Remoção virtual de bráquetes como estratégia acessível para planejamento digital de contenções ortodônticas

Autor(res)

Cibelle Cristina Oliveira Dos Santos
Raphael De Melo Rios Duarte

Categoria do Trabalho

Trabalho Acadêmico

Instituição

CENTRO UNIVERSITÁRIO ANHANGUERA DE CAMPO GRANDE

Introdução

A digitalização dos fluxos de trabalho em ortodontia tem revolucionado a prática clínica, especialmente com a adoção de técnicas de remoção virtual de braquetes (Virtual Bracket Removal, VBR) em softwares como o Meshmixer. Essa abordagem permite a manipulação de modelos digitais para a remoção precisa de braquetes ortodônticos, facilitando a confecção de contenções e alinhadores de forma rápida e eficiente, muitas vezes possibilitando a entrega no mesmo dia ao paciente.1,2 O VBR reduz a necessidade de múltiplas consultas, minimiza o risco de movimentação dentária indesejada após a remoção dos aparelhos e contribui para fluxos de trabalho totalmente digitais, integrando escaneamento intraoral, manipulação digital e impressão 3D.1,2.4 Estudos recentes validaram a precisão clínica do Meshmixer para VBR, demonstrando resultados comparáveis a laboratórios especializados e outros softwares CAD, com diferenças mínimas e clinicamente insignificantes.1,2,3 Além disso, a técnica manual no Meshmixer, utilizando ferramentas como “Select”, “Smooth Boundary”, “Replace” e “Sculpt”, permite ajustes refinados na superfície dental, garantindo modelos digitais adequados para a confecção de contenções ortodônticas personalizados.2,3 A literatura também destaca a importância de parâmetros como o tipo de dente, área de base do braquete e configurações do software para otimizar a precisão da reconstrução da superfície dental.3,6 O avanço de métodos baseados em inteligência artificial (IA) e aprendizado de máquina tem ampliado ainda mais as possibilidades de automação e precisão no VBR, embora a técnica manual com Meshmixer permaneça amplamente utilizada devido à sua flexibilidade e acessibilidade.5 Assim, a remoção virtual de braquetes no Meshmixer representa uma solução robusta, precisa e acessível para ortodontistas que buscam integrar a odontologia digital em sua rotina clínica.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é descrever e analisar o protocolo de remoção virtual de braquetes utilizando o software Meshmixer, detalhando as ferramentas empregadas, a precisão clínica do método, suas vantagens, limitações e comparações com outras soluções digitais e automatizadas disponíveis na literatura recente.1,2,3,5

Material e Métodos

Foi realizada uma revisão de literatura sobre a remoção virtual de braquetes ortodônticos utilizando o software Meshmixer. A busca foi conduzida nas bases de dados PubMed, Science Direct, Scielo e Medline, visando

identificar estudos que abordassem a precisão, aplicabilidade clínica, demostração da técnica e comparação do Meshmixer com outros softwares de CAD para essa finalidade. Os descritores utilizados na busca foram: “ortodontia”, “bráquetes ortodônticos”, “impressão 3D”, “projeto auxiliado por Computador”, “contenção ortodôntica”, “inteligência artificial”, “fluxo de trabalho”.

Foram incluídos 7 artigos clínicos e laboratoriais publicados em periódicos revisados por pares, com recorte temporal dos últimos dez anos, que apresentassem dados quantitativos sobre a acurácia da remoção virtual de bráquetes e demonstração da técnica. Após a triagem dos títulos e resumos, foram selecionados os artigos cujo texto completo se adequou à proposta da pesquisa, totalizando os estudos mais relevantes para análise qualitativa e comparativa dos resultados.

Resultados e Discussão

DISCUSSÃO

Diversos estudos clínicos e laboratoriais validaram a precisão e aplicabilidade do Meshmixer para remoção virtual de braquetes.1,2,3 Marsh et al. (2021) demonstraram que o VBR realizado no Meshmixer apresenta acurácia comparável a laboratórios especializados, com diferenças estatisticamente pequenas e clinicamente irrelevantes, permitindo a confecção de contenções ortodônticas com excelente adaptação. 1 Gamil et al. (2024) compararam o Meshmixer a outros softwares CAD (3Shape OrthoAnalyzer e EasyRx), concluindo que tanto o Meshmixer quanto o 3Shape apresentaram maior precisão na reconstrução da superfície dental do que o EasyRx automatizado, especialmente em dentes anteriores, embora as diferenças entre os métodos fossem mínimas do ponto de vista clínico.2 O protocolo manual no Meshmixer, baseado na seleção precisa da área do braquete e suavização dos limites e preenchimento, mostrou-se eficiente para todos os tipos de dentes, mas a acurácia tende a ser ligeiramente menor em molares e pré-molares devido à complexidade anatômica dessas regiões.1,2,3,6 Apesar dessa diferença de acurácia, todos os valores permaneceram dentro do limite considerado clinicamente aceitável para modelos ortodônticos (até 0,5 mm).2

O Meshmixer se destaca por ser uma solução open-source, acessível e flexível, permitindo personalização do protocolo conforme a necessidade clínica e a experiência do operador. Wang et al. (2023) analisaram diferentes configurações e parâmetros do Meshmixer e outros softwares, identificando que a escolha dos ajustes (“settings”) pode impactar a precisão da reconstrução, sendo necessário adaptar o protocolo conforme o tipo dental .3 Além disso, Wang et al. (2024) observaram que quanto maior a área de base do braquete removida, maior a tendência de desvios na superfície reconstruída, especialmente em molares inferiores, recomendando que a área removida não ultrapasse 80% da superfície bucal para esses dentes.6 Do ponto de vista clínico, a utilização do Meshmixer para VBR permite a produção de modelos digitais para impressão 3D e confecção de contenções ou alinhadores no mesmo dia, reduzindo o tempo de espera do paciente e o risco de recidiva pós-tratamento.1,4 Estudos também demonstraram que a adaptação clínica das contenções fabricadas a partir de modelos com VBR é satisfatória, sem prejuízo funcional ou estético.1 Limitações do método incluem a necessidade de treinamento do operador para garantir seleções precisas e acabamentos adequados, além de maior atenção em dentes posteriores e em casos de braquetes com bases extensas.2,3,6

Em síntese, a remoção virtual de braquetes no Meshmixer é uma técnica validada, precisa, que integra-se de forma eficiente ao fluxo digital da ortodontia moderna, com potencial de ser aprimorada por ferramentas de automação baseadas em IA no futuro próximo.1,2,3,4,5,6

A literatura também destaca a importância do acabamento manual com ferramentas de escultura (“Sculpt”) para corrigir pequenas imperfeições e garantir a naturalidade da superfície dental, especialmente em casos de braquetes volumosos ou posicionados em áreas anatômicas complexas.2,3

Com o avanço da inteligência artificial, surgiram ferramentas automatizadas para VBR, como demonstrado por Li et al. (2024), que desenvolveram um sistema baseado em deep learning capaz de remover braquetes virtualmente com alta precisão e rapidez, sem necessidade de dados do dente original.5 No entanto, tais soluções ainda não estão amplamente disponíveis ou integradas ao fluxo clínico cotidiano, e o método manual com Meshmixer permanece como referência pela sua robustez e adaptabilidade. 2,5

Conclusão

A remoção virtual de braquetes no Meshmixer é uma técnica precisa, eficiente e clinicamente validada para a confecção de contenções e alinhadores ortodônticos em fluxos digitais. O método manual, utilizando ferramentas de seleção, suavização, preenchimento e escultura, permite resultados comparáveis a soluções automatizadas e laboratoriais, com vantagens de acessibilidade e flexibilidade. Recomenda-se atenção especial à seleção dos parâmetros conforme o tipo dental e à realização de acabamento manual para garantir a qualidade do modelo final. O avanço de soluções baseadas em IA tende a complem

Referências

1- Marsh K, Weissheimer A, Yin K, Chamberlain-Umanoff A, Tong H, Sameshima G. Three-dimensional assessment of virtual bracket removal for orthodontic retainers: A prospective clinical study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2021;160(2):e1-e10.
2- Gamil H, Marzouk E, Zaher A. Virtual bracket removal: a comparative assessment of different software packages. BMC Oral Health. 2024;24(1):191.
3- Wang Y, Wang P, Ye S, Shi Y, He Y, Han X, Bai D, Xue C. Optimal settings for different tooth types in the virtual bracket removal technique. Angle Orthod. 2023;93(6):678-685.
4-Dock J, Copello F, Shirmohammadi I, Bosio J. Three-dimensional assessment of virtual clear aligner attachment removal: A prospective clinical study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2024;165(4):e1-e9.
5-Li RC, Zhu C, Chu F, Yu Q, Fan D, Ouyang N, Jin Y, Guo W, Xia L, Feng Q, Fang B. Deep learning for virtual orthodontic bracket removal: tool establishment and application. Clin Oral Investig. 2024;28(2):1234-1245.
6-Wang P, Zhu L, Cheng L, Xiang R, Leng J, Hu S, Bai D, Wang Y, Xue C. Does relative bracket base area affect the accuracy of reconstructed buccal surface in the virtual bracket removal technique? BMC Oral Health. 2024;24(1):201.
7-Elshebiny T, Paradis AE, Kasper FK, Palomo J. Assessment of virtual bracket removal by artificial intelligence and thermoplastic retainer fit. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2024;166(6):e1-e10.