vez que a abertura do parafuso do disjuntor permite influenciar estruturas a uma maior distância, de forma mais eficaz com menos stress para os próprios MI.^{28,31,32} Adicionalmente, estes autores concluíram que a ancoragem bicortical resulta em melhor estabilidade dos MI, menor deformação e fratura e, expansão maxilar mais paralela no plano coronal.^{28,33,34}

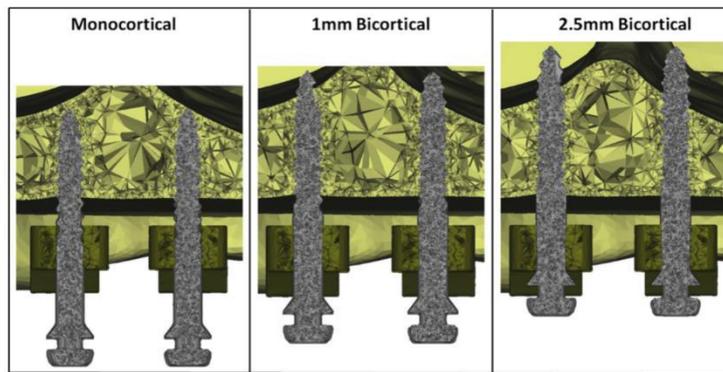


Figura 2. Exemplo de três modelos de ancoragem: Ancoragem Monocortical, Ancoragem Bicortical de 1mm e Ancoragem Bicortical de 2mm.³²

Neste método, a eficiência da transmissão da força é afetada pela posição dos MI, pelo comprimento do arame de conexão e pela estabilidade da conexão entre os MI e o corpo do disjuntor. O eixo dos MI e a direção do movimento provocado pela ativação do disjuntor deve ser igualmente considerada.^{34,35}

Esta melhoria efetiva da técnica veio despertar o interesse dos investigadores no tratamento da discrepância transversal maxilo-mandibular em pacientes adultos. Literatura recente reporta diversos casos clínicos de disjunção maxilar em pacientes adultos jovens com a técnica MARPE, com separação efetiva das duas hemi-maxilas e alterações evidentes nas estruturas craniofaciais envolventes.^{36,37}

5. Limitações

- A existência de um número limitado de estudos sobre o conteúdo pretendido para a realização da tese.
- Necessidade de mais artigos que comparem as características biomecânicas das ancoragens monocortical e bicortical.

6. Conclusão

Relativamente à literatura descrita nesta revisão, concluímos que:

- A ancoragem esquelética é mais eficaz utilizando MI bicorticais do que os MI monocorticais.
- A ancoragem do MI bicortical comparado com a ancoragem monocortical, o bicortical apresenta:
 - melhor estabilidade;
 - menor redução de deformação;
 - menor redução do risco de fratura;
 - é menos móvel;
 - promove uma expansão mais paralela no plano coronal e aumento na expansão palatina;
 - apresenta uma força de deflexão significativamente maior quando colocados tanto na maxila quanto na mandíbula;
 - a tensão induzida no osso peri-implante é menor;
- Os MI mais curtos (6 mm) tendem a ter uma penetração do osso cortical vestibular - Ancoragem Monocortical.
- Os MI mais longos tendem a penetrar mais longe no osso – Ancoragem Bicortical, no entanto, foram associados a maiores incidências de perfurações sinusiais.
- A ancoragem bicortical deve ser especialmente considerada em situações clínicas desafiadoras que requerem ancoragem pesada.

7. Bibliografia

1. Yao C-CJ, Chang H-H, Chang JZ-C, Lai H-H, Lu S-C, Chen Y-J. Revisiting the stability of mini-implants used for orthodontic anchorage. *J Formos Med Assoc.* 2015 Nov;114(11):1122–8.
2. Tsai C-C, Chang H-P, Pan C-Y, Chou S-T, Tseng Y-C. A prospective study of factors associated with orthodontic mini-implant survival. *J Oral Sci.* 2016;58(4):515–21.
3. Afrashtehfar KI. Patient and miniscrew implant factors influence the success of orthodontic miniscrew implants. *Evid Based Dent.* 2016 Dec;17(4):109–10.
4. Sfondrini MF, Gandini P, Alcozer R, Vallittu PK, Scribante A. Failure load and stress analysis of orthodontic miniscrews with different transmucosal collar diameter. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018 Nov;87:132–7.
5. Kuroda S, Tanaka E. Risks and complications of miniscrew anchorage in clinical orthodontics. *Jpn Dent Sci Rev [Internet].* 2014;50(4):79–85. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1882761614000192>
6. Nosouhian S, Rismanchian M, Sabzian R, Shadmehr E, Badrian H, Davoudi A. A Mini-review on the Effect of Mini-implants on Contemporary Orthodontic Science. *J Int oral Heal JIOH.* 2015;7(Suppl 1):83–7.
7. Becker K, Pliska A, Busch C, Wilmes B, Wolf M, Drescher D. Efficacy of orthodontic mini implants for en masse retraction in the maxilla: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent.* 2018 Oct;4(1):35.
8. Albogha, Mhd Hassan, et al. "Predisposing factors for orthodontic mini-implant failure defined by bone strains in patient-specific finite element models." *Annals of biomedical engineering* 44.10 (2016): 2948-2956.
9. Baumgaertel, Sebastian, Mohammad R. Razavi, and Mark G. Hans. "Mini-implant anchorage for the orthodontic practitioner." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 133.4 (2008): 621-627.
10. Berens, Axel, Dirk Wiechmann, and Rupert Dempf. "Mini-and micro-screws for temporary skeletal anchorage in orthodontic therapy." *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 67.6 (2006): 450-458.
11. Meyer, U., et al. "Load related implant reaction of mini-implants used for orthodontic anchorage." *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 34 (2005): 92.

12. Carano, Aldo, et al. "Mechanical properties of three different commercially available miniscrews for skeletal anchorage." *Progress in orthodontics* 6.1 (2005): 82-97.
13. Carano, Aldo, et al. "Clinical applications of the miniscrew anchorage system." *Journal of clinical orthodontics: JCO* 39.1 (2005): 9-30.
14. Chang, Hong-Po, and Yu-Chuan Tseng. "Miniscrew implant applications in contemporary orthodontics." *The Kaohsiung journal of medical sciences* 30.3 (2014): 111-115.
15. Chang, Yeon-Joo, Hyun-Sook Lee, and Youn-Sic Chun. "Microscrew anchorage for molar intrusion." *Journal of clinical orthodontics: JCO* 38.6 (2004): 325-333.
16. Cheng, Shih-Jung, et al. "A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage." *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 19.1 (2004).
17. Costa, A., M. Raffainl, and B. Melsen. "Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report." *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* 13.3 (1998): 201-209.
18. Ludwig, Björn. "The possibility of skeletal anchorage." *Journal of clinical orthodontics: JCO* 51.9 (2017): 513-515.
19. Fritz, Ulrike, Andreas Ehmer, and Peter Diedrich. "Clinical suitability of titanium microscrews for orthodontic anchorage—preliminary experiences." *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 65.5 (2004): 410-418.
20. Brettin, Bryan T., et al. "Bicortical vs monocortical orthodontic skeletal anchorage." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 134.5 (2008): 625-635.
21. Morarend, Chad, et al. "Effect of screw diameter on orthodontic skeletal anchorage." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 136.2 (2009): 224-229.
22. Lemieux, Genevieve, et al. "Computed tomographic characterization of mini-implant placement pattern and maximum anchorage force in human cadavers." *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 140.3 (2011): 356-365.
23. Holberg, Christof, et al. "Finite element analysis of mono-and bicortical mini-implant stability." *European journal of orthodontics* 36.5 (2014): 550-556.
24. Lofaj, F., et al. "Finite element analysis of stress distributions in mono-and bi-cortical dental implants." *Materials Science and Engineering: C* 50 (2015): 85-96.

25. Yang, Lei, et al. "Quantitative evaluation of maxillary interradicular bone with cone-beam computed tomography for bicortical placement of orthodontic mini-implants." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 147.6 (2015): 725-737.
26. Poorsattar-Bejeh Mir, Arash. "Monocortical versus bicortical hard palate anchorage with the same total available cortical thickness: a finite element study." *Journal of investigative and clinical dentistry* 8.3 (2017): e12218.
27. Azmi, Fateen Nur Ain Mohd, et al. "Temporary Anchorage Device Stability: Monocortical Versus Bicortical Anchorage Technique." *UI Proceedings on Health and Medicine* 1 (2017): 139-143.
28. Lee, Robert J., Won Moon, and Christine Hong. "Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 151.5 (2017): 887-897.
29. Li, Na, et al. "Skeletal effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on maxillary expansion using cone-beam computed tomography in young adults." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 157.5 (2020): 651-661.
30. Sermboonsang, Chayapa, et al. "Biomechanical study of midpalatine suture and miniscrews affected by maturation of midpalatine suture, monocortical and bicortical miniscrew placement in bone-borne rapid palatal expander: a finite element study." *Science, Engineering and Health Studies* (2020): 109-122.
31. Seong, Eui-Hyang, et al. "Evaluation of the effects of miniscrew incorporation in palatal expanders for young adults using finite element analysis." *Korean journal of orthodontics* 48.2 (2018): 81.
32. Mosleh, Mennatallah Ihab, et al. "Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 148.4 (2015): 599-607.
33. Lee, Kee-Joon, et al. "Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 137.6 (2010): 830-839.
34. Brunetto, Daniel Paludo, et al. "Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE)." *Dental press journal of orthodontics* 22.1 (2017): 110-125.

35. Carlson, Chuck, et al. "Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 149.5 (2016): 716-728.
36. Park, Jung Jin, et al. "Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: a cone-beam computed tomography study." *Korean J Orthod* 47.2 (2017): 77-86.
37. Sermboonsang, Chayapa, et al. "Biomechanical study of midpalatine suture and miniscrews affected by maturation of midpalatine suture, monocortical and bicortical miniscrew placement in bone-borne rapid palatal expander: a finite element study." *Science, Engineering and Health Studies* (2020): 109-122.