



**UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA**

FATORES DE RISCO PARA REABSORÇÃO RADICULAR EM TRATAMENTO ORTODÔNTICO: REVISÃO NARRATIVA

[Risk factors for root resorption in orthodontic treatment: Narrative review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Samara Arabi

Orientador:

Doutora Susana Paula Fernandes Machado da Silva

Setembro, 2024

FATORES DE RISCO PARA REABSORÇÃO RADICULAR EM TRATAMENTO ORTODÔNTICO: REVISÃO NARRATIVA

[Risk factors for root resorption in orthodontic treatment: Narrative review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Samara Arabi

Orientador:

Doutora Susana Paula Fernandes Machado da Silva

Setembro, 2024

Dedico este trabalho aos meus filhos. A paciência, o apoio incondicional e o amor de vocês foram fundamentais para que eu pudesse alcançar esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Não seria possível mencionar todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram ou simplesmente me apoiaram ao longo desses anos. Contudo, tentarei expressar minha gratidão a todos que foram fundamentais nesta jornada.

À minha orientadora, Doutora Susana Paula Fernandes Machado da Silva meus sinceros agradecimentos por ter aceitado ser minha guia nesta caminhada. Sua generosidade, tempo dedicado e valiosas sugestões foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Mais do que uma orientadora, você foi uma mentora que marcou profundamente minha trajetória acadêmica, e por isso sou eternamente grata.

Expresso também minha profunda gratidão à Andreia e a todas as meninas do gabinete de ingresso, que me ofereceram apoio nos últimos dois anos. Vocês são, sem dúvida, minhas fadas madrinhas, sempre prontas para ajudar com tanto carinho e dedicação.

Agradeço igualmente aos meus binômios, em especial a Francisca e Bernardo, pelo empenho, dedicação e competência. Cada diagnóstico elaborado e cada tratamento concluído em nossa prática clínica refletem o compromisso de vocês com a excelência profissional, e foi uma honra compartilhar essa jornada com colegas tão dedicados.

Gostaria de estender um agradecimento especial aos nossos pacientes, que confiaram em nosso trabalho e permitiram nossa formação. Sem vocês, nossa aprendizagem não teria sido possível.

Minhas queridas amigas, que estiveram ao meu lado com carinho e apoio incondicional, merecem um reconhecimento especial. Ana Francisca, sua amizade e cuidado desde o primeiro dia foram um conforto inestimável. Beatriz Ramos, sua disposição em ajudar em qualquer situação foi fundamental, e agradeço por cada momento compartilhado. Noor e Loubna, meninas de ouro com corações generosos, sou grata por sua presença constante.

Aos meus pais, que sempre foram minha base inabalável ao longo de toda a minha vida, e à minha querida tia Salma e ao tio Hasan, expresso minha mais profunda gratidão. O apoio, o amor e a orientação sábia que recebi de vocês foram fundamentais em cada etapa dessa jornada. Vocês foram os pilares essenciais que me guiaram nos momentos mais desafiadores e me incentivaram a continuar. Esta conquista, que tanto significa para mim,

só foi possível graças à presença de vocês, que sempre acreditaram no meu potencial e me incentivaram a seguir em frente com confiança e determinação.

Por fim, aos meus filhos e ao meu marido, minha mais profunda gratidão por todo o amor, paciência e compreensão ao longo deste trajeto desafiador. Cada um de vocês foi minha maior inspiração, me motivando a seguir adiante mesmo nos momentos mais difíceis. O carinho e o apoio que recebi diariamente me deram forças para continuar, mesmo quando parecia impossível. Vocês foram meu suporte constante, minha fonte de energia e equilíbrio, e sem a nossa família, nada disso teria sido possível. Esta conquista não é apenas minha, e sim nossa, pois cada passo dado foi construído sobre o amor incondicional que vocês me ofereceram.

Que todos, sem exceção, encontrem nestas palavras a expressão dos meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

As reabsorções radiculares são consideradas uma das principais iatrogenias decorrentes da movimentação dentária induzida, apresentando magnitude variável e sendo, na maioria dos casos, imprevisíveis. No entanto, algumas reabsorções radiculares leves e controladas podem ser toleradas como um custo biológico calculado e previstas no consentimento livre e informado assinado pelo paciente, logo no início do tratamento ortodôntico. Neste caso, para se atingir um determinado objetivo estético e funcional, este fenômeno não deve ser considerado uma iatrogenia, mas sim um dano estrutural calculado a partir de um risco assumido pelo profissional, com o pleno conhecimento do paciente. **Objetivo:** Este estudo tem como objetivo encontrar e classificar os fatores que podem iniciar e induzir a reabsorção radicular apical externa durante o tratamento ortodôntico. **Metodologia:** Esta revisão narrativa foi conduzida utilizando as bases de dados MEDLINE, acessada por meio do PubMed, empregando a pesquisa avançada. Onde utilizamos as palavras-chave: “Orthodontic Treatment”, “Root Resorption”, “Risk Factors”, combinadas com operador booleano: AND. Assim foram identificados artigos publicados entre 2014 e 2024, em inglês e português, relacionados ao tema. Após a leitura dos resumos, selecionamos 23 artigos para coleta de dados, e o texto completo de todos os artigos relevantes foi obtido. **Resultados:** Embora diversos fatores intrínsecos, clínicos e genéticos são relacionados ao tratamento ortodôntico e tenham sido descritos na literatura, os fatores mais frequentemente associados como reais riscos para a reabsorção radicular apical externa incluem o tempo prolongado do tratamento ortodôntico, a aplicação de forças pesadas, e a morfologia radicular anormal. **Conclusão:** Conclui-se que, devido à imprevisibilidade da reabsorção radicular apical externa e à sua dependência de múltiplos fatores, é primordial executar um diagnóstico cuidadoso e criterioso por meio de anamnese e exames radiográficos periapicais, a fim de planejar uma mecanoterapia que minimize o potencial de dano durante o tratamento.

Palavras-chave: “Reabsorção radicular”, “Fatores de Risco”, “Tratamento Ortodôntico”.

ABSTRACT

Root resorptions are considered one of the main iatrogenic effects resulting from induced dental movement, presenting variable magnitude and being, in most cases, unpredictable. However, some mild and controlled root resorptions can be tolerated as a calculated biological cost and anticipated in the informed consent signed by the patient at the beginning of orthodontic treatment. In this case, to achieve a certain aesthetic and functional objective, this phenomenon should not be considered an iatrogenic effect, but rather a structural damage calculated from a risk assumed by the professional, with the patient's full knowledge. Objective: This study aims to identify and classify the factors that may initiate and induce external apical root resorption during orthodontic treatment. Methodology: This narrative review was conducted using the MEDLINE database, accessed through PubMed, employing advanced search. We used the keywords: "Orthodontic Treatment", "Root Resorption", "Risk Factors", combined with Boolean operator: AND. Articles published between 2014 and 2024, in English and Portuguese, related to the topic were identified. After reading the abstracts, 23 articles were selected for data collection, and the full text of all relevant articles was obtained. Results: Although various intrinsic, clinical, and genetic factors related to orthodontic treatment have been described in the literature, the factors most frequently associated as real risks for external apical root resorption include prolonged orthodontic treatment time, the application of heavy forces, and abnormal root morphology. Conclusion: It is concluded that, due to the unpredictability of external apical root resorption and its dependence on multiple factors, it is essential to perform a careful and thorough diagnosis through anamnesis and periapical radiographic exams in order to plan mechanotherapy that minimizes the potential for damage during treatment.

Keywords: "Root Resorption", "Risk Factors" , "Orthodontic Treatment".

ÍNDICE GERAL

1.INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO.....	3
2.1 Materiais e métodos.....	3
2.2 Conceitos fundamentais.....	3
2.2.1 Reabsorção radicular - Definição e tipos.....	4
2.2.2 Mecanismos biológicos e efeitos biomecânicos.....	7
2.3. Fatores de risco.....	11
2.3.1 Fatores biológicos - Morfologia radicular e condições sistêmicas.....	11
2.3.2 Fatores mecânicos - Tipos de Movimentos, de força e tempo de tratamento	16
2.4. Diagnóstico e avaliação das reabsorções.....	21
2.4.1 Métodos de diagnóstico por imagem.....	21
2.4.2 Avaliação clínica das reabsorções.....	23
2.5. Prevenção e controlo de reabsorções.....	24
2.5.1 Estratégias de prevenção em ortodontia.....	24
2.5.2 Monitorização e intervenções.....	25
2.6. Análise dos resultados da revisão.....	27
3. CONCLUSÃO.....	33
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Classificação dos níveis de reabsorção radicular apical externa durante o tratamento ortodôntico.....	6
Figura 2 Representação esquemática da unidade osteorremodeladora sobre a superfície óssea.....	9
Figura 3 Variáveis morfológicas do 1/3 apical radicular.....	14

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Tipos de reabsorção radicular4

Tabela 2 Recomendações para dentes com reabsorções radiculares apicais externas ...26

LISTA DE SIGLAS

ALARA *As Low As Reasonably Achievable*

CBCT *Cone-Beam Computed Tomography*

EARR *External Apical Root Resorption*

TO Tratamento Ortodôntico

PDL *Periodontal Ligament*

1. INTRODUÇÃO

A *external apical root resorption* (EARR) é comumente associada ao tratamento ortodôntico, (TO), sendo considerado um efeito adverso da movimentação dentária induzida (Brezniak & Wasserstein, 2002). Essa condição resulta em alterações na estrutura dentária resultantes da ação de osteoclastos, que desmineralizam os tecidos duros ao libertarem ácidos, e enzimas que promovem a degradação da matriz orgânica (Consolaro, 2020). Sendo irreversível, é considerada uma verdadeira limitação para a obtenção de um resultado ortodôntico ideal (Oliveira, 2018).

Ao ocorrer durante o movimento ortodôntico, a EARR é resultado de um processo inflamatório e, por acometer principalmente o contorno do ápice da raiz, é comumente chamada de EARR (Fernandes, 2017). No entanto, a literatura apresenta variações na nomenclatura, como: "reabsorção radicular apical externa inflamatória induzida ortodonticamente", "reabsorção apical externa" e "reabsorção apical". Para evitar confusões, utilizou-se apenas a designação EARR ao longo deste estudo.

A importância do conhecimento dos fatores de risco associados a EARR na prática clínica está relacionada com o sucesso do tratamento (Shahrure & Acar, 2022).

A sua elevada frequência clínica, indica que até 66% dos dentes tratados ortodonticamente podem apresentar EARR de leve a moderada, representando um custo biológico ao paciente (Sondeijker et al., 2020). Além deste, o impacto no TO é possível, uma vez que a EARR limita o movimento, o que pode tornar necessário interromper o tratamento (Shahrure & Acar, 2022).

Assim como qualquer terapia médica, o TO expõe o paciente a determinados riscos. Do ponto de vista ético, é essencial que o profissional compreenda como esses riscos se aplicam a cada paciente, garantindo que o tratamento tenha êxito. A falha em identificar e gerenciar adequadamente os riscos associados ao TO pode não apenas resultar em insatisfação do paciente, mas também em ações judiciais (Wishney, 2017).

O conhecimento dos fatores de risco são fundamentais para a elaboração de um bom diagnóstico, na abordagem de uma primeira consulta e na análise de exames complementares, onde se devem identificar fatores de risco associados as reabsorções. Entre esses fatores identificáveis estão: histórico de traumatismo prévio, morfologia radicular irregular e uso de extensos movimentos dentários (Bakkari & Bin Salamah, 2022).

Quando identificados os fatores de risco, devem ser considerados e apresentados no consentimento informado aos pacientes, assegurando que estes estejam plenamente conscientes dos potenciais impactos do TO (Sondeijker et al., 2020).

O objetivo principal deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre as EARR com o intuito de aprofundar a compreensão dos fatores de risco que o paciente pode apresentar antes do início do TO. Essa revisão tem como propósito identificar e analisar as classificações, a etiologia e métodos de diagnóstico associados à EARR, com um enfoque particular nas condições que podem predispor o paciente as EARR.

Além disso, através deste estudo procura-se fornecer uma base sólida de conhecimento que permita diminuir os efeitos secundários indesejáveis relacionados à reabsorção, bem como a prevenção de casos severos de EARR. Ao compreender melhor os determinantes de risco e os mecanismos subjacentes a essa condição, espera-se que os profissionais possam tomar decisões mais informadas durante o planejamento e execução do TO, otimizando os resultados clínicos e garantindo maior segurança e eficácia para os pacientes.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e métodos

Esta revisão narrativa foi conduzida utilizando as bases de dados MEDLINE, acessada por meio do PubMed, com o objetivo de investigar os fatores de risco associados à terapia ortodôntica e à reabsorção radicular. As palavras-chave foram cuidadosamente selecionadas para garantir uma pesquisa abrangente e eficaz. A pesquisa foi especificamente realizada por meio da ferramenta de pesquisa avançada, utilizando *mesh terms*, combinadas com operador booleano: “*Orthodontic Treatment*” AND “*Root Resorption*” AND “*Risk Factors.*”

A pesquisa resultou num total de 52 artigos publicados entre 2014 e 2024. Os critérios de inclusão contemplaram estudos retrospectivos em humanos e artigos que apresentavam ideias claras e objetivas sobre o tema. Foram excluídos artigos que não estavam disponíveis em texto completo e publicações em idiomas diferentes do Inglês e Português. Além disso, estudos envolvendo animais foram excluídos para garantir o foco na aplicação clínica humana.

Após a leitura inicial dos resumos, foram reunidos os textos completos de todos os artigos considerados relevantes, as referências de cada estudo foram avaliadas novamente para identificar quaisquer artigos relevantes que possam ter sido negligenciados durante a pesquisa eletrônica inicial. Outros artigos relevantes, não capturados pelas buscas automatizadas, foram selecionados manualmente. Além dos artigos científicos, um livro sobre o tema foi incorporado para fornecer uma base teórica sólida e abrangente.

2.2 Conceitos fundamentais

Para uma compreensão adequada dos fatores de risco associados à reabsorção radicular durante o TO, é essencial conhecer os conceitos básicos relacionados à reabsorção radicular e à movimentação ortodôntica. Este capítulo apresenta uma visão geral das definições, tipos e mecanismos biológicos envolvidos na reabsorção radicular, com foco na EARR no contexto do TO.

Dessa forma, conseguiremos ter uma melhor compreensão da origem e de como, as EARR ocorrem e evoluem.

2.2.1 Reabsorção radicular - Definição e tipos

A reabsorção radicular dentária é uma condição que pode ser classificada de acordo com vários parâmetros, o que demonstra a diversidade dos processos envolvidos. Segundo Heboyan et al. (2022), estes podem ser a localização da reabsorção, o tamanho da lesão, características histológicas e peculiaridades etiopatogenéticas, além das observações radiográficas.

Ao classificar e nominar as reabsorções dentárias, devemos seguir critérios bem definidos. Cada caso, dependendo do critério a ser considerado, pode receber denominações diferentes. Ao receber informações sobre as reabsorções dentárias, devemos discernir qual o critério utilizado em sua identificação (Consolaro, 2012).

Diversas classificações têm sido propostas para categorizar os diferentes tipos de reabsorção radicular dentária. A Tabela 1 apresenta as categorias sugeridas por Andreasen, propondo uma classificação que distingue a reabsorção radicular interna (inflamatória e de substituição) da reabsorção radicular externa (superficial, inflamatória e de substituição). Essas categorias são fundamentais, pois refletem as distintas etiologias e características clínicas da reabsorção radicular, permitindo uma abordagem mais precisa no diagnóstico e no planejamento terapêutico (Heboyan et al., 2022).

Tabela 1

Tipos de Reabsorção Radicular

Interna	Externa
Inflamatória	Superficial
Substituição	Inflamatória
	Substituição

Nota. Adaptado de Heboyan et al. (2022).

A reabsorção interna, é geralmente restrita à cavidade pulpar, que pode manifestar-se de duas formas principais: inflamatória, caracterizada pela presença de tecido de granulação, ou de substituição, onde o tecido dentário é gradualmente substituído por tecido ósseo. Em contraste, a reabsorção externa envolve a superfície externa da raiz dentária e pode variar desde uma reabsorção superficial leve até uma reabsorção inflamatória mais grave, capaz de comprometer significativamente a estrutura radicular. Além disso, a reabsorção de substituição externa resulta na substituição progressiva da raiz dentária por tecido ósseo (Heboyan et al., 2022).

Essa classificação ajuda a orientar o diagnóstico e o tratamento, fornecendo uma base para entender os diferentes mecanismos envolvidos na reabsorção radicular e as estratégias mais eficazes para prevenir e tratar essa condição (Consolaro, 2012).

As reabsorções radiculares internas e externas podem iniciar-se nas paredes internas do canal ou a partir da superfície externa da raiz, nalguns casos há a possibilidade de ocorrer a sobreposição de ambas, sendo chamadas de reabsorção radicular interna-externa (Silva et al., 2019).

A reabsorção radicular inflamatória é aquela mantida pela inflamação subsequente ao trauma ou agente lesivo, progredindo enquanto o estímulo inflamatório persistir (Bakkari & Bin Salamah, 2022). Já a reabsorção radicular por substituição ocorre a partir da eliminação dos restos epiteliais de Malassez presentes no ligamento periodontal, *Periodontal Ligament* (PDL) e quando ocorre um traumatismo dentário, estes restos epiteliais são eliminados, permitindo que ocorra a anquilose, em que o tecido dentário é reabsorvido e substituído por osso (Consolaro, 2014).

A classificação do processo de reabsorção pode também ser feita com base na sua evolução, dividindo-o em três categorias: ativa, paralisada e reparada. A reabsorção radicular ativa refere-se aos tipos que são mantidos pela inflamação e podem levar a perda dentária. Já a EARR paralisada, ocorre uma paralisação da atividade clástica devido a remoção do estímulo. Na reabsorção radicular reparada, o agente lesivo não mantém uma resposta inflamatória, e a superfície radicular é revestida por uma nova camada de cementoblastos, sendo, portanto, reparada (Consolaro, 2012).

Levander e Malmgren propuseram uma classificação que abrange quatro níveis distintos de EARR durante o TO: Grau 1 com reabsorção mínima, caracterizada por um contorno apical irregular; grau 2 reabsorção moderada, definida por uma perda de menos de 2 mm da raiz; grau 3 reabsorção severa, correspondente à perda de 2 mm até um terço da raiz; grau 4 reabsorção extrema maior que um terço da raiz (Silva et al., 2019). Essa classificação é ilustrada na figura 1.

Figura 1

Classificação dos níveis de reabsorção radicular apical externa durante o tratamento ortodôntico



Nota. Grau 1) Reabsorção mínima; grau 2) Reabsorção moderada; grau 3) Reabsorção severa; grau 4) Reabsorção extrema. Adaptado Consolaro (2019).

Atualmente, essa classificação tem sido amplamente adotada nos artigos que exploram a relação entre a reabsorção apical e o TO, como nos estudo a seguir: Sambale et al. (2024), Shahrure e Acar (2022), Fernandes et al. (2019), Pastro et al. (2018), Maués et al. (2015) e Sharab et al. (2015). A utilização consistente desse critério facilita a comunicação entre os profissionais e nas pesquisas, além de padronizar os registros de casos clínicos (Consolaro, 2012).

Sendo uma complicação comum associada ao TO, resultante da aplicação de forças mecânicas sobre os dentes, o que desencadeia processos inflamatórios que afetam a estrutura radicular (Heboyan et al., 2022).

De acordo com Bayir e Gumus (2021), a EARR é caracterizada pela perda de tecido radicular em resposta à movimentação dentária, e sua gravidade pode variar de leve a extrema, dependendo da extensão da reabsorção.

A compreensão da reabsorção radicular, incluindo suas diversas formas e classificações, é essencial para o diagnóstico e planejamento adequado dessa condição no contexto do TO (Consolaro, 2012).

A seguir, será abordada a movimentação ortodôntica, outro fator determinante no desenvolvimento da EARR, explorando seus efeitos biomecânicos e como eles podem influenciar o processo de reabsorção radicular.

2.2.2 Mecanismos biológicos e efeitos biomecânicos

Consolaro (2012) explica que as EARR induzidas por movimentos ortodônticos são, essencialmente, de natureza inflamatória. Esse processo se inicia com a morte dos cementoblastos, células fundamentais na proteção das raízes dos dentes contra a ação dos clastos. A causa direta dessa condição é a força concentrada na região apical dos dentes, onde o formato cônico da raiz, que funciona como uma alavanca, intensifica essas forças. Onde ocorre a compressão dos vasos sanguíneos periodontais na região apical reduzindo significativamente o fluxo sanguíneo, e comprometendo a sobrevivência dos cementoblastos. Sem essas células, as áreas mineralizadas da raiz ficam expostas e vulneráveis à ação dos clastos, que promovem a reabsorção dos tecidos mineralizados.

Para que a reabsorção dentária de natureza inflamatória ocorra, são necessárias algumas condições específicas. Primeiramente, deve haver a destruição dos cementoblastos externamente ou dos odontoblastos internamente, uma vez que essas células não possuem receptores de superfície para os mediadores da osteoclasia. Além disso, é preciso que existam áreas extensas da superfície radicular desprotegidas, sem recobrimento celular e sem pré-cemento, a camada inicial de matriz orgânica ainda não mineralizada. Também é fundamental que haja condições teciduais locais mínimas que permitam a instalação das unidades osteorremodeladoras sobre a superfície radicular, e especialmente uma vascularização adequada para o funcionamento celular. Por fim, é necessária a presença de um processo inflamatório associado, que funcione como fonte de mediadores químicos indispensáveis para a reabsorção (Heboyan et al., 2022).

A reabsorção radicular é um processo complexo que envolve a interação de vários mecanismos celulares e moleculares (Dawood et al., 2023).

Quando forças ortodônticas são aplicadas, o *stress* é distribuído através do PDL, promovendo a diferenciação e atividade de osteoclastos, o que leva à EARR, como discutido por Huang et al. (2022) e Paddenberg et al. (2022) (citado por Sambale et al., 2024).

Heboyan et al. (2022) relataram que as raízes dentárias são protegidas por uma fina barreira anti-reabsorção, com a camada de pré-cemento protegendo as paredes externas e a pré-dentina junto com os odontoblastos protegendo as paredes internas da dentina.

A EARR que pode resultar na perda de dentina, cimento ou tecido ósseo, está associada tanto a fatores fisiológicos quanto patológicos (Bakkari & Bin Salamah, 2022).

As células que realizam a reabsorção não conseguem colonizar superfícies não mineralizadas e diversos fatores, incluindo mecânicos, químicos e térmicos, podem estimular a mineralização precoce das barreiras defensivas, iniciando o processo de reabsorção (Heboyan et al., 2022).

A ortodontia é uma especialidade única dentro da medicina dentária, que se baseia no processo inflamatório para corrigir problemas funcionais e estéticos (Bayir & Gumus 2021). De acordo com Bayir e Gumus (2021) esse processo inflamatório é essencial para a movimentação dentária ortodôntica, uma vez que permite a remodelação óssea necessária para o deslocamento dos dentes. No entanto, esse mesmo processo é o principal fator envolvido na EARR (Dos Santos, 2021).

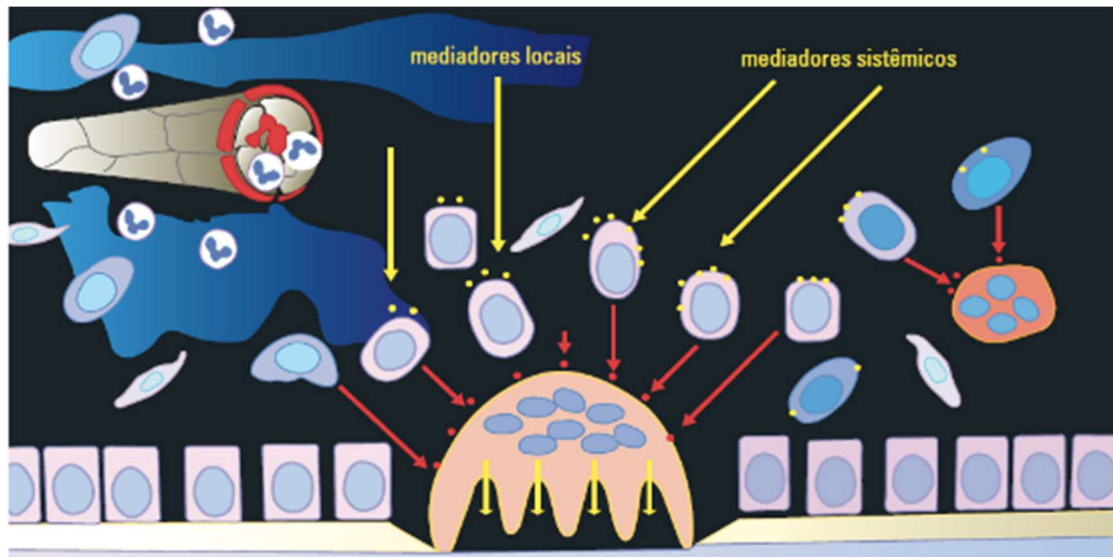
Sendo uma consequência patológica indesejável, porém inevitável, da movimentação dentária induzida (Bayir & Gumus 2021). O processo inflamatório, enquanto facilita a movimentação dos dentes, também pode levar à reabsorção, onde as células osteoclásticas reabsorvem o tecido radicular, provocando perda de estrutura. A gravidade da EARR depende de diversos fatores, incluindo a magnitude e a duração das forças aplicadas durante o TO (Consolaro 2012).

Como demonstrado pelos estudos citados acima a EARR esta associada à lesão ou destruição parcial da camada de pré-cimento que reveste a raiz. Quando essa camada protetora é comprometida por um agente físico ou local, os osteoclastos têm acesso aos tecidos mineralizados do dente, desencadeando o processo de reabsorção radicular (Brezniak & Wasserstein, 2002).

Segundo Consolaro (2012), a reabsorção radicular ocorre como resultado da destruição do tecido dentário por células ósseas, que atuam diretamente sobre a superfície radicular uma vez que sua estrutura protetora é removida (Figura 2).

Figura 2

Representação esquemática da unidade osteorremodeladora sobre a superfície óssea.



Nota. Adaptado de Silva et al. (2019).

Durante a movimentação dentária induzida, formam-se áreas de compressão, onde os osteoclastos atuam promovendo a reabsorção óssea, e áreas de tensão, onde os osteoblastos estão ativos, induzindo a deposição óssea. Dessa forma, o dente se move em direção ao lado da reabsorção óssea, para assim corrigir problemas de alinhamento e oclusão (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

A movimentação dentária induzida pode ser dividida em três fases principais: passiva, ativa e reparatória. Durante a fase inicial, os tecidos periodontais e alveolares sofrem alterações em resposta à compressão ou estiramento de suas estruturas, provocadas pelas forças aplicadas sobre o dente. Esse movimento inicial resulta da compressão dos tecidos e do deslocamento lateral dos fluidos e da matriz extracelular. Um aspecto crucial desse processo é a deflexão óssea, que se refere à capacidade do osso de ceder estruturalmente, exibindo um grau mínimo de elasticidade (Consolaro, 2012).

Essa deflexão óssea desempenha um papel vital ao absorver ou diminuir os efeitos das forças aplicadas sobre o dente, reduzindo seu impacto nos tecidos periodontais. Em termos práticos, quanto maior a deflexão óssea, menor será o potencial de danos aos tecidos periodontais. O que é essencial para prevenir danos, como a reabsorção radicular e a degradação do suporte periodontal durante o TO (Consolaro, 2012).

Todo TO, assim como qualquer intervenção, possui um custo biológico, e a reabsorção dentária faz parte desse custo. Felizmente, essas reabsorções podem ser minimizadas e

controladas através de uma prática ortodôntica bem fundamentada no conhecimento das bases biológicas do movimento dentário (Consolaro, 2012).

De acordo com Baumrind et al. (1996) e Linge e Linge (1991), o movimento dentário ortodôntico é responsável por cerca de um décimo a um terço da variação total na EARR durante o TO. Esses autores, citados por Sharab et al. (2015), investigaram a relação entre a biomecânica e a EARR, concluindo que, apesar da biomecânica ser um fator significativo, ela não é a única responsável pela variação observada na reabsorção radicular.

Diversos outros fatores também desempenham um papel importante nesse processo. A movimentação dentária ortodôntica é um processo complexo que envolve a aplicação de forças mecânicas e a subsequente adaptação fisiológica dos tecidos periodontais (Dawood et al., 2023).

A movimentação dentária ortodôntica é alcançada através da combinação de tensão mecânica e a adaptação fisiológica do periodonto. As respostas moleculares e celulares do periodonto à tensão e à compressão são de natureza inflamatória, o que provoca mudanças no ambiente local, afetando o suprimento sanguíneo e a liberação de neurotransmissores, fatores de crescimento e citocinas (Dawood et al., 2023).

A movimentação dentária ortodôntica resulta numa série de respostas celulares e moleculares que podem levar à EARR. As células do PDL desempenham um papel crucial como mecanorreceptores e amortecedores primários, respondendo à carga constante e intermitente aplicada durante o TO (Dawood et al., 2023). Essas células são fundamentais para a remodelação periodontal, reabsorção óssea e movimentação dentária (Long et al., 2002; Manokawinchoke et al., 2019, citados por Dawood et al., 2023).

Quando as células do PDL são ativadas, elas expressam perfis característicos que conduzem a respostas celulares alteradas, fundamentais para a remodelação óssea e a adaptação dos tecidos periodontais às novas posições dentárias (Dawood et al., 2023). Essas respostas inflamatórias são mediadas por citocinas e outros mediadores inflamatórios, que podem levar à reabsorção radicular, especialmente quando a força aplicada é excessiva ou mal direcionada (Kalra et al., 2020).

2.3. Fatores de risco

Vários fatores foram relatados como fatores de risco significativos para a EARR durante o TO. Entre esses fatores estão a magnitude da força ortodôntica, a duração e a direção da força aplicada, a presença de raízes dilaceradas, delgadas ou pontiagudas, alergias, histórico de trauma, idade no início do tratamento, *overjet* excessivo, extrações de pré-molares superiores, gênero e a duração do TO. Essas observações são corroboradas por vários estudos, que destacam a complexidade dos fatores de risco associados à EARR (Sharab et al., 2015).

Para uma análise mais compreensível, os fatores de risco identificados neste estudo, foram organizados em duas categorias principais: fatores de risco biológicos e fatores de risco mecânicos. Os fatores biológicos incluem características intrínsecas do paciente, como a morfologia radicular e condições sistêmicas, enquanto os fatores mecânicos referem-se às variáveis associadas ao tipo de movimentação dentária, bem como à força e à duração da aplicação durante o tratamento ortodôntico. Esta separação permite uma abordagem mais sistemática e direcionada, facilitando a identificação dos fatores que possuem uma associação mais robusta com a EARR.

2.3.1 Fatores biológicos - Morfologia radicular e condições sistêmicas

A idade é frequentemente citada como um fator biológico que pode influenciar a predisposição à reabsorção radicular, sugerindo que a reabsorção radicular é mais comum em indivíduos com mais de 20 anos (Heboyan et al., 2022). No entanto, não foi estabelecida uma associação consistente entre a idade cronológica e a EARR (Baghaei et al., 2023).

Isso indica que, embora a reabsorção possa ocorrer com maior frequência em adultos, a idade por si só não é um determinante direto e exclusivo para o desenvolvimento dessa condição (Heboyan et al., 2022).

A ausência de uma correlação consistente pode ser atribuída a outros fatores biológicos e mecânicos que interagem com a idade, influenciando a susceptibilidade individual à reabsorção radicular. Fatores como a saúde geral, a presença de condições sistêmicas, e o histórico de traumas ou tratamentos dentários anteriores podem desempenhar papéis significativos (Heboyan et al., 2022).

Portanto, é crucial que os profissionais da medicina dentária considerem uma abordagem multidirecional ao avaliar o risco de EARR, levando em conta não apenas a idade do paciente, mas também uma variedade de fatores biológicos e clínicos (Oliveira et al., 2018).

A morfologia dentária desempenha um papel crucial na predisposição dos dentes à EARR durante o TO. De acordo com vários estudos, existe uma relação potencial entre a morfologia dentária anormal, como agenesia, formato radicular apical e raízes curtas, e a ocorrência de EARR durante o TO. Esses estudos incluem trabalhos de Samabale et al. (2024), Bakkari e Bin Salamah, (2022), Heboyan et al. (2022) Kalra et al. (2020) Fernandes et al. (2019), Samadara et al. (2019), Lopatiene et al (2008). Essas características morfológicas podem aumentar a suscetibilidade dos dentes à ação dos odontoclastos, resultando em maior risco de EARR.

A análise retrospectiva realizada por Sambale et al. (2024), foi constatado que 72,8% dos pacientes apresentaram EARR ao final do TO, com os incisivos laterais superiores sendo os mais frequentemente afetados. A presença de raízes curtas foi significativamente associada à EARR. Além disso, características dentárias como microdontia relacionada aos dentes 12, 22 e segundos pré-molares inferiores, coroas estreitas e raízes curtas em determinados dentes mostraram associação significativa com a EARR, dependendo do grau de severidade. O tipo de aparelho ortodôntico utilizado e a duração do tratamento também foram identificados como fatores de risco importantes para o desenvolvimento da EARR (Sambale et al., 2024).

A morfologia radicular dos dentes é um fator biológico significativo que influencia a predisposição à EARR. Diferentes formas de raízes podem afetar a maneira como os dentes respondem às forças ortodônticas, aumentando ou diminuindo o risco de EARR (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Ao verificarmos o estudo realizado por Shahrure e Acar (2022), observamos que a análise de 7.000 pacientes atendidos entre 1990 e 2019 revelou que a morfologia radicular dos dentes anteriores desempenhou um papel crucial na classificação dos pacientes em quatro subgrupos distintos com base na forma da raiz: triangular, romboide, dilacerada e em forma de pipeta. A amostra final incluiu 90 pacientes no grupo de estudo e 90 no grupo controle. Entre os pacientes do grupo de estudo, a morfologia radicular triangular foi a mais prevalente, enquanto no grupo controle, as raízes romboides foram mais comuns. Essa variação na forma das raízes foi identificada como um fator determinante para a

susceptibilidade à EARR, com as raízes triangulares mostrando maior predisposição à EARR (Shahrure & Acar, 2022).

A espessura do osso alveolar é outro fator biológico importante que pode influenciar significativamente o risco de EARR. No estudo retrospectivo realizado por Shahrure e Acar (2022), foi observado que o grupo de pacientes com EARR apresentava um osso alveolar relativamente mais fino, com uma média de 12,5 mm, em comparação com o grupo controle, que tinha um osso mais espesso, com uma média de 15 mm.

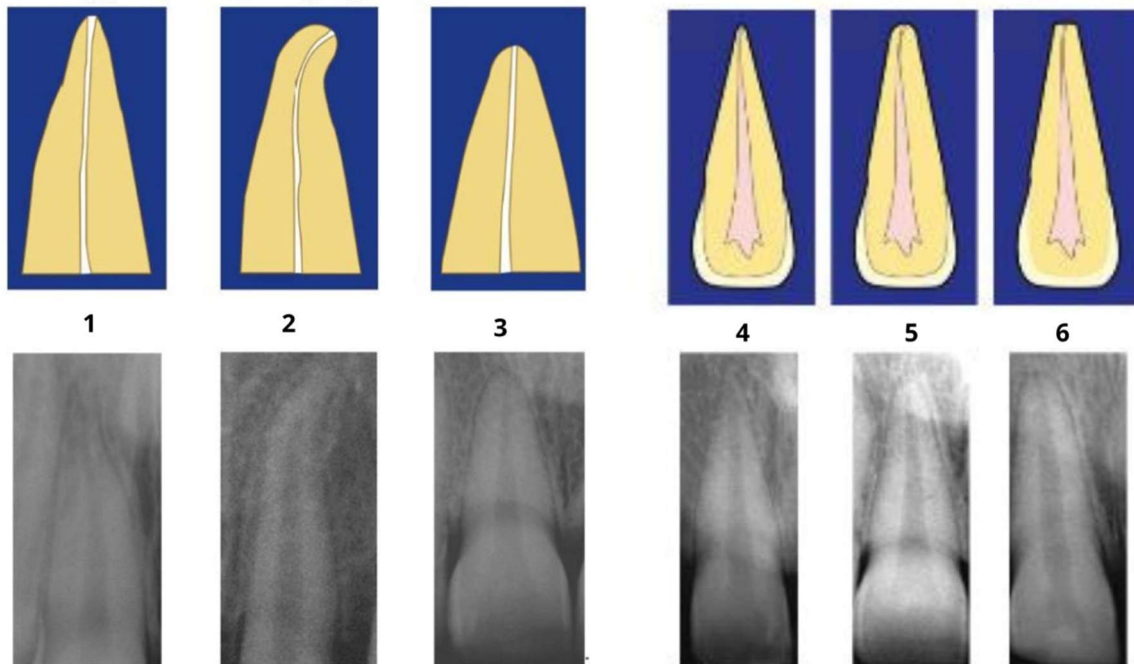
Esses achados reforçam a hipótese de que o osso alveolar fino é um fator de risco significativo para o desenvolvimento de EARR grave. A razão é que os dentes, ao serem movidos durante o TO, podem ser empurrados contra o osso cortical fino, aumentando o risco de EARR. A presença de um osso alveolar mais fino pode resultar em maior pressão sobre a superfície radicular e menor capacidade de adaptação do osso durante a movimentação dentária, o que pode acelerar o processo de EARR (Shahrure & Acar, 2022).

A identificação da espessura do osso alveolar antes do início do TO é crucial para a elaboração de um plano de tratamento que minimize o risco da EARR. Estratégias que evitem a aplicação excessiva de força e a movimentação rápida dos dentes em pacientes com osso alveolar fino podem ajudar a reduzir a incidência de EARR (Shahrure & Acar, 2022).

Para Consolaro (2012), as raízes em forma de pipeta, triangulares e dilaceradas apresentam maior concentração de forças neste local, implicando em maior susceptibilidade às EARR, ocasionando o arredondamento radicular conforme demonstrado na figura 3.

Figura 3

Variáveis morfológicas do 1/3 apical radicular



Nota.1) raiz em forma de pipeta, 2) com dilatação apical, 3) raiz curta, 4) raiz triangular, 5) raiz romboide 6) raiz retangular. Adaptado Consolaro (2012).

Em raízes curtas, há um aumento das forças aplicadas no ápice já que ocorre um movimento de alavanca formada pela coroa dentária devido a maior proporção entre coroa e raiz dentária. Desta forma, a morfologia da raiz dentária é uma forma de prever a susceptibilidade das EARR (Fernandes, 2019).

A EARR pode ser influenciada por uma variedade de fatores sistêmicos que potencialmente exacerbam a resposta inflamatória no PDL durante o TO (Bayir & Gumus, 2021). Entre os fatores sistêmicos, destacam-se a asma crônica, as alergias e outros distúrbios imunológicos, que têm sido associados a um aumento na susceptibilidade à EARR (Dos Santos, 2021).

De acordo com Heboyan et al. (2022), a asma crônica e as alergias são fatores que aumentam o risco de EARR durante o TO. Pacientes com asma crônica apresentam uma maior susceptibilidade à EARR dos molares superiores, em parte devido à inflamação dos seios maxilares, que está intimamente relacionada ao ápice desses dentes. Outros pesquisadores também consideram distúrbios sistêmicos e deficiências hormonais como fatores de risco para a EARR, embora essas suposições ainda não sejam conclusivas (Barbagallo et al., 2008; Bollen et al., 2008; Mohandesan et al., 2007, citados por Heboyan et al., 2022).

Consolaro, (2012) ao abordar as EARR associadas a fatores de risco como o da genética e hereditariedade, diz ser importante considerar as observações de que irmãos frequentemente apresentam EARR semelhantes em termos de morfologia e gravidade. Contudo essas semelhanças, no entanto, geralmente estão mais associadas a fatores como a forma e o tamanho das raízes, tipo de má oclusão, técnica ortodôntica utilizada, e morfologia facial, entre outros.

Consolaro, (2012) argumenta que atribuir as EARR diretamente a fatores genéticos ou à predisposição individual pode ser uma conclusão precipitada e, num contexto científico rigoroso, inadequada, sugerindo que uma análise detalhada dos conceitos genéticos não oferece uma explicação clara para a suposta "predisposição individual" ou "familiar" para EARR durante o TO.

Constatamos que até o presente momento, não existem estudos com grupos controle ou metodologias robustas que forneçam evidências significativas de uma influência genética relevante nos casos de EARR, especialmente aquelas induzidas por movimentos ortodônticos.

No estudo retrospectivo de caso-controle, Sharab et al. (2015) analisaram uma amostra de 134 indivíduos caucasianos que receberam TO, com o objetivo de identificar a influência de fatores genéticos e relacionados ao tratamento na EARR. Eles descobriram que os fatores genéticos testados representam apenas uma pequena parte da variação associada à EARR, quando comparados com a influência da duração do TO. Concluíram que o achado não foi consistente com estimativas anteriores da herdabilidade, que sugeriam que aproximadamente dois terços da variação na EARR relacionada à ortodontia podem ser atribuídos a fatores genéticos.

Ao analisar a relação entre genética e EARR, é essencial questionar por que os resultados de alguns estudos se concentram apenas em determinados tipos dentários, como os incisivos centrais inferiores e os primeiros molares inferiores, sem uma análise abrangente de outros dentes. Consolaro, (2012) argumenta que, considerando-se que em dois dos três tipos dentários analisados não foi identificada nenhuma marcação genética significativa para a EARR, os resultados indicam que não há uma base genética para a EARR associada ao TO. Portanto, focar em dados isolados, que apenas tangenciam a significância estatística, enquanto ignoram a maioria dos resultados que não mostram essa associação, não é uma abordagem adequada (Consolaro, 2012).

Baghaei et al. (2023) realizaram um estudo de caso-controle com 195 pacientes ortodônticos, onde utilizaram radiografias panorâmicas para avaliar a EARR. Eles constataram que “fatores relacionados ao paciente e ao tratamento contribuíram para a EARR” (p. 69).

Dos Santos et al. (2021) revisaram as evidências disponíveis sobre a predisposição de indivíduos com asma ou alergias à EARR. A revisão também investigou possíveis fatores relacionados à EARR como o tipo de má oclusão, a duração do TO e as unidades dentárias.

Há uma hipótese de que indivíduos com alergias ou asma possam ter uma maior propensão a desenvolver EARR após o TO (Dawood et al., 2023). Muitos dos mediadores inflamatórios estimulados em condições alérgicas, como a asma, circulam pelos vasos sanguíneos e possivelmente penetram no espaço extravascular do PDL, especialmente durante a movimentação dentária ortodôntica (McNab et al., 1999, citado por Dawood et al., 2023). Um estudo de coorte relatou uma maior incidência de EARR em indivíduos com asma e concluiu que a asma é um fator de risco para EARR (Dawood et al., 2023).

Esses achados sugerem que condições imunológicas podem exacerbar a resposta inflamatória no PDL durante o TO, aumentando o risco de EARR. A inflamação é um componente crítico da movimentação dentária ortodôntica, onde a aplicação de forças mecânicas provoca alterações no ambiente periodontal, incluindo mudanças no suprimento sanguíneo e a liberação de vários neurotransmissores, fatores de crescimento e citocinas (Li et al., 2021, citado por Dawood et al., 2023).

Essas respostas inflamatórias podem ser exacerbadas em pacientes com condições imunológicas, aumentando a suscetibilidade à EARR. A revisão sistemática conduzida por Dos Santos et al. (2021) revelou que "evidências científicas com baixo nível de certeza afirmam que indivíduos com asma ou alergias não apresentam predisposição diferente à EARR quando comparados a indivíduos sem asma ou alergias" (p. 11).

2.3.2 Fatores mecânicos - Tipos de Movimentos, de força e tempo de tratamento

Nesta seção, serão explorados os fatores mecânicos que influenciam o desenvolvimento da EARR durante o TO. Entre os principais aspectos a serem discutidos estão o tipo de movimentação dentária, bem como a força e a duração da aplicação dessas forças, que desempenham papéis cruciais na ocorrência de EARR (Bayir & Gumus, 2021).

Num estudo retrospectivo, foi observado que 72,8% dos pacientes apresentaram EARR ao final do TO. O tipo de aparelho ortodôntico utilizado e a duração do tratamento foram identificados como fatores de risco importantes para o desenvolvimento da EARR (Sambale et al., 2024).

A correção de mordidas abertas é uma das intervenções ortodônticas que pode aumentar o risco de EARR (Baghaei et al., 2023). Pacientes com formatos radiculares anormais que passaram por correção de mordida aberta apresentaram uma maior prevalência de EARR. Uma possível explicação para essa maior incidência é que as forças ortodônticas aplicadas numa área pequena ao redor do ápice radicular tendem a causar uma resistência reduzida aos estímulos mecânicos nos dentes com formato radicular anormal (Sambale et al., 2024).

Além disso, o hábito de interposição lingual associado à mordida aberta anterior também pode aumentar o risco de EARR. Pacientes com mordida aberta frequentemente apresentam menor comprimento radicular antes mesmo do início do TO, e, após a correção, esses pacientes mantêm maiores graus de EARR em comparação àqueles com sobremordida aumentada. A força exercida pela língua, semelhante às mecânicas intrusivas ou de torque, pode comprometer a integridade radicular, agravando ainda mais a EARR durante o TO (Pastro et al., 2017).

A literatura sugere que qualquer movimento ortodôntico pode desencadear EARR, sendo que a intrusão dentária é o tipo de movimento que mais frequentemente resulta nessa condição (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Estudos citados por Bakkari e Bin Salamah (2022) indicam que a EARR ocorre com mais frequência após a intrusão ortodôntica, apresentando uma incidência quatro vezes maior do que a observada com a extrusão ortodôntica. Além disso, a rotação ortodôntica dos dentes, especialmente em dentes uniradiculares, geralmente resulta em pequenas lesões nos tecidos periodontais. A literatura sugere que o movimento corporal dos dentes apresenta um risco menor de EARR em comparação com a inclinação dos dentes, devido à distribuição da força ao longo do comprimento da raiz durante o movimento corporal, que é menos concentrada no ápice da raiz (Oliveira et al., 2018).

Contrariamente, outros pesquisadores afirmam que a inclinação dos dentes pode causar menos EARR do que o movimento corporal (Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Marques et al., 2012; Smale et al., 2005, citados por Bakkari & Bin Salamah, 2022).

A EARR pode ser significativamente influenciada pelos tipos de movimentação dentária realizados durante o TO. Num estudo retrospectivo conduzido na Universidade de Mármara, Shahrure e Acar (2022) observaram que o grupo de pacientes com EARR incluía 40 pacientes que foram submetidos a um protocolo de extração, principalmente envolvendo os primeiros pré-molares superiores. Em contraste, apenas 16 pacientes no grupo controlo foram tratados com o mesmo protocolo.

O estudo realizado por Baghaei et al. (2023) destacou que as extrações dentárias geralmente prolongam o tempo de TO devido à necessidade de fechar os espaços de extração, aliviar o apinhamento dentário e retrair os dentes anteriores. Esses procedimentos podem aumentar a duração do tratamento e a aplicação de forças ortodônticas intensas, o que pode contribuir para o aumento do risco de desenvolvimento de EARR. As forças contínuas necessárias para mover os dentes sobre os espaços de extração podem causar um *stress* adicional sobre os tecidos periodontais e radiculares, aumentando a susceptibilidade à EARR (Pastro et al., 2018).

Esses achados ressaltam a importância de avaliar cuidadosamente a necessidade de extrações no planeamento do TO e de considerar as implicações de prolongar a duração do tratamento e a intensidade das forças aplicadas (Shahrure & Acar, 2022). A escolha de estratégias que minimizem o tempo de tratamento e a necessidade de movimentações extensivas pode ajudar a reduzir o risco de EARR (Bakkari & Bin Salamah, 2022).

Os tipos de movimentação dentária realizados durante o TO são fatores mecânicos significativos que podem influenciar o risco de EARR. No estudo retrospectivo conduzido por Shahrure e Acar (2022), foram identificadas diferenças estatisticamente significativas na distribuição de pacientes com deslocamentos verticais nos grupos analisados, particularmente em relação aos movimentos de extrusão e intrusão.

No grupo de pacientes com EARR, observou-se um movimento descendente mais acentuado da borda incisal e do ápice radicular em comparação com o grupo controlo. Esse achado é intrigante, pois a literatura sugere que a intrusão dentária é geralmente considerada um fator de risco mais relevante para EARR, causando aproximadamente quatro vezes mais EARR do que a extrusão. A intrusão, ao comprimir o PDL e exercer pressão sobre o osso alveolar, aumenta o risco de danos radiculares devido ao contato direto com o osso cortical (Shahrure & Acar, 2022).

A EARR é uma complicação ortodôntica significativa que pode ser influenciada por vários fatores mecânicos, incluindo o tipo de má oclusão e a quantidade de movimentação dentária necessária para corrigir essas condições. De acordo com Heboyan et al. (2022), o desenvolvimento de EARR grave é consideravelmente menos provável em pacientes que apresentam *overjet* adequado e oclusão de Classe I no início do TO. Essa menor incidência pode estar relacionada à necessidade reduzida de movimentação dentária, especialmente dos incisivos superiores, resultando num encurtamento radicular apical médio de aproximadamente 1 mm nesses pacientes (Baghaei et al., 2023).

Por outro lado, pacientes com Classe II, divisão 1, apresentaram um encurtamento radicular médio superior a 2 mm. A gravidade da EARR está diretamente associada ao grau de deslocamento da raiz dos incisivos e à quantidade de movimento necessária. Pacientes com má oclusão de Classe III estão frequentemente super-representados nos casos de EARR grave. Isso pode ser atribuído ao fato de que a inclinação compensatória dos incisivos superiores para corrigir a relação esquelética de Classe III frequentemente força as raízes contra a placa cortical palatina, aumentando o risco de EARR (Baghaei et al., 2023).

Além disso, algumas más oclusões podem resultar em movimentos indesejáveis dos dentes quando em oclusão, contribuindo para um risco aumentado de EARR (Proffit et al., 2007; Estevez et al., 2010, citados por Heboyan et al., 2022). Esses achados destacam a importância de uma avaliação cuidadosa da oclusão e do planejamento ortodôntico para minimizar os movimentos dentários que podem levar à EARR.

Os fatores mecânicos envolvidos no TO são determinantes importantes na ocorrência de EARR. Estudos têm demonstrado que certas práticas ortodônticas e condições específicas dos dentes podem aumentar significativamente o risco de desenvolver EARR (Heboyan et al., 2022).

Fernandes et al. (2019) apontaram que o risco de desenvolver EARR ≥ 2 mm nos incisivos superiores é 70% maior em pacientes tratados com extração de pré-molares superiores; 58% maior em pacientes com *overjet* aumentado no início do tratamento; 41% menor em pacientes tratados em duas fases; e maior nos incisivos laterais, raízes dilaceradas e raízes mais longas.

A aplicação de força ortodôntica é um aspecto crítico no movimento dentário. No entanto, a pressão excessiva pode levar a consequências indesejadas, como a EARR. Segundo

Hohmann et al. (2007) e Iglesias-Linares e Hartsfield (2017), a pressão excessiva pode resultar na compressão dos vasos sanguíneos no PDL, reduzindo o suprimento de oxigênio e causando danos aos cementoblastos e ao pré-cemento. Esta condição torna a superfície radicular mais suscetível à ação dos odontoclastos, as células responsáveis pela reabsorção óssea. A pressão excessiva pode ser causada por fatores como dentes deslocados, presença de cistos ou tumores, disfunções orais e forças ortodônticas inadequadas, todas contribuindo para a EARR (citado por Sambale et al., 2024).

O mesmo estudo também concluiu que a duração do tratamento e a aplicação das forças ortodônticas tiveram um impacto significativo no desenvolvimento da EARR, ressaltando a importância de manter o tempo de tratamento o mais curto possível e aplicar forças mínimas em dentes vulneráveis com anomalias na forma de coroas e raízes (Sambale et al., 2024).

A duração do TO é um fator relevante que pode influenciar significativamente o desenvolvimento da EARR. Conforme os estudos de Bakkari e Bin Salamah (2022), a gravidade da EARR está diretamente associada à duração do TO, com uma média de 0,9 mm de reabsorção por ano. Pesquisas também indicam que o processo de reabsorção pode ser iniciado nas fases iniciais do tratamento, especialmente em dentes com raízes longas e estreitas (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Bakkari e Bin Salamah (2022) observaram que, mesmo com a aplicação de forças ortodônticas leves, a extensão da reabsorção pode aumentar significativamente ao longo do tempo, sendo mais acentuada entre 8 e 12 semanas de aplicação contínua de força.

A duração do TO é um fator mecânico significativo que pode influenciar o risco de EARR. Um estudo retrospectivo realizado na Universidade de Marmara analisou os tempos de

de dois grupos de pacientes: um grupo controle e um grupo com EARR. Os resultados mostraram que o grupo controle teve um tempo médio de tratamento de 2,48 anos, significativamente menor do que o grupo com EARR, que teve uma média de 3,7 anos (Shahrure & Acar, 2022).

Pacientes que passaram por TO mais prolongados apresentaram um risco aumentado de desenvolver EARR grave, possivelmente devido à estimulação contínua das raízes ao longo de um extenso período de tempo. Este aumento de risco pode estar relacionado à

aplicação contínua de forças ortodônticas, que exacerba a reabsorção das raízes dentárias (Shahrure & Acar, 2022).

“Pacientes com EARR graves apresentaram tempo médio de tratamento maior que pacientes com EARR leve, sugerindo que períodos de tratamento mais longos apresentariam maior risco de EARR grave do que períodos de tratamento mais curtos” (Pastro et al., 2018, p. 335).

2.4. Diagnóstico e avaliação das reabsorções

A EARR é uma condição frequentemente assintomática, sendo muitas vezes descoberta de forma acidental através de exames radiográficos, segundo Heboyan et al. (2022), as manifestações clínicas progressivas da EARR podem incluir incomodo, descoloração dentária, mobilidade do dente e outras complicações. Devido à ausência de sintomas nos estágios iniciais, a realização de exames radiográficos regulares é essencial para a detecção precoce da EARR (Pastro et al., 2018).

Atualmente, os métodos de diagnóstico por imagem, como radiografias e tomografias, são amplamente utilizados para avaliar a condição dentária e óssea antes e durante o TO. No entanto, a previsão da EARR antes do início do tratamento ainda é um desafio. Atualmente, não há uma ferramenta de diagnóstico clínico amplamente acessível capaz de prever rapidamente o risco de EARR antes do TO para todos os pacientes. Assim, é indispensável realizar uma avaliação prévia para identificar algum potencial de risco (Sambale et al., 2024).

2.4.1 Métodos de diagnóstico por imagem

No contexto do diagnóstico ortodôntico, diversos métodos de imagem são utilizados para detetar a EARR, cada um com suas vantagens e limitações. As radiografias panorâmicas continuam sendo amplamente utilizadas como exame inicial devido à sua simplicidade e baixa dose de radiação, atendendo ao princípio tão baixo quanto razoavelmente exequível, *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA), que visa minimizar a exposição à radiação sem comprometer a eficácia do diagnóstico. Esse método permite uma avaliação global das estruturas dentárias e ósseas, auxiliando na identificação precoce de anomalias que possam indicar riscos de EARR antes do início do TO (Sambale et al., 2024).

No entanto, as radiografias panorâmicas apresentam limitações, na detecção de pequenos sinais de EARR, especialmente na região anterior. Para melhorar a precisão diagnóstica, elas são frequentemente complementadas por radiografias periapicais, que oferecem uma visualização mais detalhada das raízes dentárias e são consideradas o padrão-ouro para detecção de EARR (Bayir & Gumus 2021). As radiografias periapicais têm a vantagem de proporcionar imagens mais claras e sem distorção, essenciais para a identificação de pequenas alterações radiculares que podem passar despercebidas em radiografias panorâmicas (Consolaro, 2012).

Com o avanço das tecnologias de imagem, a tomografia computadorizada de feixe cônico, *Cone-Beam Computed Tomography* (CBCT) tornou-se uma ferramenta importante para a avaliação tridimensional de reabsorções radiculares. Comparada à tomografia convencional, a CBCT oferece uma dose de radiação menor e é capaz de gerar imagens detalhadas das estruturas dentárias, possibilitando a quantificação precisa das áreas afetadas (Heboyan et al., 2022). Este método é particularmente útil em casos complexos, onde uma avaliação mais detalhada da morfologia radicular é necessária. Entretanto, seu uso deve ser justificado, devido à maior dose de radiação em relação aos métodos convencionais, sendo recomendado apenas quando a radiografia bidimensional não fornecer informações suficientes (Sambale et al., 2024).

Os estudos também indicam que a CBCT permite medir com precisão tanto a extensão linear quanto volumétrica da EARR, superando as limitações das radiografias bidimensionais, como a distorção de imagens e a dificuldade de visualizar a verdadeira extensão da reabsorção. Embora a CBCT seja uma ferramenta poderosa, o seu uso rotineiro em ortodontia ainda é debatido, uma vez que a quantidade de radiação e o custo precisam ser equilibrados com os benefícios clínicos esperados (Samandara et al., 2019).

A monitorização contínua através de métodos de imagem, como as radiografias periapicais e a CBCT, é crucial durante o TO para detetar precocemente sinais de EARR e ajustar o plano de tratamento de forma a minimizar os riscos (Heboyan et al., 2022). Recomenda-se a realização de exames radiográficos regulares, a cada 6-12 meses, dependendo do paciente e da complexidade do caso, para acompanhar a saúde das raízes dentárias e garantir o sucesso a longo prazo do TO (Consolaro, 2012).

2.4.2 Avaliação clínica das reabsorções

A avaliação clínica da EARR é fundamental para determinar a extensão do dano e orientar a abordagem clínica. Segundo Malmgren et al. (1982), foi proposto um sistema de pontuação para classificar os dentes com o objetivo de avaliar a gravidade da EARR. Este sistema é uma abordagem qualitativa e visual, que pode ser considerada relativamente subjetiva (citado por Shahrure e Acar 2022).

Amplamente utilizado a classificação de Levander e Malmgren é um sistema de pontuação que oferece uma estrutura para avaliar e documentar a extensão da EARR de forma sistemática, permitindo que os clínicos monitorem a progressão da EARR e tomem decisões informadas sobre a abordagem do TO (Maués et al., 2015). No entanto, a natureza qualitativa dessa abordagem significa que a interpretação dos graus pode variar entre diferentes clínicos, o que pode afetar a consistência dos diagnósticos (Dos Santos et al., 2021).

A avaliação clínica das EARR é um componente essencial do diagnóstico ortodôntico, permitindo a identificação precoce de condições que podem predispor os pacientes a complicações durante o tratamento, Sharab et al. (2015) enfatizam que é crucial identificar qualquer comprimento incomum das raízes nas radiografias diagnósticas iniciais. Essas anomalias devem ser claramente comunicadas ao paciente, destacando os riscos potenciais associados à EARR (Sharab et al., 2015).

Para o diagnóstico de EARR, Wishney (2017) destaca que:

Como a EARR é assintomática, só pode ser diagnosticada radiograficamente ou histologicamente. Devido ao potencial de distorções, as radiografias panorâmicas e periapicais obtidas com a técnica do ângulo bissetriz são consideradas menos precisas do que as radiografias periapicais obtidas com a técnica de paralelismo. Estudos de feixe cônico demonstraram um bom potencial neste aspecto; entretanto, o grau de exposição à radiação torna questionável seu uso rotineiro para o diagnóstico de EARR (p. 88).

Os pacientes devem ser informados de que a EARR pode ocorrer como resultado de um processo inflamatório que leva à perda da estrutura apical da raiz. Essa reabsorção é frequentemente uma resposta a forças mecânicas aplicadas durante o TO, que podem causar a morte ou a migração dos cementoblastos, deixando a superfície radicular exposta

e suscetível à ação dos osteoclastos. O processo inflamatório subsequente é mediado por *stress* celular e hipóxia, que desencadeiam a EARR (Consolaro, 2012).

Além de explicar os mecanismos biológicos da EARR, é importante esclarecer os fatores que contribuem para esse processo. Fatores como o tipo de movimentação dentária, a magnitude e a duração das forças aplicadas, e a presença de anomalias radiculares devem ser considerados ao discutir os riscos com os pacientes. Uma avaliação clínica detalhada, complementada por exames de imagem apropriados, é fundamental para identificar esses fatores de risco e desenvolver um plano de tratamento que minimize o risco de EARR (Sambale et al., 2024).

O diagnóstico de EARR é feito na maioria dos casos radiograficamente, uma vez que os sintomas clínicos estão em sua maioria ausentes e o aumento da mobilidade dentária é observado apenas em casos graves, com perda óssea alveolar adicional ao longo do tempo (Bakkari & Bin Salamah, 2022).

2.5. Prevenção e controlo de reabsorções

Em casos de extensa EARR induzida pela movimentação ortodôntica, devemos lembrar que houve falha na previsibilidade, prevenção e diagnóstico precoce da mesma. São condições desfavoráveis e, provavelmente, não deve ter havido uma análise periapical anterior ao TO desse dente (Consolaro, 2012).

2.5.1 Estratégias de prevenção em ortodontia

Em qualquer plano de TO, a prevenção de complicações é um aspeto fundamental. É crucial informar os pacientes e seus responsáveis sobre o risco potencial de EARR como consequência do uso de aparelhos ortodônticos fixos e da combinação de aparelhos removíveis e fixos. A comunicação clara sobre esses riscos permite que os pacientes façam escolhas informadas e estejam cientes das possíveis implicações do TO (Bakkari & Bin Salamah, 2022)

Além disso, é importante enfatizar que, embora o tratamento deva ser o mais breve possível para minimizar o risco de EARR, a extensão do tempo de tratamento pode aumentar o número de dentes afetados por essa condição. Isso reforça a necessidade de um planeamento cuidadoso e de estratégias para otimizar a eficiência do TO, equilibrando a necessidade de correções dentárias com a minimização do risco de complicações como a EARR (Sambale et al., 2024).

A EARR é uma condição que pode ser controlada através do conhecimento adequado das suas causas e dos fatores de risco associados. A compreensão desses fatores permite a implementação de estratégias preventivas eficazes que minimizem o risco de desenvolvimento da condição durante o TO (Sondeijker et al., 2020).

O conhecimento das causas e dos fatores de risco que permitem a EARR, juntamente com a realização de exames radiográficos regulares, é fundamental para a detecção precoce da EARR e para a prevenção do seu desenvolvimento. Exames radiográficos, como radiografias periapicais e panorâmicas, são ferramentas essenciais para identificar sinais de EARR em estágios iniciais. A detecção precoce permite intervenções oportunas, que podem evitar a progressão da EARR e preservar a integridade dos dentes afetados (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Implementar uma abordagem preventiva que inclua a avaliação regular dos fatores de risco e a monitorização radiográfica pode ajudar a reduzir a incidência de EARR em pacientes submetidos a TO e assegurar a manutenção da saúde dentária a longo prazo (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Wishney (2017) destaca a importância da triagem radiográfica regular para identificar pacientes propensos à EARR e ajustar o tratamento conforme necessário. Ele cita que a triagem radiográfica 6 meses após o início do tratamento tem sido recomendada para identificar os pacientes propensos à EARR. Aqueles indivíduos que apresentam sinais de EARR devem realizar radiografias semestrais durante a duração do tratamento. Quando a EARR for uma preocupação, a força ortodôntica deverá ser descontinuada e isso interromperá efetivamente o processo.

2.5.2 Monitorização e intervenções

A monitorização contínua e as intervenções oportunas são fundamentais para a gestão eficaz do risco de EARR durante o TO. Pacientes que apresentam características morfológicas adicionais, como microdontia, raízes curtas, coroas dentárias estreitas e dentes ectópicos, devem ser informados sobre o risco aumentado de EARR durante o TO. Esses pacientes requerem atenção especial e uma revisão cuidadosa de todos os dados relevantes por parte do ortodontista para decidir se o tratamento deve ser iniciado, considerando os benefícios funcionais e estéticos esperados em relação ao risco de EARR (Consolaro, 2012).

Além disso, recomenda-se a realização de um controlo radiográfico panorâmico 6 meses após a instalação do aparelho ortodôntico fixo para a monitorização adequada da EARR. Este acompanhamento é crucial para a detecção precoce de alterações radiculares, permitindo intervenções imediatas para prevenir a progressão da EARR. Estudos de Levander et al. (1994) e Levander & Malmgren (1988) reforçam a importância da monitorização contínua e da avaliação cuidadosa dos riscos em pacientes com predisposições anatômicas para a EARR (citado por Sambale et al., 2024).

É possível evitar a EARR severa realizando radiografias de controlo em todos os pacientes ortodônticos após 6 a 9 meses de tratamento. A detecção de EARR leve ou de um contorno irregular da raiz do dente durante esse período indica um alto risco de progressão da EARR (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Consolaro & Furquim (2014) argumentam que um dente com EARR, mesmo com apenas a porção cervical da raiz remanescente, ainda mantém 60% de suporte periodontal, não necessitando de substituição por um implante osseointegrado.

Para preservar dentes com EARR associada ao TO, Consolaro (2019) sugere seguir parâmetros específicos que visam mitigar a progressão da reabsorção e manter a integridade e a funcionalidade dos dentes, a seguir a tabela 2 detalha essas recomendações.

Tabela 2

Recomendações para dentes com reabsorções radiculares apicais externas

Recomendações	Ações Sugeridas
Manutenção dos dentes afetados	Manter os dentes na boca indefinidamente para preservar a estética, sem tratamento endodôntico, exceto em casos indicados.
Correção da oclusão	Corrigir interferências na oclusão para evitar sobrecarga nos dentes afetados e melhorar a função mastigatória.
Uso de protetor bucal	Utilizar protetores bucais ao praticar desporto, para prevenir lesões adicionais, especialmente em dentes com raízes curtas.

Controlo alimentar	Evitar alimentos duros ou densos, como frutas inteiras e pães crocantes, que podem aumentar o risco de fraturas dentárias.
Uso de goteira	Utilizar goteira para proteger os dentes em casos de bruxismo leve ou ocasional.
Limitação de movimentos ortodônticos	Evitar movimentos dentários em dentes com raízes muito curtas; priorizar tratamentos ortopédicos, quando possível.
Prevenção de doenças periodontais	Implementar uma higiene oral rigorosa para prevenir doenças periodontais crônicas associadas à placa bacteriana.
Remoção de dentes erupcionados parcialmente	Considerar a remoção de dentes não totalmente erupcionados que possam induzir complicações, como reabsorção radicular.
Correção de hábitos parafuncionais	Educar os pacientes para corrigir hábitos como roer unhas, morder objetos e evitar <i>piercings</i> que possam danificar os dentes.

2.6. Análise dos resultados da revisão

A identificação precoce dos fatores de risco para a EARR é essencial para minimizar sua gravidade durante o TO. A literatura avaliada destaca a importância de considerar tanto fatores relacionados ao paciente quanto ao TO para desenvolver um plano de tratamento eficaz e personalizado (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Os resultados deste estudo indicam uma alta incidência de EARR grave em pacientes submetidos a TO prolongados e que incluíram extrações dentárias. Em consonância com Bayir e Gumus (2021), que observaram uma incidência de 14,8% de EARR no estudo retrospectivo com 1356 pacientes tratados ortodonticamente, os dados deste estudo confirmam que a EARR é mais prevalente em TO que envolvem movimentos dentários extensivos e prolongados.

A literatura demonstrou que a EARR foi mais frequentemente observada nos incisivos superiores, seguidos pelos incisivos inferiores, conforme também relatado por Bayir e Gumus (2021). Esta constatação pode ser atribuída ao fato de que esses dentes são geralmente mais afetados por movimentos ortodônticos intensivos, especialmente em tratamentos que envolvem a correção de más oclusões significativas (Consolaro, 2012).

Além disso, é fundamental considerar as características morfológicas dos dentes como um fator de risco para a EARR. Estudos recentes continuam a demonstrar que anomalias na forma dos dentes e das raízes podem influenciar significativamente a predisposição à EARR. Por exemplo, Sambale et al. (2024) observaram que a EARR está fortemente associada a anomalias como microdontia e raízes curtas. De forma semelhante, Shahure e Acar (2022) e Wisheney (2017) concluíram que o formato anormal das raízes pode ser um indicador confiável de um risco aumentado de EARR no futuro.

Os pacientes com essas características devem ser informados sobre o risco aumentado de EARR antes de iniciar o TO, e as forças ortodônticas devem ser aplicadas com extremo cuidado nesses dentes. Os resultados de Sambale et al. (2024) também indicam que a duração do TO e os tipos de movimentação dentária são fatores críticos que influenciam o risco de EARR. A recomendação é que a duração do tratamento seja a mais curta possível e que dentes vulneráveis, com formatos anormais de coroas e raízes, sejam movimentados com forças leves para reduzir o risco de EARR.

Os achados de Jiang et al. (2017), Baghaei et al. (2023) sublinham a importância de considerar os fatores de risco associados à EARR, como a duração do tratamento, a necessidade de extrações dentárias e as características anatômicas dos dentes, no planejamento do TO. Essas considerações são fundamentais para minimizar o risco de complicações graves, e assegurar a saúde radicular dos pacientes a longo prazo.

É fundamental compreender que a frequência e o controle das EARR em ortodontia estão ao alcance do profissional e não dependem de sorte ou acaso. Ignorar ou justificar a ocorrência da EARR com base em dogmas ou em explicações convenientes não é aceitável. A gestão adequada das EARR deve basear-se na prática clínica informada e no conhecimento aprofundado dos mecanismos biológicos subjacentes (Consolaro, 2012).

Dado o aumento do risco de EARR associado a esses fatores, é altamente recomendável a implementação de acompanhamento radiográfico de rotina durante o TO. Esse acompanhamento permite a detecção precoce de sinais de EARR e possibilita a

intervenção oportuna para prevenir a progressão da condição. Estratégias como a redução da duração do TO e a minimização de movimentos dentários extensivos, especialmente em tratamentos que requerem extrações, podem ser fundamentais para reduzir a incidência de EARR e proteger a saúde dentária dos pacientes (Consolaro, 2012).

Desde que Ottolengui relatou pela primeira vez a EARR como um efeito colateral adverso do TO em 1914, a compreensão desse fenômeno tem sido uma prioridade para os pesquisadores e clínicos da área de ortodontia. A literatura sobre a EARR abrange uma ampla gama de estudos e revisões que exploram os fatores associados, incluindo o tipo de TO, a magnitude e o tipo de força aplicada, a duração do tratamento, a idade dos pacientes e o gênero (Citados por Bayir & Gumus, 2021).

Apesar da extensa pesquisa, a prevalência e os fatores de risco associados à EARR ainda não são totalmente compreendidos, em parte devido à escassez de estudos com amostras suficientemente grandes para fornecer resultados estatisticamente robustos e generalizáveis. Em muitos casos, as amostras pequenas limitam a capacidade de detectar diferenças significativas e de identificar fatores de risco com precisão (Sondeijker et al., 2020).

No estudo retrospectivo significativo conduzido por Bayir e Gumus (2021), foram avaliados a incidência, a gravidade e os possíveis fatores de risco de EARR com uma grande amostra de pacientes tratados ortodonticamente. Os autores analisaram dados de 1356 pacientes, o que representa um dos maiores grupos já estudados nessa área. A relevância desse estudo reside na capacidade de produzir resultados mais confiáveis e generalizáveis devido ao tamanho substancial da amostra, algo que é frequentemente um desafio em pesquisas na medicina dentária. A obtenção de amostras de tal magnitude é essencial, mas também altamente desafiadora, devido a fatores como a necessidade de um acompanhamento longitudinal extenso, a diversidade de tratamentos e a variação nas características dos pacientes. Estudos com coortes grandes permitem uma melhor compreensão dos padrões de reabsorção radicular e dos fatores que influenciam sua ocorrência, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento de diretrizes clínicas e estratégias de prevenção.

Os resultados de Bayir e Gumus (2021) destacam a importância de considerar múltiplos fatores de risco, incluindo a idade dos pacientes, a duração do tratamento, e o tipo de forças aplicadas. Esse estudo contribuiu significativamente para o corpo de conhecimento

existente e reforça a necessidade de mais pesquisas com amostras grandes para abordar as lacunas de conhecimento e melhorar a gestão clínica da EARR.

A dificuldade em encontrar estudos com grandes grupos que produzam resultados confiáveis sublinha a necessidade de esforços contínuos para realizar pesquisas com amostras diversificadas e abrangentes. Tais estudos são cruciais para a identificação de padrões e tendências que possam informar a prática clínica e reduzir a incidência de complicações graves associadas ao TO, como a EARR (Fernandes, 2019).

Contudo, é importante notar que muitos estudos não encontraram uma correlação clara entre a idade cronológica e a ocorrência de EARR. Por exemplo, estudos realizados por Lopatiene e Dumbravaite (2008), Pastro et al. (2018) não identificaram uma relação consistente entre a idade e a EARR.

A análise dos artigos sugere que, enquanto a idade pode ser um fator a considerar, ela não deve ser vista isoladamente como um fator de risco para EARR. A complexidade dos fatores envolvidos na EARR, embora a idade possa ser um fator de risco potencial para EARR, a falta de uma correlação consistente na literatura indica que outros fatores, como a duração do tratamento, devem ser cuidadosamente considerados (Consolaro, 2012). É fundamental que os pacientes adultos sejam informados sobre o risco aumentado de EARR e que sejam implementadas estratégias de monitorização contínua para detetar e manejar a EARR de maneira eficaz.

Nossa revisão, em consonância com o estudo de Bayir e Gumus (2021), evidenciou que a duração prolongada do TO é um fator determinante para o aumento da incidência de EARR. Bayir e Gumus constataram que pacientes submetidos a tratamentos mais longos apresentaram uma incidência significativamente maior de EARR, corroborando achados prévios na literatura.

Shahrure e Acar (2022) apontaram que a maior movimentação dentária necessária em TO prolongados é o principal fator por trás da associação entre a duração do tratamento e o risco aumentado de EARR. Este achado sugere que o movimento intensivo dos dentes, especialmente quando prolongado por longos períodos, contribui significativamente para a EARR devido ao *stress* mecânico contínuo nos tecidos radiculares (Bayir & Gumus, 2021).

Além disso, a incidência de EARR foi significativamente maior em casos que incluíram exodontias, um achado consistente com estudos anteriores. Tratamentos que exijam estes

procedimentos têm uma maior probabilidade de causar EARR devido aos mecanismos de retração dos dentes anteriores. Esses mecanismos resultam em maior movimentação dos ápices radiculares e exigem um tempo de tratamento mais prolongado, aumentando o risco de EARR (Maués et al., 2015).

Os achados deste estudo indicam que tanto a duração prolongada do tratamento quanto a necessidade de extrações dentárias são fatores de risco críticos para o desenvolvimento de EARR. A correlação entre o tempo de tratamento e a EARR destaca a importância de minimizar a duração dos TO sempre que possível, para reduzir a exposição prolongada dos dentes a forças mecânicas que podem levar à EARR.

Com base nos estudos apresentados, é possível observar uma clara correlação entre a frequência de EARR e determinados fatores de risco, tais como a duração prolongada do tratamento ortodôntico, a necessidade de extrações dentárias, e algum nível de relação com o formato do terço apical radicular.

3. CONCLUSÃO

A revisão da literatura mostrou que diversos fatores intrínsecos, clínicos, genéticos relacionados ao TO foram amplamente descritos, porém, com resultados frequentemente díspares. Essa divergência pode ser atribuída, em grande parte, à heterogeneidade das amostras estudadas e às variações metodológicas entre os diferentes estudos. Além disso, a maioria dos estudos analisados não encontrou diferenças significativas quanto ao grau de EARR entre homens e mulheres, assim como em relação à idade dos pacientes no início do TO.

Apesar dos desafios em obter resultados consistentes, é possível identificar fatores locais e técnicos que aumentam o risco de ocorrência de EARR durante o planejamento ortodôntico. Esses fatores, reconhecidos como fatores de risco, possibilitam que os profissionais conduzam uma análise de risco personalizada para cada paciente, estimando a probabilidade de EARR e avaliando o custo biológico aceitável para alcançar os objetivos estéticos e funcionais desejados.

A adoção de posturas e condutas preventivas durante o planejamento e a execução do TO pode minimizar a ocorrência de EARR, reduzindo tanto o número de dentes afetados como a gravidade da lesão.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baghaei, N. N., Zhai, G., & Lamani, E. (2023). Genetic and other factors contributing to external apical root resorption in orthodontic patients. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 26 (1), 64–72. <https://doi.org/10.1111/ocr.12701>
- Bakkari, A., & Bin Salamah, F. (2022). Updated guidelines for the orthodontic management of traumatized and endodontically treated teeth: A review study. *Cureus*, 14(9), ‘Artigo e28943’ <https://doi.org/10.7759/cureus.28943>
- Bayir, F., & Bolat Gumus, E. (2021). External apical root resorption after orthodontic treatment: Incidence, severity and risk factors. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 15(2), 100–105. <https://doi.org/10.34172/joddd.2021.017>
- Brezniak, N., & Wasserstein, A. (2002). Orthodontically induced inflammatory root resorption. part I: The basic science aspects. *The Angle Orthodontist*, 72(2), 175–179. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2002\)072<0175:OIIRRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2002)072<0175:OIIRRP>2.0.CO;2)
- Consolaro, A. (2012). *Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas*. Dental Press.
- Consolaro, A., & Furquim, L. Z. (2014). Extreme root resorption associated with induced tooth movement: A protocol for clinical management. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 19(5), 19–26. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.19.5.019-026.oin>
- Consolaro A. (2019). Extreme root resorption in orthodontic practice: Teeth do not have to be replaced with implants.. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 24(5): 20-28, <https://doi.org/10.1590/2177-6709.24.5.020-028.oin>
- Consolaro A. (2020). Extensive orthodontically induced dental resorption: What to do? *Dental Press Journal of Orthodontics*, 25(2), 18-23. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.2.018-023.oin>
- Dawood, H. M., Kroeger, A., Chavda, V., Chapple, I. L. C., & Kebschull, M. (2023). Under pressure-mechanisms and risk factors for orthodontically induced inflammatory root resorption: A systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 45(5), 612–626. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjad011>
- Dos Santos, C. C. O., Bellini-Pereira, S. A., Medina, M. C. G., & Normando, D. (2021). Allergies/asthma and root resorption: A systematic review. *Progress in orthodontics*, 22(8), <https://doi.org/10.1186/s40510-021-00351-x>
- Fernandes, L. Q. P., Figueiredo, N. C., Montalvany Antonucci, C. C., Lages, E. M. B., Andrade, I., Jr, & Capelli Junior, J. (2019). Predisposing factors for external apical root resorption associated with orthodontic treatment. *Korean Journal of Orthodontics*, 49(5), 310–318. <https://doi.org/10.4041/kjod.2019.49.5.310>
- Fernandes, L., Capelli Junior, J., Campos, K., Michelon, M., & Júnior, G. (2017). Avaliação dos possíveis fatores de risco para reabsorção radicular apical externa após tratamento ortodôntico. *Revista Brasileira de Odontologia*, 74(2), 138-142. <https://doi.org/10.18363/rbo.v74n2.p.138>
- Heboyan, A., Avetisyan, A., Karobari, M. I., Marya, A., Khurshid, Z., Rokaya, D., Zafar, M. S., & Fernandes, G. V. O. (2022). Tooth root resorption: A review. *Science Progress*, 105(3), <https://doi.org/10.1177/00368504221109217>
- Jiang, F., Chen, J., Kula, K., Gu, H., Du, Y., & Eckert, G. (2017). Root resorptions associated with canine retraction treatment. *American Journal of Orthodontics and dentofacial orthopedics*, 152(3), 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.01.023>

- Kalra, S., Gupta, P., Tripathi, T., & Rai, P. (2020). External apical root resorption in orthodontic patients: Molecular and genetic basis. *Journal of family Medicine and Primary Care*, 9(8), 3872–3882. https://doi.org/10.4103/jfmmpc.jfmmpc_802_20
- Lopatiene, K., & Dumbravaite, A. (2008). Risk factors of root resorption after orthodontic treatment. *Stomatologija*, 10(3), 89–95.
- Maués, C. P., do Nascimento, R. R., & Vilella, O.deV. (2015). Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dental press journal of orthodontics*, 20(1), 52–58. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.20.1.052-058.oar>
- Oliveira, L. C. S., Santos, D. C. L., Negrete, D., Flaiban, E., Bortolin, R., & Santos, R. L. (2018). Reabsorção radicular em tratamento ortodôntico. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*, 30(3), 275-289.
- Pastro, J. D. V., Nogueira, A. C. A., Salvatore de Freitas, K. M., Valarelli, F. P., Caçado, R. H., de Oliveira, R. C. G., & de Oliveira, R. C. G. (2018). Factors associated to apical root resorption after orthodontic treatment. *The Open Dentistry Journal*, 12, 331–339. <https://doi.org/10.2174/187421060181201033>
- Samandara, A., Papageorgiou, S. N., Ioannidou-Marathiotou, I., Kavvadia-Tsatala, S., & Papadopoulos, M. A. (2019). Evaluation of orthodontically induced external root resorption following orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): A systematic review and meta-analysis. *European journal of orthodontics*, 41(1), 67–79. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjy027>
- Sambale, J., Bruns, P. M., Jablonski-Momeni, A., Heinzl-Gutenbrunner, M., & Korbmacher-Steiner, H. M. (2024). Prognostic risk factors for apical root resorption in orthodontic patients - Are the Kjær's morphologic characteristics of clinical relevance?. *Annals of Anatomy*, 255, ‘Artigo e152287’. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2024.152287>
- Shahrure, B., & Acar, A. (2022). Evaluation of risk factors for severe apical root resorption in the maxillary incisors following fixed orthodontic treatment. *Turkish Journal of Orthodontics*, 35(2), 75–83. <https://doi.org/10.5152/TurkJOrthod.2022.20139>
- Sharab, L. Y., Morford, L. A., Dempsey, J., Falcão-Alencar, G., Mason, A., Jacobson, E., Kluemper, G. T., Macri, J. V., & Hartsfield, J. K., Jr (2015). Genetic and treatment-related risk factors associated with external apical root resorption (EARR) concurrent with orthodontia. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 18(1), 71–82. <https://doi.org/10.1111/ocr.12078>
- Silva, B. R., Sanches Vargas, C., & Pizzol, K. D. C. (2019). Reabsorção radicular relacionada às técnicas e aparelhos ortodônticos. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 22(2), 35-46. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2019.v22i2.612>
- Sondeijker, C. F. W., Lamberts, A. A., Beckmann, S. H., Kuitert, R. B., van Westing, K., Persoon, S., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2020). Development of a clinical practice guideline for orthodontically induced external apical root resorption. *European Journal of Orthodontics*, 42(2), 115–124. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjz034>
- Wishney M. (2017). Potential risks of orthodontic therapy: A critical review and conceptual framework. *Australian Dental Journal*, 62(1), 86–96. <https://doi.org/10.1111/adj.12486>