

Avaliação das propriedades físicas de resinas para Manufatura Aditiva (MA) empregadas na confecção de dispositivos oclusais: Uma revisão sistemática

HELOYSA TALIA SCHWENGBER¹; TIAGO MACHADO DA SILVA²; EVANDRO PIVA³, ADRIANA FERNANDES DA SILVA⁴, WELLINGTON LUIZ DE OLIVEIRA DA ROSA⁵

¹*Faculdade de odontologia/ Universidade federal de pelotas- heloysa.s@hotmail.com*

²*Faculdade de odontologia/ Universidade Federal de Pelotas- tiagomachado99@hotmail.com*

³*Faculdade de odontologia/ Universidade Federal de Pelotas- evpiva@gmail.com*

⁴*Faculdade de odontologia/ Universidade Federal de Pelotas- – adrilsilvapiva@gmail.com*

⁵*Faculdade de odontologia/ Universidade Federal de Pelotas-- wellington_xy@outlook.com*

1. INTRODUÇÃO

Dispositivos oclusais são comumente usados como medida para prevenir o desgaste dentário, relaxamento dos músculos mastigatórios, melhorar os sintomas de desordens temporomandibulares (DTM) e prevenir efeitos negativos do bruxismo ao sistema estomatognático (REICHARDT et al., 2013; PRPIC et al., 2019).

Recentemente, com o advento da tecnologia, surgiram novas técnicas e materiais, como o fluxo de trabalho digital para a aplicação de prótese dentária (REVILLA-LEÓN, 2019). Dessa forma, dispositivos oclusais passaram a ser fabricados também usando desenho assistido por computador e fabricação assistida por computador (*Computer-Aided-Design /Computer-Aided Manufacturing - CAD/CAM*) através de abordagens subtrativas ou aditivas. A fabricação de dispositivos oclusais por meio do *workflow* digital oferece vantagens em termos de tempo de trabalho, precisão, custos e oclusão, quando comparada aos dispositivos fabricados convencionalmente (BUDURU, 2018).

A manufatura aditiva (AM) ou impressão 3D, como é coloquialmente referida, foi definida pela Associação Internacional para Materiais de Teste (ASTM) como uma tecnologia CAM que é baseada na construção adicional de uma camada de cada vez (ISO/ASTM 52900: 2015). Com a evolução das propriedades e biocompatibilidade das resinas para impressoras 3D, foi permitida a confecção de dispositivos oclusais a partir desta tecnologia (STANSBURY E IDACAVAGE 2016).

O objetivo deste estudo será analisar por meio de uma revisão sistemática as propriedades físicas de resinas fotossensíveis para dispositivos oclusais empregadas em manufatura aditiva. A hipótese testada é que as resinas fotossensíveis para MA apresentarão desempenho semelhante em relação as propriedades físicas quando comparada com as resinas a base polimetilmetacrilatos (PMMA) convencionais.

2. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica foi realizada em seis bases de dados: PubMed (Medline), EMBASE, Web of Science, Scopus, SciELO, Ibecs e BBO. A estratégia de pesquisa desenvolvida para PubMed (Medline) foi adaptada para outras bases

de dados. Além disso, será realizada uma busca na literatura cinza (Teses da CAPES, OpenGrey e ProQuest) e as referências citadas nos artigos incluídos também serão verificadas para identificar outros artigos potencialmente relevantes. Após a identificação de artigos nas bases de dados, os artigos serão importados para o software Endnote X7 (Thompson Reuters, Philadelphia, PA, EUA) para remoção de duplicatas.

Foram incluídos ensaios *in vitro* que avaliaram as propriedades das resinas fotossensíveis para MA utilizadas para confecção de dispositivos oclusais; estudos que avaliaram como controle uma resina acrílica convencional a base de PMMA. Enquanto isso, foram excluídos artigos de revisão, estudos clínicos, séries de casos ou relatos de casos; estudos sem as resinas a base de PMMA como controle; estudos com o idioma diferente do Inglês, Espanhol e Português. Para os estudos que pareceram preencher os critérios de inclusão ou para os quais houver dados insuficientes no título e resumo para tomar uma decisão clara quanto a sua inclusão será selecionado para análise completa. Qualquer desacordo será resolvido através de discussão e consenso, ou por um terceiro revisor. Serão incluídos apenas os trabalhos que preencherem todos os critérios de seleção.

Os seguintes dados dos estudos incluídos foram tabulados: dados demográficos, dados das resinas para impressão 3D utilizadas, sua composição e características de confecção (impressora, configuração de impressão e pós-cura) e número de espécimes. Foram analisados ainda os resultados obtidos para cada teste, método de avaliação, características das amostras e principais resultados para as resinas para impressão 3D e resinas convencionais a base de PMMA.

Os estudos foram avaliados e classificados de acordo com critérios adaptados de revisões com estudos *in vitro* anteriores (SEDREZ-PORTO et al., 2016; CUEVAZ-SUAREZ et al., 2019) analisando os seguintes itens: randomização (geração de sequência aleatória, ocultação da alocação), cálculo da amostra (descrição do modo como foi realizado o cálculo da amostra), preparo e manipulação da amostra (descrição dos parâmetros para preparo da amostra), cegamento (cegamento dos operadores e avaliadores), relatório seletivo (relatório seletivo, ausência de resultados), coeficiente de variação (desvio padrão e valor de P) e outros vieses (incluindo o viés de patrocínio da indústria).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quatro estudos investigando as propriedades físicas das resinas de impressão 3D usadas para confecção de placas oclusais foram publicados entre 2016 e 2019 (Tabela 1). Todos os estudos selecionados para revisão compararam as propriedades físicas das resinas para fabricação aditiva com a fabricação convencional usando resinas à base de PMMA. Ainda assim, três estudos também avaliaram resinas para manufatura subtrativa da tecnologia CAD / CAM em comparação com manufatura convencional e aditiva.

Um total de quatro resinas diferentes para fabricação de aditivos foram avaliados entre os estudos. Somente a resina VarseoWax Splint (BEGO, Alemanha) teve suas propriedades avaliadas por dois estudos (Referências). As resinas utilizadas na fabricação convencional de talas oclusais estudadas foram Palapress (Heraeus Kulzer, Alemanha), PMMA Caston (Dreve, Alemanha), ProBase Cold (Ivoclar Vivadent, Suíça), Resilit S (Erkodent Erich Koop, Alemanha) e Orthocryl (Dentaurum), Suíça). As resinas InnoBlanc Splint Plus (InnoBlanc, Alemanha), TempBasic Transpa 95H16 (Zirkonzahn, XX), Ceramill

Splintec (Amann Girrbach, XX) e CopraDur (Whitepeaks Dental Solutions, XX) foram utilizadas para fabricação subtrativa (materiais CAD-CAM).

As impressoras utilizadas nos estudos incluídos foram SLA350 (3DSystems, EUA), Impressora 3D Varseo (BEGO, Alemanha) e Impressora 3D Microlay DentalFab (Microlay SLA Systems, Espanha).

Os estudos realizados apresentam diferenças estatisticamente significantes em relação a rugosidade, nota-se também diferenças flexurais quando comparadas as diferentes formas de fabricação. Os materiais desenvolvidos por meio da técnica 3D também apresentaram maior perda de volume material, enquanto os convencionais a menor perda de volume. Além disso, valores mais baixos de dureza da superfície e diferentes estatisticamente foram encontrados para os materiais de impressão 3D do que para os materiais de auto polimerização.

A fabricação convencional apresentou maiores valores de resistência à flexão em comparação à resina com diferentes direções de impressão.

Tabela 1. Propriedades avaliadas e principais resultados dos estudos incluídos.

Autor	Resultados	Mais resultados
Wear resistance (µm)		
Huettig (2017)	99.1 µm (SD = 21.5) 85.7 µm (SD = 21.5) 111.4 µm (SD = 18.5)	ANOVA was significant ($p=0.03$) and Tukey' test revealed that only the mean of group Subtractive was statistically different from group Conventional ($p=0.025$).
Lutz (2018)	20000 cycles - 1.2 ± 0.3 (material volume loss mm ³) 120000 cycles - 2.8 ± 1.0 (material volume loss mm ³) 20000 cycles - 0.7 ± 0.1 (material volume loss mm ³) 120000 cycles - 1.8 ± 0.4 (material volume loss mm ³) 20000 cycles - 0.4 ± 0.1 (material volume loss mm ³) 120000 cycles - 1.2 ± 0.4 (material volume loss mm ³) Vertical - 77.1 ± 6.4 (initial) and 45.1 ± 2.9 (after water sorption) At 45 degrees - 78.3 ± 3.4 (initial) and 41.7 ± 2.1 (after water sorption) 83.8±6.6 (initial) and 80.6±13.2 (after water sorption)	At both the timepoints (after 20000 and 120000 cycles), Additive showed the highest material volume loss, and Conventional presented the lowest material volume loss ($P<.001$). Conventional also presented the lowest increase between 20 000 and 120 000 mastication cycles ($P<.001$).
Flexural modulus (GPa)		
Väyrynen (2016)	Horizontal - 2.0 ± 0.1 (initial) and 1.0 ± 0.1 (after water sorption) Vertical - 2.2 ± 0.1 (initial) and 1.3 ± 0.2 (after water sorption) At 45 degrees - 2.1 ± 0.1 (initial) and 1.1 ± 0.1 (after water sorption) 2.3±0.1 (initial) and 2.3±0.1 (after water sorption)	Water sorption affected the flexural modulus of SLA-manufactured specimens more than that of the Palapress specimens. The results for the flexural modulus were statistically significant concerning different printing direction (horizontal versus vertical $P<.001$, vertical versus 45 degrees $P=.019$, 45 degrees versus horizontal $P=.025$), storage method ($P<.001$) and material ($P<.001$).
Fracture resistance (N)		
Lutz (2018)	Initial - 2286 ± 499 120000 cycles - 2263 ± 450 Initial - 3398 ± 435 120000 cycles - 2766 ± 528 Initial - 2393 ± 451 120000 cycles - 1748 ± 357	Initial fracture resistance was significantly higher in Subtractive than in Conventional and Additive ($P<.001$). After mastication simulation with 120 000 cycles, the highest fracture resistance values were observed for Subtractive, then for Additive, followed by Conventional ($P<.001$). Subtractive and Conventional demonstrated significantly higher initial fracture resistance values than after mastication simulation ($P<.001$), but not Additive ($P=.78$).

4. CONCLUSÕES

Dispositivos oclusais produzidos através da técnica de manufatura aditiva são de confecção mais rápida e mais precisa que os desenvolvidos por técnicas convencionais. Apesar de mais estudos *in vitro* com metodologia padronizada serem necessários os resultados evidenciam que as resinas 3D apresentam

menor resistência ao desgaste, menor resistência a fratura e menor dureza superficial que as resinas acrílicas(PMMA), e apenas com relação a rugosidade superficial ambas apresentaram resultados similares.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM), INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies. ISO/ASTM52900-15 Standard terminology for additive manufacturing - general principles and terminology, 2009. CUEVAZ-SUÁREZ, C.E.; DA ROSA, W.L.O; LUND, R.G.; DA SILVA, A.F.; PIVA, E. Bonding Performance of Universal Adhesives: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*, v. 21, n. 1, p. 7-26, 2019.

PRPIC, V.; SLACANIN, E.; SCHAUPERL, Z.; CATIC, A.; DULCIC, N.; CIMIC, S. A study of the flexural strength and surface hardness of different materials and technologies for occlusal device fabrication. *J Prosthet Dent*, v. 121, n. 6, p. 955-959, 2019.

REICHARDT, G.; MIYAKAWA, Y.; OTSUKA, T.; SATO, S. The mandibular response to occlusal relief using a flat guidance splint. *Int J Stomatol Occlusion Med*, v. 6, p. 134-139, 2013.

REVILLA-LEÓN, M.; ÖZCAN, M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry. *J Prosthodont*, v. 28, n. 2, p. 146-158, 2019.

SEDREZ-PORTO, J.A.; ROSA, W.L.; DA SILVA, A.F.; MÜNCHOW, E.A.; PEREIRA-CENCI, T. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*, v. 52, p. 8-14, 2016.

STANSBURY, J.W.; IDACAVAGE, M.J. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dent Mater*, v. 32, n. 1, p. 54-64, 2016.

BUDURU, S.; TALMACEANU, D.; OANA, B.; BUDURU, R.; SZUHANEK, C.; MESAROS, A. CAD-CAM Occlusal Splints: Milling and Printing Methods. *Rev Chim*, v. 69, n.12, p. 3461-3463, 2018.

HUETTIG, F.; KUSTERMANN, A.; KUSCU, E.; GEIS-GERSTORFER, J.; SPINTZYK, S. Polishability and wear resistance of splint material for oral appliances produced with conventional, subtractive, and additive manufacturing. *J Mech Behav Biomed Mater*, v. 75, p. 175-179, 2017.

VÄYRYNEN, V.O.; TANNER, J.; VALLITTU, P.K. The anisotropicity of the flexural properties of an occlusal device material processed by stereolithography. *J Prosthet Dent*, v. 116, n. 5, p. 811-817, 2016.

LUTZ, A.M.; HAMPE, R.; ROOS, M.; LÜMKEMANN, N.; EICHBERGER, M.; STAWARCZYK, B. Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional-printed occlusal devices. *J Prosthet Dent*, v. 121, n. 1, p. 166-172, 2