

Morgane Tesan

**Tratamento ortodôntico de dentes tratados endodonticamente
- Revisão narrativa**

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2023

Morgane Tesan

**Tratamento ortodôntico de dentes tratados endodonticamente
- Revisão narrativa**

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2023

Morgane Tesan

**Tratamento ortodôntico de dentes tratados endodonticamente
- Revisão narrativa**

“Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para a obtenção do grau
de Mestrado Integrado em Medicina Dentária.”

Morgane Tesan

RESUMO

Objetivo: Avaliar a probabilidade de reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico em dentes tratados endodonticamente comparativamente com dentes vitais.

Método: Pesquisa bibliográfica no *PubMed*, utilizando combinações de palavras-chave com o operador booleano *AND*. Dez artigos foram selecionados após triagem e estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão.

Resultados: Dois tipos de resultados foram encontrados, não existe uma diferença estatisticamente significativa de reabsorção radicular entre dentes vitais e dentes tratados endodonticamente.

Conclusão: Para responder a incidência de reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico entre dentes com e sem tratamento endodôntico, os estudos na literatura têm limitações e os resultados são múltiplos. Dentro das limitações impostas na revisão podemos concluir que os dentes vitais parecem mais suscetíveis à reabsorção radicular.

Palavras-chave: “reabsorção radicular”; “tratamento ortodôntico”; “tratamento endodôntico”; “ortodontia”; “endodontia”; “dentes vitais”; “tratamento do canal radicular”; “dentes tratados endodonticamente”.

ABSTRACT

Objective: To assess the likelihood of root resorption resulting from orthodontic treatment in endodontically treated teeth compared with vital teeth.

Method: Bibliographic search in PubMed, using combinations of keywords with the Boolean operator AND. Ten articles were selected after screening and establishing inclusion and exclusion criteria.

Results: Two types of results were found, there is no statistically significant difference of root resorption between vital teeth and endodontically treated teeth.

Conclusion: To answer the incidence of root resorption after orthodontic treatment between teeth with and without endodontic treatment, the studies in the literature have limitations and the results are multiple. Within the limitations imposed in the review we can conclude that vital teeth seem more susceptible to root resorption.

Keywords: “Root resorption”; “orthodontic treatment”; “endodontic treatment”; “orthodontics”; “endodontics”; “vital teeth”; “root canal treatment”; “endodontically treated teeth”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família. Aos meus pais, sem os quais nunca teria conseguido tornar-me dentista. Obrigado pela vossa generosidade, pelo vosso apoio. Obrigado por confiarem em mim desde o início e por me encorajarem a realizar este desejo. A minha irmã Juliette, que sempre esteve ao meu lado e me apoiou em todos os momentos. Obrigada por me teres encorajado ao longo dos meus estudos e por estares sempre orgulhosa de mim. Aos meus avós, que sempre se orgulharam de mim, e especialmente ao meu avô.

Gostaria agora de agradecer às minhas amigas, Léa, Mae e Thais e Chloé, que me encorajou a continuar a estudar para ser dentista e que sempre me ouviu durante as nossas longas chamadas telefónicas.

Aos meus amigos que conheci ao longo dos meus anos na universidade. Em primeiro lugar, a Elisa e a Ilianne com quem iniciei os meus estudos aqui em Portugal, com quem vivi esta aventura tanto nos bons momentos, com risos e inúmeros momentos partilhados, como nos momentos mais difíceis em que foram incondicionalmente solidárias. A Elisa, que tem sido o meu binómio de clínica e o meu pilar ao longo destes anos de estudo, a minha companheira de casa em muitos apartamentos e em muitas aventuras, e que continuará a ser uma amiga e um apoio no próximo ano, quando começarmos a exercer como dentistas. Ilianne, que foi a minha vizinha e companheira de vida, a minha companheira de desporto, de praia, de grandes discussões depois das clínicas e de grandes discussões sobre a vida. Obrigada por todas as refeições que partilhámos e por todos os hrira preparados.

Aos meus amigos da clínica, com quem tratei os meus primeiros pacientes, com quem partilhei muitas horas na clínica, mas também fora dela, obrigada pelos nossos momentos partilhados, pelos nossos cafés depois das clínicas e pelas nossas festas. Obrigada pelos momentos de sucesso, pelos momentos de dificuldade e por todo o vosso apoio ao longo destes 2 anos.

Aos meus amigos do grupo Kombutcha, por partilharem sempre a boa disposição, por saberem sempre juntar toda a gente, pelos ftour que partilhámos e por todos os momentos, tanto de riso como de desespero, que passámos na sala de exames 0.1.

E para terminar, a minha orientadora, a Professora Doutora Mónica Morado Pinho, pelo apoio, ajuda e disponibilidade durante a elaboração deste trabalho.

ÍNDICE GERAL

I- INTRODUÇÃO	1
1- Materiais e métodos	2
II- DESENVOLVIMENTO	6
1- O tratamento ortodôntico e a reabsorção radicular	6
i- O mecanismo do tratamento ortodôntico	6
ii- O mecanismo biológico da reabsorção radicular	7
iii- Os movimentos ortodônticos que levam a uma maior reabsorção radicular	9
2- A reabsorção radicular em dentes tratados ortodonticamente	10
3- Comparação da reabsorção radicular entre dentes vitais e dentes com tratamento endodôntico prévio	14
III- DISCUSSÃO.....	27
IV- CONCLUSÃO.....	31
V- BIBLIOGRAFIA	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Estratégia da pesquisa bibliográfica efetuada	3
Tabela 2: Critérios de inclusão e critérios de exclusão.....	3
Tabela 3: Classificação do grau de reabsorção radicular externa apical	13
Tabela 4: Características dos estudos incluídos na revisão	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de fluxo PRISMA.....	5
--	---

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DPV - Dentes com polpa vital

DTE - Dentes tratados endodonticamente

mmHg - Milímetro de mercúrio

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

I- INTRODUÇÃO

O tratamento ortodôntico implica necessariamente o movimento dentário, que acontece com resultado da aplicação de uma força ortodôntica prolongada num dente. A força será transmitida ao osso alveolar, através do ligamento periodontal, e o dente deslocar-se-á, determinando alterações adaptativas em todo o complexo dento-alveolar em causa. Este movimento é efetuado através de sistemas de força artificiais removíveis ou fixas. A quantidade e a duração da força ortodôntica são a base de qualquer tratamento ortodôntico destinado a induzir o movimento dentário. Com o movimento dos dentes, o osso sofre uma remodelação constante. Este mecanismo de pressão e tensão é capaz de criar situações de hipoxia e, portanto, de lise celular que indiretamente vão condicionar a reabsorção do lado da pressão e o início da movimentação dentária. Este fenómeno de fase de necrose e remodelação pode causar alguns efeitos iatrogénicos como a anquilose, a reabsorção apical externa da raiz e a necrose pulpar (Silva, 2007; Acharya *et al.*, 2022). A reabsorção radicular é talvez a complicação mais comum do tratamento ortodôntico, e um problema inevitável devido à sua etiologia complexa. 5%-10% das pessoas na população em geral, que nunca receberam tratamento ortodôntico, apresentam reabsorção dentária, mas epidemiologicamente o tratamento ortodôntico é a causa mais comum. Quase nunca causa reabsorção que resulte em perda dentária, pois com planeamento adequado e acompanhamento radiológico a sua gravidade pode ser reduzida (Consolaro e Furquim, 2014; Karkazi *et al.*, 2020).

Este acontecimento desfavorável resulta na perda irreversível dos tecidos duros dos dentes. A morfologia e fisiologia dos tecidos periodontais, bem como o osso alveolar, cemento e periodonto, alteram-se ao longo do tratamento ortodôntico (Zarzycka-Kogut *et al.*, 2014).

É expectável que o número de pacientes ortodônticos que também foram submetidos a tratamento endodôntico aumente à medida que o número de pacientes ortodônticos adultos aumenta. A tomada de decisão clínica é difícil quando relacionada com dentes tratados endodonticamente, pois a força do aparelho ortodôntico altera o ligamento periodontal e o osso alveolar que circunda a raiz. Embora os dentes endodônticos não afetem o ligamento periodontal, é essencial entender como os dentes tratados endodonticamente reagem à movimentação dentária ortodôntica (Acharya *et al.*, 2022).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a probabilidade de reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico em dentes tratados endodonticamente (DTE) comparativamente com dentes com polpa vital (DPV).

1- Materiais e métodos

Foi efetuada uma pesquisa de artigos científicos na base de dados *Pubmed*, tendo sido usadas as seguintes palavras-chave: “*Root resorption*”, “*orthodontic treatment*”, “*endodontic treatment*”, “*orthodontics*”, “*endodontics*”, “*vital teeth*”, “*root canal treatment*” e “*endodontically treated teeth*”. Esses termos foram combinados com recurso ao marcador booleano *AND*, a estratégia de pesquisa está representada na Tabela 1. Foram realizadas seis associações distintas com estes termos; a primeira é a associação “*root resorption*” *AND* “*orthodontic treatment*” *AND* “*endodontic treatment*” com 297 artigos encontrados; a seguinte, “*root resorption*” *AND* “*orthodontic treatment*” *AND* “*endodontic treatment*” *AND* “*vital teeth*” resultando em 32 artigos; a seguir temos “*root resorption*” *AND* “*orthodontics*” *AND* “*root canal treatment*” com 207 resultados de artigos; “*root resorption*” *AND* “*orthodontics*” *AND* “*root canal treatment*” *AND* “*vital teeth*” com 23 artigos; “*root resorption*” *AND* “*orthodontic treatment*” *AND* “*endodontically treated teeth*” com 61 resultados e para terminar, “*Root resorption*” *AND* “*orthodontic treatment*” *AND* “*endodontically treated teeth*” *AND* “*vital teeth*” com 28 artigos encontrados.

Após esta pesquisa inicial de artigos com as associações de palavras-chave, foram encontrado um total de 648 artigos, que constituem o ponto de partida para o diagrama de fluxo PRISMA na Figura 1.

Tabela 1: Estratégia da pesquisa bibliográfica efetuada

Base de dados	Palavras-chave	Associação das palavras-chave	Resultados de artigos encontrados
PubMed	“Root resorption”, “orthodontic treatment”, “endodontic treatment”, “orthodontics”, “endodontics”, “vital teeth”, “root canal treatment”, “endodontically treated teeth”	“root resorption” AND “orthodontic treatment” AND “endodontic treatment”	297 artigos
		“root resorption” AND “orthodontic treatment” AND “endodontic treatment” AND “vital teeth”	32 artigos
		“root resorption” AND “orthodontics” AND “root canal treatment”	207 artigos
		“root resorption” AND “orthodontics” AND “root canal treatment” AND “vital teeth”	23 artigos
		“root resorption” AND “orthodontic treatment” AND “endodontically treated teeth”	61 artigos
		“root resorption” AND “orthodontic treatment” AND “endodontically treated teeth” AND “vital teeth”	28 artigos

Essa pesquisa bibliográfica foi submetida a aplicação de critérios de inclusão e exclusão.

Filtros: artigos com data de publicação entre 2010 e 2023, artigos em idioma inglês.

Crítérios de inclusão: artigos que comparam a reabsorção radicular entre DTE e DPV.

Crítérios de exclusão: estudos animais, artigos com data de publicação anterior a 2010, estudos de revisão sistemática, meta-análise ou relatório de caso e estudos que não relacionam a comparação entre DTE e DPV.

Tabela 2: Critérios de inclusão e critérios de exclusão

Crítérios de inclusão	Crítérios de exclusão
- Artigos que comparam a reabsorção radicular entre DTE e DPV - Ensaio clínicos randomizados	- Artigos que incluem estudos animais - Estudos de revisão sistemática, meta-análise ou relatório de caso

Foi elaborado um diagrama de fluxo PRISMA na Figura 1, que representa o processo de seleção de artigos para inclusão na revisão.

A organização segue o modelo de três fases, primeiro a fase de identificação onde foram eliminados os artigos duplicados, depois na fase de triagem aplicados os critérios de exclusão, através da leitura dos títulos e resumos. Por fim, a fase de elegibilidade com aplicação dos critérios de inclusão através da leitura completa dos mesmos.

Inicialmente, uma pesquisa bibliográfica na base de dados eletrônica *PubMed* produziu 648 artigos encontrados, utilizando a estratégia da pesquisa bibliográfica apresentada na Tabela 1. Destes 648 artigos, 304 artigos foram excluídos por meio da eliminação de publicações duplicadas (n=304). Os artigos foram excluídos após a leitura do título e resumo por não preencherem os critérios de exclusão (n=284). Em seguida, obtiveram-se 60 artigos pela avaliação e aplicação dos critérios de elegibilidade, os artigos foram excluídos por não atenderem a esses critérios (n=50). Dessa forma, foram obtidos dez artigos para responder ao objetivo dessa revisão, ou seja, avaliar a probabilidade de reabsorção radicular após aplicação de forças ortodônticas em DTE comparativamente com DPV.

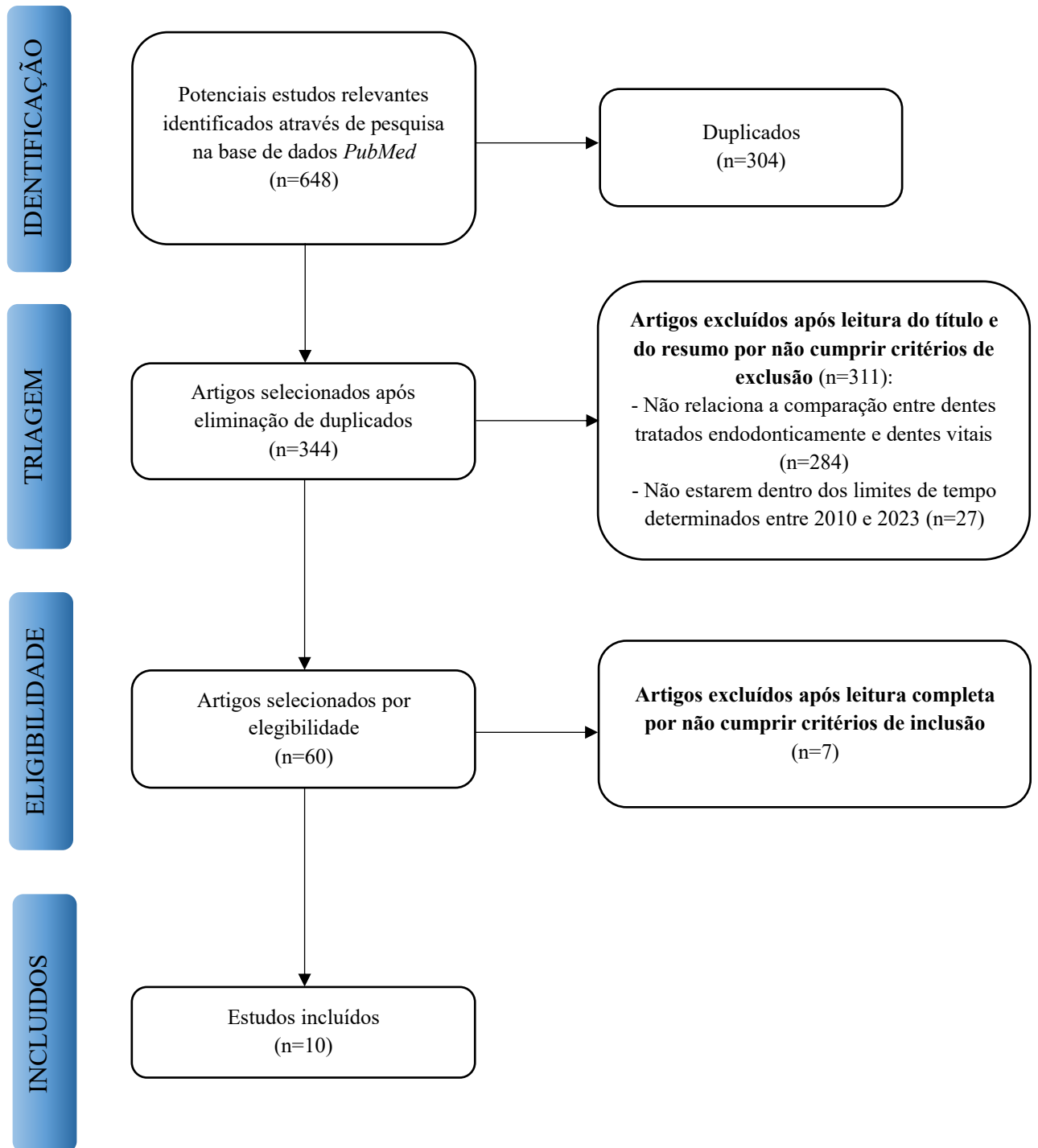


Figura 1: Diagrama de fluxo PRISMA

II- DESENVOLVIMENTO

1- O tratamento ortodôntico e a reabsorção radicular

i- O mecanismo do tratamento ortodôntico

Os dois pontos fundamentais em qualquer tratamento ortodôntico são a duração e a quantidade de força ortodôntica aplicada para efetuar um movimento dentário, e depende do tipo de movimento e do dente alvo. A força ortodôntica modela o osso alveolar e o ligamento periodontal que rodeia a raiz. Para um movimento dentário ortodôntico e condições mecânicas ótimas para o ligamento periodontal, a literatura mostra resultados diferentes, no que diz respeito à quantidade de força que deve ser envolvida. Admite-se que a força ortodôntica ideal se situa entre 10 mmHg e 22 mmHg, sendo igual à pressão sanguínea capilar. Desde a época de Angle até aos nossos dias, foi estabelecido que as forças ortodônticas excessivas são deletérias, pois o mecanismo de pressão e tensão é capaz de forçar o sangue e fluídos extracelulares para os espaços ósseas medulares, e em tecidos altamente oxigênio-dependentes, isso vai criar situações de hipóxia por obliteração dos vasos sanguíneos adjacentes ao ligamento periodontal, o que leva à necrose e à formação de uma área hialinizada. A movimentação dos dentes inicia-se quando esta zona é reabsorvida pelo sistema imunitário (Acharya *et al.*, 2022; Ren *et al.*, 2003). Este fenómeno não é imune a consequências iatrogénicas tais como reabsorção radicular, anquilose, hipersensibilidade dentinária, necrose pulpar o abscesso peri-apical. Um dos pioneiros da biologia ortodôntica, Oppenheim (2016), sugeriu a utilização de uma força suave e intermitente para minimizar os efeitos colaterais iatrogénicos e permitir a cicatrização do ligamento periodontal entre os períodos de tratamento (Acharya *et al.*, 2022).

O tratamento ortodôntico tem como base dois fenómenos coordenados, a reabsorção dos tecidos e a aposição de osso circundante. Este mecanismo de remodelação contínua do osso, está baseado no princípio de um lado de pressão com reabsorção óssea e um lado de tensão com deposição óssea, controlado por um mecanismo celular contínuo (Karkazi *et al.*, 2020; Acharya *et al.*, 2022).

A remodelação do ligamento periodontal e do osso alveolar induzida pela força ortodôntica é a base do movimento dentário ortodôntico. Em primeiro lugar, o ligamento periodontal sofre necrose do lado da pressão, formando uma zona hialina sem células. Em seguida, os osteoclastos reabsorvem o osso alveolar vizinho e os osteoblastos colocam osso no lado sob tensão. O tecido dentário duro parece ser reabsorvido pela atividade das citocinas e pela atividade óssea. As células imunitárias vão interagir com as células locais à medida que migram para fora dos vasos do ligamento periodontal, produzindo uma vasta gama de moléculas de sinalização (Abuabara, 2007).

Foram relatados alguns efeitos da força ortodôntica sobre a polpa, mas a maioria dos estudos mostra que a vitalidade da polpa não é afetada a longo prazo (Karkazi *et al.*, 2020).

ii- O mecanismo biológico da reabsorção radicular

De acordo com o Glossário: Terminologia Contemporânea para Endodontia, a reabsorção radicular é definida como uma condição associada a um processo fisiológico ou patológico que resulta numa perda de dentina, cimento e/ou osso. A reabsorção radicular externa apical é o tipo de reabsorção que mais acontece após tratamento ortodôntico de longa duração (Acharya *et al.*, 2022).

A reabsorção radicular externa é mediada por odontoclastos e cementoclastos derivados de células precursoras circulantes no ligamento periodontal.

Na patogênese da reabsorção radicular externa, são desencadeadas interações complexas entre vias de sinalização ativadas por vários agentes biológicos, envolvendo forças mecânicas. O cimento é reabsorvido por mecanismos de regulação semelhantes aos que controlam a osteoclastogênese e a reabsorção óssea. O cimento celular é reparado após a reabsorção radicular, mas os fatores que medeiam a transição da reabsorção para a reparação não são claros (Feller *et al.*, 2016).

A literatura divide o fenómeno da reabsorção radicular em reabsorção radicular externa, reabsorção radicular interna e reabsorção radicular de substituição. A reabsorção radicular externa está relacionada com traumatismos e movimentos dentários ortodônticos, a reabsorção radicular interna é causada por doença pulpar persistente e a

reabsorção radicular de substituição ocorre após lesões graves. As reabsorções radiculares externas e internas podem ser superficiais ou inflamatórias.

A reabsorção induzida pela aplicação de forças ortodônticas é sempre inflamatória. A raiz é reabsorvida através do ligamento periodontal e, de facto, o ligamento periodontal fica inflamado e liberta mediadores para que as células reabsorvam o tecido mineralizado da raiz. Este tipo de reabsorção inflamatória faz parte do processo de eliminação da zona hialina e a reabsorção radicular por cementoclastos ou osteoclastos pode resultar de um desequilíbrio entre a reabsorção e a deposição óssea.

A reabsorção externa da raiz ocorre tanto no ápice quanto nas superfícies laterais da raiz. Na área apical da raiz, geralmente não há reparo, resultando em perda permanente do comprimento da raiz. Foi relatado que a reabsorção radicular apical é quatro vezes mais comum do que a reabsorção radicular lateral. Alatli *et al* (1996) descobriram que o cimento acelular reabsorveu-se mais rapidamente do que o cimento celular durante o movimento ortodôntico. Isso ocorre porque o cimento celular específico para o ápice da raiz pode ser mais resistente devido à viabilidade dos cementócitos, ao contrário do cimento lateral e médio, que são acelulares por natureza (Hamilton e Gutmann, 1999; Consolaro e Furquim, 2014; Khan *et al.*, 2018; Kalra *et al.*, 2020; Acharya *et al.*, 2022). Capelozza Filho *et al.* (1998) observaram que a reabsorção radicular externa tem várias etiologias dependendo de variáveis genéticas, fisiológicas e anatómicas. Sendo, as etiologias classificadas em fatores mecânicos, locais e gerais. Os primeiros são representados pelas forças ortodônticas, tais como a magnitude, o tipo e a duração de aplicação da força ortodôntica. Os fatores locais incluem desenvolvimento e forma da raiz, história de trauma, más-oclusões, hábitos e higiene oral, enquanto os fatores gerais englobam o estado de saúde, a hereditariedade, o sexo e a idade (Valarelli *et al.*, 2015). Os fatores intrínsecos que podem desempenhar um papel na patogénese da reabsorção radicular externa apical induzida pela carga ortodôntica incluem o polimorfismo dos genes que codificam as citocinas e os fatores de crescimento, a densidade e a renovação do osso alveolar, as deficiências hormonais e outros fatores anatómicos locais (Feller *et al.*, 2016).

Levander e Malmgren (1988) indicam que os incisivos maxilares com forma da raiz particular e as raízes divergentes têm maior risco de desenvolver uma reabsorção radicular externa apical, o que também é o caso dos dentes com invaginações. Harris *et al.* (1993) identificaram a perda de estabilidade dos dentes adjacentes e a perda de

ancoragem da raiz no osso, como fatores de previsibilidade significativos (Hamilton e Gutmann, 1999).

As paredes da raiz, tanto internas como externas, são protegidas por uma fina barreira anti-reabsorção. A camada de pré-cimento protege as paredes externas da dentina, enquanto as paredes internas são protegidas pela camada de pré-dentina e pelos odontoblastos; a colonização de superfícies não mineralizadas é impossível. Foi estabelecido que vários fatores mecânicos, químicos e térmicos promovem a mineralização precoce das barreiras protetoras e desencadeiam a reabsorção radicular (Heboyan *et al.*, 2022).

Muitos autores referem que a incidência de reabsorção radicular é superior para os dentes anteriores superiores, seguindo-se os dentes anteriores inferiores e os primeiros molares, os caninos e os pré-molares. Cwyk *et al.* (1984) constataram que aproximadamente cinco anos após o tratamento ortodôntico, 42,3% dos incisivos centrais superiores, 38,5% dos incisivos laterais superiores e 17,4% dos incisivos mandibulares tinha sofrido reabsorção radicular externa apical. Então, a incidência global de reabsorção radicular foi de 28,8% para os incisivos com tratamento ortodôntico em comparação a 3,4% para os dentes vitais de controlo (Hamilton e Gutmann, 1999; Valarelli *et al.*, 2015).

iii- Os movimentos ortodônticos que levam a uma maior reabsorção radicular

Dependendo do tipo de movimento dentário desejado, a força necessária varia. De facto, a translação e a rotação, requerem a maior quantidade de força, ao contrário da intrusão. Além disso, dependendo da superfície radicular dos dentes, uma determinada quantidade de força pode ser ideal para raízes grandes e prejudicial para dentes com raízes de menores dimensões. As razões específicas para a reabsorção radicular apical externa durante o tratamento ortodôntico não são bem compreendidas. Contudo, forças pesadas e movimentos específicos de intrusão ou de torque radicular, geralmente encontram-se mais associadas à incidência de reabsorções (Hamilton e Gutmann, 1999; Acharya *et al.*, 2022).

De acordo com Sameshima e Sinclair (2001), a incidência da reabsorção radicular externa é mais comum em dentes anteriores maxilares com má oclusão de tipo Classe II Div. 2,

com *overjet* diminuído e sobremordida profunda, pois a correção implica dois tipos de movimento com elevada associação à reabsorção radicular por movimento dentário induzido: intrusão e torque radicular. As forças de inclinação favorecem a compressão do ligamento periodontal sobre a superfície do osso alveolar. A intrusão é um movimento contrário ao natural e, portanto, prejudicial para as estruturas periodontais. Assim, a sua combinação com outras correções leva a uma maior reabsorção radicular externa.

Com a inclinação, a força de compressão é absorvida pelo ápice, enquanto com a translação, toda a superfície da raiz é afetada. No entanto, a reabsorção relacionada com a translação é pouco frequente e mais ligeira do que a reabsorção relacionada com a inclinação. Os movimentos extrusivos também podem resultar em reabsorção no terço cervical da raiz. No entanto, o risco de reabsorção radicular aumenta consideravelmente durante o movimento dentário de intrusão no qual todas as forças estão centradas no ápice. A incidência de reabsorção radicular é quatro vezes maior durante os movimentos intrusivos do que durante os movimentos extrusivos (Karkazi *et al.*, 2020).

Não foi encontrada diferença na extensão de reabsorção radicular e no uso de diferentes aparelhos, mas sim na duração do tratamento (Valarelli *et al.*, 2015).

2- A reabsorção radicular em dentes tratados ortodonticamente

Histologicamente, após a aplicação de forças ortodônticas por um curto período de tempo, podem surgir lacunas de reabsorção na superfície do cimento radicular, que é um estágio preliminar da reabsorção radicular externa apical, que ocorre quando a reabsorção radicular excede a capacidade de reparação do cimento (Kalra *et al.*, 2020).

Considera-se que existem dois fatores que influenciam a reabsorção radicular externa durante um tratamento ortodôntico:

Primeiramente, o fator mecânico, relacionado com as forças ortodônticas (magnitude, duração e tipo), com o tipo de movimento (movimentos dentários significativos tais como torque radicular e forças intrusivas) e a duração do tratamento se demasiado elevada.

E em segundo, o fator biológico, relacionado com a progressão do processo e as modificações em curso. Foi demonstrado que a reabsorção radicular é influenciada pelo sexo, consumo de drogas, suscetibilidade genética (um potencial marcador genético, que representa 15% da variação total da reabsorção radicular externa, é observado em

pacientes ortodônticos, ou seja, a associação de um alelo específico de IL-1B e a reabsorção radicular externa) ou doenças sistêmicas (associadas a alterações do metabolismo do fosfocálcio, tais como hipotireoidismo, hiper ou hipoparatiroidismo, hipofosfatemia, sarcoidose, doença de Paget, osteogênese imperfeita, calciúria e antecedentes de nefrolitíase) (Abuabara, 2007; Zarzycka-Kogut *et al.*, 2014).

No contexto do tratamento ortodôntico, há uma série de fatores causais que podem ser divididos da seguinte forma:

Em primeiro lugar, os parâmetros de tratamento: tempos de tratamento longos e reabsorção radicular externa estão comprovadamente associados. Um dos principais fatores é a força ortodôntica, a aplicação, o tipo e a direção para produzir movimentos ortodônticos. Essas forças devem permitir um movimento dentário semelhante ao equilíbrio fisiológico que ocorre entre o movimento dentário e a adaptação óssea. O conceito de força ortodôntica ideal foi proposto por Schwarz (1932), que a definiu como sendo uma força contínua ótima, como "a força que provoca uma alteração na pressão tecidual próxima à pressão sanguínea dos vasos capilares, impedindo assim a oclusão do ligamento periodontal comprimido". O ligamento periodontal não sofre qualquer reação quando as forças estão abaixo deste limiar de força ortodôntica ótima, mas quando as forças o excedem, a reabsorção do osso na zona de pressão é impedida por áreas de necrose tecidual, o que pode atrasar o movimento dentário. A reabsorção radicular ocorre quando a força ortodôntica ultrapassa o limiar de força suficiente para manter a vitalidade do dente, ou seja, se a força for maior que a pressão capilar, interrompe o suprimento sanguíneo e inicia-se a reabsorção radicular externa apical. Atualmente, o conceito de força ortodôntica ideal baseia-se na suposição de uma força ortodôntica com determinada característica temporal e magnitude, de modo a produzir o máximo movimento dentário, confortável para o paciente e sem danos aos tecidos. Parece haver menos reabsorção quando as forças são aplicadas de forma intermitente, pois os cementoblastos têm mais tempo para reparar a superfície radicular (Ren *et al.*, 2003; Yang, Tiwari e Peng, 2016; Acharya *et al.*, 2022).

Em segundo lugar, os parâmetros relacionados com o paciente: há uma diferença individual na prevalência de reabsorção radicular externa, um componente hereditário significativo é sugerido como um dos principais fatores. O aspecto genético da reabsorção radicular externa apical surgiu com Newman (1975) e depois com Harris *et al.* (1997). Esses autores observaram o envolvimento de variações genéticas na reabsorção radicular

externa apical associada ao tratamento ortodôntico, por meio de um estudo de hereditariedade. Posteriormente, Hartsfield *et al.* (2004) confirmaram uma associação de 50-66% entre variáveis genéticas e variações na reabsorção radicular apical após tratamento ortodôntico.

Uma revisão dos trabalhos de Sameshima e Sinclair (2001) mostra que a etnia contribui para as variações no comprimento radicular.

Em termos de idade, os dentes com ápices incompletos apresentam menor reabsorção radicular externa porque continuam a crescer ao longo de todo o seu comprimento, e embora a idade cronológica possa ser um fator de risco, nem todos os estudos o confirmam.

Em termos de estruturas, os ápices finos e irregulares, como os longos e curvos, são mais suscetíveis de apresentar reabsorção radicular externa, porque são menos capazes de resistir a estímulos mecânicos.

A relação entre o gênero e a reabsorção radicular externa ainda não foi comprovada.

É muito importante identificar os fatores que predisõem à reabsorção radicular clinicamente significativa, uma vez que esta é irreversível quando atinge a dentina.

A variação individual na reabsorção radicular externa apical associada ao tratamento ortodôntico é considerável e sobrepõe-se à magnitude e ao tipo de força ortodôntica, indicando a predisposição individual e etiologia multifatorial como fatores mais relevantes (Motokawa *et al.*, 2011; Walker *et al.*, 2013; Kalra *et al.*, 2020; Karkazi *et al.*, 2020).

O movimento dentário ortodôntico induz a reabsorção radicular de cimento e dentina por odontoclastos e cementoclastos, envolvendo várias vias de sinalização molecular. Os dentes são deslocados pela força ortodôntica dentro dos limites do osso. A reabsorção do ápice radicular é uma consequência frequente e involuntária da deslocação ortodôntica dos dentes. Como no osso existem osteoblastos e osteoclastos, há um processo constante de remodelação óssea, mas no cimento as células cementoclásticas estão ausentes e, portanto, esse processo não pode ocorrer. Além disso, a aplicação de força ortodôntica ativa imediatamente os osteoclastos, mas são necessárias células basais hematopoiéticas para a formação de cementócitos. Estas células basais chegam ao local desejado através da angiogênese, que aumenta o fluxo sanguíneo, atuando na reabsorção do pré-cimento, do cimento e da dentina.

Os neuropeptídeos pulparem desempenham um papel essencial na reabsorção radicular apical externa. Sob o efeito do stress ortodôntico, são libertados a substância P, ligada à inflamação e à dor, e o péptido ligado ao gene da calcitonina, que é um potente vasodilatador para a transmissão da dor. Durante o tratamento ortodôntico, o paciente sente um desconforto tolerável devido ao duplo efeito destas duas moléculas. Isto estimula as células clásticas a reabsorver o osso alveolar e o cemento (Yang *et al.*, 2016; Karkazi *et al.*, 2020).

Estudos histológicos relataram reabsorção radicular apical externa em mais de 90% dos dentes tratados ortodonticamente e, em geral, cerca de 80% dos pacientes apresentam reabsorção radicular apical externa leve (Tabela 3), o que é considerado normal. Esta condição manifesta-se como um embotamento do ápice radicular e apresenta sinais clínicos menores, como o deslocamento mínimo do dente. Dependendo dos métodos utilizados nos estudos, a literatura apresenta resultados que variam consideravelmente em relação à prevalência da reabsorção radicular apical externa associada ao tratamento ortodôntico. Mais de um terço dos pacientes submetidos a tratamento ortodôntico apresentam reabsorção radicular superior a 3 mm. A reabsorção radicular severa tem sido observada em 2-5% da população.

A perda do terço apical da raiz não afeta significativamente o suporte periodontal, uma vez que representa 10% desse suporte periodontal. Por conseguinte, as técnicas ortodônticas que resultam em perda apical não são consideradas relevantes. No entanto, a perda total do dente pode ocorrer em casos de reabsorção extrema. Mesmo com uma perda de 4mm, o dente permanece vital e funcional, mas é importante ressaltar que há uma redução na relação coroa/raiz, o que pode aumentar a mobilidade. A reabsorção severa (Tabela 3) em ortodontia ocorre em apenas 10% dos casos, de acordo com a literatura (Walker *et al.*, 2013; Consolaro e Furquim, 2014; Valarelli *et al.*, 2015; Kalra *et al.*, 2020; Karkazi *et al.*, 2020; Acharya *et al.*, 2022).

Tabela 3: Classificação do grau de reabsorção radicular externa apical

Suave	Até 2 mm de redução do comprimento inicial da raiz
Moderado	Mais de 2 mm de redução, mas menos de 1/3 do comprimento inicial da raiz
Severo	Maior do que 4 mm ou 1/3 do comprimento original da raiz

(Karkazi *et al.*, 2020)

Este fenômeno de reabsorção radicular externa ocorre num período de seis a nove meses após a aplicação da força ortodôntica lesiva, se não aparecer durante este período, é pouco provável que ocorra. O processo de reabsorção radicular externa requer reparação do cimento, com suspensão da força ativa durante dois a três meses. Se o tratamento for interrompido, ao fim de sete dias já não existem células clásticas e ao fim de quatro a cinco semanas toda a superfície radicular está coberta por novo cimento e fibras periodontais. Em caso de persistência, Tronstad (1988) recomenda a utilização de hidróxido de cálcio como medicação intra-canal temporária (Consolaro e Furquim, 2014; Acharya *et al.*, 2022).

A reabsorção induzida pela ortodontia é normalmente identificada por métodos radiográficos como um encurtamento mais ou menos significativo da raiz. Como parte de um procedimento preventivo, é indicado um controle radiográfico antes do início do tratamento ortodôntico e uma reavaliação seis meses após o início do tratamento (Valarelli *et al.*, 2015; Sheela *et al.*, 2017).

Para evitar reabsorções radiculares graves em pacientes de risco, devem ser tidos em conta parâmetros como a história clínica, o uso de medicamentos, a história familiar, a agenesia dentária, a morfologia radicular, a saúde oral e os hábitos. Neste caso, recomenda-se que o acompanhamento radiográfico seja efetuado de três em três meses. Nenhum estudo foi ainda suficientemente conclusivo para indicar um protocolo, mas a administração de medicamentos anti-inflamatórios poderia suprimir a reabsorção radicular induzida pelo tratamento ortodôntico (Abuabara, 2007).

3- Comparação da reabsorção radicular entre dentes vitais e dentes com tratamento endodôntico prévio

A presente revisão teve como objetivo avaliar a incidência de reabsorção radicular externa após tratamento ortodôntico em dentes com ou sem tratamento endodôntico prévio. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, cuja estratégia de busca está descrita na Tabela 1. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão mencionados na Tabela 2, foram encontrados dez artigos. A Tabela 4 apresenta as características dos dez estudos incluídos na revisão e que descrevemos em seguida:

Seker *et al.*, (2023) apresentaram um estudo retrospectivo de modelo boca dividida. A amostra incluiu 173 pacientes cujo tratamento ortodôntico ainda não havia sido concluído, selecionados de entre os pacientes dos arquivos que foram tratados de 2010 a 2019. Os 173 pacientes são representados por 110 mulheres com uma idade média de 18,78 +/- 6,55 anos e 63 homens com uma idade média de 18,03 +/- 4,83 anos. A idade média da amostra era, portanto, de 18,5 +/- 5,98 anos. Todos estes pacientes foram tratados com um sistema multi-braquetes com uma duração média de tratamento de 27,87 +/- 9,2 meses.

A seleção dos pacientes foi feita com aplicação de critérios de inclusão e exclusão. De forma a comparar a reabsorção radicular apical após um tratamento ortodôntico entre DTE e DPV contralaterais, que representaram o grupo de controle, a amostra teve de incluir os seguintes critérios: tratamento ortodôntico apenas com aparelhos ortodônticos fixos, ter pelo menos um DTE antes do tratamento ortodôntico, tratamento ortodôntico por pelo menos 1 ano, presença de DPV contralaterais e com estruturas anatómicas periapicais radiograficamente normais sem tratamento pulpar invasivo prévio e ter radiografias panorâmicas antes e depois do tratamento ortodôntico de boa qualidade. Os critérios de exclusão incluíram: radiografia pré-tratamento, os DTE com índices periapicais 3, 4 e 5, DTE com reabsorção radicular, morfologia dentária atípica, alterações visíveis do bordo incisal ou oclusal dos dentes, pacientes que apresentam fendas labiais e palatinas, pacientes com história de cirurgia ortognática e pacientes com doenças sistêmicas ou metabólicas.

No presente estudo, o método utilizado para avaliar a reabsorção radicular apical foi a radiografia panorâmica apical. As imagens foram obtidas no início e no final do tratamento ortodôntico. O comprimento de dentes permanentes foi então medido quantitativamente antes e depois do tratamento ortodôntico para os DTE e os DPV contralaterais. Os dentes permanentes avaliados incluíram 11 incisivos centrais maxilares, 35 pré-molares maxilares e 54 molares maxilares, 20 pré-molares mandibulares e 113 molares mandibulares.

Após comparação das radiografias panorâmicas digitais antes e depois do tratamento ortodôntico, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa na reabsorção radicular apical entre os DTE e os DPV contralaterais ($p > 0,05$). Além disso, o gênero e o tipo de dente não tiveram influência na reabsorção radicular apical. Este

estudo mostrou que o tratamento endodôntico não aumentou a reabsorção radicular apical.

Kolcuoğlu e Oz (2020) apresentaram um estudo de modelo boca dividida. O presente trabalho estudou dezasseis pacientes, sendo oito mulheres e oito homens, com idade média de 18,8 anos. Estes dezasseis pacientes foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: tratamento ortodôntico com extração de pré-molares maxilares e/ou mandibulares, com um dos pré-molares a extrair submetido previamente a tratamento endodôntico, pacientes com ausência de sintomas clínicos ou radiológicos no DTE e pacientes com ausência de doença sistémica. Neste estudo, o grupo experimental era constituído por 13 pré-molares maxilares e três pré-molares mandibulares tratados endodonticamente e o grupo de controlo constituído por os 16 pré-molares vitais na hemiarcada contralateral.

O tratamento é efetuado por meio de um sistema multi-braquetes durante um período de oito semanas, durante o qual foi aplicada força ortodôntica e, em seguida, os pré-molares foram extraídos para se obter imagens por tomografia micro-computadorizada e a medição da reabsorção radicular apical obtida através dum programa *Image J*. As raízes dos pré-molares foram divididas em terços: cervical, medial e apical em diferentes planos (vertical, vestibular, lingual, mesial e distal), obtendo-se as seguintes regiões: cervico-vestibular, cervico-mesial, cervico-distal, cervico-lingual, medial-vestibular, medial-mesial, medial-distal, medial-lingual, apical-vestibular, apical-mesial, apical-distal e apical-lingual. Posteriormente, os volumes totais de reabsorção radicular foram medidos para cada grupo.

Após a comparação dos volumes de reabsorção das diferentes superfícies e terços radiculares entre o grupo de estudo e o grupo de controlo, observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos no que diz respeito ao volume total médio de reabsorção ($p < 0,05$). Para as DTE, o volume médio de reabsorção foi de 0,08869 mm³ e para as DPV contralaterais foi de 0,14077 mm³, o que indica uma reabsorção significativamente menor para as DTE em relação às DPV contralaterais após a aplicação da força ortodôntica ($p = 0,003$). A maior reabsorção foi observada nas superfícies cervico-vestibular e apical-lingual em ambos os grupos de estudo. Os resultados também mostram uma diferença estatisticamente significativa na região cervical, com um valor

médio de reabsorção de $0,06305 \text{ mm}^3$ no grupo controlo e $0,0291 \text{ mm}^3$ no grupo experimental ($p = 0,002$).

A conclusão do estudo é que os DTE mostraram significativamente menor reabsorção radicular ortodôntica do que os DPV.

Kurnaz e Buyukcavus (2020) apresentaram um estudo retrospectivo de modelo boca dividida. A amostra do estudo foi constituída por 69 pacientes divididos em dois grupos: um primeiro grupo de 35 pacientes que tenham sido submetidos a tratamento ortodôntico sem extração, incluindo 18 mulheres e 17 homens com uma idade média de $18,16 \pm 3,79$ anos, e um segundo grupo de 34 pacientes que foram submetidos a tratamento ortodôntico com extração do primeiro pré-molar, incluindo 19 mulheres e 15 homens com uma idade média de $17,72 \pm 2,78$ anos. Este estudo inclui, portanto, um total de 32 homens e 37 mulheres com idades entre $17,94 \pm 3,29$ anos.

De 367 pacientes que completaram o tratamento ortodôntico sem extração dentária, estes 35 pacientes foram selecionados com base em radiografias realizadas numa clínica ortodôntica entre junho de 2018 e junho de 2020, utilizando os seguintes critérios de inclusão: radiografias panorâmicas padronizadas e com alta qualidade de imagem para poder determinar corretamente os pontos de referência, pacientes sem patologia peri-apical e com os molares inferiores tratados endodonticamente há pelo menos 1 ano e os seus contralaterais com polpa vital, e sem hábitos para-funcionais. Para o grupo com extração, foram selecionados casos de ancoragem moderada com extração dos primeiros quatro pré-molares. As quantidades de mesialização comparadas devem ser iguais entre os lados direito e esquerdo no início e no final do tratamento ortodôntico. Tratamento com o mesmo sistema de braquetes e a mesma quantidade de movimentação dentária. Outros pacientes foram excluídos com base nos seguintes critérios de exclusão: pacientes que tinham sido submetidos a tratamento endodôntico durante o tratamento ortodôntico, pacientes com anomalias dentárias de tamanho e posição, pacientes que não tinham uma DPV contralateral ou com história de trauma e pacientes com molares inferiores inclinados.

Os 69 pacientes foram todos tratados com sistema multi-braquetes durante em média $1,53 \pm 0,64$ anos no grupo de tratamento ortodôntico sem extração e $2,07 \pm 0,72$ anos no grupo de tratamento ortodôntico com extração, e, portanto, uma duração média de

tratamento de 1,8 +/- 0,68 anos para ambos os grupos. A reabsorção radicular externa foi avaliada por meio de radiografias panorâmicas digitais com posicionamento padronizado da cabeça durante a exposição, em ambos os grupos, para os DTE e DPV contralaterais, antes e após o tratamento ortodôntico. Os dentes avaliados neste estudo foram molares mandibulares. Os resultados revelam, da comparação da reabsorção radicular externa nos dois grupos de tratamento ortodôntico (DTE e DPV), uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Para a comparação da redução da superfície radicular entre os dois lados nos dois grupos entre DTE e DPV com tratamento ortodôntico com extração mostrou uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A conclusão deste artigo é que os DTE são mais eficazes do que os DPV em termos de reabsorção radicular.

Giovanni e Eliezer (2019) apresentaram um estudo de modelo boca dividida. Os sujeitos desta investigação são 36 pacientes com idades compreendidas entre os 20 e os 39 anos, 22 do género feminino e 14 do género masculino. Estes pacientes tiveram um ou mais dentes tratados endodonticamente antes do início do tratamento ortodôntico. Os dentes tratados endodonticamente pelo menos um ano antes do tratamento ortodôntico são os dentes experimentais e os dentes de controlo são os DPV contralaterais. Os critérios de inclusão incluíram pacientes com pelo menos um ano após o final do tratamento ortodôntico, tratados com aparelhos fixos e que tinham pelo menos um DTE e o seu contralateral com polpa vital. Os critérios de exclusão definiram pacientes com fraturas radiculares, patologias peri-apicais ou pacientes com dentes restaurados com coroas. Este estudo não especifica o tipo de dentes avaliados, mas foram efetuadas radiografias peri-apicais com colimadores *Dentsply XCP* antes e depois do tratamento ortodôntico. Estas radiografias foram depois analisadas e utilizadas para medir a reabsorção radicular externa através da colocação de pontos e linhas de referência.

Após a avaliação de 36 radiografias peri-apicais, os resultados mostraram que a reabsorção radicular externa foi maior nos DTE (0,84 +/- 0,48mm) do que nos DPV (0,78 +/- 0,42mm). Esse estudo conclui que não há diferença estatisticamente significativa entre DTE e DPV na taxa de reabsorção radicular externa após o tratamento ortodôntico. Também demonstrou que o tratamento ortodôntico com duração superior a vinte e cinco meses aumentaria a reabsorção radicular externa e que essa taxa também seria maior nos homens do que nas mulheres.

Khan *et al.*, (2018) apresentaram um estudo retrospectivo de modelo boca dividida. Este estudo incluiu 30 pacientes, 13 mulheres e 17 homens, com uma idade média de 26,37 +/- 2,4 anos. Foram selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão: as radiografias panorâmicas de boa qualidade, realizadas com o mesmo aparelho e padronizadas, as DTE sem radiolucidez peri-apical, a raiz obturada em toda a sua extensão antes do início do tratamento ortodôntico, o paciente deveria apresentar um DPV contralateral, as DTE deveriam ser previamente acompanhados durante um ano e não apresentar qualquer alteração, o tratamento ortodôntico deveria ter durado mais de um ano e o paciente não apresentar hábitos para-funcionais. Os critérios de exclusão definidos: tratamento endodôntico durante o tratamento ortodôntico ou ter sido submetido a tratamento endodôntico por histórico de trauma, o paciente apresentar anomalias dentárias de número, tamanho, forma e posição e o paciente não apresentar DPV contralateral.

A amostra foi constituída por 30 DTE e 30 DPV contralaterais, que serviram como dentes de controlo. Os indivíduos foram tratados com um sistema multi-braquetes durante em média de 3,17 +/- 1,09 anos. O método utilizado nesse estudo foi a avaliação da reabsorção radicular externa apical, através de radiografias panorâmicas digitais realizadas antes e após o tratamento ortodôntico.

Os resultados mostraram maior reabsorção radicular nos DPV do que nos DTE, sendo esse resultado significativo ($p = 0,045$). Foi demonstrado que a reabsorção radicular também foi maior nas mulheres, mas que não houve correlação entre a reabsorção radicular e a duração do tratamento ortodôntico e o comprimento da raiz.

Sheela *et al.* (2017) apresentaram um estudo de modelo boca dividida. A seleção dos pacientes para este estudo foi realizada em cinco clínicas ortodônticas. 16 pacientes foram selecionados com base nos seguintes critérios: possuírem um incisivo central superior vital que seria o dente de controlo e o seu contralateral com tratamento endodôntico, com pelo menos um ano de tratamento antes do início do tratamento ortodôntico e cujo ligamento periodontal estava íntegro na região apical. Todos os pacientes foram submetidos a tratamento por um período mínimo de 18 meses com um sistema multi-braquetes. A idade destes pacientes não foi especificada neste estudo.

A reabsorção radicular externa apical foi medida antes e depois do tratamento ortodôntico por meio de radiografias peri-apicais dos incisivos centrais superiores maxilares e seus homólogos com tratamento endodôntico desses 16 pacientes. A reabsorção radicular externa apical avaliada através da medição do maior comprimento do dente entre o bordo incisal e o ápice radicular, comparando os resultados antes e depois do tratamento ortodôntico. Os resultados deste trabalho mostram uma diferença não estatisticamente significativa do nível de reabsorção radicular externa apical entre os DTE e os DPV, embora os DPV mostrem, em média, um grau de reabsorção radicular ligeiramente maior do que os DTE.

Lee e Lee (2016) apresentaram um estudo de tipo coorte. O estudo consiste em 35 pacientes, 27 mulheres e 8 homens, com idades entre 25, 23 +/- 4,92 anos, que foram selecionados entre os pacientes de uma instituição entre 2006 e 2014. A seleção baseou-se nos seguintes critérios de inclusão: tratamento endodôntico prévio ao tratamento ortodôntico, presença de DPV contralateral com estruturas anatómicas peri-apicais radiograficamente normais diagnosticadas por exames clínicos, duração do tratamento ortodôntico superior a 1 ano e apenas dentes sem alterações de bordo incisal ou oclusal confirmadas por um molde antes e depois do tratamento ortodôntico. Todos os pacientes foram tratados com o sistema multi-braquetes por um período superior a um ano, com uma média de tempo de tratamento de 26,58 +/- 8,58 meses.

O método utilizado para avaliar a reabsorção radicular externa apical foi a realização de radiografias panorâmicas digitais com normalização da posição da cabeça, antes e após o tratamento ortodôntico. A reabsorção radicular foi calculada em 7 incisivos centrais, 8 incisivos laterais, um canino, 6 pré-molares e 13 molares tratados endodonticamente e nos 35 DPV contralaterais.

Os valores médios da reabsorção radicular externa apical foram de 0,22 para os DTE e 0,87 para os DPV contralaterais, indicando uma reabsorção significativamente menor para os DTE do que para os DPV após o tratamento ortodôntico. O estudo constatou que a idade do paciente, a duração e o tipo de tratamento ortodôntico assim como a presença de patologia peri-apical tiveram influência na reabsorção radicular externa apical, mas não foi encontrada influência para o tipo de dente avaliado ou para o sexo do paciente.

Em conclusão, as DPV parecem ser significativamente mais suscetíveis à reabsorção radicular do que as DTE.

Castro *et al.*, (2015) apresentaram um estudo retrospectivo de modelo boca dividida. A amostra inicial deste estudo é representada por imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico de 1256 raízes de 30 pacientes adolescentes. A seleção destes pacientes implicou o respeito pelos critérios de inclusão, tais como a presença de DTE e respectivo DPV contralateral, dentes permanentes, imagem clara de tomografia computadorizada de feixe cônico da raiz antes e depois do tratamento ortodôntico. Por outro lado, dentes com história de trauma, dentes com fraturas radiculares, anquilose ou lesões peri-apicais foram excluídos desta avaliação, conforme exigido pelos critérios de exclusão. Estes 30 pacientes recrutados foram tratados durante um período médio de 22 meses com sistema multi-braquetes. Posteriormente, foi feita a seleção de 20 DTE posteriores e seus DPV contralaterais em seis adolescentes antes do tratamento ortodôntico, sendo dois meninos e quatro meninas com idade média de 12,8 +/- 1,8 anos.

Esse artigo utiliza imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico obtidas antes e depois do tratamento ortodôntico. A reabsorção radicular externa apical foi avaliada através da medição do comprimento axial máximo do ápice radicular até ponta da cúspide correspondente.

Os resultados não mostraram diferença estatisticamente significativa entre DTE e DPV ($p = 0,4197$). A diferença média do comprimento radicular entre os dentes pré-tratamento ortodôntico e os dentes pós-tratamento ortodôntico foi de 0,30 mm para os DTE e 0,16 mm para os DPV. Em conclusão, as DTE não implicam qualquer alteração no planeamento ortodôntico, pois as DTE não parecem aumentar a reabsorção radicular externa apical após o tratamento ortodôntico.

Llamas-Carreras *et al.* (2012) apresentaram um estudo de modelo boca dividida. Este trabalho baseia-se numa amostra de 38 pacientes, dos quais 24 mulheres e 14 homens, selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão: o paciente deveria ter um incisivo superior tratado endodonticamente antes do tratamento ortodôntico, o paciente deveria também ter o incisivo homólogo contralateral com polpa vital (avaliada por um teste de calor), o paciente deveria estar a completar um tratamento ortodôntico multi-

braquetes com uma duração de tratamento ativo superior a um ano e, finalmente, o paciente deveria apresentar integridade incisal durante todo o período de tratamento (avaliada em modelos de estudo ortodôntico antes e depois do tratamento). Os pacientes foram excluídos por apresentarem os seguintes critérios: presença de fraturas, bem como pacientes com dentes que apresentavam sinais radiológicos de patologia peri-apical antes do tratamento.

Os pacientes que fizeram parte do estudo tinham uma idade média de 30,7 +/- 10,2 anos e uma duração média de tratamento ortodôntico de 24 +/- 12 meses.

Foram efetuadas radiografias panorâmicas digitais antes e depois do tratamento ortodôntico que são utilizadas como método de avaliação da reabsorção radicular externa apical. As radiografias foram tiradas aos 38 incisivos superiores tratados endodonticamente e dos seus incisivos homólogos vitais. As radiografias foram padronizadas medindo a maior distância entre o bordo incisal e a junção amelocementária. De seguida, foram efetuadas outras medições, comprimentos da coroa e da raiz e reabsorção radicular dos DTE e DPV contralaterais para permitir a padronização intra-paciente. Finalmente, foi calculada a proporção de reabsorção radicular para cada paciente.

O resultado foi uma reabsorção radicular externa de 1,1 +/- 1,0 mm para o DPV e 1,1 +/- 0,8 mm para o DTE, porém não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

Llamas-Carreras *et al.* (2010) apresentaram um estudo de modelo boca dividida. Este estudo envolveu 77 pacientes, 56 mulheres e 21 homens com uma idade média de 32,7 +/- 10,7 anos. Os critérios de inclusão para a seleção dos pacientes incluíram: pacientes que tinham completado o tratamento ortodôntico com uma duração de tratamento ativo de um ano (26 +/- 8,9 meses) com multi-braquete, o tratamento endodôntico deveria ter sido completado antes do tratamento ortodôntico e o DPV contralateral sem tratamento pulpar invasivo. Os critérios de exclusão: dentes com raízes fraturadas e dentes com evidência radiológica de patologia peri-apical na radiografia pré-tratamento, pacientes com alterações óbvias nos bordos incisais (foram avaliados os moldes de estudo ortodônticos antes e depois do tratamento para garantir a integridade incisal ao longo do período de tratamento ativo).

A proporção de reabsorção radicular externa foi avaliada através de radiografias panorâmicas digitais de 23 incisivos centrais, 12 incisivos laterais, 9 caninos, 9 pré-molares, 24 molares tratados endodonticamente e os 77 DPV contralaterais.

As radiografias foram padronizadas medindo a maior distância entre o bordo incisal e a junção cimento-esmalte. De seguida, foram efetuadas outras medições, comprimentos da coroa e da raiz e reabsorção radicular dos DTE e DPV contralaterais para permitir a padronização intra-paciente. Finalmente, foi calculada a proporção de reabsorção radicular para cada paciente.

Os resultados deste estudo indicam que não existem diferenças significativas na reabsorção radicular entre os DTE e os DPV contralaterais, uma vez que a média da proporção de reabsorção radicular da amostra total é de 1,00 +/- 0,13. 37 dos 77 pacientes apresentam uma proporção de reabsorção radicular superior a 1, o que representa uma maior reabsorção radicular nos DTE do que nos dentes controlo. 36 dos 77 pacientes apresentam uma maior reabsorção radicular nos DPV. Entretanto, na amostra total, não houve diferenças significativas entre os níveis de reabsorção radicular nos DTE e nos DPV contralaterais. Conclui-se, portanto, que não há diferenças significativas na taxa e na severidade da reabsorção radicular externa entre DTE e DPV durante o tratamento ortodôntico, mas a proporção de reabsorção radicular durante o movimento ortodôntico é maior nos incisivos do que nos demais tipos de dentes avaliados.

Dos dez estudos incluídos, representados na Tabela 4, nove estudos apresentam o modelo de boca dividida: Llamas-Carreras *et al.* (2010); Llamas-Carreras *et al.* (2012); Castro *et al.*, (2015); Sheela *et al.* (2017); Khan *et al.*, (2018); Giovanni e Eliezer (2019); Kolcuoğlu e Oz (2020); Kurnaz e Buyukcavus (2020); Seker *et al.*, (2023), e um estudo é de tipo coorte: Lee e Lee (2016).

Com estes artigos, temos um número total de 496 pacientes, dos quais 179 são de sexo masculino e 301 são de sexo feminino, um estudo não tem precisão sobre o sexo dos seus 16 pacientes (Sheela *et al.*, 2017). Estes 496 pacientes têm uma idade média entre 12,8 e 39 anos, mas um artigo não indica a idade dos pacientes (Sheela *et al.*, 2017).

Os sistemas utilizados nos tratamentos ortodônticos são principalmente sistemas multi-braquetes. Relativamente à duração do tratamento, estes variam entre oito semanas (Kolcuoğlu e Oz, 2020) e 3,17 anos (o mais longo) (Khan *et al.*, 2018).

A avaliação da reabsorção radicular externa foi feita sobre diferentes tipos de dentes, dois estudos sobre incisivos maxilares: Llamas-Carreras *et al.* (2012) e Sheela *et al.* (2017), um estudo avalia pré-molares: Kolcuoğlu e Oz (2020), um outro, molares mandibulares: Kurnaz e Buyukcavus (2020) e um estudo apenas dentes posteriores: Castro *et al.*, (2015). Três estudos fazem as medidas sobre dentes de diferentes grupos, incluindo incisivos, caninos, pré-molares e molares: Llamas-Carreras *et al.* (2010); Lee e Lee (2016) e Seker *et al.*, (2023). Dois estudos não referem o tipo de dentes analisados: Khan *et al.*, (2018) e Giovanni e Eliezer (2019).

A avaliação dos DTE e dos DPV contralaterais é feita através de radiografias, antes e depois do tratamento ortodôntico, com radiografias panorâmicas digitais, em seis estudos: Llamas-Carreras *et al.* (2010); Llamas-Carreras *et al.* (2012); Lee e Lee (2016); Khan *et al.*, (2018); Kurnaz e Buyukcavus (2020) e Seker *et al.*, (2023), com radiografias periapicais em dois outros: Sheela *et al.* (2017) e Giovanni e Eliezer (2019), um estudo com tomografia computadorizada de feixe cônico: Castro *et al.*, (2015) e um outro com tomografia micro-computadorizada: Kolcuoğlu e Oz (2020).

A reabsorção radicular externa apical foi o mais avaliado nos estudos, dentro dos dez estudos, apenas um avalia a reabsorção radicular externa em terços cervicais, médios e apicais: Kolcuoğlu e Oz (2020).

A ausência de diferença estatisticamente significativa foi encontrada como resultado em seis estudos, entre DTE e os DPV contralaterais: Llamas-Carreras *et al.* (2010); Llamas-Carreras *et al.* (2012); Castro *et al.*, (2015); Sheela *et al.* (2017); Giovanni e Eliezer (2019) e Seker *et al.*, (2023). Os outros estudos determinaram que os DPV são mais afetados pela reabsorção radicular do que os DTE: Lee e Lee (2016); Khan *et al.*, (2018); Kolcuoğlu e Oz (2020) e Kurnaz e Buyukcavus (2020).

Tabela 4: Características dos estudos incluídos na revisão

Referência	Seker <i>et al.</i> (2023)	Kolcuoğlu <i>et al.</i> (2020)	Kurnaz <i>et al.</i> (2020)	Giovanni <i>et al.</i> (2019)	Khan <i>et al.</i> (2018)
Tipo de estudo	Estudo retrospectivo de modelo boca dividida	Estudo de modelo boca dividida	Estudo retrospectivo de modelo boca dividida	Estudo de modelo boca dividida	Estudo retrospectivo de modelo boca dividida
Número de pacientes	173 pacientes: 63 homens 110 mulheres	16 pacientes: 8 homens 8 mulheres	69 pacientes: 32 homens 37 mulheres	36 pacientes: 14 homens 22 mulheres	30 pacientes: 17 homens 13 mulheres
Idade média dos pacientes	18,5 +/- 5,98 anos	18,8 anos	17,94 +/- 3,29 anos	Entre 20 e 39 anos	26,37 +/- 2,4 anos
Tipo de tratamento	Sistema <i>multi-brackets</i>	Sistema <i>multi-brackets</i>	Sistema <i>multi-brackets</i>	Aparelhos fixos	Sistema <i>multi-brackets</i>
Duração do tratamento	27,87 +/- 9,2 meses	8 semanas	1,8 +/- 0,68 anos	≥ 12 meses	3,17 +/- 1,09 anos
Tipo de dentes avaliados	11 incisivos centrais, 54 molares e 35 pré-molares maxilares 20 pré-molares, 113 molares mandibulares tratados endodenticamente e os DPV contrabaterias	13 pré-molares maxilares e 3 pré-molares mandibulares tratados endodenticamente e os 16 pré-molares vitais contralaterais	69 molares mandibulares tratados endodenticamente e os 69 molares vitais contralaterais	Não indicado	30 dentes tratados endodenticamente e os 30 DPV contralaterais
Método de avaliação	Radiografias panorâmicas digitais	Tomografia micro computadorizada	Radiografias panorâmicas digitais	Radiografias peri-apicais	Radiografias panorâmicas digitais
Resultados	Sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$)	Os DTE mostraram significativamente menos reabsorção radicular em comparação com os DPV ($p = 0,003 < 0,05$).	Os DPV mostraram mais reabsorção radicular em comparação com os DTE ($p < 0,05$).	Sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$)	Os DPV mostraram mais reabsorção radicular em comparação com os DTE ($p = 0,045 < 0,05$)

Referência	Sheela <i>et al.</i> (2017)	Lee <i>et al.</i> (2016)	Castro <i>et al.</i> (2015)	Llamas-Carreras <i>et al.</i> (2012)	Llamas-Carreras <i>et al.</i> (2010)
Tipo de estudo	Estudo de modelo boca dividida	Estudo de coorte	Estudo retrospectivo de modelo boca dividida	Estudo de modelo boca dividida	Estudo de modelo boca dividida
Número de pacientes	16 pacientes	35 pacientes: 8 homens 27 mulheres	6 pacientes: 2 homens 4 mulheres	38 pacientes: 14 homens 24 mulheres	77 pacientes: 21 homens 56 mulheres
Idade média dos pacientes	Idade não indicado	25,23 +/- 4,92 anos	12,8 +/- 1,8 anos	30,7 +/- 10,2 anos	32,7 +/- 10,7 anos
Tipo de tratamento	Sistema <i>multi-brackets</i>	Sistema <i>multi-brackets</i>	Sistema <i>multi-brackets</i>	<i>Multiband/brackets</i>	<i>Multiband/brackets</i>
Duração do tratamento	Mínimo 18 meses	26,58 +/- 8,58 meses	22 meses	24 +/- 12 meses	26,8 +/- 8,9 meses
Tipo de dentes avaliados	Incisivos centrais maxilares tratados endodonticamente com DPV contralaterais	7 incisivos centrais, 8 incisivos laterais, 1 canino, 6 pré-molares e 13 molares tratados endodonticamente e os 35 DPV contralaterais	20 dentes posteriores tratados endodonticamente e os 20 DPV contralaterais	38 incisivos maxilares tratados endodonticamente e os 38 DPV contralaterais	23 incisivos centrais, 12 incisivos laterais, 9 caninos, 9 pré-molares e 24 molares tratados endodonticamente e os 77 DPV contralaterais
Método de avaliação	Radiografias peri-apicais	Radiografias panorâmicas digitais	Tomografia computadorizada de feixe cônico	Radiografias panorâmicas digitais	Radiografias panorâmicas digitais
Resultados	Sem diferença estatisticamente significativa	Os DTE mostraram menos reabsorção radicular em comparação com os DPV ($p < 0,0001 < 0,05$)	Sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,4364 > 0,05$)	Sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$)	Sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$)

III- DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar se existe maior probabilidade de reabsorção radicular externa decorrente do tratamento ortodôntico em DTE comparado aos DPV. A reabsorção radicular é um processo patológico indesejável e irreversível, que atinge as camadas externas do cimento, da dentina e do ápice da raiz. Trata-se de um assunto relevante para os Médicos Dentistas e, especificamente, Ortodontistas porque têm de saber como os dentes vão reagir aos movimentos ortodônticos para que seja possível fazer uma previsão do resultado desejado e para evitar algumas consequências graves.

Apesar disso os autores mencionam que durante um tratamento ortodôntico, todos os dentes sofrem algum grau de reabsorção radicular com resultado dos movimentos dentários ortodônticos (Bilvinitè *et al.*, 2021).

Os dez estudos incluídos na presente revisão mostram resultados distintos:

Seis estudos não mostram diferença significativa entre a reabsorção radicular externa por tratamento ortodôntico dos DTE e dos DPV:

O método radiográfico panorâmico digital foi utilizado em três desses artigos: Llamas-Carreras *et al.* (2012) e Seker *et al.*, (2023) mostrando medidas com valores similares. Foi encontrado, respectivamente, 0,73 mm para DTE contra 0,78 mm para DPV e noutro artigo, 1,1 mm para ambos. Num estudo mais antigo, Llamas-Carreras *et al.* (2010) determinam a proporção de reabsorção radicular externa, 48% dos pacientes apresentaram uma maior reabsorção em DTE comparado a 46,7% em DPV. Estes estudos apresentam um resultado sem diferença significativamente relevante de grau de reabsorção radicular externa entre os DTE e os seus DPV.

Dois artigos mediram o encurtamento das raízes através de radiografias peri-apicais: Sheela *et al.* (2017) e Giovanni e Eliezer (2019) nos quais os valores médios são muito próximos, e são respectivamente, 0,84 mm para os DTE contra 0,78 mm para os DPV e 0,81 mm para os DTE comparado a 1,05 mm para DPV. Estes resultados não são estatisticamente significativos são considerados clinicamente insignificantes.

Castro *et al.*, (2015) analisa as alterações na raiz durante o tratamento ortodôntico com a tomografia computadorizada de feixe cônico, e nenhum estudo anterior utilizou esse método. O resultado foi igual, sem diferença significativa, o encurtamento médio das DTE é de 0,30 mm e 0,16 mm para as DPV.

Todos estes estudos são estudos de modelo boca dividida, mas os estudos diferem quanto ao número de pacientes e ao método utilizado.

Os outros quatro estudos mostraram significativamente menor reabsorção radicular externa nos DTE em comparação aos DPV contralaterais:

Aqui o método de avaliação utilizado é a radiografia panorâmica digital, para Lee e Lee (2016), Khan *et al.*, (2018) e Kurnaz e Buyukcavus (2020) que encontraram respectivamente, 0,47 mm para os DTE e 1,40 mm para os DPV, 0,85 mm nos DTE comparado a 1,18 mm nos DPV e 0,22 mm para os DTE e um valor de 0,87 mm para os DPV. Nos três estudos, os DTE são significativamente mais resistentes à reabsorção radicular externa do que os DPV.

Kolcuoğlu e Oz (2020) avaliaram o volume de reabsorção das superfícies radiculares por meio da tomografia micro-computadorizada. Os valores médios são 0,08869 mm³ para os DTE e 0,14077 mm³ para os DPV indicando que após uma aplicação da força ortodôntica, a reabsorção é significativamente menor nos DTE em comparação com os DPV.

Todos estes estudos são também estudos de modelo boca dividida, excepto o estudo de Lee e Lee (2016) que é de tipo coorte. Todos utilizam radiografias panorâmicas digitais, exceto o estudo de Kolcuoğlu e Oz (2020) que utiliza a tomografia micro-computadorizada.

Como esses estudos confirmam, a reabsorção radicular externa apical é uma consequência inevitável da movimentação dentária ortodôntica, independentemente de o dente ser tratado endodonticamente ou apresentar polpa vital. Os estudos demonstram que a reabsorção radicular externa apical é normalmente de grau suave ou moderado, ou seja, até 2 mm ou mais, mas não ultrapassa os 4 mm que são o limite para o grau de reabsorção severo (Karkazi *et al.*, 2020).

Para quantificar o grau de reabsorção radicular nos dez estudos, foram utilizados vários métodos de avaliação: radiografia panorâmica digital, radiografia peri-apical intra-oral, tomografia micro-computadorizada e tomografia computadorizada de feixe cônico. As variações nos métodos utilizados para avaliar a reabsorção podem levar a discrepâncias nos resultados relatados.

A radiografia panorâmica digital tem a vantagem de proporcionar uma visão geral das arcadas dentárias e é um método de baixo custo, baixa radiação e fácil de utilizar, mas tem a desvantagem de poder ser mal interpretada devido à ampliação e à sobreposição de

estruturas dentárias. Também podem existir fontes de erro relacionadas com o posicionamento da cabeça em relação à inclinação, ou os incisivos podem ter uma angulação que interfere na medição do comprimento da raiz. Por fim, as radiografias panorâmicas carecem de reprodutibilidade, o que reduz a precisão da comparação entre as radiografias antes e depois do tratamento ortodôntico. As imagens bidimensionais fornecidas pelas radiografias peri-apicais podem ter limitações em termos de precisão das medições da reabsorção radicular externa. Os métodos radiográficos 2D podem não reproduzir a reabsorção radicular na realidade, mas reduzir a quantidade de reabsorção aparente nas imagens, porque não se trata apenas de um fenómeno bidimensional, mas sim de um fenómeno tridimensional que inclui os lados vestibulo-lingual e mésio-distal. Consequentemente, o índice de volume é mais realista do que o índice de comprimento para avaliar com precisão a reabsorção radicular. A tomografia computadorizada de feixe cónico fornece imagens 3D nítidas de estruturas com contraste semelhante ao do osso, tornando-a o instrumento mais fiável e preciso para avaliar as estruturas radiculares. As imagens 3D também são obtidas através da tomografia micro-computadorizada, que é ainda mais precisa do que a tomografia computadorizada de feixe cónico, mas só pode ser utilizada em dentes extraídos. No entanto, esse facto pode levar a discrepâncias quando se comparam valores medidos com imagens pré-tratamento obtidas através de outro método (Llamas-Carreras *et al.*, 2012 e Bilvinité *et al.*, 2021).

Fatores como a idade e a duração do tratamento não podem ser avaliados em pormenor devido às limitações deste estudo. Cada estudo abrange uma faixa etária diferente, pelo que a subdivisão da idade é limitada e não pode ser avaliada. No que diz respeito à duração do tratamento, existe uma correlação positiva com a reabsorção radicular, sendo indicado que a reabsorção radicular aumenta significativamente quando a aplicação de força ortodôntica atinge doze semanas. No que diz respeito ao fator sexo, a diferença na reabsorção radicular de acordo com o sexo não foi estatisticamente significativa. Em termos de tipo de dente, a maior reabsorção foi relatada para os incisivos superiores, seguidos pelos molares inferiores e primeiros molares (Bilvinité *et al.*, 2021). Isto pode explicar que nos estudos avaliando apenas dentes posteriores têm um nível de reabsorção mais baixo (Castro *et al.*, 2015).

Os resultados na literatura são controversos e podem extrair-se dois resultados, sem diferença estatisticamente significativa ou uma maior sensibilidade dos DPV para a reabsorção radicular em comparação aos DTE. É possível salientar que os métodos usados

para avaliar a reabsorção radicular pós-tratamento ortodôntico entre os DTE e os DPV contralaterais tem as suas limitações. Os estudos comparam a superfície radicular dos dentes antes e depois da aplicação de força ortodôntica. Primeiramente os estudos não comparam esse fenômeno sobre o mesmo número de paciente, além disso as amostras são relativamente pequenas, a maior inclui 173 pacientes (Seker *et al.*, 2023). A idade, a duração de tratamento ou ainda o tipo de dentes avaliado, variam entre os estudos, o que poderá ter influenciado a falta de significado estatístico em vários resultados dos estudos. Relativamente ao tipo de estudo, todos são estudo de modelo boca dividida e esta técnica elimina a possibilidade de enviesamento interpessoal e reforça a concepção do estudo. Apenas o estudo de Lee e Lee (2016) é de tipo coorte e então menos relevante. Por outro lado, as técnicas de imagiologia médicas utilizadas para medir a alteração nas superfícies radiculares permitem sugerir que existe uma falta de estudos com tomografia computadorizada de feixe cônico, apenas Castro *et al.*, (2015) utilizou esse método e é o instrumento mais preciso e fiável para analisar a reabsorção das raízes em clínica. Kolcuoğlu e Oz (2020) realizou um estudo com a utilização da tomografia micro-computadorizada, considerada como uma técnica ainda mais precisa do que a tomografia computadorizada de feixe cônico. Os seis outros estudos utilizaram a radiografia panorâmica digital, que é considerada como menos precisa do que a radiografia periapical, utilizada em dois outros estudos.

Existem também algumas informações não fornecidas nos estudos que podem ter influência nos resultados. Em alguns estudos, não está indicado se os DTE têm antecedente de traumatismo: Llamas-Carreras *et al.* (2010); Llamas-Carreras *et al.* (2012); Lee e Lee (2016); Sheela *et al.* (2017); Giovanni e Eliezer (2019); Kolcuoğlu e Oz (2020) e Seker *et al.*, (2023) que podem aumentar a probabilidade de reabsorção radicular externa. Assim como também não existe informação sobre o tipo e a qualidade do material utilizado no tratamento endodôntico.

IV- CONCLUSÃO

Dentro das limitações inerentes ao tipo de revisão realizada, podemos sugerir que os resultados são mistos e devem ser interpretados com cautela. Dentes sem tratamento endodôntico parecem ser mais suscetíveis à reabsorção radicular externa induzida pelo tratamento ortodôntico do que os DTE, embora a extensão total dessa reabsorção possa ter pouco ou nenhum significado clínico. Assim, o tratamento endodôntico não parece ser uma contraindicação ao tratamento ortodôntico. No entanto, parece unânime que todos os dentes, sejam eles vitais ou não, podem sofrer algum grau de reabsorção radicular quando a força ortodôntica é aplicada. É por isso que se recomenda o controle por radiografias antes e durante o tratamento. A detecção precoce permite adaptar estratégias e evitar potenciais complicações para garantir o sucesso do tratamento ortodôntico.

V- BIBLIOGRAFIA

- Abuabara, A. (2007). Biomechanical aspects of external root resorption in orthodontic therapy. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 12(8), pp. E610-3.
- Acharya, N. *et alii*. (2022). Endodontic considerations in contemporary orthodontic practice- A review. *Orthodontic Journal of Nepal*, 12(1), pp. 75-80.
- Alatli, I., Hellsing, E. e Hammarström, L. (1996). Orthodontically induced root resorption in rat molars after 1-hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate injection. *Acta Odontologica Scandanavica*, 54(2), pp. 102-108.
- Bilvinaitė, G., Patkauskaitė G. e Berlin, V. (2021). Evaluation of external root resorption of endodontically treated and vital teeth during orthodontic treatment: A systematic review. *Int J Oral Dent Health*, 7(2), p. 128.
- Castro, I., Valladares-Neto, J. e Estrela, C. (2015). Contribution of cone beam computed tomography to the detection of apical root resorption after orthodontic treatment in root-filled and vital teeth. *Angle orthodontist*, 85(5), pp. 771-776.
- Consolaro, A. e Furquim, L. Z. (2014). Extreme root resorption associated with induced tooth movement: A protocol for clinical management. *Dental Press J Orthod*, 19(5), pp. 19-26.
- Consolaro, A. e Martins-Ortiz, M. F. (2004). Predisposição genética, hereditariedade e reabsorções radiculares em Ortodontia. Cuidados com interpretações precipitadas: uma análise crítica do trabalho de Al-Qawasmi *et al*. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*, 9(2), pp.136-145.
- Cwyk, F., Saint-Pierre, F. e Tronstad, L. (1984). Endodontic implications of orthodontic tooth movement. *Journal of Dental Research*, 63, p. 286.
- Feller, L. *et alii*. (2016). Apical external root resorption and repair in orthodontic tooth movement: biological events. *BioMed Research International*.
- Giovanni, H. G. I. e Eliezer, G. L. (2019). A comparison of the degree of external root resorption between endodontically treated and its vital contra lateral teeth after orthodontic treatment. *Int J Fam Commun Med*, 3(1), pp. 27-31.
- Hamilton, R. S. e Gutmann, J. L. (1999). Endodontic-orthodontic relationships: a review of integrated treatment planning challenges. *International Endodontic Journal*, 32, pp. 343-360.

- Harris, E. F., Robinson, Q. C. e Woods, M. A. (1993). An analysis of causes of apical root resorption in patients not treated orthodontically. *Quintessence International*, 24(6), pp. 417-28.
- Harris, E. F., Kineret, S. E. e Tolley, E. A. (1997). A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 111(3), pp. 301-309.
- Hartsfield, J. K. Jr., Everett, E. T. e Al-Qawasmi, R. A. (2004). Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. *Crit Rev Oral Bio Med*, 15(2), pp. 115-22.
- Heboyan, A. *et alii*. (2022). Tooth root resorption: A review. *Science Progress*, 105(3), pp. 1-29.
- Kalra, S. *et alii*. (2020). External apical root resorption in orthodontic patients: molecular and genetic basis. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9(8), pp. 3872-3882.
- Kantarci, A., Will, L. e Yen, S. (2016). Orthodontic tooth movement: A historic prospective. *Front Oral Biol*, 18, pp. 46-55.
- Karkazi, F. *et alii*. (2020). Orthodontically induced root resorption- An updated review. *Balk J Dent Med*, 24(1), pp. 1-7.
- Khan, A., Fida, M., Shaikh, A. (2018). Evaluation of apical root resorption In endodontically treated and vital teeth in adult orthodontic subjects. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad*, 30(4), pp. 508-510.
- Kolcuoglu, K. e Oz A. Z., (2020). Comparison of orthodontic root resorption of root-filled and vital teeth using micro-computed tomography. *Angle Orthodontist*, 90(1), pp. 56-62.
- Kurnaz, S. e Buyukcavus, M. H. (2020). External root resorption in root-filled and vital teeth after extraction and non-extraction orthodontic treatments: a split-mouth retrospective study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 79(4), pp. 282-288.
- Lee, Y. J. e Lee, T. Y. (2016). External root resorption during orthodontic treatment in root-filled teeth and contralateral teeth with vital pulp: A clinical study of contributing factors. *American journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(1), pp. 84-91.
- Levander, E. M. e Malmgren, O. (1988). Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *European Journal of Orthodontics*, 10(1), pp. 30-38.

- Llamas-Carreras, J. M. *et alii.* (2012). External apical root resorption in maxillary root-filled incisors after orthodontic treatment: A split-mouth design study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 1;17(3), pp. e523-527.
- Llamas-Carreras, J. M. *et alii.* (2010). Study of external root resorption during orthodontic treatment in root filled teeth compared with their contralateral teeth with vital pulps. *International Endodontic Journal*, 43, pp. 654-662.
- Motokawa, M. *et alii.* (2011). Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors. *European Journal of Orthodontics*, 34(2012), pp. 350-356.
- Newman, W. G. (1975). Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod*, 67(5), pp. 522-539.
- Ren, Y., Maltha, J.C., e Kuijpers-Jagtman, A.M. (2003). Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: A systematic literature review. *Angle Orthodontist*, 73(1), pp. 86-92.
- Sameshima, T. G. *et alii.* (2001). Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119(5), pp. 505-10.
- Schwartz, A. M. (1932). Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Int J Orthodontia*, 18, pp. 331-352.
- Seker, E. D., Dincer, A. N. e Kaya N. (2023). Apical root resorption of endodontically treated teeth after orthodontic treatment: A split-mouth design study. *Turk J Orthod*, 36(1), pp. 15-21.
- Sheela, N. V. *et alii.* (2017). Orthodontic root resorption of endodontically treated teeth vs vital teeth - a split mouth study. *Dent Ess J*, 2(2), pp. 58-61.
- Silva C. A. (2007). *O Movimento Dentário Ortodôntico*. Ermesinde, WFormo Design Publicidade e Comunicação, Lda.
- Tronstad, L. (1988). Root resorption-etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol*, 4(6), pp. 241-252.
- Valarelli, F. P. *et alii.* (2015). Root resorption in orthodontic treatment with emphasis on dental intrusion. *Journal of Surgical and Clinical Dentistry*, 6(1), pp. 17-24.
- Walker, S. L., Tieu, L. D. e Flores-Mir, C. (2013). Radiographic comparison of the extent of orthodontically induced external apical root resorption in vital and root-filled teeth: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 35, pp. 796-802.

Yang, L., Tiwari, S. K. e Peng, L. (2016). Differences in root resorption between root canal treated and contralateral vital tooth during orthodontic tooth movement: A systematic review. *Orthodontic Journal of Nepal*, 6(1), p. 41.

Zarzycka-Kogut, K., Pucek, M. e Szymańska, J. (2014). Orthodontic treatment - complications and preventive measures. *Pol J Public Health*, 124(2), 103-106.