

Reabsorções radiculares induzidas pelo tratamento ortodôntico: Fixo vs. Removível.

Lisa Michonneau

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 2 de junho de 2020

Lisa Michonneau

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

**Reabsorções radiculares induzidas pelo tratamento
ortodôntico: Fixo vs. Removível.**

Trabalho realizado sob a Orientação de Doutor José Leonal Sousa.

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, 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, **José Leonel Sousa**, com a categoria profissional de “**Assistente Convidado**” do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada “*Reabsorções radiculares induzidas por tratamento ortodôntico: fixo vs removível*”, do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, Lisa Michonneau 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, 2 de Junho de 2020

O Orientador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais, Andrea e Jean-François, sem os quais tudo isto não teria sido possível. Quero manifestar a minha gratidão pelo apoio incondicional que sempre me dispensaram. Pela sua educação exemplar, que me permitiu tornar a pessoa que sou hoje. Estou-lhes particularmente grato por me terem dado a coragem e os meios de partir para a aventura de mudar de país para conseguir o emprego dos meus sonhos.

A minha querida irmã, Katia, que esta sempre presente no meu coração.

A todo o corpo docente do grupo CESPU, que me acompanhou durante cinco anos e me deu a oportunidade de completar este curso. Permitiu-me adquirir conhecimentos e prática em diferentes ambientes para nos dar a confiança necessária para começar como dentista.

Também a CESPU por nos ter dado a oportunidade de realizarmos os nossos estudos em excelentes condições, por nos ter acolhido e ajudado a integrarmo-nos num país que nos era desconhecido quando chegámos. Para nos permitir enriquecer a nossa experiência em diferentes ambientes.

A meu binómio, Charles, por toda a solidariedade e apoio que me deu. O seu trabalho assíduo ao meu lado tem sido uma grande ajuda na minha formação.

Ao Doutor Gérard Taillandier, especialista em cirurgia dentária, por me ter orientado e aconselhado ao longo dos meus estudos e na preparação do meu futuro.

A meu orientador Doutor José Leonel Sousa, um especial obrigado pelo apoio, esclarecimentos e críticas construtivas no desenvolvimento do meu trabalho.

RESUMO E PALAVRAS CHAVE

O tratamento ortodôntico é a principal causa de reabsorções radiculares inflamatórias apicais, porque baseia-se num sistema de equilíbrio entre as atividades osteoblásticas e osteoclasticas (remodelação do osso alveolar, do ligamento periodontal e do cimento) para conseguir movimentar as raízes ao fim de restaurar as funcionalidades e estética dos dentes. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura integrativa para comparar o impacto de diferentes aparelhos ortodônticos: fixos e alinhadores removíveis, nas reabsorções radiculares apicais externas induzidas pelo tratamento ortodôntico. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica no PubMed (via MeSH Database) envolvendo artigos publicados nos 10 últimos anos, usando a combinação dos seguintes termos científicos: ortodontia corretiva, técnicas de movimentação dentária; terapia de mal oclusão; reabsorção radicular e efeitos adversos. A pesquisa identificou 228 estudos, dos quais 14 foram considerados relevantes para este estudo. Esses estudos forneceram dados importantes sobre o número de pacientes afetados pelas reabsorções radiculares durante o tratamento ortodôntico com diferentes tipos de aparelhos, sobre o tipo de dente mais afetado e a quantidade de raiz reabsorvida, mas também evidenciam uma série de fatores determinantes. A presença destes fatores que influenciam o aparecimento das reabsorções radiculares, parece ser mais importante do que o tipo de aparelhos propriamente ditos. O protocolo deve, portanto, ser adaptado, de preferência utilizando forças leves e intermitentes e um acompanhamento regular com CBCT.

PALAVRAS-CHAVE: Ortodontia Corretiva; Técnicas de movimentação dentária; Terapia de maloclusão; Reabsorção radicular; Efeitos adversos

ABSTRACT AND KEYWORDS

Orthodontic treatment is the main cause of apical inflammatory root resorption because it is based on a system of balance between osteoblastic and osteoclastic activities (remodeling of the alveolar bone, periodontal ligament and cementum) to be able to move the roots in order to restore the functionality and aesthetics of the teeth. The aim of this study was to conduct an integrative literature review to compare the impact of different orthodontic appliance: fixed and removable thermoplastic, on roots resorptions. An electronic search was performed on the PUBMED (via Mesh Database) involving articles published in the last 10 years, using a combination of the following scientific terms: corrective orthodontics, tooth movement techniques, malocclusion therapy, root resorption and adverse effects. The research identified 228 studies, of which 14 were considered relevant for this study. These studies provided important data on the number of patients affected by root resorption during orthodontic treatment with different types of appliances, on the type of tooth most affected and the amount of root resorption, but also highlighted a number of determining factors. The presence of these factors that influence the appearance of root resorption seems to be more important than the type of appliance itself. The protocol should therefore be adapted, preferably using light and intermittent forces and regular monitoring with CBCT.

KEYWORDS : Corrective Orthodontics ; Tooth Movement Techniques ; Malocclusion Therapy ; Root Resorption ; Adverse effects

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E METODO	3
3. RESULTADOS	5
4. DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	27

ÍNDICE DE ABREVIATURAS:

RREIOI: Reabsorções radiculares externas inflamatórias ortodonticamente induzidas

CBCT: Tomografia computadorizada de feixe cônico

OPG: Ortopantomografia

FI: Forças intermitentes

FC: Forças contínuas

ICS: Incisivos centrais superiores

ILS: Incisivos laterais superiores

ICI: Incisivos centrais inferiores

ILL: Incisivos laterais inferiores

CS: Caninos superiores

CI: Caninos inferiores

PMS: Pré-molares superiores

PMI: Pré-molares inferiores

MS: Molares superiores

MI: Molares inferiores

1. INTRODUÇÃO

O tratamento ortodôntico é a principal causa de reabsorções radiculares inflamatórias apicais.¹ Esta relação foi estabelecida pela primeira vez em 1914 por Ottolengui. Treze anos mais tarde, foi destacado radiograficamente por Ketcham², o que tem forçado os ortodontistas a considerar estas complicações.

O sucesso do tratamento ortodôntico baseia-se num sistema de equilíbrio entre as atividades osteoblásticas e osteoclásticas (remodelação do osso alveolar, do ligamento periodontal e do cimento) para conseguir movimentar as raízes ao fim de restaurar as funcionalidades e estética dos dentes. Fatores relacionados com o tratamento ou com o paciente são responsáveis por um desequilíbrio neste processo³ e levam ao aparecimento e a progressão desta reabsorção radicular que resulta de uma necrose estéril do ligamento periodontal. A necrose isquêmica ou hialinização do ligamento periodontal ocorre no lado ou na zona de compressão dos vasos.⁴ Três fases podem ser descritas na zona hialina, nomeadamente, degeneração, eliminação de produtos destruídos e restabelecimento. Em 1914, estudos em animais confirmaram que o OIRR ocorre como parte do processo de eliminação da zona hialina.⁵ As células macrofágicas e multinucleadas são ativadas por sinais bioquímicos provenientes do tecido necrótico estéril, resultado da aplicação de força ortodôntica. Os macrófagos são células necrófagas de origem hematopoiética que tem como função a eliminação do tecido necrótico. O processo de eliminação inicial ocorre na periferia da zona hialina, onde o fornecimento de sangue ao ligamento periodontal ainda existe ou é mesmo aumentado.⁴ Durante a remoção da zona hialina, a superfície exterior próxima da raiz pode ser afetada. Em casos graves, as camadas exteriores da superfície da raiz, incluindo os cementoblastos e as camadas pré-cementais, podem ser danificadas.⁶ A atividade das células macrofágicas e multinucleadas continua até que o tecido hialino tenha sido completamente removido e/ou o nível de força diminua. As lacunas de reabsorção que se formam nas superfícies radiculares envolvidas ajudam a aumentar a superfície radicular e assim diminuir a pressão exercida através da aplicação de força. A descompressão que ocorre permite a inversão do processo e a reparação do cimento.⁴ Se a força ortodôntica for aplicada durante muito tempo, as células multinucleadas desenvolvem uma morfologia e funções odontoclásticas e iniciam uma reabsorção completa do cimento, desnudando áreas dentinárias mineralizadas. Estas células produzem uma reabsorção radicular

tridimensional, não reversível e radiograficamente evidente, normalmente localizada no terço apical da raiz.⁷ Posteriormente, estas anomalias podem afetar a manutenção adequada das restaurações efetuadas na medicina dentária e agravar as doenças periodontais, acelerando a sua progressão.

Os primeiros aparelhos removíveis utilizados na movimentação dentária datam do início do século XX. No início dos anos 80, a introdução de goteiras termoplásticas formadas a vácuo permitiu aos ortodontistas alterar a forma como olhavam para os dentes a movimentar. Este dispositivo ficou conhecido como um "alinhador" porque podia alinhar os dentes ligeiramente deslocados ou apinhados de volta para uma oclusão adequada. No início, apenas pequenos graus de movimentos dentários eram possíveis com um único alinhador, devido à rigidez do material. Tornou-se muito evidente que a melhor forma de criar um sistema de movimentação ortodôntica era através de uma sequência de vários alinhadores feitos a partir de uma série de moldes dentários com dentes posicionados em locais ligeiramente diferentes.⁸

Em 1999, o sistema Invisalign é comercializado pela primeira vez e é considerado o pioneiro da "Ortodontia invisível", que é percebida como a forma estética final da Ortodontia. O sistema de tratamento Invisalign combina um software de modelação tridimensional com tecnologia de fabrico à medida. Os alinhadores são feitos de um plástico transparente e fino, que se adapta às superfícies vestibular, lingual e oclusal dos dentes. Os alinhadores devem ser usados pelo paciente durante 22 horas por dia para conseguir um movimento gradual dos dentes e são depois mudados e avançados para o próximo alinhador da série de duas em duas semanas. Cada alinhador é projetado para mover um dente cerca de 0,25-0,33mm.⁹

Recentemente, o tratamento com alinhadores tornou-se mais popular porque é mais confortável e menos perceptível em comparação com o tratamento fixo, sendo cada vez mais utilizados em adultos.¹⁰

O construtor está constantemente tentando melhorar seu produto e expandir seus parâmetros de tratamento para incluir o tratamento de casos mais complexos. Houve avanços nos fixadores dos dentes, que permitem movimentos mais complexos. São botões compostos coloridos que permitem que os alinhadores rodem, intruam ou extruam um dente.⁸ Tanto as partes de ligação como os efeitos mecânicos sobre os dentes são diferentes dos aparelhos fixos, pelo que se pode

esperar uma reabsorção radicular diferente. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura integrativa para comparar o impacto de aparelhos ortodônticos diferentes: fixos e alinhadores removíveis, nas reabsorções radiculares apicais externas induzidas pelo tratamento ortodôntico.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Protocolo e estratégia de busca

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica no PubMed (via MeSH Database) envolvendo artigos publicados entre 1927 e abril de 2020, para identificar estudos sobre os efeitos adversos da ortodontia sobre as raízes dentarias.

Foi usada a seguinte combinação de termos de pesquisa: "Corrective Orthodontics"; "Tooth Movement Techniques"; "Malocclusion therapy"; "Root Resorption" e "Adverse effects". Os termos de pesquisa foram aplicados na base de dados em diferentes combinações sem limite de tipo de trabalho. Os duplicados foram removidos usando o gerenciador de citações de Mendeley.

2.2. Seleção dos estudos

Uma avaliação preliminar dos resumos foi realizada para estabelecer se os artigos cumpriam o objetivo do estudo. Os artigos selecionados foram lidos e avaliados individualmente em relação ao objetivo deste estudo. Os seguintes fatores foram recuperados para esta revisão: nome dos autores, ano de publicação, objetivo, população de estudo, tipo de tratamento recebido, métodos de diagnóstico e os tipos de dentes analisados.

2.3. Critérios de elegibilidade

Os critérios de inclusão usados para os artigos foram:

- estudos publicados até abril 2020
- estudos realizados em humanos, meta-análises, ensaios clínicos randomizados e não randomizados, estudos de coorte prospectiva e retrospectiva e artigos escritos em inglês, português ou francês.

- estudos com diferentes métodos de diagnóstico: CBCT, radiografias periapicais e ortopantomografias
- estudos realizados quer em adultos quer em crianças
- estudos realizados sobre todos os dentes ou grupos localizados de dentes
- estudos que avaliam a incidência e a gravidade das reabsorções radiculares associadas a alinhadores ou aparelhos ortodônticos isoladamente ou comparação dos dois

Os critérios de exclusão usados para as pesquisas foram:

- estudos nos animais
- case-report
- revisão de literatura
- estudos que tratam dos dois tipos de aparelhos ortodônticos, mas sem avaliar a reabsorção radicular ao fim do tratamento.
- artigos direcionados a uma população específica

2.4. Limitações do estudo

Os métodos de diagnóstico, de análise e de seleção das amostras são várias entre os diferentes artigos, portanto os perfis das populações estudadas são diferentes, o que pode complicar a comparação dos resultados.

A maioria dos estudos são feitos em paciente com discrepância ligeira. Os resultados poderiam estar diferentes com outro tipo de maloclusão.

Mais de um terço dos estudos foi realizado com a ortopantomografia como método de diagnóstico, o que pode resultar em mais erro do que o CBCT, é menos preciso.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados da busca

A estratégia de busca pela conjugação das diferentes palavras chave permitiu identificar 228 artigos potencialmente elegíveis, conforme mostrado na Fig. 1. A remoção dos duplicadas resultou na seleção de 126 artigos. Em seguida, o título e o resumo dos artigos identificados foram submetidos a uma avaliação preliminar para estabelecer se eles atenderam aos critérios de inclusão, sendo assim excluídos 90 artigos. Finalmente, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e analisados com o objetivo de estudo e selecionaram-se 14 artigos.

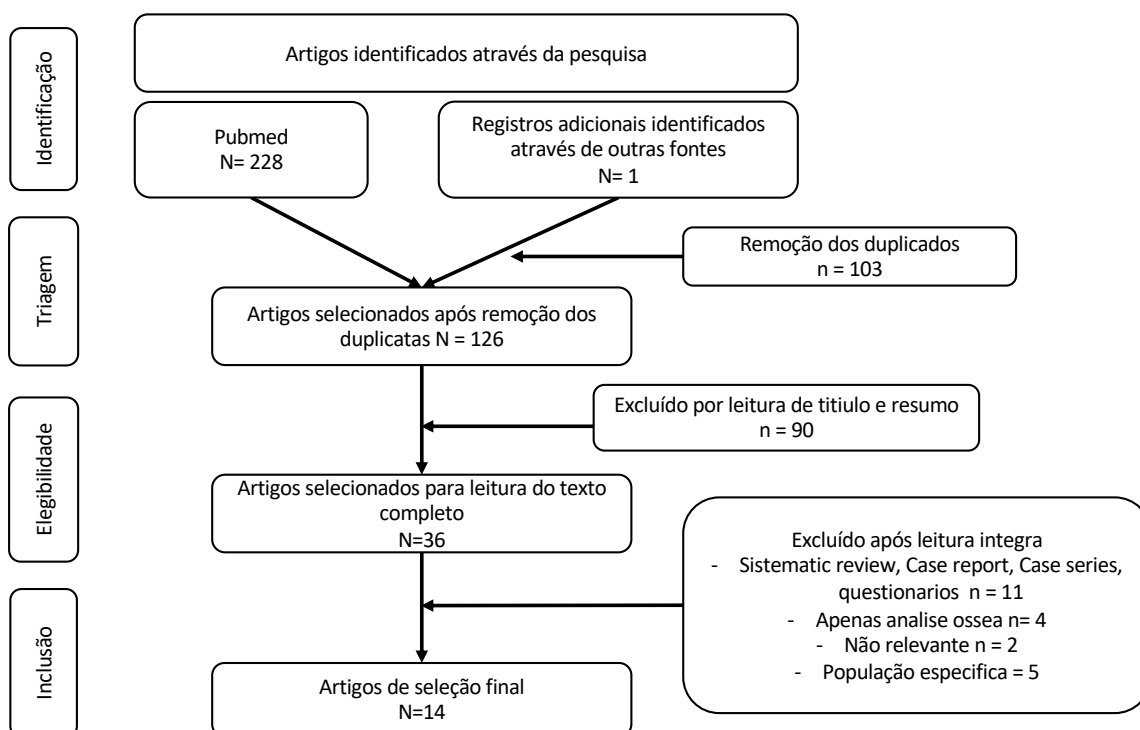


Figura 1. Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada neste estudo

3.2. Características dos estudos

As informações detalhadas dos artigos selecionados são apresentadas na tabela 1 em anexo. Dos 14 estudos selecionados, 3 (21,4%) avaliaram as reabsorções radiculares após tratamentos ortodônticos fixos, 3 artigos (21,4%) investigaram também as reabsorções, mas após um tratamento ortodôntico removível tipo "aligners", 6 outros artigos (42,9%) efetuaram uma comparação entre os dois tipos precedentes e por fim, 2 artigos (14,3%) avaliaram a diferença entre tratamentos ortodônticos contínuos e intermitentes.

Em todos os estudos, foi realizada a medição dos comprimentos das raízes antes e após o tratamento ortodôntico. As medidas registadas podem ser medidas absolutas ou relativas (coroa/raiz).

Os estudos que investigaram aparelhos fixos são estudos de coorte (prospetivos e retrospectivos).^{11,12,13} Eles envolvem todos os dentes (desde os incisivos até aos primeiros molares superiores e inferiores) e o exame clínico utilizado para determinar a presença ou ausência de reabsorção radicular foi a tomografia computadorizada. Em dois deles^{11,13}, alguns pacientes foram submetidos a extração de pré-molares para corrigir os apinhamentos. Nos 3 estudos, o tratamento dura entre 20 e 22 meses, a reabsorção radicular afeta 80% a 100% dos pacientes, impactando principalmente os incisivos e pré-molares e estendendo-se, em sua maioria, entre 1 mm e 4mm.

Os estudos que investigam aparelhos alinhadores são estudos de coorte (prospetivos e retrospectivos).^{14,15,16} Dois deles^{14,15} envolvem todos os dentes (desde os incisivos até os primeiros molares superiores e inferiores), durou 14 e 19,8 meses e ao fim o exame clínico usado para determinar a presença ou ausência de reabsorção radicular foi a ortopantomografia. Um outro¹⁶ analisa só os dentes anteriores durante $2,19 \pm 0,81$ anos, período após o qual o diagnóstico foi feito com tomografia computadorizada. Quando necessário foi realizado redução interproximal do esmalte e/ou protrusão dos dentes anteriores ou exodontias (apenas 6 pacientes) para tratar os apinhamentos. Todos os pacientes tiveram pelo menos um dente afetado por reabsorção radicular, o que representa entre 40% e 46% do número de dentes totais. No entanto, na maioria dos casos os dentes apresentaram reabsorções pequenas a moderadas (<20% do comprimento do dente).

Os estudos comparativos entre os dois métodos (fixos e removíveis) são compostos por quatro estudos de coorte^{8,17,18,19}, um estudo piloto²⁰ e um estudo de caso-controle.²¹ Dois deles investigaram os incisivos superiores, com diferentes métodos de diagnóstico: tomografia computadorizada²⁰ Osama e ortopantomografia²¹. Três outros estudos analisaram os incisivos maxilares e mandibulares usando a ortopantomografia^{8,18} ou a tomografia computadorizada.¹⁷ E o último analisou todos os dentes usando a tomografia computadorizada.¹⁹ Em 4 estudos^{8,20,18,19}, os tratamentos com aparelhos tipo “aligners” parecem desenvolver significativamente menos reabsorções radiculares que os aparelhos fixos. Entretanto, no estudo de A. Iglesias-Lineares et al.²¹, quando se consideram parâmetros clínicos e genéticos, não há diferença significativa entre os dois diferentes tipos de tratamento ortodôntico, no que se refere às reabsorções radiculares. Os mesmos resultados foram encontrados no estudo de N. Patel et al., que comparou pacientes tratados com SureSmile® e pacientes tratados com edgewise convencional. Neste estudo, foram realizadas mais análises combinando todos os sujeitos em um grupo para determinar quais outros fatores poderiam ter desempenhado um papel na reabsorção das raízes.¹⁷

No presente estudo, incluímos também artigos comparando o impacto dos movimentos ortodônticos com forças intermitentes e contínuas. São dois estudos comparativos que usaram a tomografia microcomputada para analisar pré-molares submetidos aos dois tipos de forças durante 4 e 15 semanas, antes de ser extraídos. O resultado dos dois estudos foi idêntico: o volume médio da cratera de reabsorção foi maior para o grupo de força contínua que para o grupo de força intermitente.^{22,23}

Desses estudos, 7 analisaram fatores de risco que poderiam influenciar a RREIOI^{8,13,16,17, 21,24} como a idade, o sexo, a duração do tratamento, a direção e a amplitude do movimento, o tipo de maloclusão, os apinhamentos, os fatores genéticos, o uso de elásticos, a redução interproximal, os traumatismos prévios ou a aproximação pós-tratamento de ápices às placas corticais.

Autor – Ano Tipo de estudo	População	Objetivo	Tratamento	Método de Diagnóstico	Dentes analisados	Resultados
H. Lund e al. 2012 Prospective cohort study	152 pacientes: 65 meninos/ 87 meninas Idade média 15,2 anos (9-18 anos) Classe I malocclusão, com apinhamento e overjet ≤5mm	Investigar a incidência e a gravidade da reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico e explorar os fatores que afetam as RREIOI.	MBT preadjusted appliance with 0,022 inch slots Duração: 20,7 meses Exodontia dos pré-molares em 48% dos casos	CBCT - Antes do tratamento - Após 6 meses só em 97 pacientes - Ao fim do tratamento	Todos os dentes	Aos 6 meses, dentes mais impactados: > 1mm PMS com 2 raízes (29,5%) > ILS (16%) > PMS com 1 raiz (16%) Poucas > 2 mm Nenhum > 4 mm Ao fim do tratamento: frequências mais altas de encurtamentos de raiz superiores a 1 mm ILS (56,3%) > ILI (43,1%) > ICS (41,3%) Mais do que 4 mm em 2,6% dos incisivos superiores e raiz palatina dos pré-molares maxilares 94% pelo menos um dente impactado > 1mm 6,6% pelo menos um dente com > 4mm (severa) 1% ≥ 14 dentes com ≥ 1mm Superfície de reabsorção mais frequente: palatina dos ICS (15,1%) e ILS (11,5%).
I. Castro e al. 2013	1256 raízes em 30 pacientes (11 meninos/19 meninas) Idade média 13 anos (11-16 anos)	Determinar a frequência de RREIOI.	Aparelho fixo: straight-wire technique Duração: 22 meses	CBCT pré e pós tratamento	Todos os dentes	Todos os pacientes e 46% das 1256 raízes apresentaram ARR com frequência mais elevada em: - ICS 73% - ILS 73% - ICI 72% - ILI 70%

	Classe I maloclusão com apinhamentos		Sem exodontia			- Raiz distal do 1º MI 63% Superfície de reabsorção mais frequente: nas raízes de incisivos centrais e laterais e primeiros molares superior DV e inferior M e D.
D. Makedonas e al. 2013 Retrospective cohort study	156 pacientes (88 meninas, 68 meninos) Idade média 15,4 (11-18 anos) Classe I maloclusão com apinhamentos e overjet < 5mm	Investigar a prevalência da RREIOI e a correlação com a reabsorção encontrada após 6 meses de tratamento.	MBT preadjusted appliance with 0,022 inch slots Duração: 20,9 meses Exodontia dos premolares	CBCT: - Antes do tratamento - Após 6 meses só em 97 pacientes - Ao fim do tratamento	Todos os dentes	A extensão da reabsorção radicular foi significativamente maior ($P < 0,05$) na maxila do que na mandíbula, e mais comum em dentes anteriores. Moderada reabsorção: 82 pacientes 52,5% Severa reabsorção: 40 pacientes 25,6% Extrema reabsorção: mandíbula num só paciente Mandíbula: - Severa reabsorção 8 pacientes mais no canino - Moderada reabsorção: Incisivo - Pouco primeiro molar tem encurtamento Não foi encontrada correlação entre a gravidade da reabsorção radicular aos 6 meses e aquela ao final do tratamento, e não houve relação entre a duração do tratamento e a gravidade da reabsorção radicular encontrada nos pacientes.
E. Krieger 2013	100 pacientes, 1600 dentes Idade média 37,7 anos (17-75 anos)	Investigar a incidência e a gravidade das RREIOI durante o tratamento	Aparelho termoplástico removível (Invisalign®)	OPG pré e pós tratamento	ICS, ILS, CS, 1ºMS, ICI, ILI, 1ºMI	Apenas o efeito de extrusão dos incisivos superiores pode ser considerado significativo ($p = 0,0184$) em comparação aos movimentos sagitais e verticais.

Retrospective cohort study	Classe I maloclusão com apinhamentos anteriores	ortodôntico com alinhadores	Duração: 19,8 meses Apinhamentos: redução interproximal e/ou protrusão dos dentes anteriores			Após o tratamento: 100% dos pacientes tiveram um mínimo de 2 dentes afetados Média 7,36 dentes / pacientes 61% dos pacientes tiveram pelo menos 1 dente com redução de 20% (moderada) 46% dos 1600 dentes (n=736) apresentaram redução do comprimento da raiz: Redução pequena (>0% até 10%): 27,75% Redução moderada (10% até 20%): 11,94% Redução severa (>20%): 6,31%
G. Gay e al. 2017 Prospective cohort study	71 pacientes adultos (25 homens e 46 mulheres) 1083 dentes avaliados Idade média 32.8 ± 12.7 anos (18-71 anos) Classe I maloclusão com apinhamentos (<6mm)	Investigar a incidência e gravidade das RRIEOI sem pacientes adultos tratados com aligners	Duração: 14 meses O apinhamento anterior foi resolvido pela redução interproximal do esmalte e/ou protrusão dos dentes anteriores	OPG pré e pós tratamento.	Todos os dentes	100% dos pacientes tiveram pelo menos 1 dente afetado com reabsorção 6,38 ± 2,28 dentes/pacientes 41% dos pacientes tiveram pelo menos 1 dente com redução de 20% 41,81% dos 1083 dentes apresentaram redução no comprimento da raiz: Redução pequena (>0% até 10%): 25,94% Redução moderada (10% até 20%): 12,18% Redução severa (>20%): 3,69%

<p>C. Aman e al. 2018 Retrospective cohort study</p>	<p>160 pacientes Idade média 34 ± 16 anos</p>	<p>Usar CBCT para investigar a incidência e a gravidade da RREIOI em pacientes que tiveram um tratamento corretivo com aligners</p>	<p>Sem exodontia (excepto 6) Duração: 2,19 ± 0,81 anos</p>	<p>CBCT pré e pós tratamento</p>	<p>Dentes anteriores</p>	<p>A redução média absoluta entre os incisivos superiores variou entre 0,47 ± 0,61 mm e 0,55 ± 0,70 mm. A percentagem média de redução variou de 3,60% ± 4,50% a 4,30% ± 5,31%. Não foram comprovadas diferenças na redução do comprimento radicular entre os incisivos centrais e laterais. Apenas 2 ou 3 indivíduos (1,25%) tiveram uma redução maior do que 25% no comprimento radicular. Sexo, má oclusão, apinhamento e aproximação pós-tratamento às placas corticais afetaram significativamente a percentagem de mudança no comprimento da raiz. A aproximação pós-tratamento dos ápices radiculares à placa cortical palatina mostrou a associação mais forte para o aumento do RREIOI.</p>
<p>B. Fowler 2010 Retrospective Cohort study</p>	<p>90 pacientes: mulheres com idade de 10 a 58 anos Idade média: - edgewise 15,82 - invisalign® 38,24</p>	<p>Comparar a incidência e severidade das RREIOI em pacientes tratados com diferentes aparelhos ortodônticos (convencional edgewise e invisalign®)</p>	<p>Invisalign® clear aligners OU convencional edgewise 0,22 MBT Sem exodontia Duração do tratamento: - edgewise 19,69</p>	<p>OPG pré e pós tratamento</p>	<p>Dentes anteriores superiores e inferiores</p>	<p>Verificou-se que a reabsorção radicular ocorreu nos aparelhos fixos convencionais (73,3% dos pacientes), enquanto que no grupo Invisalign® não se registou qualquer reabsorção radicular. Dentes mais afetados em número e em severidade: incisivos laterais superiores ILS (51,1%) > ICS (direita : 35,6% / esquerda : 31,1%) > ILI (direita : 20% / esquerda : 17,8%) > ICI (direita : 13,3% / esquerda : 17,8%) > CS > CI (direita : 2,2%)</p>

	Maloclusão classe I molar		- invisalign® 20,36			
N. Patel 2012 Retrospective cohort study	28 pacientes: - 14 SureSmile®: 8 meninas e 6 meninos com idade média 12,67 ± 1,18 - 14 edgewise: 5 meninas e 9 meninos com idade média 12,76 ± 1,59	Utilizar o CBCT para analisar a quantidade de reabsorção radicular linear que ocorre nos incisivos superiores e inferiores durante o tratamento ortodôntico, quando se compara a técnica SureSmile® com o tratamento convencional Edgewise.		CBCT antes (T1) e 3 meses depois (T2) o tratamento Cálculo da reabsorção: T2 – T1 Duração média: - SureSmile®: 15,57 meses - Edgewise: 17,07 meses	ICS, ILS, ICI, ILI	Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na reabsorção radicular média (RRM), quando comparados os pacientes do SureSmile® (0,09) com os pacientes convencionais edgewise. - RRM para cada < 1mm quando se utilizou qualquer uma das modalidades de tratamento - Os sujeitos com reabsorção aumentada incluíram má oclusão de Classe II, overjet grave e tempo de tratamento maior ou igual a 25 meses - O sexo e o uso de elásticos de Classe II não mostraram diferenças significativas na média das reabsorções radiculares.
A. Iglesias-Linares 2017 Case-control genetic association	372 pacientes	Comparar reabsorção radicular em paciente com tratamento ortodôntico com "aligners" ou aparelhos fixos	Tratamento ortodôntico com alinhadores termoplástico removíveis (Invisalign®) ou aparelhos fixos	OPG pré e pós tratamento	ICS, ILS	As associações finais ajustadas entre fatores clínicos e genéticos e a predisposição ao RROI não mostraram diferenças estatisticamente significativas (P < 0.05) com relação ao RROI ou tipo de aparelho ortodôntico utilizado. Após analisar os resultados ajustados para dados clínicos, radiográficos e genéticos, não encontramos diferenças estatisticamente significativas para uma maior predisposição ao

						RRIO, independentemente de o aparelho ser alinhador removível ou aparelho fixo.
E. Osama 2018 Pilot Study	33 pacientes 14-25 anos de idade Apinhamento mínimo até moderado	Comparar grau de reabsorção radicular apical ortodôntica após o tratamento com aligners ou com 2 aparelhos fixos diferentes	Alinhadores Smart Track® (15,14 ± 1,94 meses) e ou com dois aparelhos ortodônticos fixos diferentes braquetes regulares (16,22 ± 2,75 meses) e Damon (15,75 ± 1,74 meses)	CBCT	ICS, ILS	<p><u>Aligners SmartTrack®:</u> Todos os incisivos superiores apresentaram reabsorção radicular: 0 até 1,4mm</p> <p><u>Damon:</u> Todos os incisivos superiores apresentaram reabsorção radicular: 0,1 até 2,3mm</p> <p><u>Braquetes Edgwise pré-ajustados:</u> Todos os incisivos superiores apresentaram reabsorção radicular: 0 até 2,5mm</p> <p>Diferenças significativas entre: - SmartTrack® e edgwise - Damon e edgwise so para os ILS</p>
J.Yi e al. 2018 Retrospective cohort study	640 dentes - 80 pacientes (60 mulheres / 20 homens) Idade media = 22,54	Avaliar a quantidade de RRIEOI em pacientes tratados com "aligners" e tratamento ortodôntico fixo	<p>Grupo FOT: Aparelho convencional edgewise com 0.022-in slot</p> <p>Grupo CAT: aparelhos termoplásticos sequenciais</p> <p>Sem exodontia</p>	OPG	ICS, ILS, ICI, ILI	<p>Valor média CAT: 5.13 ± 2.81%</p> <p>Significativamente inferior ao grupo FOT: 6,97 ± 3,67</p> <p>Duração do tratamento foi correlacionada positivamente com a quantidade de RRIEOI nas duas modalidades de tratamento</p>

<p>Y. Li e al. 2020 Retrospective cohort study</p>	<p>373 raízes de 70 pacientes (21 homens ; 49 mulheres) Idade média = 23,61 ± 7,03 anos</p>	<p>investigar e comparar a prevalência e gravidade da ARR em pacientes tratados com "aligners" e aparelhos fixos</p>		<p>CBCT pré e pós tratamento</p>	<p>Todos os dentes</p>	<p>A prevalência de RRIEOI no grupo dos alinhadores (56,30%) foi significativamente inferior à do grupo dos aparelhos fixos (82,11%) A gravidade da RRIEOI no grupo dos alinhadores (0,13 ± 0,47mm em média) foi significativamente menor do que no grupo dos aparelhos fixos (1,12 ± 1,34mm em média), assim como para cada dente individual incluído no estudo. FOT: diminuição estatisticamente significativa no comprimento radicular de todos os dentes medidos antes e após o tratamento CAT: alteração do comprimento radicular foi estatisticamente significativa apenas nos incisivos superiores e incisivos centrais inferiores.</p> <p>RRIEOI mais grave: canino superior e incisivo lateral no grupo FOT O menor RRIO: canino mandibular e incisivo lateral no grupo CAT</p> <p>FOT:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 18,16 % - 0 mm - 61,79% - 1-2 mm - 19,24% - 2 mm – ¼ raiz - 0,81% - 3° > ¼ raiz <p>CAT:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 43,70 % - 0mm
--	---	--	--	----------------------------------	------------------------	--

						- 56,30 – 1-2mm
M. Sawicka e al. 2014 Comparative study	30 primeiros pré-molares inferiores e superiores de 12 pacientes (7meninos /5meninas) Idade média : 12,7 ± 2,3 anos	Comparar reabsorção radicular causada por ortodontia contínua (FC) ou interrompida (FI)	Uma força inicial de 60 cN foi aplicada a todos os dentes de ambos os grupos no início do estudo. No entanto, no grupo FC a força foi reativada todas as semanas durante 4 semanas, enquanto que nenhuma reativação foi aplicada aos dentes do grupo FI.	Tomografia microcomputada	1°PMS, 1°PMI	<p>O deslocamento médio efetivo dos dentes vestibulares foi semelhante para o contínuo (1.542mm) e o interrompido (1.492mm).</p> <p>As crateras de reabsorção foram detetadas em 12/12 dentes no grupo FC e 11/12 no grupo FI (2/6 no grupo controle). O número e o volume total de crateras no grupo FC vs. o grupo FI foram superiores em 43% e 89%, respetivamente: significativamente superiores para o grupo FC do que para o grupo FI. Quanto as superfícies específicas: o volume médio das crateras na superfície vestibular foi significativamente maior em comparação com todas as outras superfícies combinadas, particularmente na cervical.</p>
N. Ozkalayci e al. 2018 Comparative study	50 primeiros pré-molares maxilares de 25 pacientes de ortodontia (14 meninos e 11 meninas) Idade média : 14,77 (entre 13.08 e	Comparar a extensão da reabsorção radicular e a quantidade de movimentação dentária entre a força ortodôntica contínua e a força	Em cada paciente, uma força contínua (150g) de direção vestibular foi aplicada num lado durante 15 semanas. No	Tomografia microcomputada	1°PMS	<p>O volume médio da cratera de reabsorção (VMCR) foi maior para o grupo de força contínua (0,788 ± 0,440 mm³) que o VMCR para o grupo de força intermitente (0,639 ± 0,572 mm³). Os VMCR nas superfícies vestibulares e linguais também foram significativamente maiores</p> <p>A superfície mesial teve o VMCR mais alto enquanto a superfície lingual teve o MRCV</p>

	17.58 anos) que requereu extrações bilaterais dos primeiros pré-molares superiores	ortodôntica intermitente que foi ativada de forma semelhante	lado controlateral, uma força intermitente (28 dias on/ 7 dias off) de direção vestibular com a mesma magnitude durante 15 semanas			menor, o VMCR mais baixo foi encontrado no nível apical. A quantidade de movimento dos dentes vestibulares e o grau de rotação foi estatisticamente maior no grupo de força contínua em comparação com o grupo de força intermitente.
--	--	--	--	--	--	--

Tabela 1. Dados relevantes recolhidos a partir dos estudos analisados

4. DISCUSSÃO

Nesta revisão integrativa, avaliamos a influência dos diferentes tipos de aparelhos ortodônticos, fixos e removíveis, sobre as reabsorções radiculares externas inflamatórias ortodônticamente induzidas (RREIOI), analisando a sua extensão e severidade. Dos 14 estudos, 3 investigaram o impacto dos aparelhos fixos, 3 outros analisaram o impacto dos aparelhos removíveis e 6 realizaram uma comparação entre ambos. Assim, temos 9 estudos para cada tipo de tratamento. Incluímos também 2 artigos comparando dois tipos de mecânica do movimento, a força contínua e a força intermitente.

4.1. Aparelhos Fixos

Todos os estudos que incluíram tratamentos com aparelhos fixos apresentaram um número de pacientes afetados pelas RREIOI elevado, 73,3% dos pacientes têm pelo menos um dente afetado para B. Fowler⁸, perto de 80% para D. Makedonas et al.¹³ e Y. Li et al.,¹⁹ 94% para H. Lund et al.¹¹ e 100% nos estudos de I. Castro et al.¹² e N. Patel et al.¹⁷ Estas diferenças podem se explicar pelo facto de nem todos os estudos investigaram os mesmos tipos de dentes e, no caso de D. Makedonas et al. pelo facto de não ter tido em conta as reabsorções menores que modificam unicamente o contorno da raiz, não tendo impacto no comprimento das raízes mas na regularidade do contorno.¹³

4.2. Aparelhos removíveis

Nos nove estudos que incluíram tratamento com alinhadores, todos os pacientes tiveram pelo menos um dente afetado por reabsorções radiculares.^{8,14,15,16,17, 18,19, 20,21} Portanto, o uso destes dispositivos não pode ajudar a reduzir a incidência de RREIOI. Nos estudos de I. Castro et al. e E. Krieger et al., que trataram os seus pacientes com os dois tipos diferentes de aparelhos, respetivamente aparelho fixo e Invisalign, a percentagem de raízes afetadas é a mesma e chega a 46%.^{12,14} G. Gay et al. encontrou uma percentagem similar de 41,81%.¹⁵ Enquanto que Y. Li et al. encontrou percentagens mais elevadas, 56% para alinhadores e 82% para aparelhos fixos, esta diferença pode ser explicada pelo fato de Y. Li et al. ter incluído apenas dentes anteriores em seu estudo, enquanto que os outros também investigam todos os outros tipos de dentes.¹⁹

4.3. Estudos comparativos

Entre os estudos comparativos, quatro chegaram à conclusão que existe uma diferença estatisticamente significativa entre os dois tipos de aparelhos analisados, ou seja, aparelhos fixos convencionais edgewise e alinhadores de diferentes tipos^{8,17,20,18,19} Enquanto, A. Iglesias-Linares et al. e N. Patel e al. não encontraram nenhuma diferença significativa entre os grupos.^{17,21} É difícil chegar a conclusões sobre as divergências entre esses estudos, pois os critérios de inclusão e exclusão não são os mesmos e os perfis dos pacientes são distintos. Os dois estudos que não encontraram diferenças significativas incluíram todos os tipos de má oclusão, enquanto os outros estudos trataram pacientes com apenas apinhamentos leves a moderados (Classe molar I de Angle). A. Iglesias-Linares et al. chegam à conclusão de que o plano de tratamento para os alinhadores inclui um uso das goteiras quase constante, o que se assemelha às forças contínuas que caracterizam os aparelhos fixos, sobre tudo com os protocolos atuais, que usam forças leves. O resultado poderia ser diferente com um protocolo alternativo de uso das goteiras.²¹

4.4. Forças intermitentes vs. Forças contínuas

Uma das principais diferenças entre os dois tipos de aparelhos analisados é a mecânica de funcionamento. Ao contrário dos aparelhos fixos, os alinhadores criam forças intermitentes devido ao fato de que podem ser removidos ocasionalmente, durante as refeições e para a higienização.

Sawicka et al e Ozkalayci et al investigaram essa diferença, comparando a extensão de reabsorção radicular e a quantidade de movimentação dentária, causada por forças ortodônticas contínuas (FC) ou intermitentes (FI), sobre pré-molares posteriormente extraídos.^{22,23}

Os pré-molares são os dentes mais frequentemente extraídos para tratamento ortodôntico, permitindo medidas precisas de reabsorção radicular, sendo que o pré-molar contra-lateral muitas vezes serve como controle. Infelizmente, de acordo com os inúmeros estudos realizados sobre o assunto, estes não são os dentes mais afetados por este fenômeno, pelo que estes estudos poderiam minimizar o impacto do tratamento.²⁵

Os dois estudos mostraram que todos os dentes são afetados por RREIOI, mas o volume médio da cratera de reabsorção foi significativamente maior para o grupo FC que para o grupo FI, o que está em correlação com os achados prévios sobre o facto de este período de repouso poder permitir a regeneração do cimento.⁴

4.5. Severidade

A través dos estudos podemos observar que nem todos os dentes são sempre afetados, e muitas vezes existe uma diferença na severidade. A maioria dos dentes apresentaram RREIOI moderadas que correspondem a uma diminuição de menos de 2 mm ou entre 0% e 10% do comprimento inicial da raiz.

Em 2010, B. Fowler classificou os dentes mais afetados em número e severidade, por ordem: incisivos laterais superiores, incisivos centrais superiores, incisivos laterais inferiores, incisivos centrais inferiores, caninos superiores, e caninos inferiores.⁸ Com exceção dos incisivos inferiores, estes valores estão correlacionados com o estudo de N. Patel et al. e I. Castro et al.^{12,17} Esta discrepância pode ser atribuída a um método diferente utilizado para medições de tamanho e características da amostra ou ao uso de um método de diagnóstico diferente, o CBCT. No estudo de C. Aman et al., não foram comprovadas diferenças na redução do comprimento radicular entre os incisivos centrais e laterais.¹⁶ No entanto, todos os estudos concordam que os dentes mais atingidos são os dentes anteriores, sendo os superiores mais que os inferiores.

Estes resultados devem ser examinados cuidadosamente, pois podem ser devidos ao facto de ser mais difícil analisar os dentes multirradiculares, especialmente na ortopantomografia.¹⁸ E. Krieger et al. e G. Gay et al. tomaram em consideração os dentes multirradiculares e mostraram que também apresentam RREIOI, apesar de serem mais resistentes ao movimento.^{14,15}

4.6. Fatores de risco

4.6.1. Idade e sexo

Idade não parece ser um fator de risco para RREIOI. Entretanto, as alterações hormonais, nomeadamente devidas ao envelhecimento, têm consequências sobre a integridade do osso e a

velocidade do movimento ortodôntico. Podemos, portanto, esperar que isto também tenha impacto nas reabsorções radiculares. Infelizmente neste momento, já que se trata de um processo multifactorial, as investigações realizadas até agora não nos permitem concluir qual a relação (negativa ou positiva) que existe entre estes dois fenómenos.^{6,26}

O sexo foi considerado um fator de risco apenas no estudo de C. Aman et al. onde os homens pareciam estar em maior risco¹⁶, enquanto os outros não encontram diferenças significativas.^{17,21}

4.6.2. Duração do tratamento

Relativamente à duração do tratamento, os resultados divergem. Para alguns, a duração não influenciou a presença e a severidade das RREIOI.^{13,14,16,18} Contudo, no estudo de N. Patel et al., uma quantidade crescente de reabsorção radicular foi verificada à medida que a duração do tratamento aumentava. Os sujeitos com tratamento ≥ 25 meses tiveram aproximadamente duas a quatro vezes mais reabsorções radiculares médias em comparação com aqueles com ≤ 12 meses de tratamento.¹⁷ Nesta revisão, não há estudos suficientes, com mais de 25 meses, para correlacionar essas afirmações. Paetyangkul et al. observou aumentos estatisticamente significativos nas RREIOI quando 12 semanas de tratamento tinham sido alcançadas e sugeriu que isso se devia a um aumento na atividade clástica após 8 semanas de tratamento.²⁷

Havendo várias explicações possíveis para estas constatações distintas, devemos ter em mente que a duração prolongada do tratamento não coincide necessariamente com períodos prolongados de tratamento "ativo". Um paciente que repetidamente falta às consultas pode estar em tratamento por um período prolongado, apesar dos períodos limitados de ativação. Alguns clínicos preferem períodos prolongados entre as consultas. Isso pode aumentar a probabilidade de um paciente experimentar uma diminuição dos níveis de força entre as consultas.¹

Com base nestes resultados e sabendo que a velocidade de movimentação dos dentes pelos alinhadores (0,2mm por 10-14 dias)²⁸ é inferior à produzida pelos aparelhos fixos (perto de 1mm por mês)²⁹ KUMAR, poderíamos pensar que os alinhadores tivessem um tempo de tratamento mais longo e, portanto, mais reabsorções radiculares. Vários estudos demonstraram que os

tratamentos com alinhadores tinham a mesma duração¹⁸ ou até mesmo menor do que os tratamentos com ortodontia fixa.³⁰

Além disso, não foi encontrado correlação entre a gravidade da reabsorção radicular aos 6 meses e no final do tratamento. Ou seja, uma avaliação após os primeiros 6 meses não é suficiente para excluir o risco de RREIOI, pelo que devem ser efetuados controlos regulares.^{11,13}

4.6.3. Direção e amplitude do movimento

Em cinco artigos incluídos neste estudo, foi encontrada uma correlação positiva entre a quantidade de reabsorção e a amplitude do movimento.^{8,12,14,18,21}

Em relação aos movimentos sagitais, A. Iglesias-Linares et al. concluiu que tratamentos com maior discrepância especialmente quando houve aumento do deslocamento apical (absoluto) no plano sagital (protrusão e retrusão), eram mais propensos a ser associados a um aumento no RREIOI, em comparação com grupo controlo.²¹

No seu estudo, E. Krieger et al. encontrou resultados diferentes: apenas o efeito de extrusão dos incisivos superiores pode ser considerado significativo ($p = 0,0184$) em comparação à intrusão e aos movimentos sagitais.¹⁴ Estes resultados não estão em correlação com um estudo prévio que demonstrou que num mesmo indivíduo, as RREIOI nos dentes com movimento de inclinação são mais pronunciadas do que o movimento de toda a estrutura. A intrusão dos dentes pode resultar em quatro vezes mais RREIOI do que a extrusão.³¹

4.6.4. Tipo de maloclusão

O tipo de maloclusão parece influenciar o encurtamento das raízes.^{16,17}

No estudo de N. Patel et al., os indivíduos com má oclusão de Classe II de Angle tendem a ter maior RREIOI do que aqueles com má oclusão de Classe I. Uma diferença pode ter sido observada nos incisivos superiores, pois a mecânica do tratamento da Classe II muitas vezes envolve retração dos dentes superiores com grande grau de movimentação dos ápices radiculares. Outras características associadas às más oclusões de Classe II e sua mecânica de

tratamento, como o overjet grave e o uso de elásticos de Classe II, também mostraram uma relação com a reabsorção radicular.¹⁷

Além disso, a extração dentária, como medida para resolver os apinhamentos severos, poderia ser considerada um fator de risco de RREIOI devido ao aumento do deslocamento e da duração do tratamento. Entre os 14 estudos incluídos nesta revista, cinco estudos envolvem casos de extração e seis sem extrações. Dos estudos que incluíram as exodontias, dois concluíram que existem diferenças estatisticamente significativas entre os alinhadores e os aparelhos fixos quanto às RREIOI e só um não encontrou diferença significativa. Há também estudos que não precisam se os casos de extração estão incluídos ou excluídos nas análises. Portanto, estudos com casos de extração não foram suficientes para chegar a uma conclusão, e saber se tem uma influência sobre reabsorções radiculares entre aparelhos fixos e alinhadores.

4.6.5. Fatores genéticos

Foram descritas anteriormente diversas variantes de sequência de genes em proteínas que regulam a inflamação, incluindo IL-1a, IL-1b, e IL-1ra. A interleucina 1 é, uma das primeiras citocinas implicadas na inflamação da parede dos vasos durante a movimentação dentária, afetando o recrutamento e a transmigração dos leucócitos.^{8,32,33} A função deste interleucina 1 é antagonizada pela proteína IL1ra codificada no gene IL1RN, onde variantes de sequência específica têm sido associadas a uma predisposição aumentada para sofrer RREIOI.³⁴ Neste contexto, os indivíduos homozigotos para o alelo T da variante IL1RN, estudados no trabalho de Iglesias-Lineares et al., podem ser propensos a desequilíbrios nos níveis de citocinas no eixo IL1ra/IL1b durante a movimentação dentária ortodôntica, que podem estar associados a uma diminuição da taxa de remodelação óssea que influencia diretamente o subsequente aumento da tensão radicular. O que explica que estes indivíduos se apresentaram três vezes mais predispostos para experimentar RREIOI, em comparação com os outros genótipos.²¹

Outros estudos sugerem uma relação entre RREIOI e IL-6. Esta molécula está presente no fluido gengival em quantidade mais elevada em paciente de ortodontia. Contudo, existe pouco estudo sobre este assunto e o seu mecanismo ainda é desconhecido, sendo difícil determinar se tem

uma ação inflamatória como IL-1 ou anti-inflamatória como IL-1ra e serão necessárias mais investigações.²⁴

4.6.6. Outros fatores

A redução interproximal e os traumatismos prévios não influenciam significativamente as RREIOI, tanto para os aparelhos fixos, como para os alinhadores.^{16,17}

Além disso, no estudo de C. Aman et al., as posições das raízes em relação às placas corticais orofaciais, antes e após o tratamento, foram avaliadas qualitativamente. Cada projeção radicular sagital em relação às suas placas corticais orofaciais foi classificada da seguinte forma: (Fig.2)

- Classe I: a raiz é posicionada contra a placa cortical vestibular
- Classe II: a raiz é centrada no meio do alojamento alveolar sem envolver as placas corticais labiais ou palatinas no terço apical da raiz
- Classe III: a raiz é posicionada contra a placa cortical palatina
- Classe IV: pelo menos dois terços da raiz estão a envolver tanto as placas corticais labiais como palatinas
- Classe V: a raiz é posicionada fora da placa cortical labial

Apenas a aproximação às placas corticais após o tratamento afeta significativamente a percentagem de encurtamento do comprimento da raiz. A aproximação pós-tratamento dos ápices radiculares à placa cortical palatina mostrou a associação mais forte para o aumento do RREIOI.¹⁶



(Radiografias do artigo Aman C, Azevedo B, Bednar E, et al. Apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners: A retrospective study using cone-beam computed tomography.)

Figura 2. Projeção radicular sagital em relação às suas placas corticais orofaciais: **A** Classe I posição radicular sagital; **B** Classe II posição radicular sagital; **C** Classe III posição radicular sagital; **D** Classe IV posição radicular sagital; **E** Classe V posição radicular sagital

4.7. Meios de diagnóstico

No presente trabalho foram incluídos estudos com dois diferentes métodos de diagnóstico, as radiografias e a tomografia de feixe cônico (CBCT).

O grau de RREIOI parece estar subestimado nas ortopantomografias em comparação com o CBCT^{11, 18,19,21}, nomeadamente para as reabsorções localizadas nas superfícies vestibulares e linguais/palatais^{11,18} e nos dentes multirradiculares¹⁸. Na maioria dos estudos, para ultrapassar este viés, é utilizada a percentagem relativa entre o comprimento da raiz antes e depois o tratamento, o que permite reduzir o erro mesmo se os dois aparelhos de radiografias não tenham a mesma escala.¹⁴

Estas estimativas divergentes devem-se ao facto de as RREIOI serem alterações topográficas tridimensionais, portanto, a radiografia bidimensional, como as radiografias panorâmicas e periapicais tem limitações na precisão da medição das RREIOI. Em contraste, a radiografia tridimensional, como o CBCT, tem demonstrado uma precisão maior no diagnóstico e medição da RREIOI.^{18,19}

No início, as doses e custos elevados de radiação impediram que se tornasse uma ferramenta padrão na imagiologia dentária. O CBCT foi introduzido na Medicina Dentária no final dos anos

90, e a sua elevada resolução espacial, acessibilidade económica e doses de radiação relativamente baixas levaram rapidamente à sua aceitação, também na Ortodontia.¹¹ Recentemente, o CBCT tem sido amplamente aplicada em clínicas dentárias e considerada como uma ferramenta mais fiável para diagnosticar reabsorções radiculares externas.³⁵ A sua capacidade de obter imagens sem distorções e reproduzíveis de raízes permite-lhe aproximar-se de um método histológico. No entanto, as doses de radiação variam entre as máquinas, é importante notar que podem ser 1,5 a 33 vezes superior à da radiografia panorâmica tradicional. Estudos futuros podem, portanto, considerar a utilização do CBCT com um campo de visão localizado e limitado que forneça as informações necessárias para minimizar a exposição do paciente à radiação e o custo da radiografia.¹⁹

5. CONCLUSÃO

Para além do tipo de aparelho ortodôntico, é o protocolo de tratamento que parece ser importante no que diz respeito às RREIOI. É necessário utilizar forças leves e intermitentes, que são propensas a ser desenvolvidas com os alinhadores. Contudo, há que ter em mente que cada paciente é diferente e que cada tipo de aparelho pode trazer benefícios.

Uma vez que, há muitos fatores etiológicos a considerar, de momento, não podemos determinar as suscetibilidades ou não de um paciente antecipadamente. Portanto, é importante realizar controlos regulares, de preferência utilizando a tomografia computada de feixe cónico com campo reduzido, para que o tratamento possa ser suspenso a tempo.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Segal GR, Schiffman PH TO. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofacial*. 2004;Res 7(1):71-78.
2. Ketcham AH. A preliminary report of an investigation of apical root resorption of permanent teeth. *Int J Orthod Oral Surg Radiogr*. 1927;13(2):97-127. doi:10.1016/S0099-6963(27)90316-0
3. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1993;103(2):138-146. doi:10.1016/S0889-5406(05)81763-9
4. Feller L, Khammissa RAG, Thomadakis G, Fourie J, Lemmer J. Apical External Root Resorption and Repair in Orthodontic Tooth Movement: Biological Events. *Biomed Res Int*. 2016;2016. doi:10.1155/2016/4864195
5. Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod*. 1994;16(4):249-263. doi:10.1093/ejo/16.4.249
6. Seifi M, Ezzati B, Saedi S, Hedayati M. The Effect of Ovariectomy and Orchiectomy on Orthodontic Tooth Movement and Root Resorption in Wistar Rats. *J Dent (Shiraz, Iran)*. 2015;16(4):302-309.
7. Thomas E. AN EVALUATION OF EXTERNAL APICAL ROOT RESORPTION AFTER ORTHODONTIC TREATMENT. 2011;3(12):2008-2010. doi:10.3969/j.issn.1006-8082.2011.06.013
8. Fowler B. A comparison of root resorption between Invisalign treatment and contemporary orthodontic treatment.[A Thesis Presented to The Faculty of The USC Graduate School University Of Southern California]. 2010;(May).
9. Schuster S, Eliades G, Zinelis S, Eliades T, Bradley TG. Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2004;126(6):725-728. doi:10.1016/j.ajodo.2004.04.021

10. Walton DK, Fields HW, Johnston WM, Rosenstiel SF, Firestone AR, Christensen JC. Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;138(6):698.e1-698.e12. doi:10.1016/j.ajodo.2010.06.012
11. Lund H, Gröndahl K, Hansen K, Gröndahl HG. Apical root resorption during orthodontic treatment: A prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod.* 2012;82(3):480-487. doi:10.2319/061311-390.1
12. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2013;83(2):196-203. doi:10.2319/032112-240.1
13. Makedonas D, Lund H, Hansen K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months and at the end of orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod.* 2013;83(3):389-393. doi:10.2319/042012-332.1
14. Krieger E, Drechsler T, Schmidtmann I, Jacobs C, Haag S, Wehrbein H. Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. *Head Face Med.* 2013;9(1):1. doi:10.1186/1746-160X-9-21
15. Gay G, Ravera S, Castroflorio T, et al. Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign®: a radiometric study. *Prog Orthod.* 2017;18(1):0-5. doi:10.1186/s40510-017-0166-0
16. Aman C, Azevedo B, Bednar E, et al. Apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners: A retrospective study using cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018;153(6):842-851. doi:10.1016/j.ajodo.2017.10.026
17. Patel N. A CBCT comparison of anterior root resorption in SureSmile and conventional edgewise treatments. :100-109.
18. Yi J, Xiao J, Li Y, Li X, Zhao Z. External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment. *J Dent Sci.* 2018;13(1):48-53. doi:10.1016/j.jds.2017.09.007
19. Li Y, Deng S, Mei L, et al. Prevalence and severity of apical root resorption during

- orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Prog Orthod.* 2020;21(1):1-8. doi:10.1186/s40510-019-0301-1
20. Osama E, Terry C, Tarek E-B. Evaluation of root length following treatment with clear aligners and two different fixed orthodontic appliances. A pilot study. *J Orthod Sci.* 2018;46(1):47-53. doi:10.4103/jos.JOS
21. Iglesias-Linares A, Sonnenberg B, Solano B, et al. Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. *Angle Orthod.* 2017;87(1):3-10. doi:10.2319/02016-101.1
22. Sawicka M, Bedini R, Wierzbicki PM, Pameijer CH. Interrupted orthodontic force results in less root resorption than continuous force in human premolars as measured by microcomputed tomography. *Folia Histochem Cytobiol.* 2014;52(4):289-296. doi:10.5603/FHC.a2014.0037
23. Ozkalayci N, Karadeniz EI, Elekdag-Turk S, Turk T, Cheng LL, Darendeliler MA. Effect of continuous versus intermittent orthodontic forces on root resorption: A microcomputed tomography study. *Angle Orthod.* 2018;88(6):733-739. doi:10.2319/012518-68.1
24. Guo Y, He S, Gu T, Liu Y, Chen S. Genetic and clinical risk factors of root resorption associated with orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2016;150(2):283-289. doi:10.1016/j.ajodo.2015.12.028
25. Currell SD, Liaw A, Blackmore Grant PD, Esterman A, Nimmo A. Orthodontic mechanotherapies and their influence on external root resorption: A systematic review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2019;155(3):313-329. doi:10.1016/j.ajodo.2018.10.015
26. Sirisoontorn I, Hotokezaka H, Hashimoto M, et al. Tooth movement and root resorption; The effect of ovariectomy on orthodontic force application in rats. *Angle Orthod.* 2011;81(4):570-577. doi:10.2319/101710-607.1
27. Paetyangkul A, Türk T, Elekda-Türk S, et al. Physical properties of root cementum: Part 16. Comparisons of root resorption and resorption craters after the application of light and heavy continuous and controlled orthodontic forces for 4, 8, and 12 weeks. *Am J Orthod*

- Dentofac Orthop.* 2011;139(3):279-284. doi:10.1016/j.ajodo.2010.07.021
28. Parvizi F, Barker CS, Weiland F, Ireland AJ, Sandy JR. Orthodontics and root resorption part 2. *Orthod Updat.* 2011;4(1):18-22. doi:10.12968/ortu.2011.4.1.18
 29. Kumar N, Prashantha GS, Raikar S, Ranganath K, Mathew S NS. Dento-Alveolar Distraction Osteogenesis for rapid Orthodontic Canine Retraction. *J J Int Oral Heal.* 2013;5(6):31-41. doi:10.1053/joms.2002.31226
 30. Gu J, Tang JS, Skulski B, et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2017;151(2):259-266. doi:10.1016/j.ajodo.2016.06.041
 31. Han G, Huang S, Von Den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: An intraindividual study. *Angle Orthod.* 2005;75(6):912-918. doi:10.1043/0003-3219(2005)75[912:RRA0IA]2.0.CO;2
 32. Linhartova P, Cernochova P, Holla LI. IL1 gene polymorphisms in relation to external apical root resorption concurrent with orthodontia. *Oral Dis.* 2013;19(3):262-270. doi:10.1111/j.1601-0825.2012.01973.x
 33. Gülden N, Eggermann T, Zerres K, Beer M, Meinelt A, Diedrich P. Interleukin-1-Polymorphismen im Zusammenhang mit externen apikalen Wurzelresorptionen (EAWR). *J Orofac Orthop.* 2009;70(1):20-38. doi:10.1007/s00056-009-8808-6
 34. Iglesias-Linares A, Yañez-Vico R, Ballesta-Mudarra S, et al. Postorthodontic external root resorption is associated with IL1 receptor antagonist gene variations. *Oral Dis.* 2012;18(2):198-205. doi:10.1111/j.1601-0825.2011.01865.x
 35. Yi J, Sun Y, Li Y, Li C, Li X, Zhao Z. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2017;87(2):328-337. doi:10.2319/061916-481.1

