

Houssam Kouhous

**Avaliação da eficácia da micro-osteoperfuração na retração canina
- revisão sistemática**



Faculdade de Ciências da Saúde
Universidade Fernando Pessoa
Porto, 2023

Houssam Kouhous

**Avaliação da eficácia da micro-osteoperfuração na retração canina
- revisão sistemática**

Faculdade de Ciências da Saúde
Universidade Fernando Pessoa
Porto, 2023

Houssam Kouhous

Avaliação da eficácia da micro-osteoperfuração na retração canina
– revisão sistemática

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
da Saúde da Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para a obtenção
do grau de Mestre em Medicina Dentária.

Houssam Kouhous

RESUMO

Objectivo: Esta revisão sistemática teve como objetivo avaliar a eficácia da micro-osteoperforação na retração canina, com base nos estudos clínicos randomizados, disponíveis na literatura científica.

Materiais e métodos: A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados: Pubmed, Cochrane library e Lilacs Library, nos últimos dez anos. Foram incluídos pacientes com idades entre os 12 e 50 anos, com boa saúde geral e periodontal, boa higiene oral e com necessidade de extração dos 1º pré-molares superiores, antes da utilização da técnica de micro-osteoperforação.

Foram excluídos os estudos com uma amostra inferior a 10 indivíduos, sem necessidade de extração dos primeiros pré-molares superiores, estudos em animais e *in vitro*.

Resultados: Os resultados dos seis estudos sobre o efeito da micro-osteoperforação na retração canina são divergentes. Alguns indicam que a repetição da micro-osteoperforação pode acelerar a retração, ao estimular a inflamação reduzindo assim a duração do tratamento. No entanto, limitações metodológicas, como o tamanho reduzido das amostras e a curta duração do tratamento, podem influenciar esses resultados. A repetição da micro-osteoperforação parece promissora, mas a sua aplicação generalizada na prática clínica, requer um estudo mais promenorizado sobre a sua eficácia. Os estudos mostram uma taxa média da retração canina de 1,05 mm/mês e 0,88 mm/mês nos grupos micro-osteoperforação e controlo, respectivamente. É importante observar que a diferença média da taxa de retração entre os grupos micro-osteoperforação e controlo é de 0,17 mm/mês, mas essa diferença não é estatisticamente significativa.

Conclusão: Não existe uma diferença relevante no aumento da velocidade da retração canina no grupo micro-osteoperforação em relação ao grupo controlo. Pesquisas adicionais em maior escala e a longo prazo serão necessárias, para compreender melhor os mecanismos biológicos subjacentes ao efeito da micro-osteoperforação no movimento dentário.

Palavras chaves: "movimento dentario ortodontico"; "aceleração"; "retração canina"; "micro-osteoperfuração".

ABSTRACT

Objective: This systematic review aimed to evaluate the effectiveness of micro-osteoperforation in canine retraction, based on randomized clinical studies available in the scientific literature.

Materials and methods: The literature search was performed in the databases: Pubmed, Cochrane Library and Lilacs Library, in the last ten years. Patients aged between 12 and 50 years, with good general and periodontal health, good oral hygiene and who needed the extraction of 1st upper premolars before the use of the micro-osteoperforation technique were included.

Studies with a sample size of less than 10 individuals, with no need for extraction of maxillary first premolars, animal and in vitro studies were excluded.

Results: The results of the six studies on the effect of micro-osteoperforation on canine retraction are divergent. Some indicate that repeated micro-osteoperforation may accelerate retraction by stimulating inflammation thus reducing treatment duration. However, methodological limitations such as small sample size and short treatment duration may influence these results. Nevertheless, repeat micro-osteoperforation seems promising, but its widespread application in clinical practice requires further detailed study of its efficacy. The studies show an average canine retraction rate of 1.05 mm/month and 0.88 mm/month in the micro-osteoperforation and control groups, respectively. It is important to note that the mean difference in retraction rate between micro-osteoperforation and control groups is 0.17 mm/month, but this difference is not statistically significant.

Conclusion: There is no relevant difference in the rate of canine retraction increase in the micro-osteoperforation group compared to the control group. Additional larger-scale and long-term research will be needed to better understand the biological mechanisms underlying the effect of micro-osteoperforation on tooth movement.

Keywords: "orthodontic tooth movement"; "acceleration"; "canine retraction";
"micro-osteoperforation".

AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que expresso meus sinceros agradecimentos a meu pai, pois foi graças a ele que pude realizar meu grande sonho de me tornar médico-dentista. Desde cedo, ele sempre me apoiou e incentivou em todas as minhas aspirações e paixões. Sempre soube que minha vocação estava nas ciências da saúde e na área odontológica, e meu pai esteve ao meu lado em cada passo dessa jornada. Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos os meus amigos que conheci durante minha jornada na faculdade de odontologia. Com cada um deles, compartilhei momentos maravilhosos e enriquecedores que ficarão para sempre em minha memória. Em especial, quero agradecer a Cirine rezki, Morgane Tesan, Mehdi Rouis, Emmanuel Bried, Ilan Jeannin, Samuel Schaout, Jordan Viegas, Zakaria Oubihi, Zouhir Laabana e Virgile Pierson por terem sido parte essencial da minha jornada acadêmica e pessoal.

Ao meu estimado colega de clínica e amigo, Ayoub Trad, é com imensa gratidão que expresso meus sentimentos. Tive o prazer de trabalhar lado a lado com Ayoub, compartilhando muitos momentos divertidos e enriquecedores. Sua presença e colaboração foram inestimáveis ao longo de nossa jornada profissional.

Durante esse período de trabalho conjunto, aprendemos e crescemos juntos, enfrentando desafios e celebrando conquistas. A sua dedicação e habilidades profissionais foram admiráveis e inspiradoras. Sempre pude contar com Ayoub como um parceiro confiável e solidário, tornando cada dia no ambiente de trabalho mais agradável e produtivo.

Quero expressar minha profunda gratidão à minha orientadora de tese, Professora Doutora Vanda Urzal. Sua dedicação, conhecimento e apoio foram fundamentais para o sucesso da minha pesquisa e o processo de elaboração da minha tese. Suas orientações valiosas foram essenciais para a definição do escopo do projeto, metodologia de pesquisa e análise dos resultados. Quero dedicar um momento especial para expressar minha profunda gratidão à minha querida mãe, que, mesmo não estando fisicamente presente para testemunhar esta conquista, sempre esteve ao meu lado em espírito e coração. A paz esteja com ela!

Minha mãe foi minha maior fonte de inspiração e força ao longo de toda a minha vida. Seu amor incondicional, dedicação e encorajamento foram o alicerce que me impulsionou a perseguir meus sonhos, incluindo o de me tornar médico-dentista. Sua presença em minha vida sempre foi sinônimo de conforto, carinho e apoio inabalável.

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	1
1. Materiais e métodos :.....	2
i. Desenho do estudo.....	2
ii. Estratégia de pesquisa.....	2
iii. Critérios de elegibilidade para a seleção dos estudos.....	3
iv. Seleção dos artigos e extração da informação	3
v. Risco de viés.....	3
2. Resultados.....	5
II. DESENVOLVIMENTO	7
1. Princípio do movimento dentário:.....	7
2. Fases da movimentação dentária:	8
3. As técnicas cirúrgicas de aceleração do movimento dentário	10
4. História das técnicas cirúrgicas	11
5. Micro-osteoperfuração.....	13
i. Definição	13
ii. Vantagens da micro-osteoperfuração	14
iii. Limitações da micro-osteoperfuração	15
iv. Técnicas da micro-osteoperfuração	16
v. A micro-osteoperfuração em relação com a retração canina.....	17
6. Resultados dos estudos seleccionados	18
i. Aboalnaga <i>et al.</i> , (2019)	18
ii. Babanouri <i>et al.</i> , (2020).....	19
iii. Golshah <i>et al.</i> , (2021)	20
iv. Raghav <i>et al.</i> , (2022).....	20
v. Bajaj <i>et al.</i> , (2022)	21
vi. Venkatachalapathy <i>et al.</i> , (2022).....	22
III. DISCUSSÃO	25
IV. CONCLUSÃO	29
V. BIBLIOGRAFIA	30

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos estudos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Avaliação do risco de viés em ensaios clínicos randomizados

Figura 2 – Estratégia da pesquisa bibliográfica

Figura 3 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CBCT - *Cone Beam Computed Tomography* / Tomografia Computorizada de Feixe

Cónico

FB - Foto-Biomodulação

FCG - Fluido Crevicular Gengival

gr – Gramas

M-CSF- Macrophage Colony-Stimulating Factor

MDO - Movimento Dentário Ortodôntico

MedLine - *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*

MeSH - *Medical Subject Headings*

Mm - Milímetros

MO - Micro-Osteoperfuração

NiTi – Níquel Titânio

OPG- *Osteoprotegerin*

PICO – **P** = paciente /população (*patient / population*);

I = intervenção (*intervention / indicator*);

C = comparação (*comparison/control*);

O = resultado (*outcome*)

PAOO - *Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontic*

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RANKL - *Receptor Activator of Nuclear Factor-Kappa B Ligand*

RANK - *Receptor Activator of Nuclear Factor-Kappa B*

RAP - *Regional Acceleratory Phenomenon*

RC – Retração Canina

TGF-β - *Transforming Growth Factor Beta*

TRAP - *Tartrate-Resistant Acid Phosphatase*

TO – Tratamento Ortodôntico

VAS – *Visual Analog Scale*

% - Percentagem

I. INTRODUÇÃO

O tratamento ortodôntico (TO) é um processo complexo que visa corrigir a posição dos dentes e a oclusão, proporcionando aos pacientes um sorriso esteticamente agradável e uma melhor função mastigatória. No entanto, a duração do tratamento pode variar consideravelmente, geralmente estendendo-se de 21 a 35 meses, dependendo de diversos fatores que podem influenciar o tempo necessário para alcançar os resultados desejados (Skidmore et al., 2006).

Esses fatores incluem a necessidade de extrações dentárias, o número de substituições de brackets, o número de fases do tratamento, a adesão do paciente à higiene oral recomendada e sua assiduidade às consultas ortodônticas. Cada caso é único, e a combinação desses elementos pode determinar o período necessário para a conclusão do TO.

No entanto, tratamentos ortodônticos mais longos estão associados a alguns riscos e desafios. Um dos principais problemas é o aumento da incidência de inflamação gengival, que pode surgir devido à dificuldade do paciente em manter uma higiene oral adequada durante um tratamento prolongado (Lucchese, A., Gherlone, E., 2012). Além disso, quanto mais tempo os brackets e arcos permanecerem na boca, maiores são as chances de ocorrerem problemas dentários, como o aparecimento de cáries e manchas brancas nos dentes (Segal G.R., Schiffman P.H., Tuncay O.C., 2004).

Outro aspecto preocupante é a reabsorção radicular, que se refere à diminuição do comprimento das raízes dos dentes durante o tratamento ortodôntico. Embora essa reabsorção seja normal em pequenas quantidades, tratamentos mais longos podem levar a uma maior extensão desse processo, comprometendo a saúde e a estabilidade dos dentes a longo prazo (Segal G.R., Schiffman P.H., Tuncay O.C., 2004).

Além dos impactos na saúde bucal do paciente, tratamentos ortodônticos mais longos também podem ser mais dispendiosos, tanto para o paciente quanto para o profissional. O prolongamento do tratamento pode requerer mais consultas e ajustes dos aparelhos ortodônticos, aumentando os custos associados ao tratamento (Ong, M.M.A., Wang, H.L., 2002).

Diante desses desafios, têm sido feitas diversas tentativas para reduzir o tempo do tratamento ortodôntico e acelerar o movimento dentário ortodôntico (MDO). O objetivo é alcançar a mesma correção ortodôntica de forma mais rápida e eficiente, reduzindo os riscos associados a tratamentos mais prolongados. No entanto, embora existam técnicas

e abordagens que visam acelerar o MDO, ainda existem muitas dúvidas acerca das mesmas (Skidmore et al., 2006).

Uma das estratégias mais comuns para acelerar o MDO é utilizar forças contínuas, que são aplicadas de forma constante e graduada sobre os dentes durante o tratamento (Barlow and Kula, 2008). No entanto, a eficácia dessas forças contínuas pode variar de acordo com a complexidade do caso e as características individuais do paciente, tornando necessário o desenvolvimento de abordagens personalizadas para cada situação.

Este tema foi escolhido porque é importante acelerar o tratamento ortodôntico, para se atingir mais rapidamente o objetivo funcional e estético dos pacientes.

Objetivo: Esta revisão sistemática teve como objetivo a comparação do efeito da micro-osteoperfuração (MO) na retração canina (RC), após extração do primeiro pré-molar.

1. Materiais e métodos :

i. Desenho do estudo

Recorreu-se à estratégia PICO (*Population, Intervention, Comparasion, Outcome*) utilizada nas revisões sistemáticas, para definir a pergunta da pesquisa:

P – População - pacientes com idades compreendidas entre 12 e 50 anos, com boa saúde geral, periodontal e boa higiene oral;

I – Intervenção - MO com extração do primeiro pré-molar superior;

C – Comparação - grupo controlo sem qualquer técnica de aceleração de MDO;

O – Resultado - Aumento da velocidade do movimento na RC com diminuição do tempo de tratamento.

ii. Estratégia de pesquisa

A pesquisa foi realizada nas bases de dados electrónicas: Pubmed, Cochrane Library e Lilacs. Os termos de pesquisa utilizados foram: “orthodontic tooth movement”, “acceleration”, “canine retraction”, “micro-osteoperforation” os quais se combinaram com recurso ao operador booleano “AND”. Os filtros utilizados foram: estudos clínicos randomizados e o limite temporal foi desde 2013 até abril de 2023. Obtiveram-se 44

artigos elegíveis que após análise dos títulos e do resumo, e aplicando os critérios de inclusão e exclusão, só seis artigos foram incluídos.

Critérios de inclusão: Necessidade de extração dos primeiros pré-molares superiores, utilização da técnica de micro-osteoperfuração, boa saúde geral, periodontal, boa higiene orale estudos com detalhe da taxa de RC.

Critérios de exclusão: Estudo *in vitro*, sem necessidade de extração dos primeiros pré-molares superiores, estudo em animais.

iii. Critérios de elegibilidade para a seleção dos estudos

- **Tipologia do estudo:** Estudos clínicos randomizados, com amostra superior a 10 indivíduos.
- **Participantes incluídos:** Indivíduos com idade entre os 12 e os 50 anos que necessitavam extrair os primeiros pré-molares superiores.
- **Participantes excluídos:** Indivíduos com doença periodontal, história passada de TO, fumadores.
- **Tipo de intervenção:** Extração dos primeiros pré-molares superiores e retração dos caninos.
- **Extração de dados:** As seguintes informações foram extraídas para análise: autor, ano de publicação, género, tempo de tratamento, número profundidade e repetição das MO, tipo de ancoragem e velocidade do MO na RC.

iv. Seleção dos artigos e extração da informação

Dois investigadores, de forma independente, através da leitura dos títulos e dos resumos, seleccionaram os artigos a serem incluídos. Relativamente à discrepância de opiniões, prevaleceu o consenso.

v. Risco de viés

Recorreu-se a ferramenta da Cochrane - *Cochrane Risk of Bias Tool* – ROBS 2, para análise de viés em ensaios clínicos randomizados. Esta determina a avaliação em sete parâmetros, classificando em alto, baixo ou incerto risco de viés (Carvalho *et al.*, 2013) (Figura 1).

	Alteração da seqüência	Ocultação da alocação	Blinding de participantes e profissionais*	Blinding de avaliadores de desfecho	Desfechos incompletos	Relatório seletivo	Outros vieses
Aboalnaga <i>et al.</i>	●	●	●	●	●	●	●
Babanouri <i>et al.</i>	●	●	●	●	●	●	●
Golshah <i>et al.</i>	●	●	●	●	●	●	●
Raghav <i>et al.</i>	●	●	●	●	●	●	●
Bajaj <i>et al.</i>	●	●	●	●	●	●	●
Venkatachalapathy <i>et al.</i>	●	●	●	●	●	●	●
Verde: baixo risco; vermelho: alto risco; amarelo: risco incerto							

Figura 1 - Avaliação do risco de viés em ensaios clínicos randomizados

2. Resultados

Esta revisão sistemática seguiu a orientação do PRISMA (*Preferred Reporting Items for systematic Review and Meta-analysis*), para selecionar melhor os estudos a serem incluídos, e aumentar a qualidade e transparência da pesquisa. Na pesquisa bibliográfica inicial na base de dados eletrônica *Medline*, no portal *PubMed*, na *Cochrane Library* e no *Lilacs Library*, obtiveram-se 44 artigos (Figura 2). Após a eliminação das publicações duplicadas (n= 14), os títulos e resumos de 30 artigos foram avaliados. Consideraram-se oito artigos para leitura completa, dos quais dois se excluíram por não cumprirem os critérios de elegibilidade. Assim obtiveram-se seis artigos para estudar a eficácia da MO, ou seja, o procedimento de aceleração do MDO. O diagrama de fluxo PRISMA descreve a estratégia seguida para a inclusão e exclusão dos artigos (Figura 3).

Base de dados	Termos de pesquisa	Conjugação dos termos de pesquisa	Número de artigos encontrados
PubMed	"orthodontic tooth movement", "acceleration", " canine retraction", "micro-osteoperforation "	"orthodontic tooth movement" AND "acceleration" AND "canine retraction" AND "micro-osteoperforation "	11
Lilacs Library			6
Cochrane Library			27

Figura 2 - Estratégia da pesquisa bibliográfica

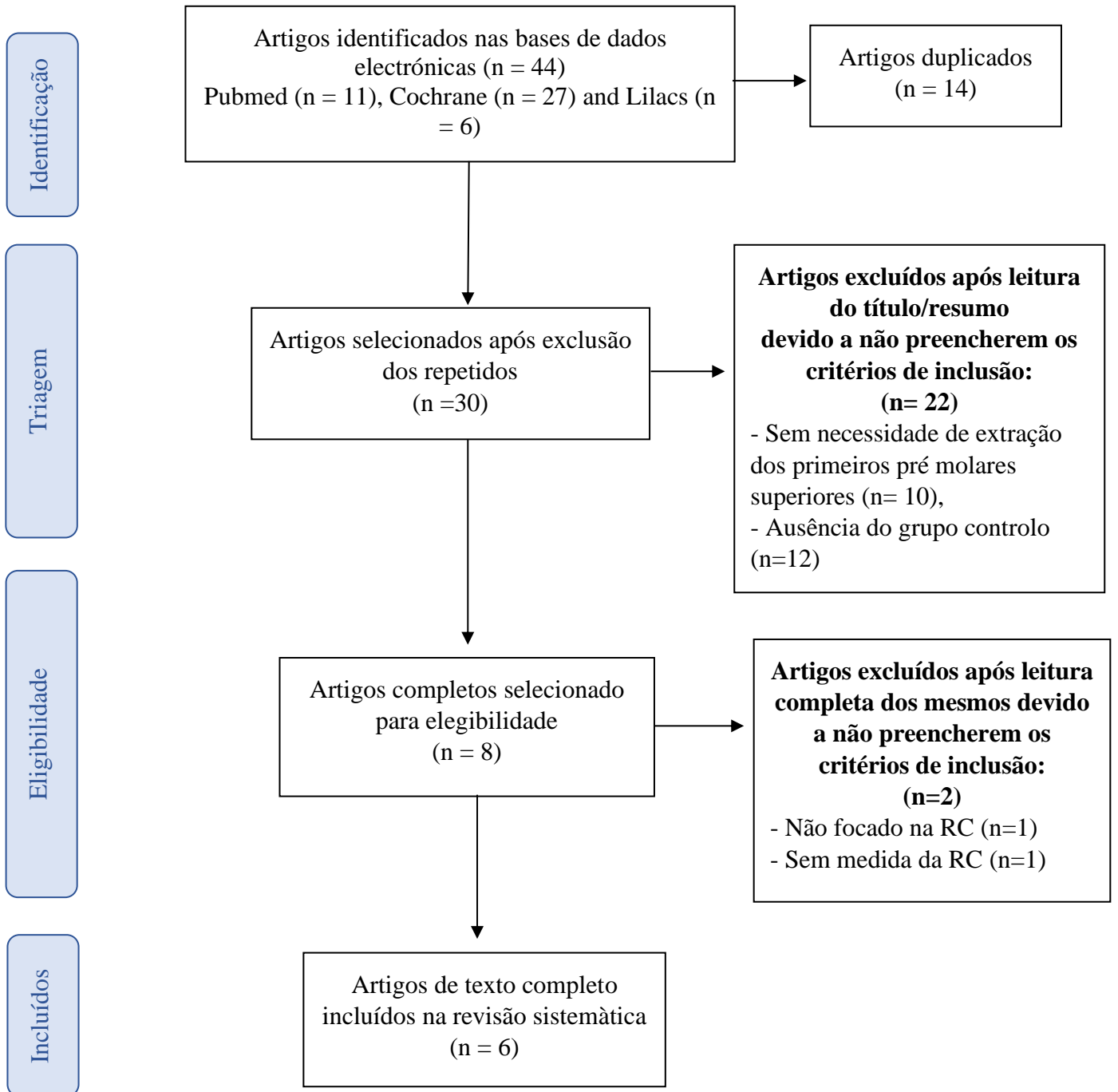


Figura 3 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos

II. DESENVOLVIMENTO

1. Princípio do movimento dentário

O ligamento periodontal contém células-mãe que têm o potencial de se transformar em osteoblastos, cementoblastos ou fibroblastos para permitir a remodelação óssea. O processo de remodelação ocorre de acordo com o ciclo ARIF, ou seja Ativação, Reabsorção, Inversão, Formação (Baron *et al.*) que se repete de maneira regular nas unidades funcionais. Na fase de ativação, as células do ligamento retraem-se, degradam a matriz colágena e atraem pré-osteoclastos por quimiotaxia. Esses pré-osteoclastos fundem-se para formar osteoclastos multinucleados que reabsorvem o osso, criando um compartimento ácido. Essa fase de reabsorção é seguida pela fase de inversão, durante a qual os osteoclastos morrem por apoptose e são substituídos por células mononucleares de tipo macrófago que preparam a lacuna para ser preenchida. Finalmente, na fase de formação, os osteoblastos são recrutados para a lacuna e sintetizam uma matriz não mineralizada, chamada de tecido osteóide, que preenche a lacuna. Os osteoblastos também produzem enzimas que aumentam as concentrações de íons de cálcio e fosfato, permitindo a calcificação da matriz. O corpo humano é capaz de manter o seu equilíbrio homeostático através da autorregulação de sinais e respostas. Na remodelação óssea, as células envolvidas, incluindo osteoblastos, osteoclastos e fibroblastos, comunicam-se através da via de sinalização *Receptor Activator of Nuclear Factor-Kappa B Ligand-Receptor Activator of Nuclear Factor-Kappa B-Osteoprotegerin* (RANKL-RANK-OPG). Os fibroblastos são as células mais abundantes do ligamento, produzem colágeno e secretam RANKL e Transforming Growth Factor Beta (TGF- β) como resposta ao estímulo mecânico. O ligamento também contém osteoblastos e osteoclastos. As células-mãe podem-se diferenciar em osteoblastos sob a influência do fator de crescimento TGF- β . Os osteoblastos são responsáveis pela formação óssea e secretam RANKL, OPG, Macrophage Colony-Stimulating Factor (M-CSF) e outras moléculas. Os osteoclastos são responsáveis pela reabsorção óssea e derivam de células-mãe hematopoiéticas presentes no sistema vascular. Os pré-osteoclastos migram para os locais de reabsorção e fundem-se em osteoclastos na presença de RANKL e M-CSF (Schepdael *et al.* 2012). Isto é, quando uma força ortodôntica é aplicada, induz uma resposta inflamatória aguda que estimula a produção de citocinas e aumenta o nível de RANKL nas áreas de compressão. Por outro lado, há uma produção aumentada de TGF- β e OPG no lado da tensão. Se a

força aplicada for excessiva, pode levar à obstrução dos vasos sanguíneos e à morte das células no ligamento, resultando em uma área de hialinização acelular e avascular. Macrófagos, células gigantes multinucleadas e osteoclastos migram então para essa área de tecido necrosado e começam a reabsorver a área necrosada e o osso subjacente, o que pode levar à reabsorção radicular. É importante que as forças ortodônticas sejam aplicadas com cuidado para evitar danos excessivos nos tecidos circundantes (Krishnan *et al.*, 2006)

2. Fases da movimentação dentária

De acordo com Schepdael *et al.* (2012), Krishan *et al.* (2006), Asiry *et al.* (2018) e Melsen *et al.* (1999), o movimento dentário é um processo complexo e bem regulado, que envolve diferentes fases e episódios celulares no espaço periodontal. Nesta seção, vamos explorar mais detalhadamente cada uma das fases do movimento dentário e os principais eventos celulares envolvidos em cada etapa.

1º - Fase inicial do movimento dentário: A fase inicial do movimento dentário é principiada imediatamente após a aplicação da força sobre o dente. Quando uma força é aplicada ao dente, ocorre uma rápida resposta do ligamento periodontal. Nesta fase, o dente move-se rapidamente no espaço periodontal, o que é conhecido como movimento dentário primário. Durante este movimento, ocorre a compressão e o estiramento do ligamento periodontal, o que leva a uma resposta inflamatória localizada. A pressão mecânica sobre o ligamento periodontal induz um extravazamento dos vasos sanguíneos presentes no tecido conjuntivo, causando um aumento do fluxo sanguíneo na região (Schepdael *et al.*, 2012). A inflamação resultante dessa resposta promove a liberação de mediadores químicos, como citocinas e fatores de crescimento, que recrutam células inflamatórias para a área, como neutrófilos e macrófagos. Além disso, células progenitoras de osteoblastos (células formadoras de osso) e osteoclastos (células responsáveis pela reabsorção óssea) também são recrutadas para a região.

2º - Fase de Latência: Após a fase inicial de movimento dentário, ocorre uma fase de latência, na qual não há ou há pouco movimento dentário. Essa fase é caracterizada por um período de estabilização e reparação do ligamento periodontal comprimido durante a fase inicial. Durante a fase de latência, o

ligamento periodontal sofre hialinização, que é a perda temporária da vascularização do tecido conjuntivo. Essa hialinização é uma resposta adaptativa do ligamento periodontal à força aplicada, visando reduzir o dano celular durante o movimento dentário inicial. O tecido hialinizado torna-se menos permeável e menos, metabolicamente, ativo (Krishan *et al.*, 2006). Para que o movimento dentário possa recomeçar após a fase de latência, é necessário que o tecido hialinizado seja remodelado e reabsorvido pelas células presentes no ligamento periodontal. Isso prepara o terreno para o próximo estágio do movimento dentário.

3º - Fase Pós-Deslocamento: A fase pós-deslocamento é caracterizada pelo aumento gradual ou abrupto do movimento dentário, que se torna mais evidente após o período de latência. Geralmente, essa fase é observada em torno de 40 dias após a aplicação da força inicial. Durante a fase pós-deslocamento, as células do ligamento periodontal continuam a reagir à força aplicada, resultando em remodelação e reabsorção óssea em volta da raiz do dente. Os osteoblastos e osteoclastos, que foram recrutados durante a fase inicial, continuam o seu trabalho para remodelar o osso alveolar e ajustar a sua estrutura de acordo com o movimento dentário (Asiry *et al.*, 2018). Os osteoblastos são responsáveis por sintetizar novo tecido ósseo, enquanto os osteoclastos realizam a reabsorção óssea, removendo o osso antigo. Esses eventos coordenados de formação e reabsorção óssea permitem o deslocamento controlado do dente para a posição desejada (Asiry *et al.*, 2018).

Essas três fases do movimento dentário estão intrinsecamente relacionadas e fazem parte de um processo contínuo de adaptação e remodelação dos tecidos periodontais durante o tratamento ortodôntico ou em outras abordagens de movimentação dentária. O sucesso do tratamento depende da harmonia entre as células e tecidos envolvidos, bem como da aplicação adequada das forças ortodônticas para alcançar o posicionamento correto dos dentes (Asiry *et al.*, 2018) (Krishan *et al.*, 2006).

Em resumo, o movimento dentário é um processo dinâmico e complexo, que envolve uma sequência coordenada de eventos celulares e resposta dos tecidos periodontais à aplicação de forças ortodônticas. Cada fase desempenha um papel crítico na obtenção de resultados bem-sucedidos no tratamento ortodôntico, permitindo a correção eficaz das más oclusões e a obtenção de um sorriso saudável e esteticamente agradável. A compreensão dessas

fases é essencial para a prática clínica e para o desenvolvimento contínuo de abordagens inovadoras no campo da movimentação dentária (Melsen *et al.*, 1999).

3. As técnicas cirúrgicas de aceleração do movimento dentário

O TO é um processo que requer investimento significativo em tempo e dinheiro tanto para os pacientes quanto para os ortodontistas. Esses fatores podem desencorajar alguns pacientes a seguir o tratamento, especialmente quando se prolonga por vários anos. A longa duração do tratamento pode resultar em alguns problemas, como dificuldades de higiene dentária, maior risco de cáries e reabsorção radicular (Fox *et al.*, 2005) (Segal *et al.* 2004).

Para os adultos, em particular, a velocidade do MDO tende a ser mais lenta em comparação com adolescentes (Bagga *et al.*, 2009). Facto devido aos adultos possuírem o osso mais denso, uma população celular reduzida e menor vascularização. Como resultado, os TO frequentemente são mais longos nos adultos. Além disso, o TO pode ter um impacto temporário significativo na aparência física, autoimagem e percepção social do paciente. Essas mudanças temporárias na aparência podem levar a ansiedade e afetar a autoestima, tornando os TO menos aceitos por alguns adultos (Jeremiah *et al.*, 2014). Do ponto de vista clínico, um tratamento mais longo também implica custos mais elevados para o ortodontista e pode levar à perda de motivação e cooperação por parte do paciente.

Existem várias técnicas que tentam diminuir a duração do TO ou facilitar certos movimentos dentários mais difíceis de realizar. Essas técnicas podem ser classificadas em dois grupos: técnicas não cirúrgicas e técnicas cirúrgicas.

As **técnicas não cirúrgicas** baseiam-se principalmente no uso de dispositivos de vibração, com frequência de ressonância ou lasers para acelerar o processo de remodelação óssea. Essas abordagens tentam estimular a atividade celular e aumentar a reabsorção e deposição óssea, permitindo um movimento dentário mais rápido.

Já as **técnicas cirúrgicas**, como a Ortodontia Acelerada por Corticotomia Óssea, também conhecida como *Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics* (PAOO) (Huang *et al.*, 2014), têm ganhado popularidade. Essas técnicas envolvem uma incisão cirúrgica na gengiva e no osso, seguida por uma corticotomia óssea (incisão óssea) em volta dos dentes que necessitam ser movidos. Essa abordagem cirúrgica estimula uma resposta inflamatória localizada e um aumento da atividade celular, acelerando o processo de remodelação óssea.

As PAOO podem ser usadas de forma isolada ou em combinação com outras técnicas ortodônticas para acelerar o tratamento e alcançar resultados mais rápidos. É importante ressaltar que a decisão de utilizar essas técnicas deve ser feita em consulta com um ortodontista experiente, que avaliará as necessidades individuais do paciente e a viabilidade dessas abordagens para o caso específico.

Estudos têm demonstrado que essas técnicas cirúrgicas podem, de facto, acelerar o movimento dentário e reduzir a duração do TO (Wilcko *et al.*, 2001), (Wilcko *et al.*, 2003) (Apuzzo *et al.*, 2014). No entanto, como em qualquer procedimento cirúrgico, há riscos potenciais envolvidos, e é fundamental que os pacientes sejam adequadamente informados sobre as opções disponíveis e os possíveis efeitos colaterais, antes de tomar uma decisão.

Além disso, é importante destacar que as PAOO não são apropriadas para todos os casos ortodônticos, e a seleção criteriosa dos pacientes é fundamental para garantir a segurança e eficácia do tratamento.

Contínuas pesquisas estão a ser realizadas para aprimorar essas técnicas e entender melhor os seus efeitos a longo prazo. Como essas abordagens cirúrgicas são relativamente recentes, é essencial que os ortodontistas estejam atualizados com as evidências científicas mais actuais para fornecer aos pacientes as melhores opções de tratamento.

Como conclusão o TO pode ser uma jornada desafiante tanto para os pacientes como para os ortodontistas, devido ao tempo e aos recursos investidos. Para muitos adultos, a duração prolongada do tratamento pode ser um fator limitante. Nesse contexto, as técnicas cirúrgicas, como a PAOO, têm surgido como uma opção promissora para acelerar o movimento dentário e reduzir a duração do tratamento. No entanto, a decisão de utilizar essas técnicas deve ser cuidadosamente avaliada em conjunto com um ortodontista experiente, levando em consideração as necessidades individuais do paciente e a viabilidade do procedimento para o caso específico.

4. História das técnicas cirúrgicas

As técnicas cirúrgicas de aceleração do movimento dentário evoluíram há mais de um século. A primeira técnica foi realizada por L.C. Bryan em 1892 usando osteotomias (Vargas *et al.*, 2016). Em seguida, o Dr. Heinrich Köle desenvolveu uma técnica de corticotomias verticais e horizontais sem penetrar no osso trabecular (Köle *et al.*, 1959), o que permitiu realizar maiores MDO em 6 a 12 semanas, sem efeitos colaterais prejudiciais (Vargas *et al.*, 2016), (Köle *et al.*, 1959) (Serbaoun *et al.*, 2008). Em 1975,

Chung desenvolveu uma técnica chamada "Fast Orthodontics", que combinou o uso de corticotomias em forma de C e ancoragem intraóssea. Em 1978, Generson modificou a técnica de Kôle para corrigir principalmente problemas de mordida aberta (Vargas *et al.*, 2016). Os procedimentos foram baseados no princípio do movimento em bloco do segmento ósseo decorticado (Baron *et al.*).

Foi no início dos anos 2000 que os irmãos Drs. William e Thomas Wilcko desenvolveram sua técnica de PAOO limitada ao osso cortical, adicionando um enxerto ósseo reabsorvível para aumentar o envelope ósseo do MDO (Wilcko *et al.*, 2009). Eles descobriram que os movimentos dentários eram até 3-4 vezes mais rápidos. Essa aceleração foi causada pelo fenômeno de *Regional Acceleratory Phenomenon* (RAP) (Wilcko *et al.*, 2003), que descreve uma remodelação óssea aumentada combinada com uma osteopenia transitória devido à resposta inflamatória causada pela lesão óssea (Frost *et al.*, 1983). Essa inflamação permite recrutar osteoclastos e osteoblastos para se obter uma remodelação aumentada do osso alveolar e um movimento dentário acelerado (Hassan *et al.*, 2010). Observa-se um aumento da atividade celular osteoclástica 3 a 5 dias após as corticotomias, o que teria o efeito de diminuir a formação e acelerar a reabsorção das zonas hialinas (Kim *et al.*, 2009). Essa técnica permitiu acelerar o TO, minimizando os efeitos colaterais. Esse aumento da atividade osteoclástica foi demonstrado num estudo com coelhos, na Nova Zelândia (Chen *et al.*, 2016), onde após as corticotomias, os autores demonstraram um aumento na quantidade de células osteoclásticas por meio de coloração pela Tartrate-Resistant Acid Phosphatase (TRAP). Isso também permitiu determinar que havia duas ondas de diferenciação de osteoclastos nos dias 3 e 14. Segundo os autores, a primeira onda viria da diferenciação de células mesenquimais locais, enquanto a segunda viria da diferenciação de células precursoras hematopoiéticas, que são levadas ao local devido à hiperemia observada durante o RAP. Além disso, o aumento acentuado da proporção RANKL/OPG observado 5 dias após as corticotomias seria parcialmente responsável pelo recrutamento dos osteoclastos da segunda onda (Chen *et al.*, 2016) Esse recrutamento e ativação aumentada de osteoclastos pela secreção de citocinas e mediadores inflamatórios favoreceriam a remodelação óssea permitindo um movimento dentário acelerado (Chen *et al.*, 2016).

A duração do fenômeno RAP e da aceleração do MDO ainda não é bem conhecida, mas é estimada em 3-4 meses (Sebaoun *et al.*, 2011), (Dibart *et al.*, 2015), (Yaffe *et al.*, 2015) Esse estado de osteopenia e remodelação óssea aumentada desaparece à medida que a cicatrização óssea ocorre; e desaparece completamente quando o osso volta à sua forma

e função normais (Yaffe *et al.* 2015). O estudo de Yaffe *et al.* demonstrou que após 120 dias, a aparência radiológica e histológica do osso retorna ao seu estado inicial (Yaffe *et al.* 2015). Além disso, de acordo com estudos histológicos em ratos, a extensão do RAP seria limitada à região adjacente à linha de corte (Sebaoun *et al.* 2011) Mais recentemente, técnicas de piezocisão e osteoperfuração baseadas no mesmo fenômeno de RAP foram desenvolvidas. Essas técnicas têm a vantagem de serem muito menos invasivas para o paciente em comparação com as técnicas de corticotomia, mas a sua eficácia ainda não é tão bem demonstrada.

Essas técnicas minimamente invasivas de aceleração do MDO são principalmente usadas para acelerar o alinhamento dentário e diminuir o tempo de tratamento global, mas também podem ser usadas de forma localizada para facilitar alguns movimentos específicos. Por exemplo, podem ser usadas em casos de retração de caninos após a extração de um pré-molar. O movimento de RC por translação pode durar entre seis e nove meses e é desagradável do ponto de vista estético, uma vez que o espaço de extração do primeiro pré-molar é frequentemente visível no sorriso. As técnicas minimamente invasivas também têm o potencial de serem benéficas para a tração de dentes inclusos, como os caninos (Fisher *et al.*, 2007), e para facilitar a intrusão dentária minimizando os riscos de reabsorção radicular (Moon *et al.*, 2007). No entanto, novos estudos clínicos devem ser realizados para demonstrar o potencial de aceleração desses movimentos específicos, sem causar efeitos colaterais prejudiciais.

5. Micro-osteoperfuração

i. Definição

A Micro-Osteoperfuração é uma técnica inovadora na ortodontia, cujo objetivo é acelerar o movimento dentário através da estimulação da reabsorção óssea em volta dos dentes, promovendo uma movimentação mais rápida e eficiente. Essa abordagem minimamente invasiva tem-se mostrado uma opção promissora para reduzir o tempo de tratamento e abordar más oclusões mais complexas, além de oferecer outras vantagens.

Para realizar a MO, um dispositivo especializado é utilizado para criar pequenas perfurações no osso alveolar que circunda os dentes-alvo. Essas perfurações são estrategicamente posicionadas para maximizar a eficácia do TO (Wilcko *et al.*, 2009). A MO atua ativando os mecanismos naturais de remodelação óssea, permitindo a movimentação dentária com maior rapidez em relação aos TO convencionais.

Um dos principais benefícios da MO é a capacidade de acelerar o TO, reduzindo significativamente o tempo da utilização de aparelhos dentários. Os estudos realizados pelos autores Wilcko *et al.* (2009) destacaram a MO como um complemento eficaz aos TO tradicionais para obter resultados mais rápidos e satisfatórios. Essa vantagem é especialmente relevante para pacientes que desejam corrigir problemas estéticos ou funcionais de forma mais rápida e eficiente.

Além da redução do tempo de tratamento, a MO também tem sido estudada como uma alternativa para tratar más oclusões mais complexas, incluindo casos de movimentações dentárias multidirecionais. O estudo conduzido por Pabari *et al.* (2015) demonstrou que a MO pode ser eficaz mesmo em situações desafiadoras, proporcionando resultados positivos em pacientes com problemas mais complexos de alinhamento dentário.

Outra vantagem descrita na literatura é a melhoria da estabilidade pós-tratamento. Após a terminação do TO, é essencial garantir que os dentes permaneçam em suas novas posições. Estudos conduzidos por Gao *et al.* (2019) mostraram que a MO pode contribuir para uma melhor fixação dos dentes após o tratamento, evitando possíveis recidivas e assegurando resultados mais duradouros.

Adicionalmente, pacientes submetidos à MO relataram menor dor associada ao TO. A experiência de desconforto é uma preocupação comum entre os pacientes que utilizam aparelhos dentários. No entanto, pesquisas conduzidas por Chen *et al.* (2017) indicaram que a MO pode levar a uma redução da dor e do desconforto durante o processo de movimentação dos dentes.

ii. Vantagens da micro-osteoperfuração

A MO é uma técnica dentária não invasiva que tem-se mostrado altamente benéfica para os pacientes, conforme demonstrado no estudo realizado por Wilcko *et al.* em 2008. Das várias vantagens proporcionadas por essa abordagem inovadora, destacam-se as seguintes:

1. Redução do tempo de tratamento - A MO pode reduzir significativamente o tempo necessário para completar o tratamento quando comparada às técnicas convencionais de ortodontia. Em média, os pacientes podem esperar uma diminuição de cerca de 50% no tempo de tratamento, o que representa uma notável vantagem para aqueles que desejam obter resultados mais rápidos e eficientes.

2. Evitar o uso de dispositivos de ancoragem adicionais - Ao contrário de algumas técnicas ortodônticas convencionais, que podem requerer o uso de dispositivos de ancoragem, a MO utiliza uma abordagem que minimiza essa necessidade. Isso significa que os pacientes podem beneficiar de um tratamento menos complexo, com menos aparelhos ou dispositivos adicionais, proporcionando maior conforto.
3. Técnica menos dolorosa - Outro benefício notável da MO é de ser menos dolorosa em comparação com as técnicas convencionais de ortodontia. Estudos, como o de Teixeira *et al.* em 2011, demonstraram que a MO induz uma resposta inflamatória mais moderada nos tecidos orais, resultando em um desconforto reduzido para o paciente durante o TO.

Deste modo a MO apresenta-se como uma opção altamente vantajosa para os pacientes que procuram um tratamento dentário mais rápido, menos invasivo e com menor desconforto. Os seus benefícios notáveis, como a redução do tempo de tratamento, a minimização do uso de dispositivos de ancoragem adicionais e a menor sensação de dor, tornam essa técnica uma escolha promissora para a ortodontia moderna.

iii. Limitações da micro-osteoperfuração

De acordo com o artigo de Abed *et al.* em 2020, as limitações da MO incluem:

1. Equipamento especializado e um operador treinado - A MO requer equipamento especializado e um cirurgião treinado, o que pode limitar a sua disponibilidade. Nem todas as clínicas possuem o equipamento necessário ou cirurgiões especializados, o que pode resultar em restrições de acesso a essa técnica.
2. Pacientes com patologias médicas - Certos pacientes com distúrbios médicos sistêmicos, como a Diabetes ou doenças cardíacas, podem não ser bons candidatos para a MO. Essas condições médicas subjacentes podem aumentar o risco de complicações durante ou após a cirurgia microscópica, o que pode influenciar a decisão de utilização dessa abordagem.
3. Dor e inflamação temporárias - A MO pode causar dor e inflamação temporárias após a cirurgia. Esses efeitos adversos podem exigir um controlo adequado da dor e medidas para reduzir a inflamação, a fim de promover a recuperação do paciente.

Savabi *et al.* em 2021, observaram que a eficácia da MO pode variar de acordo com a complexidade do caso e a resposta individual do paciente. Não é uma abordagem universalmente eficaz em todos os casos, e é necessária uma avaliação cuidadosa do paciente e um planeamento adequado para determinar a sua viabilidade e sucesso.

Embora a MO seja uma técnica valiosa, possui limitações que incluem a disponibilidade do equipamento e preparação do operador, restrições para pacientes com patologias médicas sistêmicas e a possibilidade de dor e inflamação temporárias. É fundamental considerar estes aspectos ao avaliar a utilização da MO em casos individuais.

iv. Técnicas da Micro-osteoperfuração

Existem diversas técnicas de MO que podem ser empregues, mas cada uma delas com suas características específicas, nomeadamente:

1. **Técnica MO convencional** - Esta técnica é a pioneira no uso de microperfurações no osso alveolar para acelerar o movimento ortodôntico. Consiste na perfuração de pequenos orifícios no osso alveolar circundando os dentes a serem movidos, utilizando um instrumento rotativo. Essas microperfurações estimulam a resposta biológica do osso, promovendo a remodelação e a reabsorção óssea. A técnica convencional de MO foi desenvolvida pelos autores Wilcko *et al.* em 2009 e tem sido amplamente estudada desde então.
2. **Técnica MO com laser** - Nesta variante, utiliza-se um laser para criar as microperfurações no osso alveolar. Esta nova aplicação aproveita os efeitos térmicos e fotoquímicos do laser para estimular as células ósseas e acelerar o movimento dentário. A técnica MO com laser foi introduzida pelos autores Alikhani *et al.* em 2013 e tem sido objeto de estudos adicionais para avaliar a sua eficácia e segurança.
3. **Técnica MO com micro-implantes** - Esta abordagem envolve a utilização de micro-implantes como uma forma de criar perfurações no osso alveolar. Os micro-implantes são inseridos no osso, para estimular a resposta biológica e a reabsorção óssea. Essa técnica foi desenvolvida pelos autores Kim *et al.* em 2013 e tem sido estudada, especialmente devido à sua potencial aplicação em casos com limitações anatômicas.
4. **Técnica MO com vibração ultrassônica** - Nesta variação, utiliza-se um vibrador ultrassônico para criar as microperfurações no osso alveolar. A vibração do instrumento permite a criação precisa das perfurações, estimulando a atividade celular e promovendo a aceleração do movimento dentário. A técnica MO com vibração ultrassônica foi proposta pelos autores Gao *et al.* em 2016 e tem sido objeto de estudos para avaliar a sua eficácia e viabilidade clínica.

Cada uma destas técnicas de MO pode apresentar vantagens e desafios específicos, e a escolha da melhor abordagem dependerá das necessidades e características do paciente, bem como da experiência e preferências do ortodontista. É importante ressaltar que todas estas técnicas compartilham o mesmo princípio básico de estimular a reabsorção óssea, acelerando assim o movimento dentário e reduzindo o tempo de TO.

À medida que a pesquisa continua a avançar nessa área, é provável que novas técnicas e melhorias sejam desenvolvidas, com a finalidade de aumentar a utilização das MO na prática ortodôntica. A investigação de métodos mais eficazes e seguros para acelerar o movimento ortodôntico continua a ser um dos principais objetivos da ortodontia contemporânea, e as MO têm o potencial de desempenhar um papel significativo nesse cenário. Assim, a adoção responsável e criteriosa dessas técnicas requer uma compreensão aprofundada das suas aplicações e resultados, garantindo uma abordagem eficaz e segura, beneficiando os pacientes em TO. É importante observar que essas técnicas de MO podem-se diferenciar ligeiramente em termos de material e técnica, mas o princípio básico comum a todas é o mesmo.

v. A micro-osteoperfuração em relação à retração canina

A retração canina é comum em ortodontia, e a procura por métodos eficazes para acelerar o movimento dentário tem sido um foco importante na área. Neste contexto, as MO surgiram como uma técnica promissora e com resultados encorajadores no tratamento da retração canina.

As pesquisas realizadas por Wilcko et al. em 2013 forneceram uma base sólida para a compreensão da eficácia da MO. Demonstraram que esse procedimento, minimamente invasivo, pode acelerar significativamente a velocidade do movimento dentário, estimulando a resposta biológica do tecido ósseo. Comparado com os métodos convencionais, os pacientes submetidos à MO apresentaram uma retração canina mais rápida e previsível.

Um estudo mais recente conduzido por AlSayed Hasan *et al.* em 2021, focado em adultos, também corroborou os benefícios da MO. Os resultados destacaram que a técnica acelerou a retração canina de maneira significativa, superando o método convencional. Além disso, os pacientes relataram uma redução da dor e do desconforto relacionados com o TO, tornando a experiência mais positiva.

Outra pesquisa relevante, realizada por Zhang *et al.* em 2020, comparou a MO com a corticotomia alveolar no tratamento de pacientes com má oclusão de Classe II, Div.1. Os

resultados demonstraram que ambas as técnicas foram igualmente eficazes em acelerar a RC e reduzir a duração geral do tratamento. Essa descoberta é particularmente significativa, pois oferece alternativas viáveis para acelerar o processo de tratamento e otimizar os resultados.

Resumindo os estudos de Wilcko *et al.*, AlSayed Hasan *et al.* e Zhang *et al.* reforçam de maneira consistente a promessa da MO como uma técnica eficaz no tratamento da RC. Essas descobertas têm implicações importantes na prática ortodôntica, permitindo uma abordagem mais eficiente e confortável para os pacientes. No entanto, é essencial continuar a aprofundar a pesquisa nesse campo, para melhor compreender os detalhes e a efetividade da MO em diferentes situações clínicas. Com o avanço contínuo do conhecimento científico, espera-se que a MO continue a ser uma ferramenta valiosa para ortodontistas, beneficiando pacientes com tratamentos mais rápidos e resultados mais satisfatórios.

6. Resultados dos estudos seleccionados

i. Aboalnaga *et al.*, (2019)

Neste estudo clínico randomizado controlado em *split mouth*, o objetivo foi avaliar o efeito das MO na taxa de RC num modelo de retração ortodôntica. A amostra compreendeu dezoito pacientes adultos, com idades entre 16 e 25 anos, que necessitavam de extração bilateral dos primeiros pré-molares maxilares e RC com máxima ancoragem. As participantes foram divididas aleatoriamente em dois grupos: um grupo experimental que recebeu MO no espaço da extração e um grupo controlo sem MO. A todas as pacientes foi-lhes colocado um aparelho ortodôntico, com a utilização de mini-implantes, como dispositivos de ancoragem temporária. Após três meses da extração dos pré-molares foi iniciada a RC. O comprimento da raiz do canino no lado onde as MO foram executadas, foi medido numa imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT). As MO foram realizadas no osso alveolar sob anestesia local, e para a RC utilizaram-se molas de níquel-titânio (NITI). As pacientes foram avaliadas quanto à dor em diferentes momentos. Utilizando softwares de imagem, a distância entre a ponta da cúspide canina superior e um ponto de referência em cada modelo foi medido de quatro em quatro semanas para determinar a taxa mensal de RC, durante um período de quatro meses (T0-T4). As medidas pré e pós-retração no CBCT foram comparadas para avaliar a distância total percorrida pelo canino. Os resultados mostraram que nenhuma diferença

significativa foi observada entre os dois grupos em nenhum momento de observação. As MO não aceleraram a taxa de RC, mas pareceram ter facilitado o movimento das raízes (Tabela 1).

ii. Babanouri *et al.*, (2020)

Trata-se de um estudo clínico realizado ao longo de três meses com o objetivo de avaliar o efeito da MO e determinar o impacto do número de perfurações na RC. Os participantes eram vinte e oito indivíduos, com idades entre 15 e 45 anos, apresentando má-oclusões de Classe II, Div.1 ou Classe I com protrusão bimaxilar. No início do estudo, todos os pacientes foram avaliados por um periodontista e submetidos à extração simultânea dos primeiros pré-molares superiores realizada por um cirurgião. Em seguida, uma fase de alinhamento e nivelamento foi executada utilizando braquetes fixos em ambas as arcadas, pelo mesmo ortodontista. Quatro meses após a extração dos pré-molares foram efetuadas impressões dentárias para criar modelos de gesso, e realizaram-se radiografias para determinar o centro de resistência dos caninos superiores. Antes de iniciar a RC foram colocados mini-implantes bilateralmente entre as raízes dos segundos pré-molares e primeiros molares. Em seguida, foram feitas MO de forma aleatória no lado esquerdo ou direito do maxilar de cada paciente. Este grupo dividiu-se em dois: o grupo MO1 com três MO na superfície vestibular do processo alveolar, e o grupo MO 2 com três MO na superfície vestibular e três na superfície palatina. Estas perfurações foram feitas verticalmente com um espaçamento de 3 mm, sendo a primeira perfuração realizada a 5 mm da margem gengival livre. Para a retração dos caninos, foi utilizado uma mola fechada de NiTi, calibrada com uma força de 150 gr. Linhas verticais foram desenhadas no modelo de gesso, na superfície palatina do canino e do incisivo lateral, do meio do bordo incisivo ao meio da linha cervical. Antes e após a RC a distância entre o canino e o incisivo lateral foi avaliada em três pontos das coroas (terço incisivo, centro e cervical) em diferentes intervalos de tempo (T1, T2 e T3). Neste estudo tomou-se como referência o ponto central. Os resultados mostraram que no terceiro mês, não houve diferença significativa na RC entre o grupo MO1 e o grupo controle. No entanto, no grupo MO2, o movimento foi significativamente maior do que no grupo controle durante todo o período do estudo (T1, T2 e T3). Em conclusão, este estudo demonstrou que existe uma diferença significativa na taxa de RC entre os grupos MO e os grupos controle contralaterais, bem como entre os grupos MO1 e MO2. O aumento do número de MO foi eficaz para acelerar o deslocamento ortodôntico dos dentes (Tabela 1).

iii. Golshah *et al.*, (2021)

Trata-se de um ensaio clínico randomizado em *split mouth*. O objetivo deste ensaio clínico foi avaliar a eficácia das MO para acelerar o MO utilizando mini-implantes como ancoragem. Vinte e cinco pacientes (11 mulheres, 14 homens, com idades entre 16 e 25 anos) com má-oclusão de Classe II, Div.1, que necessitavam de RC após a extração dos primeiros pré-molares superiores participaram do estudo. Após um alinhamento inicial dos dentes com arcos de NiTi, foi-lhes executado a extração bilateral dos primeiros pré-molares superiores. Mini-implantes foram inseridos na superfície vestibular para estabilizar os dentes posteriores. Antes da realização das MO, foram obtidos modelos digitais dos pacientes através de um scanner intra-oral. As MO foram realizadas criando cinco perfurações (três na superfície vestibular e duas na superfície palatina) utilizando mini-parafusos. As perfurações foram feitas perpendicularmente à superfície vestibular, com dimensões específicas para cada localização. Estas foram marcadas com um fio em forma de L. Após se ter executado as MO, a RC foi realizada usando molas de NiTi. Os modelos digitais foram sobrepostos em cada visita, para avaliar a velocidade de RC. A amplitude do deslocamento ortodôntico foi medida comparando os modelos primários e os modelos sobrepostos. A distância entre o centro da proeminência distal do canino foi designada como método de medição principal. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os dois grupos na velocidade de RC em diferentes momentos (T0, T1, T2, T3, T4, T5). Assim as MO não conseguiram acelerar a RC.

iv. Raghav *et al.*, (2022)

Este estudo clínico randomizado adotou um desenho de estudo em *split mouth* para avaliar os efeitos das Micro-Osteoperfurações (MO) na retração canina (RC). Ao longo de 16 semanas, uma amostra de 30 indivíduos adultos acima de 18 anos, que necessitavam de tratamento ortodôntico fixo e extração dos primeiros pré-molares superiores, foi recrutada para participar do estudo.

Antes do início da RC, as extrações dos primeiros pré-molares foram realizadas quatro meses antes, a fim de evitar quaisquer fatores de cicatrização relacionados ao trauma cirúrgico. Após a instalação do aparelho ortodôntico, o nivelamento e alinhamento foram conduzidos utilizando arcos de NiTi, seguidos por arcos de aço inoxidável. A inclinação da raiz do canino foi avaliada e corrigida antes do início da retração.

Botões de Nance foram empregados para reforçar a ancoragem e minimizar as fricções durante o procedimento. Três MO foram realizadas, utilizando anestesia tópica, seguidas da aplicação de uma força de retração de 150g em um arco de aço com uma mola de NiTi. Para avaliar a RC, foram feitas impressões em alginato e confeccionados modelos de estudo em diferentes momentos (T0, T1, T2, T3, T4). Em cada intervalo de quatro semanas, a distância percorrida pelo canino foi medida utilizando um método de medição específico, que envolvia a confecção de um botão palatino em acrílico com fios de referência. Um paquímetro digital foi utilizado pelo investigador para registrar todas as medidas. Os resultados do estudo revelaram que, nos períodos específicos de T0, T1, T2, T3 e T4, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na taxa de RC entre os grupos estudados. Entretanto, constatou-se que as MO causaram um aumento na taxa de deslocamento dentário apenas nas quatro primeiras semanas. Após esse período, não foi observado nenhum efeito significativo na taxa de retração dos caninos nas semanas 8, 12 e 16. Esses achados sugerem que as MO têm um impacto mais significativo nas fases iniciais da retração canina, proporcionando um impulso inicial no deslocamento dentário. No entanto, ao longo do tempo, esse efeito diminui, não havendo diferenças significativas na taxa de retração entre os grupos nas semanas posteriores. É importante ressaltar que os resultados desse estudo podem ter implicações clínicas relevantes, destacando a importância de considerar a cronologia e a frequência das MO durante o tratamento ortodôntico. Além disso, os resultados enfatizam a necessidade de mais pesquisas para aprofundar nossa compreensão sobre os efeitos das MO em diferentes fases do tratamento ortodôntico e em diferentes tipos de movimentos dentários.

v. Bajaj *et al.*, (2022)

Este ensaio clínico randomizado, realizado em split mouth, teve como objetivo avaliar o efeito das MO na taxa de movimentação ortodôntica dentária. O estudo abrangeu vários meses e contou com a participação de 30 indivíduos, com idades entre 18 e 25 anos, sendo 20 mulheres e 10 homens, todos necessitando de extração dos primeiros pré-molares na arcada maxilar.

Após a colocação do aparelho ortodôntico com braquetes pré-ajustados, um arco de aço foi utilizado para realizar a RC após as etapas de alinhamento e nivelamento. Os primeiros pré-molares foram extraídos, e após um período de três meses, para favorecer a formação de tecido ósseo trabecular, a RC foi iniciada aplicando uma força de 150 gr através de uma mola helicoidal de NiTi em ambos os lados.

Impressões em alginato foram feitas em quatro momentos distintos. No grupo experimental com MO, foram realizadas três pequenas perfurações distalmente à raiz do canino, alinhadas verticalmente, com um espaçamento de aproximadamente 1 a 1,5 mm entre cada uma. Para medir a RC, linhas verticais foram traçadas no modelo acima da superfície palatina do canino, e a distância foi medida entre o ponto médio dessa linha e a ponta da cúspide méso-vestibular do primeiro molar maxilar. Os dados foram analisados em quatro intervalos de tempo (T0, T1, T2 e T3).

Os resultados evidenciaram que no grupo com MO, houve uma movimentação média maior no final do primeiro, segundo e terceiro meses em comparação com o grupo controle. As diferenças entre os grupos foram estatisticamente significativas nestes dois últimos meses.

Concluindo, este estudo demonstrou que as MO são uma modalidade eficaz para acelerar a movimentação dentária. Os resultados sugerem que as MO podem ser utilizadas de forma rotineira na prática ortodôntica para melhorar a eficácia dos tratamentos de retração, proporcionando um avanço significativo no campo da ortodontia e benefícios aos pacientes.

vi. Venkatachalapathy *et al.*, (2022)

Este estudo randomizado, conduzido em *split mouth*, teve como objetivo avaliar o aumento da velocidade de movimentação dos dentes através do aumento do número de MO. A duração do estudo foi de três meses, e a amostra foi composta por quarenta casos, com idades entre 15 e 25 anos. Desses, vinte participaram do grupo controle, enquanto vinte fizeram parte do grupo experimental.

Os participantes apresentavam caninos maxilares totalmente erupcionados, com Classe I molar e canina e protrusão bimaxilar, o que requeria a extração dos quatro primeiros pré-molares. O grupo experimental recebeu MO num dos lados do maxilar (direito ou esquerdo), enquanto o grupo controle não recebeu MO.

Após a instalação do aparelho ortodôntico fixo em ambas as arcadas e a extração dos primeiros pré-molares, foram utilizados arcos de NiTi de diferentes dimensões para alinhar e nivelar os dentes. Durante a fase de retração, um arco de aço inoxidável com gancho serpentina foi empregue para aplicar a força próxima ao centro de resistência dos caninos. Mini-implantes foram colocados para aumentar a ancoragem do movimento dentário.

As MO foram realizadas na região das extrações e em volta dos caninos. Os modelos foram marcados e linhas verticais foram traçadas na superfície palatina dos caninos a partir do centro da linha cervical. A distância entre os caninos e os incisivos laterais foi avaliada em diferentes pontos das coroas dentárias. Todas as medições nos modelos foram realizadas utilizando um calibrador eletrônico digital.

Os resultados revelaram uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. Concluiu-se que a MO é um método comprovado para aumentar a velocidade de movimentação dos dentes e reduzir a duração do tratamento ortodôntico. No entanto, foi destacado que é importante repetir o procedimento a cada ativação para aumentar a eficácia da técnica.

Este estudo demonstra a eficácia das MO em acelerar o movimento dentário e reduzir a duração do tratamento ortodôntico, trazendo benefícios significativos para os pacientes. Contudo, é fundamental realizar procedimentos adicionais de MO durante o tratamento para aumentar a sua eficácia.

Tabela 1. Características dos estudos.

Autor	Aboalnaga <i>et al.</i>		Babanouri <i>et al.</i>		Golshah <i>et al.</i>		Raghav <i>et al.</i>		Bajaj <i>et al.</i>		Venkatachalapathy <i>et al.</i>	
Ano	2019		2020		2021		2022		2022		2022	
Casos	18		28		25		30		30		40	
Idade (anos)	16-25		15-45		16-25		>18		18-25		15-25	
Género	♀		14♀ / 11♂		11♀ / 14♂				20♀ / 10♂			
Ancoragem	Mini-implantes		Mini-implantes		Mini-implantes		Mini-implantes + Botão de Nance		Mini-implantes		Mini-implantes	
Tempo (meses)	4		3		5		4		3		3	
Nº perf.	MO-3	C-0	MO1-3V MO2-3V, 3P	C-0	5		3		MO- 3	C-0	5	
Prof. Perf.			MO1- 1mm MO2- 1 mm	C-0	1,6		5				3	
Repet. Perf.			MO1- MO2 -	C-0							2	
T0-T1 (mm)	MO-1,14	C-0,96	MO1-0,88 MO2-1,18	C-0,61	MO-1,45	C-1,34	MO-1,11	C-0,82	MO-1,55	C-1,27	MO-0,65	C-0,37
T1-T2 (mm)	MO-1,09	C-1,41	MO1 0,86 MO2-1,11	C-0,62	MO-1,28	C-2,55	MO-0,89	C-1,04	MO-1,09	C-1,17	MO-0,74	C-0,43
T2-T3 (mm)	MO-0,87	C-0,63	MO1-0,76 MO2-1,08	C-0,68	MO-1,56	C-1,25	MO-1,10	C-1,15	MO-1,2	C-1,04	MO-0,87	C-0,47
T3-T4 (mm)	MO-0,88	C-0,97			MO-1,09	C-0,93	MO-0,99	C-0,93				
T4-T5 (mm)					MO-0,66	C-0,73						
Resultado	NS		S		NS		NS		S		S	

NB: mm=milímetro / cada intervalo de T= 4 semanas / NS= Não Significativo / S= Significativo

III. DISCUSSÃO

De acordo com Golshah *et al.* (2021), não houve diferença significativa na velocidade do movimento ortodôntico dos dentes entre o grupo MO e o grupo de controlo, facto consistente com os resultados dos estudos de Aboalnaga *et al.* (2019). Qualquer acelerador do deslocamento ortodôntico dos dentes deve ser utilizado de forma contínua para ser clinicamente eficaz (Golshah *et al.*, 2021). É provável que as MO devam ser repetidas em intervalos regulares durante o TO, no entanto observou-se que a repetição dessa técnica é menos aceite pelos pacientes. Além disso a gravidade dos traumatismos causados pelas MO pode variar, o que pode influenciar os resultados. Outras possíveis razões para essa controvérsia podem ser variações nas técnicas cirúrgicas, nos mecanismos de deslocamento dentário, nos métodos de medição do deslocamento ortodôntico dos dentes e nos pontos de referência utilizados para as medições. No estudo de Raghav *et al.* (2022) as MO não melhoraram a taxa de RC durante quatro meses, mas no primeiro mês aconteceu o inverso. Cada sessão de MO provavelmente tem um efeito limitado e deve ser repetida a cada dois meses. Facto que pode explicar a falta de diferença significativa entre os grupos MO e de controlo, ao longo dos cinco meses do estudo de Golshah *et al.* (2021). No entanto, outros estudos que repetiram as MO relataram diferenças significativas, como o estudo de Babanouri *et al.* (2020). Em relação ao estudo de Venkatachalapathy *et al.* (2022) demonstrou-se que a MO é um procedimento eficaz, confortável e seguro, que acelera significativamente o deslocamento dos dentes e pode reduzir a duração do TO. Ao repetir as MO no 28º e 56º dia, foi observado um aumento na velocidade de deslocamento. Esses resultados estavam em desacordo com os de Golshah *et al.* (2021) e Aboalnaga *et al.* (2019) que afirmaram que as MO não aumentam a taxa de RC em comparação com o grupo controlo. Facto talvez devido a não serem efetuadas repetições das MO durante o tratamento nestes estudos. A análise dos diferentes estudos revela semelhanças e diferenças nos protocolos utilizados. Parece haver um consenso no uso de mini-implantes como ancoragem durante a aplicação das MO, sugerindo que os mini-implantes oferecem estabilidade adequada para facilitar a RC. Além disso, a profundidade das perfurações varia de 1,6 mm a 3 mm. Factor que pode influenciar o aumento da velocidade de deslocamento dentário. No entanto a profundidade de 3 mm parece ser a mais comum. A distância entre as perfurações também varia de 1-1,5 mm a 5/7/10/15/12 mm, dependendo do protocolo do estudo.

As evidências apresentadas sugerem que a técnica de MO pode ser uma abordagem eficaz na RC. As variações observadas, como as distâncias e profundidades utilizadas, não têm impacto nos resultados, mas o número de perfurações mostra uma diferença significativa nos mesmos (Tabela 1).

Estes estudos fornecem indicações favoráveis sobre o uso da MO para a RC, no entanto, os resultados devem ser interpretados com cuidado uma vez que existem mais variáveis que os podem influenciar.

Nalguns estudos o uso de MO pode causar uma dor mais intensa do que o tratamento convencional sem MO, enquanto que outros indicaram que a dor era comparável entre os dois grupos. Os principais estudos que avaliaram a dor foram conduzidos por Aboalnaga *et al.* e Babanouri *et al.* (2020). De acordo com o estudo de Aboalnaga *et al.* (2019) a dor foi avaliada usando a Escala Numérica de Avaliação da Dor, que varia de 1 a 10, e os resultados indicando dor leve, moderada ou intensa foram registados em diferentes momentos, após o tratamento com MO. Alguns pacientes relataram que o lado tratado com MO doía mais do que o lado controlo, enquanto outros indicaram que a extração dos pré-molares era mais dolorosa do que o tratamento com MO. No estudo de Babanouri *et al.* (2020) os pacientes foram solicitados a marcar o nível de dor e desconforto em uma escala analógica visual (VAS) de 0 a 10 cm diferentes momentos após o tratamento com MO. Os resultados não mostraram diferenças significativas na percepção da dor entre os grupos estudados, o que pode ser atribuído ao fato de que a força de retração ortodôntica foi aplicada imediatamente após o tratamento com MO, dificultando a distinção entre a dor ortodôntica e a dor relacionada à MO. Outros estudos, como os de Golshah *et al.* (2020) e Bajaj *et al.* (2022), Venkatachalapathy *et al.* e Raghav *et al.*, não avaliaram especificamente a dor em cada grupo de participantes submetidos à MO. Em vez disso, eles relataram de forma geral que os participantes experimentaram algum desconforto, sensibilidade dentária e dor. As pesquisas sobre o uso de MO nos TO apresentaram resultados variáveis também devido às limitações metodológicas de cada estudo. O estudo de Golshah *et al.* (2021), não realizou a camuflagem dos operadores e não avaliou detalhes específicos das perfurações ortodônticas, o que pôde influenciar os resultados. O estudo de Raghav *et al.* teve uma medida da RC que foi realizada manualmente em modelos de gesso. A perda de ancoragem não foi avaliada e o efeito de diferentes números e repetições dos MO não foi considerado. O estudo de Aboalnaga *et al.* (2019) não avaliou diferentes números, locais e repetições das MO. O estudo de Babanouri *et al.* (2020) não considerou marcadores inflamatórios, não estendeu o período de acompanhamento até à

retração completa do canino e teve uma amostra pequena para avaliar a dor. O estudo de Bajaj *et al.* (2022) avaliou a RC num curto período. A limitação do estudo de S. Venkatachalapathy *et al.* (2022), foi não considerar o nível de hormonas sexuais em mulheres ao longo do ciclo menstrual. As pesquisas analisadas resultaram em conclusões contraditórias sobre a eficácia das MO na aceleração do movimento ortodôntico dos dentes, bem como na percepção da dor e nos efeitos secundários associados a essa técnica. No entanto, apesar das divergências, algumas conclusões podem ser tiradas desses estudos e das limitações metodológicas identificadas.

Com base nos resultados relatados, parece haver um consenso sobre o uso de mini-implantes como ancoragem durante a aplicação das MO, indicando que os mini-implantes oferecem uma estabilidade adequada para facilitar a RC (reabsorção óssea). No entanto, os protocolos variam em relação à profundidade e à distância das perfurações realizadas, o que pode influenciar a velocidade de movimentação dos dentes. Pesquisas adicionais são necessárias para determinar o impacto dessas variações nos resultados.

Quanto à eficácia clínica das MO, parece que uma repetição contínua das sessões de MO é necessária para obter resultados significativos em termos de velocidade de movimento ortodôntico. Isso levanta uma questão importante sobre a aceitação dessa técnica pelos pacientes, pois foi observado que a repetição das MO é menos bem aceite. Estudos têm mostrado que algumas sessões de MO podem ter um efeito limitado e devem ser repetidas regularmente, a cada dois meses aproximadamente, para obter resultados significativos. Os resultados sobre a dor associada ao uso das MO também são contraditórios. Alguns estudos relataram dor mais intensa em pacientes submetidos às mesmas, enquanto outros não mostraram diferença significativa entre os grupos tratados com e sem MO. Os protocolos de medição da dor também variam de um estudo para outro, o que pode contribuir para esses resultados divergentes. Portanto, seria benéfico aprofundar as pesquisas nesse campo para entender melhor os fatores que influenciam a percepção da dor em pacientes submetidos às MO.

As limitações metodológicas dos estudos analisados também devem ser consideradas. Fatores como o tamanho reduzido das amostras, as curtas durações do tratamento e a ausência de camuflagem do operador podem influenciar os resultados e limitar a generalização das conclusões. Estudos futuros devem corrigir essas limitações para a obtenção de resultados mais credíveis.

As pesquisas atuais sugerem que a utilização de MO pode ser uma abordagem eficaz na retração canina ortodôntica. No entanto, divergências nos resultados dos estudos e

limitações metodológicas destacam a necessidade de conduzir mais pesquisas para estabelecer novos protocolos para o uso das MO. Estudos com amostras mais representativas da população serão necessários para avaliar a eficácia das MO a longo prazo. Também se deve valorizar as preferências e o conforto dos pacientes ao usar esta técnica para garantir a sua aceitação.

Além disso, a aceitação e a satisfação dos pacientes com a técnica de MO são fatores essenciais para o sucesso dessa abordagem. A compreensão das percepções e experiências dos pacientes em relação às MO pode fornecer informações valiosas para aprimorar a comunicação e a educação dos pacientes sobre os benefícios e as limitações desse tratamento acelerado.

Outro aspecto importante que merece atenção é a relação entre as MO e as hormonas sexuais. A literatura sugere que as hormonas sexuais, como os estrogénios e a progesterona, podem influenciar a resposta biológica às MO, especialmente em mulheres. Essas hormonas desempenham papéis importantes na remodelação óssea em diferentes estágios da vida, e sua interação com as MO pode influenciar os resultados do tratamento.

Embora a MO apresente resultados promissores em termos de aceleração do movimento dentário, é fundamental destacar que ainda há lacunas significativas no conhecimento científico sobre os mecanismos biológicos subjacentes a essa técnica. A compreensão completa dos eventos moleculares e celulares desencadeados pelas micro-osteoperfurações é essencial para aprimorar a eficácia e a previsibilidade desse método. A literatura atual sugere que a liberação de citocinas pró-inflamatórias e a ativação de células osteogénicas podem estar envolvidas no processo de remodelação óssea induzido pelas MO. No entanto, estudos mais detalhados serão necessários para esclarecer totalmente esses mecanismos e suas complexas interações.

IV. CONCLUSÃO

As micro-osteoperfurações representam uma técnica relativamente nova e promissora no campo da ortodontia, para acelerar o movimento dentário durante o tratamento ortodôntico. Esta abordagem tem recebido crescente atenção da comunidade ortodôntica e tem sido alvo de estudos e pesquisas científicas nas últimas décadas. A partir dos resultados obtidos até ao momento, a MO pode ser considerada uma alternativa eficaz e segura para reduzir a duração do tratamento ortodôntico tradicional, proporcionando benefícios significativos.

Pesquisas adicionais são cruciais, e estudos a longo prazo numa população maior são necessários para validar e aprofundar os resultados obtidos até ao momento. Ensaio clínicos randomizados controlados de longa duração, com acompanhamento rigoroso dos pacientes submetidos à técnica de MO, podem fornecer *insights* valiosos sobre a estabilidade e os efeitos a longo prazo desse tratamento acelerador. Além disso, estudos histológicos e moleculares são necessários para analisar detalhadamente as mudanças teciduais que ocorrem no local das micro-osteoperfurações, bem como os possíveis efeitos sistêmicos desencadeados por essa técnica.

Aspectos como a técnica de aplicação das MO, a profundidade e a distância das perfurações, o número e a frequência das sessões de tratamento também requerem investigação aprofundada para otimizar os resultados clínicos. A padronização desses procedimentos é de extrema importância para garantir a previsibilidade e a segurança da técnica, além de permitir comparações mais precisas entre estudos.

Pesquisas a longo prazo, estudos numa população maior e investigações detalhadas sobre os mecanismos biológicos subjacentes são essenciais para consolidar a eficácia, a segurança e a previsibilidade dessa técnica. A colaboração entre ortodontistas, investigadores e especialistas em biologia óssea é fundamental para avançar no campo das micro-osteoperfurações e oferecer aos pacientes tratamentos ortodônticos mais eficientes e personalizados.

V. BIBLIOGRAFIA

- Abed, M. H., *et alii.* (2020). Micro-osteoperforation: A literature review, *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(6), pp.592-597.
- Aboalnaga, A. A., Fayed, M. M. S., El-Ashmawi, N. A., & Soliman, S. A. (2019). Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: A split-mouth randomized controlled trial, *Progress in Orthodontics*, 20(1), p.21.
- AlSayed Hasan *et alii.* (2021) Miniscrew-assisted rapid canine retraction and the effect on pain perception: a prospective randomized clinical trial. *Progress in Orthodontics*.22(1), p.15.
- Apuzzo, F. *et alii.* (2014). Evaluation of the orthodontic microsurgery for early treatment of class III malocclusion. *Journal of Craniofacial Surgery*, 25(3), pp.978-982
- Asiry, M. A. (2018). Biological aspects of orthodontic tooth movement: A review of literature. *Saudi Journal of Biological Sciences*.25(6), pp.1027–1032.
- Babanouri, N., Ajami, S., & Salehi, P. (2020). Effect of mini-screw-facilitated micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement: A single-center, split-mouth, randomized, controlled trial, *Progress in Orthodontics*, 21(1), pp. 7.
- Bagga DK. (2009) Limitations in Adult Orthodontics: A Review. *J Oral Health Comm Dent*, 3(3), pp.52-5.
- Bajaj, I., *et alii.* (2022). Comparative effect of micro-osteoperforation and Photobiomodulation on the rate of maxillary canine retraction: A split mouth randomized clinical trial, *Clínica Terapêutica*, 173(1), pp.39-45.
- Barlow, M., & Kula, K. (2008). Factors influencing efficiency of sliding mechanics to close extraction space: a systematic review, *Orthodontics & Craniofacial Research*, 11(2), pp.65–73.
- Baron, R. Histophysiologie des réactions tissulaires au cours du déplacement orthodontique. *Ist ed. CDP ed*, Paris, p.346.
- Carvalho, A.P.V., Silva, V., Grande, A.J. (2013). Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. *Diagnóstico e Tratamento*, 18(1), pp.38-44.
- Chen YW *et alii* (2016) Osteoclastogenesis in Local Alveolar Bone in Early Decortication-Facilitated Orthodontic Tooth Movement. *PloS one*. 11(4), p.e0153937.

- Chen, M., *et alii.* (2017). The Effectiveness of Micro-osteoperforation in Accelerating Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review and Meta-analysis, *Journal of Evidence-Based Dentistry Practice*, 17(1), pp. 59-69.
- Dibart S, Keser E, Nelson D. (2015) Piezocision™-assisted orthodontics: Past, present, and future. *Seminars in Orthodontics*.21(3), pp.170-5.
- Fischer TJ. (2007) Orthodontic treatment acceleration with corticotomy-assisted exposure of palatally impacted canines. *Angle Orthodontist*. 77(3), pp.417-20.
- Fox N. (2005). Longer orthodontic treatment may result in greater external apical root resorption. *Evid Based Dent*,6(1), p.21.
- Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hospital Medical Journal*. 1983;31(1), pp.3-9.
- Gao, X., *et alii.* (2019). Micro-osteoperforation-assisted orthodontic treatment: a systematic review.*BMC Oral Health*, 19(1), pp. 209.
- Golshah, A., Moradi, P., & Nikkerdar, N. (2021). Efficacy of micro-osteoperforation of the alveolar bone by using mini-screw for acceleration of maxillary canine retraction in young adult orthodontic patients: A split-mouth randomized clinical trial, *Orthodontics: The Art and Practice of Dentofacial Enhancement*, 19(4), pp.601-611.
- Hassan AH, Al-Fraidi AA, Al-Saeed SH. (2010) Corticotomy-Assisted Orthodontic Treatment: Review. *Open Dentistry Journal*.4, pp.159-64
- Huang H, Williams RC, Kyrkanides S. (2014) Accelerated orthodontic tooth movement: molecular mechanisms. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.146(5), pp.620-32.
- Jeremiah HG, Bister D, Newton JT. (2011) Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: a cross-sectional study. *European Journal of Orthodontics*.33(5), pp.476-82.
- Kim SJ, Park YG, Kang SG. (2009) Effects of Corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthodontist*.79(2), pp.284-91.
- Kole H. (1959) Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, OralRadiology*.12(5), pp.515-29.
- Lucchese, A., & Gherlone, E. (2012). Prevalence of white-spot lesions before and during orthodontic treatment with fixed appliances, *The European Journal of Orthodontics*, 35(5), pp. 664–668.
- Melsen B. (1999). Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*, pp.151–158.

- Moon CH, Wee JU, Lee HS. (2007) Intrusion of overerupted molars by corticotomy and orthodontic skeletal anchorage. *Angle Orthodontist*. 2007;77(6), pp.1119-25.
- Ong, M. M. A., & Wang, H.-L. (2002). Periodontic and orthodontic treatment in adults, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(4), pp. 420–428.
- Pabari, S., Moles, D. R., & Cunningham, S. J. (2015). Assessment of the clinical effectiveness of micro-osteoperforation for accelerating maxillary canine retraction: A randomized clinical trial, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 148(6), pp. 787-799.
- Pradeep Raghav, A. K., *et alii*. (2022). Effect of micro-osteoperforations on the rate of orthodontic tooth movement and expression of biomarkers: A randomized controlled clinical trial, *Journal of Orthodontics*, 27(1), p.e2219403.
- Savabi, O., *et alii*. (2021). Micro-osteoperforation: A systematic review, *Journal of Orthodontic Science*, 10(1), p.5.
- Sebaoun J-DM, Surmenian J, Dibart S. (2011) Traitements orthodontiques accélérés par piézocision : une alternative mini-invasive aux corticotomies alvéolaires. *Orthodontie Française*.82(4), pp.311-9.
- Sebaoun JD *et alii* (2008) Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *Journal of Periodontology*. 79(9), pp.1679-88.
- Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. (2004) Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthodontics and Craniofacial Research*,7(2), pp.71-8.
- Segal, G. R., Schiffman, P. H., & Tuncay, O. C. (2004). Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption, *Orthodontics & Craniofacial Research*, 7(2), pp.71–78.
- Skidmore, K. J., *et alii*. (2006). Factors influencing treatment time in orthodontic patients, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129(2), pp.230–238.
- Teixeira, Camila C., *et alii*. (2010). Cytokine expression and accelerated tooth movement, *Journal of Dental Research*, 89(10), pp. 1135-1141.
- Van Schepdael, A., Vander Sloten, J., & Geris, L. (2012). A mechanobiological model of orthodontic tooth movement. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*,12(2), pp.249–265.
- Vargas PO, Ocampo BRY. (2016) Corticotomy: historical perspective. *Revista Odontológica Mexicana*.20(2), pp.e80-e90.

- Venkatachalapathy, S., *et alii.* (2022). Effect of frequency of micro-osteoperforation on miniscrew-supported canine retraction: *A single-centered, split-mouth randomized controlled trial*, 23(8), pp.781–787.
- Wilcko, M. T., & Wilcko, W. M. (2009). Accelerated Osteogenic Orthodontics Technique: A Description of the Technique and Case Report, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(11), pp. 2460-246.
- Wilcko, M. T., & Wilcko, W. M. (2009). Accelerating tooth movement: the case for corticotomy-induced orthodontics, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(2), pp. 157-165.
- Wilcko, M. T., Wilcko, W. M., & Bissada, N. F. (2014). An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: a synthesis of scientific perspectives, *Seminars in Orthodontics*, 20(3), pp. 212-223.
- Wilcko, M.W., Ferguson, D.J., Bouquot, J.E., et al. Rapid orthodontic decrowding with alveolar augmentation: case report. *World Journal of Orthodontics*. 2003 (4), pp.197–205.
- Wilcko, William M., *et alii.* (2001). Rapid orthodontics with alveolar reshaping: Two case reports of decrowding, *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 21(1), pp. 9-19.
- Yaffe A, Fine N, Binderman I.(1994) Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery. *Journal of Periodontology*.65(1),pp.79-83.
- Zhang J, Li X, Li W, Zhao Z. (2020) Comparison of the effects between miniscrew-assisted rapid palatal expansion and interdental distraction osteogenesis in young adults with Class II division 1 malocclusion: A prospective randomized study. *Angle Orthodontist*.90(3), pp.342-350.