

Comparação entre a reabsorção radicular entre aparelho fixo convencional e os alinhadores ortodônticos: uma revisão de literatura

Comparison between root resorption in conventional fixed appliances and orthodontic aligners: a literature review

Comparación de la reabsorción radicular entre el aparato fijo convencional y los alineadores ortodónticos: una revisión de literatura

Leonardo Mottes 

Weber Adriano Nogueira 

Endereço para correspondência:

Leonardo Mottes
Rua XV de Novembro, 2639
São Jorge
89900-000 - São Miguel do Oeste - Santa Catarina - Brasil
E-mail: mottes50@gmail.com

RECEBIDO: 20.06.2024

MODIFICADO: 24.06.2024

ACEITO: 30.07.2024

RESUMO

Nos últimos anos, os dispositivos digitais se tornaram uma ferramenta indispensável em todas as áreas, principalmente na medicina e odontologia. Consequentemente houve um aumento significativo na procura por tratamentos com alinhadores estéticos, especialmente entre os pacientes adultos em busca de uma alternativa mais estética ao aparelho fixo convencional, além de facilidade de higienização e proporcionar maior conforto. Devido ao aumento do uso dos alinhadores, também surge a preocupação em relação aos seus efeitos adversos, como a reabsorção radicular. De maneira geral, a gravidade da reabsorção radicular está associada à susceptibilidade individual, anatomia dentária e ao tipo de movimentação ortodôntica. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura sobre a história dos alinhadores estéticos, suas vantagens, e relacionar a taxa reabsorção radicular dos alinhadores estéticos em comparação ao aparelho fixo convencional. Podemos concluir que a reabsorção não depende de um único e específico fator, sendo vários agentes etiológicos para o desenvolvimento deste tipo de complicação, e pode estar presente em todos os tipos de aparelhos ortodônticos utilizados atualmente. Vale ressaltar que o ortodontista deve estar sempre atento, independentemente do tipo de técnica, e preferencialmente realizar sempre um acompanhamento radiográfico durante o tratamento, e não só ao final do, a fim de diagnosticar precocemente este tipo de alteração.

PALAVRAS-CHAVE: Ortodontia. Aparelhos ortodônticos fixos. Odontologia.

ABSTRACT

In recent years, digital devices have become an indispensable tool in all areas, especially in medicine and dentistry. Consequently, there has been a significant increase in demand for treatments with aesthetic aligners, especially among adult patients seeking a more aesthetic alternative to conventional fixed braces, as well as ease of hygiene and greater comfort. Due to the increased use of aligners, there is also concern regarding their adverse effects, such as root resorption. Generally, the severity of root resorption is associated with individual susceptibility, dental anatomy, and the type of orthodontic movement. The aim of this study is to conduct a literature review on the history of aesthetic aligners, their advantages, and to correlate the rate of root resorption of aesthetic aligners compared to conventional fixed braces. We can conclude that resorption does not depend on a single specific factor, with several etiological agents contributing to the development of this type of complication, and it may be present in all types of orthodontic appliances currently used. It is worth noting that the orthodontist should always be vigilant, regardless of the technique used, and preferably perform radiographic monitoring during treatment, not only at the end of it, in order to diagnose this type of alteration early.

KEYWORDS: Orthodontics. Orthodontic appliances, fixed. Dentistry.

RESUMEN

En los últimos años, los dispositivos digitales se han vuelto una herramienta indispensable en todas las áreas, especialmente en medicina y odontología. Como resultado, ha habido un aumento significativo en la demanda de tratamientos con alineadores estéticos, especialmente entre los pacientes adultos en busca de una alternativa más estética al aparato fijo convencional, además de la facilidad de higienización y la mayor comodidad que ofrecen. El incremento en el uso de alineadores también ha generado preocupación respecto a sus efectos adversos, como la reabsorción radicular. En términos generales, la gravedad de la reabsorción radicular está asociada con la susceptibilidad individual, la anatomía dental y el tipo de movimiento ortodóntico. El objetivo de este estudio es llevar a cabo una revisión de literatura sobre la historia de los alineadores estéticos, sus ventajas, y establecer una relación entre la tasa de reabsorción radicular de los alineadores estéticos y el aparato fijo convencional. Se puede concluir que la reabsorción no depende de un único y específico factor, sino que varios agentes etiológicos contribuyen al desarrollo de este tipo de complicación, y puede estar presente en todos los tipos de aparatos ortodónticos utilizados en la actualidad. Es importante destacar que el ortodontista debe estar siempre atento, independientemente del tipo de técnica utilizada, y preferiblemente realizar un seguimiento radiográfico durante el tratamiento, no solo al final del mismo, con el fin de diagnosticar precozmente este tipo de alteración.

PALABRAS CLAVE: Ortodoncia. Aparatos ortodónticos fijos. Odontología.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os dispositivos digitais se tornaram uma ferramenta indispensável em todas as áreas, principalmente na Medicina e na Odontologia¹. Conseqüentemente houve um aumento significativo na procura por tratamentos com alinhadores estéticos, especialmente entre os pacientes adultos em busca de uma alternativa mais estética ao aparelho fixo convencional, além de facilidade de higienização e proporcionar maior conforto²⁻⁴.

Os alinhadores que antigamente eram indicados para casos leves apenas, nos dias atuais se mostram eficientes para em casos de maior complexidade⁵. Podendo ser empregados inclusive no preparo no preparo ortocirúrgico quanto na ortodontia pós-cirurgia ortognática, para casos específicos, onde os alinhadores estéticos demonstram ótimos resultados, promovendo o aprimoramento estético e funcional da face e da oclusão, aumentando a saúde periodontal e reduzindo o tempo de tratamento⁶.

Devido ao aumento do uso dos alinhadores, também surge a preocupação em relação aos seus efeitos adversos, como a reabsorção radicular. De maneira geral, a gravidade da reabsorção radicular está associada à susceptibilidade individual, anatomia dentária e ao tipo de movimentação ortodôntica⁷.

A reabsorção radicular apical consiste na perda permanente de tecido na região apical de um dente, sendo uma ocorrência inevitável em pacientes submetidos a tratamento com aparelhos fixos ou alinhadores, embora geralmente não seja clinicamente relevante⁸. A reabsorção radicular grave é incomum, com incidência entre 1% e 5%, porém pode chegar até a perda de mais de 25% da raiz⁹. A reabsorção grave, mesmo que em baixa porcentagem, pode ser observada durante tratamento ortodôntico com Invisalign®, principalmente nos pré-molares superiores esquerdos, incisivos laterais superiores esquerdos, laterais inferiores direitos e incisivos centrais¹⁰.

O objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura sobre a história dos alinhadores estéticos, suas vantagens e desvantagens e relacionar a taxa reabsorção radicular dos alinhadores estéticos em comparação ao aparelho fixo convencional.

REVISÃO DE LITERATURA

Contexto Histórico

Atualmente o uso dos aparelhos denominados de alinhadores estéticos ou invisíveis se tornou muito comum, e de forma mais acessível. Porém o conceito de alinhadores não é novo. O primeiro dispositivo desenvolvido com conceito parecido com os alinhadores que são utilizados hoje, foi idealizado por Kesling em 1945, com o nome de aparelho de posicionamento dentário, que era usado como um dispositivo de refinamento oclusal, que não utilizava arcos, nem bandas para realizar a movimentação dental. Porém devido ao seu alto custo de realização, e tempo maior de trabalho, acabou não sendo muito utilizado e caiu em esquecimento¹¹.

Nas décadas seguintes, outros autores publicaram estudos introduzindo aparelhos que uniam as características dos posicionadores dentais introduzidos por Kesling, com os efeitos dos aparelhos ortopédicos funcionais. Bergersen em 1984 desenvolveu guias de erupção pré-fabricados, que não precisavam de tantas horas de trabalho por parte do ortodontista, facilitando a utilização¹². No mesmo período, McNamara, publicou um estudo sobre aparelhos invisíveis, que possuíam um propósito maior de servir como contenção pós tratamento convencional¹³.

Somente em 1997 surgiu a empresa pioneira em fabricação de alinhadores ortodônticos, que oferecia uma alternativa ao tratamento ortodôntico fixo convencional, utilizando do início ao fim o uso de placas plásticas transparentes, e que prescindiam de dispositivos metálicos, a Align Technology (San Jose, Califórnia, EUA), alinhador Invisalign[®].

No ano de 2000, foi desenvolvido o sistema chamado de bolha-abaulamento, um protocolo de tratamento, onde se utiliza um sistema de alicates que, ao ser aquecidos a uma determinada temperatura poderiam provocar abaulamentos nas placas alinhadoras, exercendo uma força sobre os dentes, causando a movimentação dental¹⁴.

Atualmente diversas empresas no Brasil e no mundo desenvolvem seus alinhadores ortodônticos. Os alinhadores estéticos são moldeiras sequenciais removíveis, confeccionadas sobre medida para cada paciente. O aparelho Invisalign® foi pioneiro na utilização da tecnologia tridimensional, envolvendo

uso de computadores com softwares especializados em reproduzir imagens tridimensionais das variações oclusais. Assim em cada uma das etapas são confeccionados modelos estereolitográficos que são fidedignamente adaptados sobre as coroas dentárias do paciente¹⁵.

Vantagens dos Alinhadores Ortodônticos

O uso de aparelhos alinhadores estéticos se tornaram cada vez mais populares entre os pacientes adultos, principalmente os que já passaram por tratamento ortodôntico convencional, ou que necessitam de retratamento, e que não querem mais utilizar os aparelhos fixos convencionais, optando pelos tratamentos ortodônticos estéticos, denominados também de invisíveis, devido à sua discríção, menor tempo de cadeira, e facilidade de higienização^{6,16}.

O emprego de dispositivos termoplásticos para o alinhamento dental não é recente, contudo, os avanços nos materiais plásticos utilizados foram impulsionados pela aplicação dos princípios da engenharia biomecânica, e com isso têm tornado o tratamento com alinhadores ortodônticos mais previsível¹⁷.

O dispositivo Invisalign®, demonstra efetividade no tratamento de sobremordidas leves e moderadas, nas mordidas cruzadas anteriores e na correção de apinhamentos, extração de incisivo inferior e na distalização de molares^{14,18}. Porém, em apinhamentos mais severos, os os alinhadores Invisalign® tendem a inclinar e protruir. Movimentos verticais e de torque, ainda são considerados difíceis de serem realizados em alinhadores, e a aparatologia fixa possui um maior controle sobre as raízes dentais, durante os tratamentos ortodônticos¹⁷.

Concluiu-se em seu estudo que os alinhadores ortodônticos são efetivos para casos de leve a moderada complexidade, sendo necessário mais estudos para comparar a efetividade desta modalidade de tratamento, devido a rápida evolução tecnológica¹⁹.

Reabsorção Radicular Associada ao Tratamento Ortodôntico

Com o aumento do uso dos alinhadores, surge também a preocupação em relação a reabsorção radicular. A reabsorção óssea alveolar é fundamental para a movimentação ortodôntica, onde a aplicação de força nos dentes através de aparelhos fixos

ou removíveis desencadeia um processo celular inflamatório sequencial²⁰.

A reabsorção radicular externa é um fenômeno patológico desencadeado por estímulos mecânicos e químicos. Esses estímulos abrangem uma ampla gama, que vai desde traumas e infecções até a aplicação de pressão e força ortodôntica para promover o movimento dos dentes²¹. Todos os dentes permanentes exibem, em nível microscópico, algum grau de reabsorção radicular. Esta mudança natural não possui relevância clínica e não pode ser identificada por radiografias. No entanto, existem fatores biológicos e mecânicos que podem promover uma reabsorção mais severa na superfície radicular, sendo visível radiograficamente²². Os fatores podem incluir a anatomia da raiz, sendo que raízes com dilaceração apical, raízes curtas, raízes rombas, raízes com curvatura apical, e raízes com formato de pipeta podem estar mais susceptíveis a reabsorção, além disso o tratamento com torque acentuado e molas de verticalização, e uso de elástico de Classe II, e arcos retangulares por longos períodos e até mesmo trauma prévio a movimentação ortodôntica pode estar associada ao aumento da reabsorção²³.

A reabsorção radicular apical, pode ser classificada quanto a sua severidade, em relação a movimentação dental induzida, podendo variar de reabsorção mínima (contorno apical irregular), reabsorção moderada (menor ou igual a 2 mm) reabsorção severa (maior que 2 mm, até 1/3 da raiz) e reabsorção extrema (maior que 1/3 da raiz) (Tabela 1)²³.

Tabela 1 - Sistema de escores proposto por Levander e Malmgren comparando os quatro níveis de reabsorção radicular²³.

TIPO	SEVERIDADE	ASPECTO
1	Contorno apical irregular	Reabsorção mínima
2	Reabsorção moderada	Menor ou igual a 2 mm
3	Reabsorção severa	Maior que 2 mm, até 1/3 da raiz
4	Reabsorção extrema	Maior que 1/3 da raiz

Os movimentos que apresentam maior risco de reabsorção são os intrusivos e de retração, sendo o de intrusão capaz de gerar até quatro vezes mais reabsorção em comparação ao extrusivo, raízes com ápices muito finos também estão sujeitas a maior severidade de reabsorção²⁴.

Em uma revisão sistemática da literatura com

meta-análise, sobre os fatores de reabsorção radicular associados ao tratamento ortodôntico com aparelhos fixos, pode concluir que a reabsorção radicular em aparelhos fixos convencionais e autoligados é semelhante, independente da técnica utilizada⁸.

Por outro lado, em outra revisão sistemática com meta-análise sobre a comparação da reabsorção radicular apical externa com alinhadores transparentes e aparelhos pré-ajustados em casos sem extrações, pode concluir que os níveis de reabsorção em incisivos superiores são clinicamente iguais entre o uso de alinhadores e de aparelhos fixos, além disso radiografias bidimensionais mostraram-se não tão efetivas para comparação da reabsorção, em relação a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), que evidenciou menos reabsorção em comparação ao mesmo dente analisado radiograficamente²⁵.

Em um estudo sobre reabsorção radicular, avaliou-se 71 pacientes Classe I por meio de radiografias panorâmicas, antes e após o tratamento ortodôntico com aparelho Invisalign®, e demonstrou que, 41,81% dos 1.083 dentes medidos apresentaram sinais de reabsorção radicular apical, mas apenas 3,69% uma redução de mais de 20% do comprimento radicular pré-tratamento e que a reabsorção grave afetou ocorreu principalmente nos pré-molares superiores esquerdos, incisivos laterais superiores esquerdos, laterais inferiores direitos e incisivos centrais¹⁰.

A reabsorção radicular severa após tratamento ortodôntico com a técnica dos alinhadores da marca Invisalign®, foi relatada em uma paciente do sexo feminino de 57 anos de idade, com tratamento total de 24 meses, onde foi possível observar após o final do tratamento com as radiografias periapicais e panorâmica finais, o encurtamento da raiz dos incisivos superiores com reabsorção apical severa do incisivo central superior esquerdo (Figura 1)²⁰.

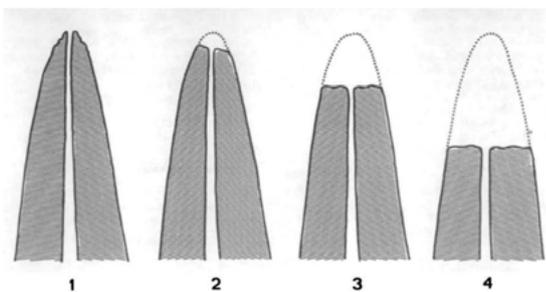


Figura 1 - 1) reabsorção mínima, 2) reabsorção moderada, 3) reabsorção severa, 4) reabsorção extrema²³.

Movimentos mais complexos e proximidade com estruturas anatômicas também são fonte de preocupação tratamento com alinhadores ortodônticos. Em um estudo analisando a reabsorção com TCFC de 19 pacientes (61 molares superiores), durante o movimento de distalização com uso de alinhadores Invisalign®, demonstrou que a proximidade do seio maxilar não tem correlação significativa com a reabsorção da raiz do molar superior durante a distalização do molar usando alinhadores ortodônticos, e que a reabsorção neste tipo de movimento, não foi clinicamente significativa²⁶.

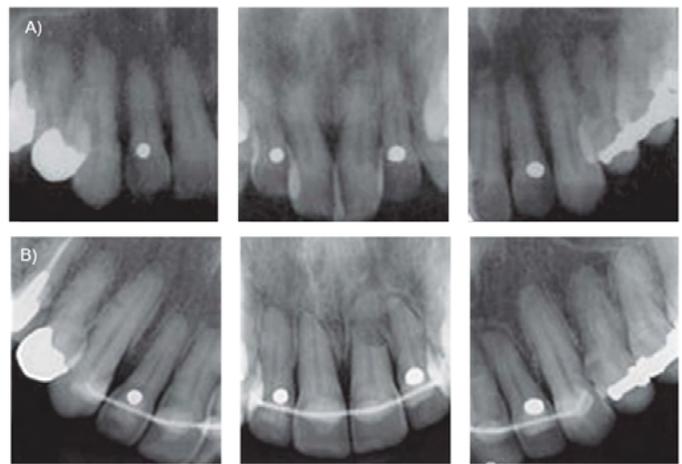


Figura 2 - Relato de caso onde houve reabsorção severa após o uso de alinhadores ortodônticos. Em A) é possível observar as raízes antes do início do tratamento, e em B) após o término do caso, evidenciando a reabsorção severa²⁰.

DISCUSSÃO

O crescimento significativo e contínuo do uso de alinhadores ortodônticos é evidente, demonstrando uma evolução marcante. As vantagens que oferece em comparação com a ortodontia fixa são extremamente atrativas, conquistando cada vez mais a atenção dos pacientes que precisam de tratamento ortodôntico. A facilidade de higiene, estética, discrição, menor tempo de atendimento clínico e menor índice de problemas periodontias é um fator significativo na escolha por este tipo de técnica. Apesar de suas vantagens serem

altamente atrativas, a maioria das pesquisas aponta que os alinhadores são eficazes apenas em casos de complexidade leve a moderada^{17,19,25}.

Por outro lado, o uso de alinhadores ortodônticos pode também ser utilizado em casos de maior complexidade, principalmente associado a outras técnicas, como uso ancoragem esquelética com mini implantes e botões colados aos dentes para o uso de elásticos intermaxilares. Em um estudo que o uso de dispositivos intermaxilares durante o tratamento com alinhadores foi satisfatório no tratamento de Classe II. Este tipo de movimentação mais complexa não está diretamente relacionado com reabsorção, sendo que a distalização não foi clinicamente significativa neste tipo de movimento²⁷.

Dentes analisados radiograficamente por meio de radiografias panorâmicas parecem estar mais associados e mais propensos a reabsorção, como os pré-molares superiores esquerdos, incisivos laterais superiores esquerdos, laterais inferiores direitos e incisivos centrais¹⁰. Porém, o uso de radiografias bidimensionais não são o melhor método para analisar a reabsorção radicular, pois podem sofrer distorções e sobreposições, alterando a medida da raiz, sendo ainda a TCFC como o melhor método de mensurar a reabsorção²⁵.

Fatores biológicos, como a susceptibilidade do indivíduo se mostram como determinantes no desenvolvimento da reabsorção radicular severa. Mesmo quando os movimentos são suaves e altamente controlados, pessoas com predisposição à reabsorção radicular, tendem a manifestá-la de forma mais severa²⁸. Outros fatores como a anatomia radicular, e o tipo de movimento também estão sujeitas a maior severidade de reabsorção²⁴.

Os fatores técnicos envolvidos, como a intensidade e o tipo de força aplicada, podem estar envolvidos na taxa de reabsorção, sendo a força continua como um dos fatores etiológicos dessa complicação, levando ao micro trauma do ligamento periodontal, ativando células inflamatórias, e desencadeando a reabsorção, sendo indicadas forças intervaladas, para permitir a reorganização do ligamento periodontal e neoformação sanguínea²⁹. Tipos de movimentos que são possíveis com o uso de alinhadores, pois permitem a remoção do dispositivo, o que não é possível na aparatologia fixa convencional. Portanto, não é somente o tipo de aparelho, ou técnica que causará a reabsorção, mas sim a associação de vários fatores, como a susceptibilidade, grupo

dentário, configuração radicular, tipo de e constância da força aplicada, método de mensuração.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que a reabsorção não depende de um único e específico fator, sendo vários agentes etiológicos para o desenvolvimento deste tipo de complicação, e pode estar presente em todos os tipos de aparelhos ortodônticos utilizados atualmente. Vale ressaltar que o ortodontista deve estar sempre atento, independentemente do tipo de técnica, e preferencialmente realizar sempre um acompanhamento radiográfico durante o tratamento, a fim de diagnosticar precocemente este tipo de alteração. Também é indicado que em caso de reabsorção durante ou após o tratamento, que sua avaliação seja realizada sempre que possível pela TCFC, para que não ocorra falsas mensurações nas raízes, ou sobreposições.

REFERÊNCIAS

1. Alauddin MS, Baharuddin AS, Ghazali MIM. The modern and digital transformation of oral health care: a mini review. *Healthcare*. 2021;9(2):118.
2. Nucera R, Dolci C, Bellocchio AM, Costa S, Barbera S, Rustico L, et al. Effects of composite attachments on orthodontic clear aligners therapy: a systematic review. *Materials*. 2022;15(2):533.
3. Botton LMS, França F, Junqueira-Mendes CHZ, Mendes LM, Zaroni FM, Mendes LM, et al. Reabsorção radicular em pacientes tratados com aparelho ortodôntico fixo e com alinhadores: uma revisão de literatura. *J Multidiscip Dent*. 2021;11(2):74-9.
4. Shibayama C, Sperandio AT, Claudia A, Cimardi B, Sperandio CT. Reabsorção radicular apical externa no tratamento ortodôntico com aparelhos fixos e alinhadores: revisão integrativa. *Rev Cient Saude Global*. 2023;1(1):e-002.

5. Kankam H, Madari S, Sawh-Martinez R, Bruckman KC, Steinbacher DM. Comparing outcomes in orthognathic surgery using clear aligners versus conventional fixed appliances. *J Craniofac Surg.* 2019;30(5):1488-91.
6. Santana NG, Machado MS, Cabral KE, Camargo HS, Gonçalves ANP, Garrido LA, et al. Alinhadores invisíveis e cirurgia ortognática: revisão de literatura clear aligners and orthognathic surgery: literature review. *Braz J Surg Clin Res.* 2023;44(2):30-3.
7. Lopatiene K, Dumbravaite A. Risk factors of root resorption after orthodontic treatment. *Stomatologija.* 2008;10(3):89-95.
8. Villaman-Santacruz H, Torres-Rosas R, Acevedo-Mascarúa AE, Argueta-Figueroa L. Root resorption factors associated with orthodontic treatment with fixed appliances: a systematic review and meta-analysis. *Dent Med Probl.* 2022;59(3):437-50.
9. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically Induced Inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. *Angle Orthod.* 2002;72(2):175-9.
10. Gay G, Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Rossini G, Parrini S, et al. Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign®: a radiometric study. *Prog Orthod.* 2017;18(1):12.
11. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg.* 1945;31(6):297-304.
12. Bergersen EO. The eruption guidance myofunctional appliance: case selection, timing, motivation, indications and contraindications in its use. *Funct Orthod.* 1985;2(1):17-21,24-25,28-33.
13. McNamara JA, Kramer KL, Juenker JP. Invisible retainers. *J Clin Orthod.* 1985;19(8):570-8.
14. Vieira GM, Franco EJ, Guimarães Junior CH. Alinhadores invisíveis: biomecânica, limitações e a problemática da mensuração das forças aplicadas. *Rev Clin Ortod Dental Press.* 2013;12(1):40-50.
15. Leyva P, Eslava JM, Hernández-Alfaro F, Acero J. Orthognathic surgery and aligners. A comparative assessment of periodontal health and quality of life in post-surgical orthodontic treatment with aligners versus traditional fixed appliances: a randomized controlled trial. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2023;28(3):e208-16.
16. Tavares SW, Fonseca Junior G. Tratamento de apinhamentos leves com alinhadores estéticos. *Rev Clin Ortod Dental Press.* 2016;15(4):89-98.
17. Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with invisalign®. *Korean J Orthod.* 2019;49(3):140-9.
18. Fry B. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign Appliance. *J Clin Orthod.* 2017;51(9):610-4.
19. Shrivastava A, Mohanty P, Dash BP, Jena S, Sahoo N. Proficiency of clear aligner therapy: a systematic review and meta-analysis. *Cureus.* 2023;15(9):e45072.
20. Miguel JAM, Martins MM, Souki BQ. Reabsorção radicular severa alinhadores. *Rev Clin Ortod Dental Press.* 2014;13(1):85-95.
21. Ahangari Z, Nasser M, Mahdian M, Fedorowicz Z, Marchesan MA. Interventions for the management of external root resorption. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2015(11):CD008003.
22. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1993;103(2):138-46.
23. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod.* 1988;10(1):30-8.
24. Parker RJ, Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998;114(6):677-83.
25. Gandhi V, Mehta S, Gauthier M, Mu J, Kuo CL, Nanda R, et al. Comparison of external apical root resorption with clear aligners and pre-Adjusted edge-wise appliances in non-extraction cases: a systematic review and meta-Analysis. *Eur J Orthod.* 2021;43(1):15-24.
26. Elfouly D, El-Harouni NM, Ismail HA, El-Bialy T, Ghoneima A. Does maxillary sinus proximity affect molar root resorption during distalization using Invisalign? a CBCT study. *BMC Oral Health.* 2023;23(1):905.
27. Almeida M. Extra-alveolar mini-implants and aligners for the treatment of class II malocclusion. *Rev Clin Ortod Dental Press.* 2020;19(6):42-54.
28. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. *Angle Orthod.* 2002;72(2):175-9.
29. Maltha JC, van Leeuwen EJ, Dijkman GEHM, Kuijpers-Jagtman AM. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7(2):115-21.