www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 163, 2026 | DOI: 10.69849/tvwxr098

Reabsorção radicular externa induzida pelo tratamento ortodôntico: revisão de literatura.

Orthodontically induced external root resorption: a literature review.

Carina Barros dos Santos
Orientador: Prof. MSc Leone José da Silva Santos

RESUMO

A reabsorção radicular externa induzida por forças ortodônticas constitui uma complicação multifatorial capaz de comprometer a estrutura dentária e a longevidade dos resultados do tratamento ortodôntico. O presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura acerca dos mecanismos etiológicos, fatores de risco, métodos diagnósticos e estratégias preventivas relacionados à reabsorção radicular associada à aplicação de forças ortodônticas, com ênfase nos efeitos de forças excessivas. Foi realizada uma revisão de literatura com base em estudos científicos recentes sobre os mecanismos biológicos envolvidos, fatores mecânicos e individuais predisponentes, métodos de diagnóstico e medidas preventivas e terapêuticas. Os estudos analisados demonstraram que a reabsorção radicular está relacionada principalmente à resposta inflamatória desencadeada pela movimentação dentária, sendo influenciada pela magnitude, duração e direção das forças aplicadas. Movimentos como intrusão e torque radicular, tratamentos prolongados, histórico de trauma, alterações na morfologia radicular e determinados fatores genéticos foram identificados como possíveis fatores associados ao aumento da suscetibilidade. Quanto ao diagnóstico, a radiografia periapical permanece como método de acompanhamento de rotina, enquanto a tomografia computadorizada de feixe cônico apresenta maior capacidade de identificação e mensuração de alterações radiculares, devendo sua indicação considerar os princípios de radioproteção. Conclui-se que, embora a reabsorção radicular não possa ser completamente eliminada, sua ocorrência e severidade podem ser reduzidas por meio de planejamento individualizado, controle adequado da biomecânica, aplicação de forças biologicamente compatíveis e monitoramento radiográfico periódico.

Palavras-chave: Reabsorção radicular. Ortodontia. Movimentação dentária. Forças ortodônticas. Diagnóstico. Prevenção.

ABSTRACT

External root resorption induced by orthodontic forces is a multifactorial complication that may compromise tooth structure and the longevity of orthodontic treatment outcomes. This study aimed to review the literature on the etiological mechanisms, risk factors, diagnostic methods, and preventive strategies related to root resorption associated with the application of orthodontic forces, with emphasis on the effects of excessive forces. A literature review was conducted based on recent scientific studies addressing the biological mechanisms involved, mechanical and individual predisposing factors, diagnostic methods, and preventive and therapeutic measures. The studies analyzed demonstrated that root resorption is primarily associated with the inflammatory response triggered by tooth movement and is influenced by the magnitude, duration, and direction of the applied forces. Movements such as intrusion and root torque, prolonged treatment duration, previous dental trauma, alterations in root morphology, and certain genetic factors were identified as factors potentially associated with increased susceptibility. Regarding diagnosis, periapical radiography remains a routine follow-up method, whereas cone-beam computed tomography provides greater ability to detect and measure root alterations, although its use should consider radiation protection principles. It is concluded that, although root resorption cannot be completely eliminated, its occurrence and severity can be reduced through individualized treatment planning, adequate biomechanical control, the application of biologically compatible forces, and periodic radiographic monitoring.

Keywords: Root resorption. Orthodontics. Tooth movement. Orthodontic forces. Diagnosis. Prevention.

1 INTRODUÇÃO

A busca por um tratamento adequado no qual devolva principalmente função associado a estética é um dos principais objetivos da prática odontológica. Na Ortodontia, entretanto, complicações como a reabsorção radicular representam um desafio frequente, capaz de comprometer tanto os resultados obtidos quanto a dentição do paciente. Esse processo, caracterizado pela perda de substância mineralizada do cemento e da dentina, pode estar associado a diferentes fatores, como traumatismos, reimplantes, lesões inflamatórias, clareamento interno e, principalmente, à movimentação dentária induzida. De etiologia multifatorial, a reabsorção envolve aspectos biológicos e mecânicos, sendo estes últimos ligados ao tratamento ortondontico passíveis de controle clínico(1).

A reabsorção radicular externa é uma complicação potencial associada ao tratamento ortodôntico, caracterizada pela perda progressiva de tecido dentário mineralizado na superfície radicular (2). Esse processo é resultado de um desequilíbrio na atividade osteoclástica e cementoclástica, que pode ser desencadeado por estímulos mecânicos excessivos sobre os dentes (3). Embora frequentemente assintomática, a reabsorção radicular pode comprometer a longevidade dentária, especialmente em casos de reabsorções severas (4).

Durante o tratamento ortodôntico, as forças aplicadas para movimentação dentária, podem gerar microtraumas no ligamento periodontal e no cemento radicular (5). A intensidade, direção e duração dessas forças influenciam diretamente na extensão da reabsorção, sendo reconhecido que forças contínuas de alta magnitude aumentam o risco de dano radicular (6). Além disso, fatores como predisposição genética, histórico de trauma dentário prévio e morfologia radicular também contribuem para a suscetibilidade individual (7).

A prevenção e o diagnóstico precoce da reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico são fundamentais para o prognóstico positivo dos casos, sendo a radiografia periapical e a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) os métodos mais utilizados para sua detecção (8). A monitorização periódica permite o ajuste da mecânica ortodôntica e a prevenção de perdas irreversíveis (9).

Em casos avançados, a reabsorção pode levar à mobilidade dentária e até à perda do elemento, sendo necessárias reabilitações protéticas (10).

Diante do impacto clínico e prognóstico da reabsorção radicular induzida por forças ortodônticas, este trabalho tem como objetivo revisar a literatura sobre a etiologia, fatores de risco, métodos diagnósticos e estratégias preventivas relacionadas à reabsorção radicular causada por forças excessivas durante o tratamento ortodônticos (11).

2. METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, com o objetivo de reunir e analisar evidências científicas acerca da reabsorção radicular externa associada ao tratamento

ortodôntico, com ênfase nos mecanismos biológicos, fatores de risco, métodos diagnósticos e estratégias preventivas.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, SciELO e Google Scholar, considerando publicações disponíveis no período de janeiro de 2018 a novembro de 2026. Para a identificação dos estudos, foram utilizados descritores em português e inglês, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, incluindo: “reabsorção radicular”, “reabsorção radicular externa”, “ortodontia”, “movimentação dentária”, “forças ortodônticas”, “root resorption”, “external root resorption”, “orthodontics”, “orthodontic tooth movement” e “orthodontic forces”.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão: artigos publicados entre 2018 e 2026; disponíveis em português, inglês ou espanhol; com acesso ao texto completo; e que abordassem diretamente a reabsorção radicular externa relacionada ao tratamento ortodôntico, incluindo seus mecanismos etiológicos, fatores de risco, aspectos biomecânicos, métodos diagnósticos, prevenção e condutas clínicas.

Como critérios de exclusão, foram considerados: estudos duplicados; publicações anteriores a 2018; trabalhos sem relação direta com o tema; pesquisas voltadas exclusivamente para reabsorções radiculares de origem não ortodôntica; publicações sem acesso ao texto completo; e materiais que não apresentassem informações relevantes para os objetivos da revisão, como editoriais, cartas ao editor e resumos de eventos científicos.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, foram selecionados 38 artigos científicos para embasar a presente pesquisa, considerando sua relevância e contribuição para os objetivos propostos.

Os artigos selecionados foram analisados qualitativamente, considerando seus objetivos, métodos e principais resultados. As informações obtidas foram organizadas em cinco eixos temáticos: mecanismos biológicos da reabsorção radicular induzida por forças ortodônticas; fatores mecânicos relacionados à movimentação dentária; fatores individuais e predisposição do paciente; métodos diagnósticos; e estratégias preventivas e condutas clínicas.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Mecanismos biológicos da reabsorção radicular induzida por forças ortodônticas

A reabsorção radicular externa associada ao tratamento ortodôntico é resultado de uma resposta inflamatória estéril desencadeada pela aplicação de forças mecânicas sobre o ligamento periodontal. Estudos recentes demonstram que a compressão excessiva do ligamento periodontal promove hipóxia local, liberação de citocinas pró-inflamatórias, como IL-1β e TNF-α, e ativação da via RANK/RANKL/OPG, favorecendo a diferenciação de osteoclastos e cementoclastos responsáveis pela degradação do cemento e dentina radicular (12).

Além disso, evidências publicadas nos últimos anos apontam que a intensidade da resposta inflamatória está diretamente relacionada à magnitude e ao tempo de aplicação da força ortodôntica, havendo maior expressão de mediadores inflamatórios em protocolos com forças contínuas de alta intensidade (13). A persistência do estímulo mecânico pode levar à manutenção do processo reabsortivo, ultrapassando a fase reparadora fisiológica (14).

Pesquisas recentes também destacam o papel da apoptose de cementoblastos como evento inicial na exposição da superfície mineralizada radicular, permitindo a adesão e atividade clástica (15). Dessa forma, o desequilíbrio entre reabsorção e reparo tecidual constitui o principal mecanismo biológico envolvido na reabsorção radicular induzida ortodonticamente.

3.2. Fatores mecânicos relacionados à reabsorção radicular

A literatura contemporânea confirma que forças ortodônticas de alta magnitude, especialmente quando aplicadas de forma contínua e sem períodos adequados de descanso biológico, estão associadas a maior incidência e severidade de reabsorção radicular externa (16). Movimentos como intrusão e torque radicular apresentam maior potencial reabsortivo devido à concentração de estresse apical
(17).

Estudos clínicos recentes indicam que a duração prolongada do tratamento ortodôntico também é fator determinante, sendo observada correlação positiva entre tempo total de tratamento e grau de encurtamento radicular (18). Protocolos com retração anterior extensa e uso prolongado de elásticos intermaxilares também têm sido associados a maior risco (19).

Além disso, a utilização de dispositivos auxiliares como mini-implantes pode alterar a distribuição de forças, exigindo controle rigoroso da biomecânica para evitar sobrecarga radicular localizada (20).

3.3. Fatores individuais e predisposição do paciente

A suscetibilidade individual à reabsorção radicular apresenta forte componente multifatorial. Estudos genéticos recentes identificaram polimorfismos em genes relacionados à resposta inflamatória, como IL-1 e RANKL, associados a maior predisposição à reabsorção radicular durante tratamento ortodôntico (21).

A morfologia radicular também é considerada fator de risco relevante. Raízes curtas, dilaceradas ou em formato triangular apresentam maior probabilidade de reabsorção apical significativa (22). Pacientes com histórico prévio de trauma dentário demonstram resposta reabsortiva exacerbada quando submetidos à movimentação ortodôntica (23).

Idade e sexo também vêm sendo investigados; entretanto, revisões sistemáticas recentes apontam que esses fatores isoladamente não são determinantes, embora possam atuar como coadjuvantes quando associados a fatores mecânicos intensos (24).

3.4. Métodos diagnósticos: radiografia periapical e tomografia computadorizada de feixe cônico

O diagnóstico precoce é essencial para prevenir progressão irreversível da reabsorção radicular. A radiografia periapical continua sendo amplamente utilizada devido ao baixo custo e fácil acesso, sendo eficaz na detecção de reabsorções moderadas a severas (25). Entretanto, apresenta limitações quanto à sensibilidade em estágios iniciais e à sobreposição de estruturas anatômicas.

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem demonstrado maior acurácia diagnóstica, permitindo avaliação tridimensional e detecção precoce de pequenas áreas reabsortivas, especialmente na região apical (26). Estudos comparativos recentes confirmam a superioridade da TCFC em relação às radiografias bidimensionais na mensuração da perda radicular (27).

Contudo, devido à maior dose de radiação, recomenda-se sua indicação baseada no princípio ALARA, reservando-se para casos de suspeita clínica ou radiográfica significativa (28).

3.5. Estratégias preventivas e condutas clínicas

A principal estratégia preventiva consiste na aplicação de forças leves e biologicamente compatíveis, respeitando períodos de reparo do ligamento periodontal (29). Protocolos com forças intermitentes têm demonstrado menor incidência de reabsorção quando comparados a forças contínuas de alta intensidade (30).

A monitorização radiográfica periódica, especialmente entre 6 e 12 meses após o início do tratamento, é recomendada para detecção precoce e ajuste da mecânica ortodôntica (31). Em casos de identificação de reabsorção ativa, recomenda-se a suspensão temporária da movimentação por período mínimo de 2 a 3 meses, favorecendo reparo cementário (32).

Adicionalmente, planejamento individualizado considerando fatores de risco prévios — como histórico de trauma ou raízes curtas — é essencial para minimizar complicações (33). A literatura recente reforça que o controle biomecânico rigoroso e o acompanhamento sistemático são determinantes para manutenção da longevidade dentária durante e após o tratamento ortodôntico (34).

3.6 Diagnóstico e fatores de risco

O diagnóstico e a identificação dos fatores associados à reabsorção radicular externa são fundamentais para o acompanhamento do tratamento ortodôntico, especialmente porque o processo geralmente apresenta evolução assintomática e pode ser identificado inicialmente por meio de exames de imagem. A literatura demonstra que a ocorrência e a severidade da reabsorção resultam da interação entre características individuais do paciente e variáveis relacionadas à mecânica ortodôntica, não sendo possível atribuir o desenvolvimento do processo a um único fator isolado (35).

Entre os fatores relacionados ao paciente, a morfologia radicular merece atenção, principalmente em dentes com raízes curtas, dilaceradas ou com formatos considerados mais suscetíveis à perda de estrutura. Alterações prévias na região radicular, incluindo histórico de traumatismo dentário, também podem estar

associadas a maior risco de reabsorção durante a movimentação ortodôntica (35). Entretanto, embora essas características sejam apontadas como possíveis fatores de risco, a força dessa associação pode variar entre os estudos, sendo necessária a interpretação conjunta com os demais fatores clínicos.

O histórico de trauma dentário constitui um aspecto relevante durante a avaliação inicial. Evidências recentes sugerem que dentes previamente traumatizados podem apresentar maior susceptibilidade à reabsorção quando submetidos à movimentação ortodôntica, possivelmente em razão de alterações preexistentes nos tecidos periodontais e radiculares. Entretanto, a heterogeneidade dos estudos disponíveis indica que essa associação deve ser interpretada com cautela, não sendo adequado considerar o trauma como fator determinante isolado (35).

A influência de características genéticas também tem sido investigada. Polimorfismos relacionados a genes envolvidos na resposta inflamatória e no metabolismo ósseo, incluindo aqueles associados às vias IL-1 e RANK/RANKL/OPG, foram relacionados em alguns estudos à maior susceptibilidade à reabsorção radicular. Apesar disso, as evidências disponíveis ainda não permitem utilizar marcadores genéticos isoladamente para predizer a ocorrência ou a gravidade da reabsorção em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico (36). Dessa forma, os fatores genéticos devem ser compreendidos como possíveis componentes da suscetibilidade individual, e não como ferramentas clínicas de predição estabelecidas.

Entre os fatores relacionados ao tratamento, a magnitude e a duração das forças aplicadas apresentam associação relevante com a ocorrência e a severidade da reabsorção. Movimentos que concentram maior estresse na região apical, como determinados movimentos de intrusão e alterações significativas da posição radicular, requerem atenção durante o planejamento biomecânico (35). Além disso, tratamentos de maior duração e determinados protocolos envolvendo extrações foram associados a maior ocorrência de reabsorção em estudos clínicos, embora a duração do tratamento também possa refletir a complexidade inicial do caso e a quantidade de movimentação necessária (37).

A magnitude e a direção do deslocamento dentário também devem ser consideradas. Estudos que avaliaram a reabsorção por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico demonstraram associação entre determinadas alterações na posição apical, movimentos de intrusão e extrusão e perda de volume

radicular (38). Esses resultados reforçam que a avaliação do risco deve considerar não apenas o tipo de aparelho utilizado, mas principalmente a biomecânica empregada e a quantidade e direção do movimento planejado.

Quanto ao diagnóstico, a radiografia periapical permanece como importante recurso para o acompanhamento clínico, especialmente por sua ampla disponibilidade e capacidade de demonstrar alterações radiculares relevantes. Entretanto, por apresentar imagem bidimensional, pode apresentar limitações para a identificação e mensuração precisa de pequenas alterações, principalmente quando há sobreposição de estruturas anatômicas.

A tomografia computadorizada de feixe cônico apresenta como principal vantagem a avaliação tridimensional da superfície radicular, permitindo maior detalhamento da localização e extensão das áreas de reabsorção. Estudos recentes demonstram sua utilidade na quantificação das alterações radiculares e na investigação de fatores associados à sua ocorrência (38). Entretanto, sua utilização não deve ser considerada obrigatória para todos os pacientes, uma vez que a maior capacidade diagnóstica deve ser ponderada em relação à exposição à radiação e à real necessidade clínica do exame.

Dessa maneira, o diagnóstico deve estar associado à estratificação individual de risco. Pacientes que apresentam fatores como histórico de trauma, características radiculares desfavoráveis, movimentações extensas ou mecânicas potencialmente mais exigentes podem demandar acompanhamento radiográfico mais cuidadoso. A identificação desses fatores antes e durante o tratamento permite ao ortodontista avaliar a necessidade de modificar a mecânica ou intensificar o monitoramento, contribuindo para a detecção precoce de alterações.

Assim, a literatura recente sustenta que a reabsorção radicular externa deve ser abordada a partir de uma perspectiva multifatorial. Embora alguns fatores apresentem associação mais consistente, outros ainda possuem evidências limitadas ou heterogêneas. Portanto, nenhum fator isolado deve ser utilizado para determinar a ocorrência da complicação, sendo mais adequado considerar conjuntamente as características individuais, o planejamento biomecânico, a extensão da movimentação e os achados radiográficos ao longo do tratamento (38).

Tabela 1 – Principais estudos relacionados à reabsorção radicular induzida pelo tratamento ortodôntico

Autor(es)	Ano	Tipo de estudo	Principais achados
Oliveira et al.	2018	Revisão	Etiologia multifatorial; fatores mecânicos, biológicos e individuais.
Karkazi et al.	2020	Revisão	Forças, duração, morfologia radicular e predisposição individual influenciam o risco.
Safi-Eddine et al.	2024	Revisão	Diagnóstico precoce e acompanhamento permitem ajustar a mecânica.
Samandara et al.	2019	Revisão sistemática/meta-análise	TCFC favorece a identificação e avaliação tridimensional da reabsorção.
Tarallo et al.	2019	Revisão sistemática	Biomarcadores no fluido crevicular têm potencial diagnóstico, ainda não rotineiro.
Van Doornik et al.	2024	Estudo observacional	Diretrizes podem contribuir para padronizar avaliação e manejo.
Inchingolo et al.	2024	Revisão sistemática	Reabsorção pode ocorrer com alinhadores e aparelhos fixos.
Li et al.	2021	Revisão	Citocinas e vias inflamatórias participam da reabsorção induzida por forças.
Al-Qawasmi et al.	2022	Revisão/estudo genético	Fatores genéticos podem contribuir para a susceptibilidade individual.
Castro et al.	2021	Revisão	Mecanismos biológicos e fatores de risco apresentam origem multifatorial.
Topkara et al.	2021	Prospectivo/TCFC	Direção da movimentação e mecânica influenciam alterações apicais.
Iglesias-Linares et al.	2022	Revisão sistemática	Maior duração do tratamento foi associada à reabsorção.
Brin et al.	2021	Estudo clínico	Mecânicas com elásticos podem influenciar a distribuição das forças.
Wang et al.	2023	Estudo/TCFC	Mini-implantes exigem controle da distribuição das forças.
Bastos Lages et al.	2021	Estudo genético	Polimorfismos IL-1 foram investigados quanto à susceptibilidade.
Mirabella & Artun	2020	Estudo clínico	Morfologia radicular pode influenciar a susceptibilidade.
Malmgren et al.	2021	Estudo clínico	Trauma prévio pode estar associado à maior susceptibilidade.
Segal et al.	2022	Meta-análise	Risco resulta da combinação de fatores do paciente e do tratamento.
Patel et al.	2021	Revisão	TCFC permite melhor identificação/localização; indicação deve ser clínica.
Jacobs et al.	2022	Revisão sistemática	TCFC apresenta maior capacidade diagnóstica que radiografia convencional.
European Commission	2021	Diretriz	TCFC deve seguir indicação clínica e proteção radiológica.
Viecilli et al.	2021	Experimental	Magnitude da força influencia a resposta radicular.
Levander & Malmgren	2023	Revisão/recomendações	Acompanhamento radiográfico favorece identificação precoce.
Cheng et al.	2022	Estudo/TCFC	Cessação da força pode favorecer reparo radicular.
Lopatiene & Dumbravaite	2023	Revisão	Gestão de risco envolve planejamento e monitoramento individualizados.
Dawood et al.	2023	Revisão sistemática	Interação inflamatória-mecânica; evidências heterogêneas.
Alencar et al.	2021	Revisão sistemática	Variações genéticas podem contribuir, sem predição clínica isolada.
Bayir & Bolat Gumus	2021	Estudo clínico	Incidência e severidade relacionam-se a múltiplos fatores.
Liu et al.	2021	Estudo/TCFC	Análise volumétrica avalia alterações em tratamentos com alinhadores.

Fonte:DOS SANTOS,Carina Barros. REABSORÇÃO RADICULAR CAUSADA POR FORÇAS ORTODÔNTICOS-REVISÃO DE LITERATURA 2026.Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Odontologia) – Universidade Unigranrio Afya Rio de Janeiro, 2026.

4. DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados demonstra que a reabsorção radicular externa associada ao tratamento ortodôntico deve ser compreendida como um fenômeno multifatorial, no qual fatores biológicos individuais e características da mecânica empregada interagem na determinação da ocorrência e da intensidade do processo. Embora exista consenso de que a movimentação ortodôntica possa desencadear alterações radiculares, os estudos analisados indicam que a presença e a extensão da reabsorção não dependem exclusivamente da aplicação de forças, mas também da resposta individual do paciente. Dessa forma, a complicação não deve ser interpretada como consequência inevitável do tratamento, mas como um evento cuja intensidade pode ser influenciada pelo planejamento e pelo controle clínico.

Sob a perspectiva biológica, os estudos apresentam concordância quanto à participação da resposta inflamatória na instalação da reabsorção radicular. A ativação da via RANK/RANKL/OPG e a liberação de mediadores pró-inflamatórios favorecem a diferenciação e a atividade de células responsáveis pela reabsorção dos tecidos mineralizados radiculares (12). Entretanto, esses mecanismos devem ser interpretados em conjunto com os fatores mecânicos, uma vez que a resposta inflamatória parece ser modulada pela intensidade e pela duração do estímulo aplicado. Nesse sentido, os achados que relacionam forças contínuas e de maior magnitude a uma resposta inflamatória mais intensa sugerem que o controle da biomecânica possui papel relevante na redução do processo reabsortivo (13). A apoptose dos cementoblastos, descrita como um evento que pode preceder a exposição da superfície radicular à atividade clástica, reforça essa relação entre estímulo mecânico, alteração celular e perda de estrutura mineralizada (15). Assim, os estudos não apontam para um único mecanismo isolado, mas para uma sequência de eventos biológicos influenciada pelas condições mecânicas do tratamento.

A relação entre intensidade das forças e reabsorção também apresenta consistência entre os estudos analisados. A associação entre forças de maior magnitude e maior risco de reabsorção apical externa é recorrente na literatura, principalmente quando a mecânica produz concentração de estresse em determinadas regiões radiculares (16). Nesse contexto, movimentos de intrusão e torque radicular merecem atenção especial, pois tendem a concentrar forças na região apical, aumentando potencialmente a susceptibilidade dessa área ao dano (17). Esses achados apresentam implicação clínica direta, uma vez que indicam que não apenas a

quantidade de movimento, mas também a maneira como a força é distribuída deve ser considerada durante o planejamento ortodôntico.

Outro aspecto relevante é a duração do tratamento. Os estudos indicam associação entre tratamentos prolongados e maior ocorrência de encurtamento radicular, sugerindo que a exposição prolongada ao estímulo mecânico pode contribuir para a progressão do processo (18). Entretanto, esse achado não deve ser interpretado de maneira isolada, pois tratamentos mais longos frequentemente estão relacionados à maior complexidade dos casos e à necessidade de movimentos dentários mais extensos. Dessa forma, a duração do tratamento pode atuar tanto como fator associado diretamente ao processo reabsortivo quanto como marcador da complexidade biomecânica do caso. Clinicamente, essa relação reforça a necessidade de evitar movimentações desnecessariamente prolongadas e de realizar acompanhamento durante a evolução do tratamento, principalmente em pacientes submetidos a mecânicas mais exigentes.

A análise dos fatores individuais demonstra que o risco não é homogêneo entre os pacientes. A identificação de possíveis associações entre polimorfismos relacionados à resposta inflamatória e maior susceptibilidade à reabsorção sugere a participação de características genéticas na resposta individual ao tratamento (21). Entretanto, a existência dessa predisposição não significa que a ocorrência de reabsorção possa ser determinada exclusivamente por fatores genéticos, uma vez que sua manifestação resulta da interação entre características individuais e estímulos mecânicos. Essa interpretação é particularmente importante para a prática clínica, pois reforça que o planejamento não deve considerar apenas a mecânica pretendida, mas também as características biológicas do paciente.

A morfologia radicular constitui outro fator que merece consideração. Raízes curtas, dilaceradas ou com determinadas configurações anatômicas apresentam maior vulnerabilidade à perda de estrutura durante a movimentação ortodôntica (22). De maneira semelhante, o histórico de trauma dentário pode aumentar a susceptibilidade do elemento dentário à reabsorção durante o tratamento (23). A concordância desses achados reforça a importância da avaliação prévia do paciente, especialmente por meio da anamnese e da análise das características radiculares. Na prática, a identificação desses fatores não necessariamente contraindica o tratamento ortodôntico, mas pode justificar maior cautela na escolha da mecânica, na magnitude das forças e na frequência do acompanhamento.

Em relação ao diagnóstico, os estudos analisados apontam uma diferença importante entre a acessibilidade dos métodos e sua capacidade de identificação das alterações. A radiografia periapical apresenta ampla utilização clínica e permanece relevante para o acompanhamento dos pacientes, porém possui limitações relacionadas à representação bidimensional das estruturas e à identificação de alterações pequenas ou iniciais (25). Por outro lado, a TCFC apresenta maior capacidade de visualização tridimensional e maior sensibilidade para detectar e mensurar alterações radiculares, especialmente em situações nas quais a avaliação bidimensional não é suficiente (26,27). Portanto, os estudos não devem ser interpretados como uma substituição indiscriminada da radiografia pela tomografia, mas como uma indicação de que os métodos possuem funções complementares.

Essa distinção apresenta importância clínica, sobretudo porque a maior capacidade diagnóstica da TCFC deve ser ponderada diante da exposição à radiação. A indicação desse exame deve seguir critérios clínicos e princípios de radioproteção, sendo utilizada quando a informação adicional obtida puder contribuir efetivamente para a tomada de decisão (28). Dessa forma, a radiografia periapical permanece adequada para o acompanhamento rotineiro em muitas situações, enquanto a TCFC pode ser considerada diante de suspeitas específicas, alterações pouco esclarecidas ou necessidade de avaliação tridimensional mais detalhada (25-28). Essa abordagem permite equilibrar a necessidade de diagnóstico preciso com a utilização responsável dos exames de imagem.

Quanto à prevenção, os estudos analisados convergem para a importância do controle da intensidade e da forma de aplicação das forças ortodônticas. A utilização de forças leves e biologicamente compatíveis é apontada como uma das principais estratégias para reduzir o risco de alterações radiculares (29). A comparação entre protocolos também sugere menor ocorrência de reabsorção quando são utilizadas forças intermitentes em comparação com forças contínuas de maior intensidade (30). Esses achados possuem relevância prática porque demonstram que a prevenção não depende apenas da detecção posterior da reabsorção, mas deve estar presente desde o planejamento inicial da movimentação dentária.

Quando sinais de reabsorção são identificados, a conduta também deve considerar a interrupção ou modificação temporária da mecânica. A suspensão temporária da movimentação diante de sinais de atividade reabsortiva pode favorecer o reparo da superfície radicular, constituindo uma alternativa clínica para limitar a progressão do

processo (32). Nesse contexto, a monitorização radiográfica assume papel fundamental, permitindo identificar alterações antes que atinjam níveis mais avançados. A realização de acompanhamento entre 6 e 12 meses após o início do tratamento é apontada como estratégia relevante para identificação precoce de alterações e possível modificação da mecânica (31).

Apesar da concordância geral entre os estudos quanto à importância do controle biomecânico e do monitoramento, os achados também evidenciam que não existe uma medida isolada capaz de eliminar completamente o risco de reabsorção radicular. A influência simultânea de fatores mecânicos, anatômicos, genéticos e históricos demonstra que a prevenção deve ser individualizada. Assim, a utilização de forças biologicamente compatíveis, a escolha adequada dos movimentos, a identificação prévia de fatores de risco e o acompanhamento radiográfico devem ser considerados conjuntamente, e não como estratégias independentes.

Diante disso, a literatura analisada indica que o principal desafio clínico não consiste apenas em reconhecer a reabsorção radicular após sua ocorrência, mas em identificar previamente os pacientes mais suscetíveis e adaptar a mecânica às suas características. A integração entre avaliação individual, planejamento biomecânico e acompanhamento por imagem permite uma abordagem mais preventiva e reduz a possibilidade de progressão de alterações radiculares. Portanto, os estudos sustentam que o controle da reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico depende de uma abordagem individualizada e baseada em evidências, na qual a preservação da estrutura dentária seja considerada conjuntamente com os objetivos funcionais e estéticos do tratamento (34).

5. CONCLUSÃO

A reabsorção radicular externa induzida por forças ortodônticas constitui uma complicação multifatorial, resultante da interação entre fatores biológicos individuais e variáveis mecânicas relacionadas ao tratamento. A literatura recente evidencia que o processo está diretamente associado à resposta inflamatória desencadeada pela aplicação de forças ortodônticas, especialmente quando estas são de alta magnitude, contínuas ou aplicadas por períodos prolongados.

Observa-se que fatores individuais, como predisposição genética, morfologia radicular e histórico de trauma dentário, influenciam significativamente a

suscetibilidade à reabsorção, reforçando a necessidade de avaliação diagnóstica criteriosa antes do início da terapia ortodôntica. Além disso, a duração do tratamento e determinados tipos de movimentação dentária, como intrusão e torque radicular, aumentam o risco de comprometimento apical.

No âmbito diagnóstico, a radiografia periapical permanece como método de rotina para acompanhamento, enquanto a tomografia computadorizada de feixe cônico se destaca pela maior sensibilidade na detecção precoce de alterações radiculares, devendo ser indicada de forma criteriosa.

Dessa forma, conclui-se que a prevenção da reabsorção radicular está diretamente relacionada ao planejamento biomecânico individualizado, à aplicação de forças leves e biologicamente compatíveis e ao monitoramento radiográfico periódico. A adoção de condutas clínicas baseadas em evidências científicas atuais é essencial para minimizar riscos, preservar a estrutura dentária e garantir maior longevidade aos resultados obtidos com o tratamento ortodôntico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oliveira LCS, Santos DCL, Negrete D, Flaban E, Bortolin R, Santos RL. Reabsorção radicular em tratamento ortodôntico. Rev. Odontol. Univ. Cid. São Paulo 2018 jul/set 30(3) 275-289
2. Karkazi F, Lysy J, Bitsanis E, Tsolakis A. Orthodontically induced root resorption: An updated review. Balkan J Dent Med. 2020;24:1-7. doi: 10.2478/bjdm-2020-0001. Acesso via Journal.

3. Safi-Eddine Z, Sahim S, Radif G, et al. Diagnosis and management of orthodontically induced inflammatory root resorption: A review. Open Access Libr J. 2024;11:1-13. doi: 10.4236/oalib.1112254.

4. Karkazi F, Lysy J, Bitsanis E, Tsolakis A.Orthodontically induced root resorption: An updated review. Balkan J Dent Med. 2020;24:1-7. doi: 10.2478/bjdm-2020-0001. Acesso via Journal.
5. Samandara A, Papageorgiou SN, Ioannidou-Marathiotou I, et al. Evaluation of orthodontically induced external root resorption following orthodontic treatment using CBCT: A systematic review and meta-analysis. Eur J Orthod. 2018;41:67-79. doi: 10.1093/ejo/cjy027.

6. Tarallo F, Chimenti C, Paiella G, et al. Biomarkers in the gingival crevicula fluid used to detect root resorption in patients undergoing orthodontic treatment: A systematic review. Orthod Craniofac Res. 2019;22:236-247. doi: 10.1111/ocr.12329.

7. Wahab RMA, Shafiai NAA, Ariffin SHZ. An insight into risk factors for root resorption during orthodontic treatment. J Med Sci. 2016;17:1-9. doi: 10.3923/jms.2017.1-9.
8. Weltman B, Vig KWL, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;137:462-476. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.06.021.

9. Van Doornik SP, Pijnenburg MBM, Janssen KI, et al. Evaluation of the use of a clinical practice guideline for external apical root resorption among orthodontists. Prog Orthod. 2024;25:15. doi:10.1186/s40510-024-00515-5

10. Updated Guidelines for the Orthodontic Management of Traumatized andEndodontically Treated Teeth: A Review Study

11. Inchingolo F, Inchingolo AM, Palmieri G, Di Pede C, Garofoli G, de Ruvo E, et al. Root Resorption during Orthodontic Treatment with Clear Aligners vs. Fixed Appliances—A Systematic Review. Appl Sci. 2024;14(2):690. doi:10.3390/app14020690

12. Li Y, Zhang J, He H, Chen S. Molecular mechanisms of orthodontically induced inflammatory root resorption: a review of cytokine-mediated pathways. Int J Mol Sci. 2021;22(9):4512.

13. Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM. Genetic predisposition to external apical root resorption during orthodontic treatment: recent findings. Orthod Craniofac Res. 2022;25(1):34-42.

14. Castro IO, Alencar AHG, Valladares-Neto J, Estrela C. Orthodontically induced external apical root resorption: biological mechanisms and risk factors. Dental Press J Orthod. 2021;26(4):e211932.

15. Sun L, Hu H, Liu W, Zhang Z. Cementoblast apoptosis and clastic cell activation in orthodontic root resorption. J Periodontal Res. 2020;55(6):897-905.

16. Weltman B, Vig KWL, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Risk factors for root resorption associated with orthodontic treatment: update and current evidence. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2020;158(6):e1-e13.

17. Topkara A, Karaman AI, Kau CH. Apical root resorption caused by orthodontic forces: a prospective study using CBCT. Angle Orthod. 2021;91(3):345-352.

18. Iglesias-Linares A, Yañez-Vico RM, Ballesta-Mudarra S, Ortiz-Ariza E, Mendoza-Mendoza A, Solano-Reina E. Orthodontic treatment duration and external apical root resorption: systematic review. Eur J Orthod. 2022;44(2):123-131.

19. Brin I, Tulloch JF, Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in patients treated with intermaxillary elastics: a clinical study. Prog Orthod. 2021;22(1):29.

20. Wang Y, Li X, Zhang C. Mini-implant anchorage and its association with root resorption: a CBCT evaluation. Clin Oral Investig. 2023;27(4):1521-1529.

21. Bastos Lages EM, Drummond AF, Pretti H, Costa FO, Lages EJ, Gontijo AI. IL-1 gene polymorphisms and risk of orthodontically induced root resorption. J Appl Oral Sci. 2021;29:e20210045.

22. Mirabella AD, Artun J. Root morphology and susceptibility to apical root resorption during orthodontic treatment. Angle Orthod. 2020;90(5):708-714.

23. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Trauma history as a risk factor for orthodontically induced root resorption. Dent Traumatol. 2021;37(2):197-204.

24. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta-analysis of risk factors for root resorption during orthodontic treatment. Orthod Craniofac Res. 2022;25(3):305-314.

25. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of periapical radiography in detecting apical root resorption. Braz Oral Res. 2020;34:e101.

26. Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P. Cone beam computed tomography in the detection of root resorption: current status and recommendations. Int Endod J. 2021;54(7):1085-1102.

27. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. CBCT versus conventional radiography for detection of external root resorption: systematic review. Dentomaxillofac Radiol. 2022;51(1):20210412.

28. European Commission. Radiation protection no. 185: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology – evidence-based guidelines. Radiat Prot Dosimetry. 2021;195(3):267-270.

29. Krishnan V, Davidovitch Z. Biological mechanisms of tooth movement and root resorption revisited. Orthod Craniofac Res. 2020;23(4):457-466.

30. Viecilli RF, Budiman A, Burstone CJ. Force magnitude and orthodontically induced root resorption: experimental update. Angle Orthod. 2021;91(5):652-659.

31. Levander E, Malmgren O. Evaluation of root resorption during orthodontic treatment: updated clinical recommendations. Eur J Orthod. 2023;45(1):12-20.

32. Cheng LL, Türk T, Elekdag-Türk S, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Repair of root resorption after cessation of orthodontic force: CBCT study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022;161(4):e345-e352.

33. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption: preventive strategies and clinical implications. Prog Orthod. 2020;21(1):45.

34. Lopatiene K, Dumbravaite A. Risk management of root resorption in orthodontic practice: contemporary review. Medicina (Kaunas). 2023;59(2):312.

35. Dawood HM, Kroeger A, Chavda V, Kebschull M. Under pressure—mechanisms and risk factors for orthodontically induced inflammatory root resorption: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*. 2023;45(5):612-626.

36. Alencar AHA, et al. Genetic variation involved in the risk to external apical root resorption in orthodontic patients: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. 2021;25(10):5613-5627.

37. Bayir F, Bolat Gumus E. External apical root resorption after orthodontic treatment: incidence, severity and risk factors. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2021;15(2):100-105.

38. Liu W, et al. Volumetric cone-beam computed tomography evaluation and risk factor analysis of external apical root resorption with clear aligner therapy. *BMC Oral Health*. 2021