



Aceleração da Movimentação Ortodôntica: Eficácia das Corticotomias Minimamente Invasivas versus Vibração Mecânica na Clínica Contemporânea

Autor(res)

Juliana Andrade Cardoso
Savio Ferreira Cerqueira
Ricardo Lisboa Cayres

Categoria do Trabalho

Trabalho Acadêmico

Instituição

UNIME - UNIÃO METROPOLITANA DE EDUCAÇÃO E CULTURA

Introdução

A Ortodontia contemporânea atravessa uma fase de transição paradigmática, em que a busca por eficiência mecânica está sendo gradualmente complementada pela modulação biológica do tecido ósseo. No cenário atual, a demanda por tratamentos ortodônticos mais céleres e previsíveis tornou-se uma exigência categórica, especialmente entre o público adulto. Para esses pacientes, o ônus de anos de terapia convencional muitas vezes representa uma barreira para a reabilitação estética e funcional. Entretanto, a redução do tempo de tratamento transcende a conveniência biopsicossocial; trata-se de um imperativo clínico voltado para a mitigação de riscos inerentes ao uso prolongado de dispositivos fixos, como as reabsorções radiculares externas, a formação de lesões de mancha branca e o declínio da saúde periodontal (WISHNEY, 2017). A compreensão de que o movimento dentário não é apenas uma resposta física a vetores de força, mas sim uma resposta biológica complexa do hospedeiro, permitiu o desenvolvimento de métodos que visam "contornar" a velocidade limitante do turnover ósseo fisiológico.

A movimentação dentária ortodôntica (OTM) é, fundamentalmente, um processo inflamatório controlado e deliberadamente induzido. A aplicação de forças ortodônticas gera zonas de pressão e tensão no ligamento periodontal (PDL), desencadeando uma cascata bioquímica que mimetiza os sinais cardinais da inflamação. Quando uma força é aplicada, ocorre uma alteração no fluxo sanguíneo local no PDL, levando à hipóxia em áreas de compressão e à liberação de neuropeptídeos como a substância P e o peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP). No centro dessa resposta, a compreensão da "orquestra biológica" é vital. As enzimas ciclooxigenases (COX), especialmente a isoforma induzível COX-2, catalisam a conversão do ácido araquidônico em prostaglandinas, especificamente a prostaglandina E2 (PGE2). Segundo Li et al. (2018), as prostaglandinas são mediadores cruciais que aumentam o número de osteoclastos através da estimulação da linhagem hematopoética e, conseqüentemente, elevam a taxa de movimentação dentária. No entanto, o uso sistêmico ou injeções locais desses mediadores trazem efeitos colaterais como dor exacerbada e risco de reabsorção radicular generalizada devido ao estado inflamatório hiperagudo, exigindo métodos de aceleração mais controlados e localizados que mimetizem essa cascata sem a morbidade sistêmica.

O equilíbrio biológico da OTM é selado pelo intrincado sistema RANK/RANKL/OPG. O ligante do receptor ativador do fator nuclear kappa-B (RANKL) é uma citocina expressa por fibroblastos e osteoblastos na zona de



compressão, ligando-se ao receptor RANK presente nos precursores de osteoclastos para induzir sua diferenciação e maturação. Simultaneamente, a osteoprotegerina (OPG) atua como um inibidor competitivo, um "receptor isca" que se liga ao RANKL antes que este possa ativar os osteoclastos, protegendo o osso da reabsorção excessiva. Estudos de fluido crevicular gengival demonstram que a otimização da razão RANKL/OPG é o motor molecular para elevar a taxa de remodelação (TEIXEIRA et al., 2010). Em técnicas de aceleração, o objetivo é deslocar esse equilíbrio precocemente para um estado pró-reabsorção no osso alveolar, encurtando o período de latência entre a aplicação da força e o início do deslocamento efetivo do dente através do processo alveolar. Além disso, citocinas pró-inflamatórias como IL-1, IL-6 e TNF- desempenham papéis sinérgicos no recrutamento de células clásticas, modulando a velocidade com que o tecido ósseo responde ao estímulo mecânico.

Historicamente, as corticotomias baseiam-se no Fenômeno Acelerador Regional (RAP), proposto por Harold Frost (1983). O RAP descreve uma resposta sistêmica e local ao trauma cirúrgico, caracterizada por um aumento dramático no metabolismo ósseo e uma "osteopenia induzida" transitória. Diferente da cicatrização óssea convencional por primeira intenção, o RAP induz um estado de turnover acelerado onde a densidade mineral óssea diminui, enquanto a atividade celular e a vascularização aumentam significativamente. Esse estado reduz a resistência estrutural do osso cortical, oferecendo menor resistência mecânica ao deslocamento dentário sob forças ortodônticas. Originalmente, a técnica de Ortodontia Osteogênica Acelerada (AOO), popularizada pelos irmãos Wilcko no início dos anos 2000, exigia decorticações extensas com retalhos mucoperiosteais totais, o que limitava sua aceitação clínica devido ao pós-operatório severo. Evoluindo dessas técnicas invasivas, as abordagens atuais para 2026 focam na Piezocision e nas Micro-osteoperfurações (MOPs). A Piezocision utiliza tecnologia de ultrassom piezoelétrico para realizar cortes corticais precisos sem necessidade de retalhos amplos, permitindo que o ortodontista aproveite a janela de oportunidade biológica do RAP com mínima agressão aos tecidos moles (DIBART et al., 2009). Já as MOPs utilizam pequenas perfurações trans gengivais pontuais (ALIKHANI et al., 2015), visando estimular a liberação de citocinas quimiotáticas no osso alveolar sem a necessidade de incisões ou suturas.

Em paralelo às intervenções cirúrgicas, surgem as modalidades físicas não invasivas, como a vibração mecânica de alta frequência e baixa magnitude (ex: AcceleDent, VPro5). Esta técnica busca, através da mecanotransdução e da ativação de canais iônicos sensíveis ao estiramento, como o PIEZO1, estimular a remodelação óssea sem a necessidade de insulto cirúrgico. A teoria da mecanotransdução sugere que as células do ligamento periodontal e os osteócitos percebem os estímulos vibratórios cíclicos, convertendo-os em sinais químicos que favorecem a osteoclastogênese nas zonas de pressão e a osteoblastogênese nas zonas de tensão. A promessa desses dispositivos é a aplicação de pulsos (geralmente em frequências de 30Hz a 120Hz) para acelerar a resposta biológica de forma indolor e domiciliar. Entretanto, a eficácia clínica da vibração mecânica tem sido amplamente debatida na literatura recente, com meta-análises de 2024 e 2025 questionando se a magnitude dessa resposta biológica é suficiente para produzir uma aceleração clinicamente relevante do tratamento ortodôntico total. Assim, o entendimento profundo da interação entre trauma controlado, sinalização molecular e estímulo físico torna-se o pilar para o planejamento de tratamentos de alta

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura sobre as principais técnicas de aceleração da movimentação ortodôntica, descrevendo a eficácia biológica e clínica das corticotomias minimamente invasivas (Piezocision e MOPs) em relação à estimulação por vibração mecânica, avaliando seu impacto no tempo de tratamento e na segurança do paciente para a prática clínica em 2026.



Material e Métodos

A presente revisão de literatura foi conduzida seguindo os princípios da estratégia PICOS (População, Intervenção, Comparação, Desfecho e Desenho do Estudo). A busca bibliográfica foi realizada de forma exaustiva nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scielo e na Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), utilizando os descritores em saúde (DeCS/MeSH): "Ortodontia", "Corticotomia" e "Remodelação Óssea", cruzados através dos operadores booleanos "AND" e "OR".

Os critérios de inclusão selecionaram ensaios clínicos randomizados (RCTs), revisões sistemáticas e meta-análises publicadas predominantemente entre 2018 e 2025, com foco rigoroso em dados atualizados de 2024 e início de 2025, de modo a refletir o estado da arte para a prática em 2026. Foram priorizados estudos que avaliassem quantitativamente a taxa de movimentação dentária (em mm/mês), a expressão de biomarcadores (RANKL, OPG, IL-1) no fluido crevicular gengival e parâmetros de segurança, como a integridade radicular e periodontal. A avaliação da qualidade metodológica dos estudos selecionados seguiu as diretrizes do PRISMA 2020. A análise integrou os fundamentos moleculares da inflamação discutidos na literatura clássica com os desfechos clínicos contemporâneos observados nas diferentes modalidades de aceleração, permitindo uma síntese crítica sobre a viabilidade e previsibilidade desses protocolos na clínica de alta performance.

Resultados e Discussão

A análise consolidada dos dados revela que as técnicas baseadas no Fenômeno Acelerador Regional (RAP) apresentam uma superioridade clínica inequívoca em relação às modalidades físicas puras. O princípio do RAP, que fundamenta as intervenções cirúrgicas, induz um estado transitório de turnover ósseo elevado, reduzindo a densidade mineral da cortical e facilitando a progressão dentária através de um osso mais "maleável" e metabolicamente ativo. A Piezocision, ao utilizar tecnologia de ultrassom modulado (geralmente com pontas tipo BS-1), demonstrou em diversos estudos a capacidade de dobrar a taxa de movimentação inicial. Esta técnica mostra-se particularmente eficaz no alinhamento de apinhamentos severos e na mandíbula anterior, onde o osso cortical é mais denso e exige um trauma linear mais expressivo para desencadear a osteopenia induzida necessária (RAO et al., 2024). O diferencial técnico da Piezocision reside na sua capacidade de realizar cortes seletivos no tecido duro, preservando estruturas vasculares e nervosas, o que minimiza o risco de osteonecrose e acelera a cicatrização tecidual. Além disso, a literatura destaca que a profundidade do corte (em torno de 2 a 3 mm) é determinante para a magnitude do RAP gerado, permitindo ganhos de até 1,5 mm/mês em fases críticas de alinhamento e nivelamento.

Já as Micro-osteoperfurações (MOPs), devido à sua simplicidade trans-gengival e baixo custo, surgem como uma alternativa extremamente versátil para o ortodontista contemporâneo. O protocolo padrão envolve a execução de duas a três perfurações por espaço interradicular, com diâmetro de 1,2 a 1,5 mm e profundidade média de 3 a 5 mm. Biologicamente, as MOPs aumentam a expressão de citocinas quimiotáticas e mediadores inflamatórios como a IL-1 e o TNF- de forma localizada, recrutando uma população densa de osteoclastos para o sítio da perfuração. Estudos do tipo split-mouth indicam que as MOPs podem alcançar taxas de retração de caninos de até 4,2 mm em um período de 3 meses, representando um ganho significativo frente aos 2,8 mm observados nos grupos controle (FARAG et al., 2021). No entanto, nota-se que o efeito das MOPs é geograficamente limitado e temporalmente finito; a literatura sugere que o efeito biológico atinge seu platô precocemente e a repetição do procedimento a cada 8 a 12 semanas pode ser imperativa para manter o ritmo de aceleração durante fases extensas de fechamento de espaços. Essa necessidade de re-intervenção deve ser discutida com o paciente adulto, equilibrando a busca pela rapidez com a tolerância ao procedimento clínico repetitivo.



Em contrapartida, a vibração mecânica apresenta um cenário de evidências paradoxais que desafiam o marketing comercial de dispositivos portáteis. Embora sua base biológica na mecanotransdução via canais iônicos sensíveis ao estiramento (PIEZO1) e complexos de adesão focal seja robusta em níveis celulares — demonstrando aumento de RANKL e PGE2 no fluido crevicular — a translação para resultados clínicos permanece modesta. Meta-análises publicadas entre 2024 e 2025 (HING, 2025) são consistentes ao afirmar que o ganho de velocidade no alinhamento inicial (cerca de 0,05 mm) é clinicamente irrelevante, apesar de estatisticamente presente em alguns subgrupos. A vibração parece desempenhar um papel mais eficaz como coadjuvante no conforto do paciente, funcionando como um estímulo sensorial que compete com a dor (teoria do portão da dor), auxiliando no controle da sintomatologia pós-ativação e melhorando significativamente a adaptação e o "tracking" de alinhadores estéticos. Contudo, como ferramenta isolada de aceleração mecânica, ela falha em reduzir significativamente o tempo total de tratamento em comparação com as intervenções cirúrgicas que alteram a densidade óssea alveolar.

A segurança das técnicas é um ponto de convergência positivo e tranquilizador para o planejamento clínico em 2026. Um dos maiores receios clínicos da ortodontia, a Reabsorção Radicular Apical Externa (RRAE), não demonstrou aumento estatisticamente significativo com o uso de Corticotomias Minimamente Invasivas (MIS) ou vibração. Paradoxalmente, a indução do RAP pode atuar de forma protetora sobre o ápice radicular: ao reduzir a densidade óssea e a resistência mecânica do processo alveolar, ocorre uma diminuição da pressão hidrostática no ligamento periodontal durante a movimentação, o que pode mitigar a formação de zonas de hialinização e prevenir o dano cementário subsequente. Estudos radiográficos e por tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) confirmam que mais de 90% dos dentes submetidos a protocolos de aceleração mantêm a integridade radicular dentro dos padrões fisiológicos esperados.

Contudo, o clínico deve gerenciar com precisão a cronologia da "janela de oportunidade" do RAP para que a intervenção não seja em vão. O pico metabólico e a fase de maior velocidade de movimentação ocorrem entre 1 e 2 meses pós-intervenção, com uma dissipação gradual dos efeitos após o quarto mês, momento em que o osso retoma sua densidade basal através da mineralização secundária. Portanto, protocolos de alta performance em 2026 exigem uma mudança na dinâmica do consultório: a ativação ortodôntica deve ser intensificada, com consultas preferencialmente quinzenais durante os primeiros 120 dias pós-cirurgia. Sem essa sincronia entre a biologia do hospedeiro e a ativação mecânica do profissional, o benefício do trauma cirúrgico controlado é desperdiçado pela falta de estímulo constante. Em suma, a discussão atual aponta que a integração de guias cirúrgicos 3D para MOPs e o uso criterioso da Piezocision representam o padrão-ouro para quem busca previsibilidade e rapidez na ortodontia baseada em evidências.

Conclusão

As corticotomias minimamente invasivas, representadas pela Piezocision e pelas Micro-osteoperfurações, constituem as ferramentas mais eficazes para a aceleração da movimentação ortodôntica em 2026, oferecendo ganhos tangíveis de tempo com alta segurança periodontal e radicular. A vibração mecânica, embora promissora no gerenciamento do conforto e assentamento de alinhadores, ainda carece de evidência robusta que justifique seu uso exclusivo para a redução drástica do tempo de tratamento. O sucesso da aceleração ortodôntica reside na sincronização precisa entre o trauma cirúrgico controlado e a mecânica intensificada, respeitando a biologia da ATM e a integridade tecidual. Perspectivas futuras apontam para o uso de guias 3D e fotobiomodulação como adjuntos para uma ortodontia cada vez mais personalizada e

Referências



ALIKHANI, M. et al. Micro-osteoperforations: minimally invasive accelerated tooth movement. *Seminars in Orthodontics*, v. 21, n. 3, p. 162-169, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2015.06.002>. Acesso em: 22 abr. 2026.

BATHEJA, S. Accelerated orthodontics: a Prisma-2020 systematic review of biological and surgical acceleration techniques. *Medical Research Archives*, v. 13, n. 12, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.18103/mra.v13i12.7112>. Acesso em: 22 abr. 2026.

DIBART, S.; SEBAOUN, J. D.; SURMENIAN, J. Piezocision: a minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Journal of Clinical Orthodontics*, v. 43, n. 4, p. 241-252, 2009. Acesso em: 22 abr. 2026.

FARAG, T. et al. Evaluation of the Effect of Micro-osteoperforations versus Piezopuncture on the Rate of Orthodontic Tooth Movement Associated with Canine Retraction. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, v. 9, n. D, p. 113-119, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6173>. Acesso em: 22 abr. 2026.

FROST, H. M. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hospital Medical Journal*, v. 31, n. 1, p. 3-9, 1983. Disponível em: <https://scholarlycommons.henryford.com/hfhmedjournal/vol31/iss1/2/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

HING, A. K. Adjunctive vibration in clear aligner therapy: evidence for a context-specific effect with a meta-analysis and systematic review. *Journal of Community Medicine and Public Health Reports*, v. 6, n. 7, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.38207/JCMPHR/2025/OCT06070260>. Acesso em: 22 abr. 2026.

LI, Y. et al. Orthodontic tooth movement: the biology and clinical implications. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, v. 34, n. 4, p. 207-214, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.007>. Acesso em: 22 abr. 2026.

RAO, R. N. et al. Convalescing mandibular anterior crowding through piezocision and the micro-osteoperforation surgical procedure: a clinical comparative study. *Journal of Personalized Medicine*, v. 14, n. 2, p. 173, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jpm14020173>. Acesso em: 22 abr. 2026.

TEIXEIRA, C. C. et al. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *Journal of Dental Research*, v. 89, n. 10, p. 1135-1141, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0022034510373764>. Acesso em: 22 abr. 2026.

WISHNEY, M. Potential risks of orthodontic therapy: a critical review and conceptual framework. *Australian Dental Journal*, v. 62, p. 86-96, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/adj.12474>. Acesso em: 22 abr. 2026.