



## Reabsorção radicular apical externa no tratamento ortodôntico com aparelhos fixos e alinhadores: Revisão Integrativa

External apical root resorption in orthodontic treatment with fixed appliances and aligners: Integrative review

Reabsorción de la raíz apical externa en el tratamiento de ortodoncia con aparatos fijos y alineadores: revisión integrativa

Patricia da Costa Shibayama<sup>1</sup>, Amanda Toyokawa Sperandio<sup>2</sup>, Ana Claudia Baladelli Cimardi<sup>3</sup>, Katia Cristina Toyokawa Sperandio<sup>4</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Realizar por meio de revisão descrição do fenômeno reabsorção radicular apical externa, em incisivos superiores e inferiores, quando tratado com alinhadores e aparelho fixo convencional. **Métodos:** A busca se deu na base de dados Pubmed de estudos clínicos randomizados e controlados, e revisões sistemáticas. Os critérios de inclusão foram desenvolvimento radicular deveria estar completo antes do início do estudo e as medidas deveriam ser realizadas somente nos incisivos inferiores, mas não havia restrições quanto à oclusão, sexo, idade ou duração do tratamento. **Resultados:** De forma geral a prevalência e severidade de reabsorção radicular apical externa no grupo de alinhadores se apresentou menor ou igual do que no grupo de aparelhos fixos, porém mais estudos randomizados avaliando este grupo de dentes são necessários, pois a maioria dos artigos verificados apresentaram baixo nível de evidência, com falhas metodológicas mais comuns relacionadas à ausência de grupo controle, estratégia de randomização inadequada e exames impróprios. **Conclusão/Considerações finais:** Não foram encontradas diferenças significantes de reabsorção radicular apical externa na avaliação entre as duas formas de tratamento.

**Palavras-chave:** Ortodontia, Movimentação dentária, Reabsorção, Alinhadores ortodônticos.

### ABSTRACT

**Objective:** To perform by means of a review a description of the phenomenon of external apical root resorption in upper and lower incisors, when treated with aligners and conventional fixed appliances. **Methods:** Search the Pubmed database of randomized controlled clinical trials, and systematic reviews. Inclusion criteria for root development had to be completed before the start of the study and measurements had to be taken only on the lower incisors, but there were no restrictions on occlusion, sex, age, or duration of treatment. **Results:** In general, the prevalence and severity of external apical root resorption in the group of indicators was less than or equal to that in the group with fixed appliances, but more randomized studies evaluating this group of teeth are necessary, since most of the articles verified during the low level of evidence, with the most common methodological failures related to the lack of group control, academic randomization strategy and inappropriate tests. **Conclusion/Final considerations:** No significant differences in external apical root resorption were found in the evaluation between the two forms of treatment.

**Keywords:** Orthodontics, Tooth Movement, Root Resorption, Clear aligner Treatment.

<sup>1</sup>(Residente em odontologia; Universidade Estadual de Maringá; Avenida Colombo, 5790, Zona 7 – CEP 87020-900 - Maringá/PR; patriciacosta.odo@gmail.com)

<sup>2</sup>(Graduanda em Odontologia; Universidade Estadual de Maringá; Avenida Colombo, 5790, Zona 7 – CEP 87020-900 - Maringá/PR; amandatoyokawa@gmail.com)

<sup>3</sup>(Doutora em odontologia; Unifatecie; Rodovia BR – 376, KM 102, nº 1000- Chácara Jaraguá- CEP 87701-970- Paranavaí/PR; anabaladelli@gmail.com)

<sup>4</sup>(Doutoranda em odontologia; Universidade Estadual de Maringá; Avenida Colombo, 5790, Zona 7 – CEP 87020-900 - Maringá/PR; katoyo@gmail.com)



## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar una revisión de la descripción del medio del fenómeno de reabsorción de raíces apicales externas (SRAE) en incisivos superiores e inferiores, cuando se tratan con alineadores y aparatos fijos convencionales. **Métodos:** Busque en la base de datos Pubmed ensayos controlados aleatorios y revisiones sistemáticas. Los criterios de inclusión fueron que el desarrollo radicular debe completarse antes del inicio del estudio y las mediciones deben realizarse solo en los incisivos inferiores, pero no hubo restricciones de oclusión, sexo, edad o duración del tratamiento. **Resultados:** En general, la prevalencia y gravedad de reabsorción de raíces apicales externas en el grupo de alineadores fue menor o igual que en el grupo de aparatos fijos, pero son necesarios más estudios aleatorizados que evalúen este grupo de dientes, ya que la mayoría de los artículos verificados durante r AM bajo nivel de evidencia, con defectos metodológicos más comunes relacionados con la ausencia de un grupo control, estrategia de asignación al azar y pruebas inadecuadas. **Conclusión/Consideraciones finales:** No se encontraron diferencias significativas en la reabsorción de raíces apicales externas en la evaluación entre las dos formas de tratamiento.

**Palabras clave:** Ortodoncia, Movimiento dental, Reabsorción radicular, Tratamiento de alineadores transparentes.

## INTRODUÇÃO

A perda permanente de tecido do ápice radicular é chamada de reabsorção radicular apical externa (RRAE) é um dos efeitos colaterais mais indesejáveis durante o tratamento ortodôntico (LI; DENG; MEI; LI *et al.*, 2020). No decorrer da movimentação da raiz dentária dentro do alvéolo, a concentração de forças no periodonto, especialmente no terço apical, pode desequilibrar a homeostase local, causando a perda das camadas superficiais das células que protegem a raiz do dente (ALMAGRAMI; ALMASHRAQI; ALMAQRAMI; MOHAMED *et al.*, 2023). Apresenta etiologia atribuída a fatores genéticos (SHERRARD; ROSSOUW; BENSON; CARRILLO *et al.*, 2010; WELTMAN; VIG; FIELDS; SHANKER *et al.*, 2010) e locais, os quais se relacionam diretamente à movimentação ortodôntica, dentre eles: magnitude e direção da força e o tempo de tratamento (SHERRARD; ROSSOUW; BENSON; CARRILLO *et al.*, 2010; WELTMAN; VIG; FIELDS; SHANKER *et al.*, 2010).

A quantidade média de reabsorção radicular em cada dente ântero-superior é menor que 1,5 milímetros (mm) durante o tratamento ortodôntico corretivo (ÅRTUN; VAN'T HULLENAAR; DOPPEL; KUIJPERS-JAGTMAN *et al.*, 2009). Contudo, no estudo de Li *et al.* (2020) a RRAE média foi de 1,12 mm e poucos indivíduos tinham mais de 2,5mm de RRAE e um terço dos pacientes submetidos à mecânica ortodôntica apresentam reabsorção >3mm; enquanto 2 a 5% > 5mm. A RRAE pode ocorrer em quase todos os dentes, mas é mais evidente nos incisivos superiores e inferiores (ISI), com severidade variável (BRIN; TULLOCH; KOROLUK; PHILIPS, 2003; SAMESHIMA; SINCLAIR, 2001).

Do ponto de vista clínico, o acompanhamento radiográfico realizado após os 6 meses iniciais é fundamental para o controle da RRAE ao longo do tratamento. Isso porque a reabsorção pode ser detectada desde os primeiros estágios do nivelamento e, nessa etapa, indica a resposta do paciente à movimentação, o que permite orientar o Ortodontista quanto aos limites individuais de cada paciente (MAKEDONAS; LUND; HANSEN, 2013).



Nos últimos anos, houve um aumento na demanda por tratamentos com alinhadores ortodônticos (AO) (ALMAGRAMI; ALMASHRAQI; ALMAQRAMI; MOHAMED *et al.*, 2023; IGLESIAS-LINARES; SONNENBERG; SOLANO; YANEZ-VICO *et al.*, 2017; LI; DENG; MEI; LI *et al.*, 2020; YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018), uma vez que são mais atrativos aos pacientes por questões estéticas, facilidade de higienização e maior conforto em relação ao aparelho fixo (AF). Com relação à RRAE, alguns estudos (CURRELL; LIAW; GRANT; ESTERMAN *et al.*, 2019; EISSA; CARLYLE; EL-BIALY, 2018; YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018) compararam o desempenho dos AO em relação ao AF, com resultados divergentes. Alguns autores verificaram que pacientes submetidos ao tratamento com AO apresentavam menor quantidade de RRAE em relação àqueles tratados com AF (CURRELL; LIAW; GRANT; ESTERMAN *et al.*, 2019; EISSA; CARLYLE; EL-BIALY, 2018; YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018), enquanto outros observaram quantidades semelhantes (BARBAGALLO; JONES; PETOCZ; DARENDELILER, 2008; IGLESIAS-LINARES; SONNENBERG; SOLANO; YANEZ-VICO *et al.*, 2017) de RRAE nas duas modalidades de tratamento.

Além da divergência de resultados, a maioria dos estudos apresenta limitações, tais como: ausência de grupo controle (AMAN; AZEVEDO; BEDNAR; CHANDIRAMAMI *et al.*, 2018; GAY; RAVERA; CASTROFLORIO; GARINO *et al.*, 2017), delineamento retrospectivo (AMAN; AZEVEDO; BEDNAR; CHANDIRAMAMI *et al.*, 2018; IGLESIAS-LINARES; SONNENBERG; SOLANO; YANEZ-VICO *et al.*, 2017; KRIEGER; DRECHSLER; SCHMIDTMANN; JACOBS *et al.*, 2013; YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018) e resultados baseados em medidas sobre radiografias panorâmicas (GAY; RAVERA; CASTROFLORIO; GARINO *et al.*, 2017; IGLESIAS-LINARES; SONNENBERG; SOLANO; YANEZ-VICO *et al.*, 2017; KRIEGER; DRECHSLER; SCHMIDTMANN; JACOBS *et al.*, 2013; YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018). Assim, até o presente momento não foi determinado se o tratamento com AO difere dos AF no que se refere à quantidade de RRAE.

## MÉTODOS

Foi realizada busca eletrônica no site *Pubmed* com as palavras-chave: *root resorption, fixed appliance, clear aligner*. Os critérios de inclusão foram: publicações dos últimos 5 anos, estudos clínicos randomizados e controlados (ECRCs) e revisões sistemáticas; e também o desenvolvimento radicular deveria estar completo antes do início do estudo, as medidas deveriam ser realizadas somente nos incisivos inferiores e não haver restrições quanto à oclusão, sexo, idade ou duração do tratamento.

## RESULTADOS e DISCUSSÃO

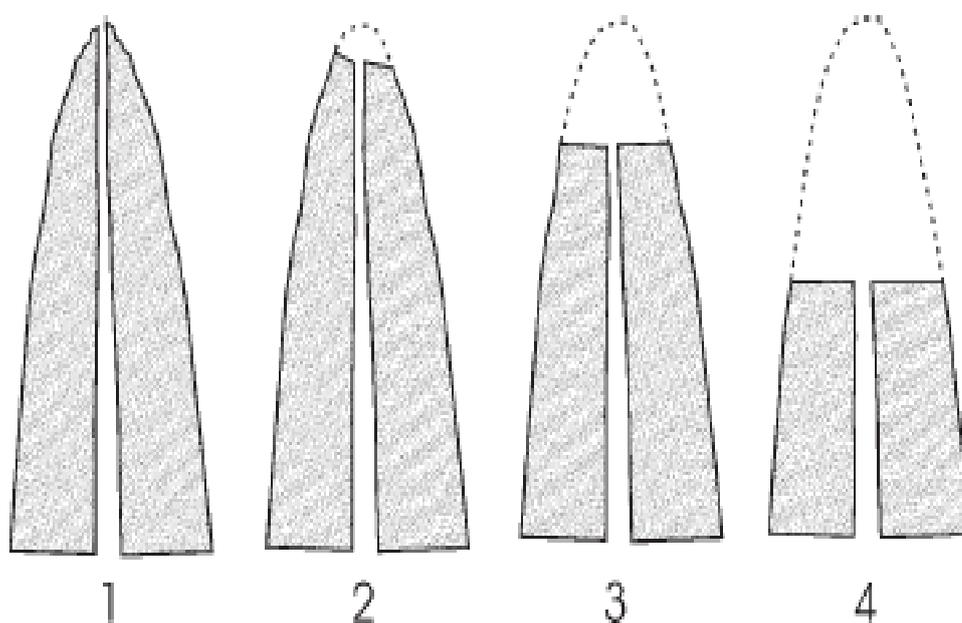
### Reabsorção Radicular Apical Externa (RRAE)

A RRAE é uma condição que pode estar relacionada tanto a processos fisiológicos quanto patológicos, e resulta na perda de dentina, cemento e osso, durante a realização da movimentação ortodôntica, a concentração de forças no periodonto, principalmente no terço apical, pode desequilibrar a



homeostase local e conseqüentemente predispor as raízes dentárias à RRAE (BREZNIAK; WASSERSTEIN, 1993).

De acordo com Levander e Malmgren (1992), as reabsorções associadas à movimentação ortodôntica são divididas em 4 graus, em ordem crescente de severidade: grau 1, contorno irregular; grau 2, reabsorção com redução de menos de 2mm de comprimento radicular; grau 3, reabsorção entre 2mm a um terço de comprimento radicular; grau 4, reabsorção maior que um terço do comprimento original de raiz (Figura 1).



**Figura 1.** Sistema de escores proposto por Levander e Malmgren (1988): 0 – ausência de reabsorção; 1 – reabsorção suave, contorno apical irregular; 2 – reabsorção moderada, pequena perda radicular, com o ápice exibindo um contorno praticamente reto; 3 – reabsorção acentuada, perda de quase 1/3 do comprimento radicular; 4 – reabsorção extrema, com perda de mais de 1/3 do comprimento radicular.

Diversos estudos (ABASS; HARTSFIELD JR, 2007; ÅRTUN; VAN'T HULLENAAR; DOPPEL; KUIJPERS-JAGTMAN *et al.*, 2009; HARTSFIELD; EVERETT; AL-QAWASMI, 2004; SHERRARD; ROSSOUW; BENSON; CARRILLO *et al.*, 2010; WELTMAN; VIG; FIELDS; SHANKER *et al.*, 2010) têm sugerido a etiologia multifatorial desta patologia. Fatores locais relacionados ao tratamento, dentre eles a carga mecânica, a magnitude e a direção da força aplicada sobre os dentes e o tempo de tratamento, são considerados fatores relevantes na susceptibilidade à RRAE. Porém, também parece estar na dependência de fatores genéticos (AL-QAWASMI; HARTSFIELD JR; EVERETT; FLURY *et al.*, 2003; BASTOS LAGES; DRUMMOND; PRETTI; COSTA *et al.*, 2009; HARTSFIELD; EVERETT; AL-QAWASMI, 2004).

A RRAE pode ocorrer em quase todos os dentes, sendo mais evidente nos ISI, variando de acordo com a sua severidade (BRIN; TULLOCH; KOROLUK; PHILIPS, 2003; SAMESHIMA; SINCLAIR, 2001).



Segundo Apajalahti e Peltola (2007) há uma maior predisposição à reabsorção radicular nos incisivos superiores (IS), seguidos dos incisivos inferiores (II).

A manifestação clínica da RRAE, em pacientes tratados ortodonticamente, é bastante variável (AL-QAWASMI; HARTSFIELD JR; EVERETT; FLURY *et al.*, 2003). Sameshina e Sinclair (2001) avaliaram os fatores que poderiam contribuir para a RRAE em pacientes tratados com ortodontia fixa. Pacientes adultos apresentaram maior reabsorção comparados às crianças, indivíduos asiáticos apresentaram menor reabsorção que brancos ou hispânicos e não foi observada diferença entre indivíduos do sexo masculino e feminino.

### Alinhadores Ortodônticos (AO)

Segundo Ghafari (2015), o desenvolvimento da Ortodontia pode ser dividido em três períodos: 1. Modalidade de tratamento, que se resumia à realização da terapia com ou sem extrações dentárias; 2. Desenvolvimento de materiais, com o advento dos acessórios colados, ortodontia lingual e arcos de ligas com memória de forma; 3. Utilização dos AO e ancoragens temporárias. Dessa forma, a AO tem marcado o desenvolvimento ortodôntico nos últimos anos, com crescente demanda por parte dos pacientes, o que demonstra a necessidade do profundo conhecimento acerca destes dispositivos.

O uso de aparelhos termoplásticos para alinhar dentes é antigo; porém, a evolução dos materiais, em função da aplicação dos conceitos de engenharia biomecânica, tornou a terapia com AO um pouco mais previsível, permitindo sua indicação baseada em evidências científicas para algumas condições clínicas (GALAN-LOPEZ; BARCIA-GONZALEZ; PLASENCIA, 2019).

Alguns estudos (CLEMENTS; BOLLEN; HUANG; KING *et al.*, 2003; KRIEGER; SEIFERTH; MARINELLO; JUNG *et al.*, 2012; ROSSINI; PARRINI; CASTROFLORIO; DEREGIBUS *et al.*, 2014) (GALAN-LOPEZ; BARCIA-GONZALEZ; PLASENCIA, 2019) relataram as principais indicações da terapia com AO. Com relação ao alinhamento e nivelamento, Rossini *et al.*, (2014) demonstraram que os AO são mais eficazes no tratamento de pacientes com apinhamento suave a moderado (1 a 6 mm). Krieger *et al.*, (2012) avaliaram modelos pré e pós-tratamento com AO, por meio do índice de irregularidade de Little e, também verificaram a correção do apinhamento anterior. Elhaddaoui *et al.*, (2017), em uma revisão sistemática, destacaram que as indicações para tratamento com AO são restritas às más oclusões de Classe I de Angle, com apinhamento suave na região anterior, sem necessidade de extrações.

Ainda com relação à eficiência do tratamento com AO, Clements *et al.*, (2003) observaram que esta terapêutica foi altamente eficiente na correção do alinhamento anterior, das relações transversais e do *overbite*; pouco eficiente na correção dos torques e moderadamente eficiente na correção da linha média e do *overjet*. Segundo os autores, os ISI mostraram uma porcentagem significativamente maior de fechamento do espaço em relação aos pré-molares, mas não houve diferença na quantidade total. Ao contrário do tratamento com aparelhos fixos, o tratamento com AO pareceu não comprometer a saúde periodontal. Kassas *et al.*, (2013) observaram que os AO, quando utilizados no tratamento de más oclusões suaves a moderadas,



foram eficientes na correção do alinhamento dentário e da inclinação vestibulo-lingual; no entanto, apresentaram efeito negativo nos contatos oclusais posteriores e nas relações oclusais.

Nesse contexto, os casos de mordidas cruzadas dentárias podem ser tratados de forma efetiva, pois os AO promovem uma desocclusão dos dentes, o que facilita em muitos casos a correção (BOYD; OH; FALLAH; VLASKALIC, 2006). Contudo, mordidas cruzadas de origem esquelética ainda requerem técnicas de ortopedia ou tratamento cirúrgico combinado. Com relação ao tratamento da mordida aberta anterior, observou-se que a espessura dos AO associada à força de mordida do paciente permitem uma eficiente intrusão dos dentes posteriores, contribuindo para o fechamento da mordida quando esse tipo de mecânica for favorável (BOYD, 2007). Por outro lado, nos casos em que seja necessária a extrusão dos dentes anteriores, observa-se maior dificuldade, uma vez que a extrusão tem sido observada como o movimento de maior dificuldade a ser obtido na mecânica AO.

No que se refere à correção das más oclusões com comprometimento anteroposterior severo, Djeu et al., (2005) verificou pontuações muito baixas usando a classificação do *American Board of Orthodontics* (OGS) quando comparou os resultados do sistema *Invisalign*<sup>®</sup> àqueles obtidos para os aparelhos convencionais.

Em revisão sistemática realizada por Galan-Lopez et al. (2019), os autores verificaram a capacidade dos alinhadores *Invisalign*<sup>®</sup> de aumentar a distância inter caninos e inter molares, com melhora do apinhamento em até 6mm. Em apinhamentos mais severos, os ISI tendem a inclinar e protruir. Também são considerados difíceis os movimentos verticais e de torque. Ainda, os autores verificaram que a expressão do movimento programado não é totalmente realizada com os alinhadores e que se observa melhor controle radicular nos tratamentos com AF.

### **Métodos para medição da Reabsorção Radicular Apical Externa**

Alguns autores (GAY; RAVERA; CASTROFLORIO; GARINO *et al.*, 2017; IGLESIAS-LINARES; SONNENBERG; SOLANO; YANEZ-VICO *et al.*, 2017; YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018) compararam a magnitude de RRAE entre o tratamento com AO e AF por meio de radiografias panorâmicas. Yi et al., (2018), em um estudo retrospectivo realizado por meio de medições em radiografias panorâmicas comparando AF e AO, verificaram que a RRAE nos pacientes com AO foi significativamente menor que para os pacientes com AF. Gay et al., (2017) realizaram um estudo prospectivo com pacientes tratados exclusivamente com AO. Os autores verificaram que a incidência de RRAE foi semelhante àquela descrita para o AF com forças suaves, com média de reabsorção radicular menor que 10% do tamanho original das raízes, semelhante aos resultados observados por Iglesias-Linares et al., (2017). Embora a radiografia panorâmica tenha sido empregada em estudos anteriores comparando outras técnicas ortodônticas com o mesmo objetivo, o uso desse método pode resultar em superestimação dos resultados em até 20% em comparação à RP (SAMESHIMA; SINCLAIR, 2001), que teria um impacto significativo nos resultados.



A radiografia periapical (RP) é o exame mais amplamente utilizado para a detecção de RRAE, devido à conveniência de realizar esta técnica nos consultórios odontológicos por meio de equipamentos compactos, geralmente mais acessíveis que outras formas de diagnóstico por imagem (GEGLER; FONTANELLA, 2008). A confiabilidade da técnica do paralelismo foi comprovada em estudos anteriores, como o de Gegler e Fontanella (2008), que usavam dentes inseridos em blocos de resina e variavam suas inclinações em até 20°. Seus resultados mostraram que esse posicionamento foi eficiente na manutenção do comprimento dos dentes na imagem radiográfica usando as diferentes inclinações simuladas. Contudo, à luz do nosso conhecimento, não existem estudos clínicos randomizados prévios que tenham realizado comparado magnitude de RRAE entre AF e AO, por meio de RP.

Outro método confiável para avaliação da RRAE é a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC)(YI; XIAO; LI; LI *et al.*, 2018), mas essa modalidade é mais cara e implica mais exposição à radiação (SILVA; WOLF; HEINICKE; BUMANN *et al.*, 2008). Como a eficácia diagnóstica das RPs é aceitável, estudos anteriores sugeriram que pacientes com quadro clínico suspeito de RRAE devem ser avaliados inicialmente usando RP. Nesta análise, a RRAE foi dicotomizada em 0-2mm ou > 2mm. Essa abordagem foi adotada devido à dificuldade de quantificar com precisão a reabsorção radicular < 2 mm (LINGE; LINGE, 1983) e a expectativa de arredondamento apical ao término do tratamento ortodôntico (KUROL; OWMAN-MOLL; LUNDGREN, 1996).

### **Reabsorção Radicular Apical Externa e Alinhadores Ortodônticos**

A severidade da RRAE em tratamentos utilizando AO somente ou comparados ao tratamento com AF foi verificada por Elhaddaoui *et al.*, (2017), em uma revisão sistemática. Neste estudo, 3 trabalhos foram selecionados, os autores concluíram que nos tratamentos ortodônticos sem extração dentária, a incidência e a severidade da RRAE são menores nos casos tratados com AO em comparação aos aparelhos fixos convencionais. Contudo, considerando a pequena quantidade de referências disponíveis e as diferenças técnicas entre os aparelhos (indicações, necessidade de extração, duração do tratamento, tipo e intensidade de forças), essas conclusões ainda são limitadas. Os autores sugeriram que os movimentos ortodônticos gerados pelos AO são mais direcionados às inclinações dentárias e, portanto, a um menor deslocamento apical (AL-QAWASMI; HARTSFIELD JR; EVERETT; FLURY *et al.*, 2003; SAMESHIMA; SINCLAIR, 2001). Alguns movimentos como torque e intrusão são muito frequentes em tratamentos de aparelhos fixos, o que produz uma pressão mais significativa na região apical, aumentando assim o risco de reabsorção radicular (SAMESHIMA; SINCLAIR, 2001).

Em outra revisão sistemática relacionando RRAE à AO, Aldeeri *et al.*, (2018) selecionaram apenas 2 estudos, e concluíram que AO e AF com forças suaves produzem o mesmo risco de desenvolver RRAE. Contudo, quando são inseridas forças intensas nos aparelhos fixos, estes produzem maior risco de desenvolver a RRAE. No entanto, somente um RCT atendeu a esta revisão sistemática e, segundo os autores, são necessárias outras fontes para embasar estas conclusões.



A revisão sistemática de Currell et al. (2019) observou a associação entre o movimento ortodôntico e a RRAE em ensaios clínicos randomizados (RCTs) conduzidos com o uso de AF e/ou AO. Segundo os critérios estabelecidos pelos autores, 25 artigos foram incluídos, sendo apenas 1 com AO. A maioria dos artigos verificados durante o estudo apresentavam baixo nível de evidência, com falhas metodológicas mais comuns relacionadas à ausência de grupo controle, estratégia de randomização inadequada e exames impróprios.

Dentre os estudos relacionados nas revisões sistemáticas citadas, destacam-se os descritos a seguir. Krieger et al. (2013), em um estudo retrospectivo realizado a partir de radiografias panorâmicas de 100 pacientes com má oclusão de Classe I e apinhamento anterior, tratados exclusivamente com AO (*Invisalign®*, *Align Technologies*, Santa Clara, CA, USA), 1.600 dentes foram avaliados no início e ao final do tratamento. Os autores observaram que 46% dos dentes apresentaram RRAE, sendo 27,75% suave, 11,49% moderada e 6,3% severa. Barbagallo et al. (2008), em um RCT com desenho “boca-dividida”, avaliou a quantidade de RRAE em pré-molares, por meio de micro-CT. Neste estudo, os dentes eram submetidos a força ortodôntica por 2 meses e extraídos em sequência para avaliação. Os autores supracitados assim como o Estudo clínico randomizado (TOYOKAWA-SPERANDIO; CONTI; FERNANDES; ALMEIDA-PEDRIN *et al.*, 2021) observaram que os AO promoveram quantidade semelhante de RRAE ao AF com forças suaves porém a maioria dos artigos verificados durante o estudo apresentavam baixo nível de evidência, com falhas metodológicas mais comuns relacionadas à ausência de grupo controle, estratégia de randomização inadequada e exames impróprios.

## CONCLUSÃO

Os alinhadores ortodônticos promoveram quantidade semelhante de reabsorção radicular apical externa ao aparelho fixo com forças suaves; enquanto o aparelho fixo com forças intensas apresentou maior quantidade de reabsorção radicular apical externa.

---

## REFERÊNCIAS

ABASS, S. K.; HARTSFIELD JR, J. K., 2007, **Orthodontics and external apical root resorption**. Elsevier. 246-256.

AL-QAWASMI, R. A.; HARTSFIELD JR, J. K.; EVERETT, E. T.; FLURY, L. *et al.* Genetic predisposition to external apical root resorption. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 123, n. 3, p. 242-252, 2003.

ALDEERI, A.; ALHAMMAD, L.; ALDUHAM, A.; GHASSAN, W. *et al.* Association of Orthodontic Clear Aligners with Root Resorption Using Three-dimension Measurements: A Systematic Review. **The journal of contemporary dental practice**, 19, n. 12, p. 1558-1564, 2018.

ALMAGRAMI, I.; ALMASHRAQI, A. A.; ALMAQRAMI, B. S.; MOHAMED, A. S. *et al.* A quantitative three-dimensional comparative study of alveolar bone changes and apical root resorption between clear aligners and fixed orthodontic appliances. **Prog Orthod**, 24, n. 1, p. 6, Feb 27 2023.

AMAN, C.; AZEVEDO, B.; BEDNAR, E.; CHANDIRAMAMI, S. *et al.* Apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners: A retrospective study using cone-beam computed tomography. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 153, n. 6, p. 842-851, 2018.

APAJALAHTI, S.; PELTOLA, J. S. Apical root resorption after orthodontic treatment -- a retrospective study. **Eur J Orthod**, 29, n. 4, p. 408-412, Aug 2007.

ÁRTUN, J.; VAN'T HULLENAAR, R.; DOPPEL, D.; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. J. A. J. o. O. *et al.* Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. 135, n. 4, p. 448-455, 2009.

BARBAGALLO, L. J.; JONES, A. S.; PETOCZ, P.; DARENDELILER, M. A. Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 133, n. 2, p. 218-227, 2008.

BASTOS LAGES, E. M.; DRUMMOND, A. F.; PRETTI, H.; COSTA, F. O. *et al.* Association of functional gene polymorphism IL-1beta in patients with external apical root resorption. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 136, n. 4, p. 542-546, Oct 2009.

BOYD, R. L. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. **Journal of clinical orthodontics: JCO**, 41, n. 9, p. 525-547; quiz 523, 2007.

BOYD, R. L.; OH, H.; FALLAH, M.; VLASKALIC, V. An update on present and future considerations of aligners. **Journal of the California Dental Association**, 34, n. 10, p. 793-805, 2006.

BREZNIAK, N.; WASSERSTEIN, A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 103, n. 2, p. 138-146, Feb 1993.

BRIN, I.; TULLOCH, J. F.; KOROLUK, L.; PHILIPS, C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2-phase treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 124, n. 2, p. 151-156, Aug 2003.

CLEMENTS, K. M.; BOLLEN, A.-M.; HUANG, G.; KING, G. *et al.* Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: dental improvements. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 124, n. 5, p. 502-508, 2003.

CURRELL, S. D.; LIAW, A.; GRANT, P. D. B.; ESTERMAN, A. *et al.* Orthodontic mechanotherapies and their influence on external root resorption: A systematic review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 155, n. 3, p. 313-329, 2019.

DJEU, G.; SHELTON, C.; MAGANZINI, A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. **American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics**, 128, n. 3, p. 292-298, 2005.

EISSA, O.; CARLYLE, T.; EL-BIALY, T. Evaluation of root length following treatment with clear aligners and two different fixed orthodontic appliances. A pilot study. **Journal of orthodontic science**, 7, 2018.

ELHADDAOUI, R.; QORAICH, H. S.; BAHJE, L.; ZAOU, F. Orthodontic aligners and root resorption: A systematic review. **International orthodontics**, 15, n. 1, p. 1-12, 2017.

GALAN-LOPEZ, L.; BARCIA-GONZALEZ, J.; PLASENCIA, E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign(R). **Korean J Orthod**, 49, n. 3, p. 140-149, May 2019.

GAY, G.; RAVERA, S.; CASTROFLORIO, T.; GARINO, F. *et al.* Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign®: a radiometric study. **Progress in orthodontics**, 18, n. 1, p. 12, 2017.

GEGLER, A.; FONTANELLA, V. In vitro evaluation of a method for obtaining periapical radiographs for diagnosis of external apical root resorption. **Eur J Orthod**, 30, n. 3, p. 315-319, Jun 2008.

GHAFFARI, J. G. Centennial inventory: the changing face of orthodontics. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 148, n. 5, p. 732-739, 2015.

HARTSFIELD, J. K., Jr.; EVERETT, E. T.; AL-QAWASMI, R. A. Genetic Factors in External Apical Root Resorption and Orthodontic Treatment. **Crit Rev Oral Biol Med**, 15, n. 2, p. 115-122, Jan 1 2004.

IGLESIAS-LINARES, A.; SONNENBERG, B.; SOLANO, B.; YANEZ-VICO, R. M. *et al.* Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. **Angle Orthod**, 87, n. 1, p. 3-10, Jan 2017.

KASSAS, W.; AL-JEWAIR, T.; PRESTON, C. B.; TABBAA, S. Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System. **Journal of the World Federation of Orthodontists**, 2, n. 2, p. e61-e64, 2013.

KRIEGER, E.; DRECHSLER, T.; SCHMIDTMANN, I.; JACOBS, C. *et al.* Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. **Head & face medicine**, 9, n. 1, p. 21, 2013.

KRIEGER, E.; SEIFERTH, J.; MARINELLO, I.; JUNG, B. A. *et al.* Invisalign® treatment in the anterior region. **Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie**, 73, n. 5, p. 365-376, 2012.

KUROL, J.; OWMAN-MOLL, P.; LUNDGREN, D. Time-related root resorption after application of a controlled continuous orthodontic force. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 110, n. 3, p. 303-310, Sep 1996.

LEVANDER, E.; MALMGREN, O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. **The European Journal of Orthodontics**, 10, n. 1, p. 30-38, 1988.

LI, Y.; DENG, S.; MEI, L.; LI, Z. *et al.* Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. **Prog Orthod**, 21, n. 1, p. 1, Jan 6 2020.

LINGE, B. O.; LINGE, L. Apical root resorption in upper anterior teeth. **Eur J Orthod**, 5, n. 3, p. 173-183, Aug 1983.

MAKEDONAS, D.; LUND, H.; HANSEN, K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months and at the end of orthodontic treatment with fixed appliances. **Angle Orthod**, 83, n. 3, p. 389-393, May 2013.

ROSSINI, G.; PARRINI, S.; CASTROFLORIO, T.; DEREGIBUS, A. *et al.* Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. **The Angle Orthodontist**, 85, n. 5, p. 881-889, 2014.

SAMESHIMA, G. T.; SINCLAIR, P. M. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 119, n. 5, p. 505-510, 2001.

SHERRARD, J. F.; ROSSOUW, P. E.; BENSON, B. W.; CARRILLO, R. *et al.* Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, 137, n. 4, p. S100-S108, 2010.

SILVA, M. A.; WOLF, U.; HEINICKE, F.; BUMANN, A. *et al.* Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 133, n. 5, p. 640 e641-645, May 2008.



TOYOKAWA-SPERANDIO, K. C.; CONTI, A.; FERNANDES, T. M. F.; ALMEIDA-PEDRIN, R. R. *et al.* External apical root resorption 6 months after initiation of orthodontic treatment: A randomized clinical trial comparing fixed appliances and orthodontic aligners. **Korean J Orthod**, 51, n. 5, p. 329-336, Sep 25 2021.

WELTMAN, B.; VIG, K. W.; FIELDS, H. W.; SHANKER, S. *et al.* Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, 137, n. 4, p. 462-476; discussion 412A, Apr 2010.

YI, J.; XIAO, J.; LI, Y.; LI, X. *et al.* External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment. **Journal of Dental Sciences**, 13, n. 1, p. 48-53, 2018.