

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE RESINAS DE MANUFATURA ADITIVA UTILIZADAS EM RESTAURAÇÃO PROVISÓRIA: UMA REVISÃO DE ESCOPO

GABRIELA KRAEMER¹; TIAGO MACHADO DA SILVA²; FELIPE IMMICH³; TIAGO SCHLINDVEIN DE ARAUJO⁴; WELLINGTON LUIZ DE OLIVEIRA DA ROSA⁵; ADRIANA FERNANDES DA SILVA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas 1 – gabriela.kraemer@gmail.com 1

²Universidade Federal de Pelotas – tiagoms.od@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – fel.immich@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – tiagoschlar@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – darosa.wlo@gmail.co

⁶Universidade Federal de Pelotas – adrisilvapiva@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (MA) foi definida pela American Society for Testing and Materials (ASTM) em 2015 como uma tecnologia CAM (Computer-Aided Manufacturing), que se baseia na construção aditiva camada por camada (ISO/ASTM, 2015).

A técnica por trás da fotopolimerização 3D é baseada no uso de oligômeros, monômeros e alguns iniciadores em resinas líquidas que podem ser curadas por exposição a uma fonte de luz específica. Seja por emissão de feixe de laser que desenha o objeto em seção transversal ponto a ponto, para formar cada camada (SLA); por emissão de luz seletivamente mascarada, formando uma projeção de imagem para cada camada (DLP) ou por polimerização com luz ultravioleta (UV) de resina seletivamente jateada em uma superfície (Polyjet) (JAVAID; HALEEM, 2019). Este processo de polimerização, com exceção da tecnologia Polyjet, ainda requer uma etapa de pós-cura adicional da resina fotossensível.

Com o recente desenvolvimento de resinas estáveis e biocompatíveis para MA, tornou-se possível a aplicação dessas resinas em dispositivos para uso intraoral direto, como restaurações temporárias (ARUTYUNOV et al., 2018). No entanto, novos materiais e técnicas introduzidos na Odontologia requerem uma grande variedade de estudos para avaliar sua eficácia e segurança para atender aos critérios normativos exigidos.

Ainda há um número reservado de estudos avaliando as características e o comportamento desses materiais por meio de ensaios clínicos. A maioria das evidências por meio de aplicação clínica foi determinada com base em relatos de casos e estudos técnicos (DELLA et al., 2020). Em contrapartida, vários estudos *in vitro* têm sido realizados com o objetivo de confirmar os dados fornecidos pelos fabricantes e oferecer maior previsibilidade desses materiais. Portanto, o objetivo desta revisão de escopo é realizar um panorama da literatura a respeito das propriedades (físicas, biológicas e antibacterianas) e desempenho clínico de resinas fotossensíveis para manufatura aditiva para confecção de restaurações temporárias.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi relatado de acordo com os itens da Extensão PRISMA para Revisões de Escopo (PRISMA-ScR) (TRICCO et al., 2018).

A busca bibliográfica foi realizada até fevereiro de 2022 em cinco bases de dados PubMed, Web of Science, Scopus, Embase e The Cochrane Wiley. Os artigos identificados nas bases de dados foram importados para o gerenciador de referências

do software Mendeley (Elsevier Inc., Mendeley Ltd. New York, NY) para remover duplicatas e exportados no mesmo formato (*.RIS) para o aplicativo web de revisão sistemática Rayyan QCRI (OUZZANI et al., 2016), onde a seleção por título e resumo foi realizada por dois revisores independentes.

Nesta busca, foram incluídos estudos *in vitro* e ensaios clínicos que avaliaram as propriedades físicas, biológicas/antibacterianas e o desempenho clínico de resinas fotossensíveis utilizadas para MA para confecção de restaurações temporárias.

Os dados extraídos dos estudos selecionados foram tabulados em planilhas no software Excel (Microsoft, Redmond, CA, EUA). Foram extraídos os seguintes dados: autores, ano de publicação, propriedades físicas/biológicas ou desfecho clínico avaliado, métodos utilizados e principais achados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram identificados 8.430 artigos, dos quais 36 foram incluídos neste estudo.

As propriedades mais avaliadas para resinas de manufatura aditiva utilizadas em restauração provisória são as propriedades de resistência, seguida pela mudança de cor/estabilidade e dureza. As propriedades e o desfecho avaliado estão descritos a seguir.

Propriedades de resistência

Em geral, as propriedades de resistência das resinas MA foram inferiores às resinas acrílicas convencionais e fresadas (ALL DEEB et al., 2020). No entanto, alguns estudos demonstraram propriedades de resistência maiores (PARK et al., 2020). Alguns dos fatores relatados que podem influenciar as propriedades de resistência das resinas para restauração temporária foram a orientação de impressão (ALHARBI et al., 2016; RAYMUS et al., 2019; NOLD et al., 2021), o tempo de pós-cura (NOLD et al., 2021; KIM et al., 2020) o envelhecimento artificial (NOLD et al., 2021) e a adição de Ag -partículas HNT (AS et al., 2019).

Dureza

De acordo com a maioria dos estudos incluídos, as resinas MA demonstraram resultados inferiores em comparação com o controle avaliado (resinas ou dentina fresadas, autopolimerizáveis e termopolimerizáveis) (SIMONETI et al., 2020; RAYMUS et al., 2019; SCOTTI et al., 2020). Apesar disso, foi demonstrado que as resinas MA para restauração provisória apresentaram maior dureza do que as resinas acrílicas convencionais termo e autopolimerizáveis (DIGHOLKAR et al., 2016; REVILLA-LEÓN et al., 2020). Entre os fatores que afetam negativamente a dureza, a imersão em água e o envelhecimento parecem diminuir consideravelmente a dureza das resinas MA para restauração provisória (RAYMUS et al., 2020). Fatores como aumento do tempo pós-cura, diminuição da espessura da camada de impressão e a combinação de calor e luz na pós-cura (KIM et al., 2020) podem aumentar a dureza das resinas MA.

Desgaste

As resinas MA de coroas provisórias não apresentaram diferenças quanto à profundidade máxima de perda e perda volumétrica do material em relação às coroas confeccionadas com resinas para SM e resina acrílica autopolimerizável (PARK et al., 2016). Quando o desgaste das resinas para MA de restauração provisória foi avaliado pela metodologia de desgaste de três corpos, apenas uma das resinas MA (3Delta Temp) apresentou resultado comparável ao compósito convencional e estatisticamente superior às demais resinas para MA e SM (KESSLER et al., 2019).

A resistência ao desgaste da maioria das resinas foi deteriorada após o envelhecimento. Por outro lado, após 30.000 e 60.000 ciclos de mastigação simulados, a resina AM apresentou a menor perda de volume de desgaste em comparação com a resina moída e a resina PMMA convencional (MYAGMAR et al., 2021). Além disso, foi demonstrado que a adição de nanodiamantes (NDs) e NDs aminados anidros (ANDs) a uma resina comercial à base de PMMA aumentou a resistência ao desgaste desse material. No geral, as resinas fotossensíveis para MA parecem oferecer propriedades de desgaste pelo menos semelhantes às resinas convencionais à base de PMMA.

Sorção e solubilidade

Três estudos avaliaram a sorção de água e a solubilidade, demonstrando que a sorção de água afeta a resistência à flexão e o módulo de elasticidade da resina MA independentemente da orientação da impressão.

Grau de conversão

Três estudos avaliaram o grau de conversão das resinas MA, que apresentaram maior grau de conversão do que as resinas convencionais à base de PMMA (TAHAYERI et al., 2017), com protocolo de pós-cura usando o dispositivo Otofash G171 (RAYMUS et al., 2019) e com maior tempo de pós-cura (KIM et al., 2020).

Força de ligação ao cisalhamento

As resinas MA para restaurações temporárias mostraram resultados favoráveis de reparabilidade, apresentando resistência de união semelhante às resinas convencionais (REVILLA-LEÓN et al., 2020). Também não houve diferença estatisticamente significativa entre os diferentes materiais de reparo (resina PMMA, resina bis-acrílica e resina Bis-GMA) (ALBAHRI et al., 2020). O tratamento de superfície com papel SiC e jateamento com óxido de alumínio e o reparo com resina bis-acrílica apresentaram a maior resistência de união (JEONG et al., 2019). Por outro lado, o teste de resistência de união mostrou que o uso de resina bis-acrílica sem tratamento de superfície adicional apresentou os melhores resultados para o reparo de resinas MA para restaurações temporárias (LIM et al., 2020).

Mudança de cor/estabilidade

Em geral, as resinas para MA apresentaram maior alteração de cor/descoloração em comparação com as resinas convencionais ou fresadas (SCOTTI et al., 2020; SONG et al., 2020; SHIN et al., 2020; ATRIA et al., 2020; REVILLA-LEÓN et al., 2020; GRUBER et al., 2021; YAO et al., 2021; ALMEJRAD et al., 2021; TASIN et al., 2021). Foi relatado que a aplicação de agentes selantes de superfície (GRUBER et al., 2021; YAO et al., 2021; ALMEJRAD et al., 2021; TASIN et al., 2021) e o aumento do tempo de pós-cura (KIM et al., 2020) poderiam reduzir a mudança de cor das resinas para MA.

Rigidez da superfície

A rugosidade superficial das resinas MA variou entre semelhantes (SCOTTI et al., 2020; TASIN et al., 2021) ou superior (REVILLA-LEÓN et al., 2020) quando comparadas às resinas controle (bisacril, resinas fresadas e convencionais). A avaliação da rugosidade da superfície após a mastigação simulada mostrou uma superfície mais lisa para a resina MA em comparação com a resina convencional (MYAGMAR et al., 2021).

Atividade antimicrobiana e testes de resposta celular

Cinco estudos avaliaram as propriedades biológicas. Dois deles avaliaram propriedades antibacterianas, inibição da formação de biofilme e resistência bacteriana (SA et al., 2019; SIMONETI et al., 2021). Os outros quatro estudos

avaliaram propriedades biológicas, como: citotoxicidade, biocompatibilidade, viabilidade celular, adesão celular e proliferação celular (SA et al., 2019; CHEN et al., 2021; KIM et al., 2020; PARK et al., 2020). Com base nesses estudos, as resinas para MA apresentaram resultados adequados quanto às propriedades biológicas (SA et al., 2019; CHEN et al., 2021; PARK et al., 2020).

A biocompatibilidade aumenta significativamente à medida que o tempo pós-cura (KIM et al., 2020; CHEN et al., 2021) aumenta. A adição de prata a nanotubos de halosita (AG-HNT) também apresentou resultado compatível com boa citocompatibilidade com ensaio contendo cultura de fibroblastos L929 (SA et al., 2019).

Principais descobertas de ensaios clínicos

Apenas um estudo avaliou clinicamente resinas para restauração temporária (ARUTYUNOV et al., 2018) e encontrou um desempenho clinicamente comparável com outros materiais.

4. CONCLUSÕES

Apesar dos avanços das tecnologias, bem como das resinas fotossensíveis empregadas na manufatura aditiva, a literatura constatou que os parâmetros da manufatura aditiva afetam diretamente as propriedades dos materiais. Novos estudos comparando o efeito de diferentes parâmetros de fabricação e pós-cura, bem como a adição de partículas preenchidas, agentes antimicrobianos e nanocoatings são possibilidades para projetos futuros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- TRICCO, A. C.; LILLIE, E.; ZARIN, W.; O'BRIEN, K. K.; COLQUHOUN, H.; LEVAC, D. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. **Annals of Internal Medicine**, Toronto, v.169, p.467–73, 2018.
- JAVAID, M.; HALEEM, A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. **Journal of Oral Biology and Craniofacial Research**, India, v.9, n.3, p.179–85, 2019.
- ARUTYUNOV, S.; KRASHENINNIKOV, S.; KIRAKOSYAN, L. G.; KHARAKH, Y. Monitoring of changes in physicochemical and clinical characteristics of the dental polymer materials used in additive manufacturing of dental prostheses. **Georgian Medical News**, Georgia, v.285, p.37-41, 2018.
- DELLA, B. A.; CANTELLI, V.; BRITTO, V. T.; COLLARES, K. F.; STANSBURY, J. W. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. **Dental Materials**, Brazil, v.37, n.2, p.336–50, 2021.
- OUZZANI, M.; HAMMADY, H.; FEDOROWICZ, Z.; ELMAGARMID, A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, Catar, v.5, p.210, 2016.
- AL DEEB, L.; AL AHDAL, K.; ALOTAIBI, G.; ALSHEHRI, A.; ALOTAIBI, B.; ALABDULWAHAB, F. Marginal Integrity, Internal Adaptation and Compressive Strength of 3D Printed, Computer Aided Design and Computer Aided Manufacture and Conventional Interim Fixed Partial Dentures. **Journal of Biomaterials and Tissue Engineering**, v.9, p.1745–50, 2020.
- NOLD, J.; WESEMANN, C.; RIEG, L.; BINDER, L.; WITKOWSKI, S.; SPIES, B. C. Does printing orientation matter? In-vitro fracture strength of temporary fixed dental prostheses after a 1-year simulation in the artificial mouth. **Materials**, v.14, p.1–12, 2021.