

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 01/04/2024.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Hamile Emanuella do Carmo Viotto

**Resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão
3D após diferentes técnicas de reparo imediato**

Araraquara

2022



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Hamile Emanuella do Carmo Viotto

**Resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão
3D após diferentes técnicas de reparo imediato**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Reabilitação Oral

Orientador: Profa. Dra. Ana Carolina Pero

Araraquara

2022

V799r

Viotto, Hamile Emanuella do Carmo

Resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão 3D após diferentes técnicas de reparo imediato / Hamile Emanuella do Carmo Viotto. -- Araraquara, 2022

121 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientadora: Ana Carolina Pero

1. Prótese Dentária. 2. Impressão Tridimensional. 3. Resistência à Flexão. 4. Resinas. 5. Bases de Dentadura. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Hamile Emanuella do Carmo Viotto

**Resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão
3D após diferentes técnicas de reparo imediato**

Comissão julgadora

**Dissertação para obtenção do grau de mestre em Odontologia com área de
concentração em Reabilitação Oral**

Presidente e orientador (a): Profa. Dra. Ana Carolina Pero

Examinador 1: Prof. Dr. João Neudenir Arioli Filho

Examinador 2: Profa. Dra. Andréa Cândido dos Reis

Araraquara, 01 de Abril de 2022.

DADOS CURRICULARES

Hamile Emanuella do Carmo Viotto

NASCIMENTO: 16/04/1997 – Botucatu – São Paulo

FILIAÇÃO: Elizabete Aparecida do Carmo Viotto
Adilson Aparecido Viotto

2015/2019: Curso de graduação na Faculdade de Odontologia de Araraquara- FOAr, UNESP

2020: Curso de Pós-Graduação em Odontologia com área de concentração em Reabilitação Oral, nível mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara-UNESP.

A Deus, por ter me dado saúde, paciência, determinação e discernimento em mais uma etapa da minha vida.

Ao meu pai Adilson Aparecido Viotto, pelo apoio e incentivo incondicional, por ser responsável pela minha formação pessoal e profissional. Agradeço eternamente por tudo que me proporcionou e me proporciona. Obrigada por dividir meus sonhos.

À minha mãe, Elizabete Aparecida do Carmo Viotto, pela sua dedicação, ajuda, determinação e amor. Agradeço eternamente por todos os seus cuidados.

À minha irmã, Joingle Raphaela do Carmo Viotto, por sempre me ouvir, me motivar, incentivar, por nunca me permitir desistir e sempre me levantar nos momentos de dúvida. Você foi amiga, irmã, companheira e confidente.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e minha irmã por sempre estarem presentes.

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Carolina Pero, pela minha formação acadêmica, por abrir oportunidades a mim desde a graduação até a pós-graduação, sempre me motivar e por acreditar em mim. Mais que uma orientadora, se mostrou uma amiga, uma colega de profissão e um exemplo de ser humano. Meus eternos agradecimentos.

Aos professores da disciplina de Prótese Total, Ana Carolina Pero, João N. Arioli Filho, Francisco Mollo Jr., Sérgio Nogueira e Sérgio Russi, pela convivência, ensinamentos e ajuda sempre que necessária.

À Profa. Dra. Silmara Aparecida Milori Corona, por gentilmente ter me recepcionado e permitido utilizar o equipamento de laser na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto-USP.

Ao técnico do laboratório de prótese do Departamento de Odontologia Social Alessandro Carezia, por toda ajuda na metodologia desse trabalho e ensinamentos.

Ao técnico do Laboratório Integrado de Pesquisa de Biocompatibilidade de Materiais da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto-USP, Edson Volta, pela execução da termociclagem dos corpos de prova, permitindo a realização desse trabalho.

À CAPES: o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

E a todos que indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“O corpo não é de mármore. Não é essa a sua finalidade. A sua finalidade é a de proteger, conter, apoiar e atizar o espírito e a alma em seu interior, a de ser um repositório para as recordações, a de nos encher de sensações - ou seja, o supremo alimento da psique. É a de nos elevar e de nos impulsionar, de nos impregnar de sensações para provar que existimos, que estamos aqui [...].”

Clarissa Pinkola Estés*

* Estés CP. Mulheres que correm com os lobos. Rio de Janeiro: Rocco; 1994

Viotto HEC. Resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão 3D após diferentes técnicas de reparo imediato [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

RESUMO

A técnica aditiva de fabricação de próteses removíveis tem ganhado visibilidade na odontologia digital, entretanto pouco se sabe sobre como reparar próteses impressas 3D e a longevidade desse reparo. O objetivo do estudo foi avaliar a resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão 3D após diferentes técnicas de reparo imediato. Foram confeccionados espécimes retangulares nas dimensões 64 mm X 10 mm X 3,3 mm (N=130) da resina para base protética obtida por impressão 3D Cosmos Denture. Os espécimes foram termociclados (5.000 ciclos, 5 °C e 55 °C) antes de receberem o reparo e após as diferentes técnicas de reparos: resina acrílica autopolimerizável Jet (J, n=10); resina para reembasamento Soft Confort dura (SC, n=10); monômero da resina Jet por 180 s + J (MMA+J, n=10); MMA+SC (n=10); jateamento com óxido de alumínio 50 µm + J (JAT+J, n=10); JAT + SC (n=10); aplicação de laser de erbio: yttrium-aluminum-garnet + J (L+J, n=10), L + SC (n=10), JAT + MMA+ J (n=10), JAT + MMA + SC (n=10), L + MMA + J (n=10), L + MMA + SC (n=10). O grupo controle foi estabelecido como espécimes intactos (n=10). O ensaio de flexão de três pontos foi realizado sob uma velocidade de 5 mm/min, para obtenção dos dados de resistência à flexão (MPa). Os dados foram analisados por ANOVA com correção de Welch e pós-teste de Games-Howell com $\alpha=0,05$. Os tipos de falha foram classificados como adesiva, coesiva ou mista a partir de imagens obtidas em estereomicroscópio; os tratamentos de superfície dos espécimes foram analisados por meio de imagens obtidas em microscópio eletrônico de varredura (MEV). A maior média e desvio-padrão foi observada no grupo controle, o qual foi estatisticamente diferente em comparação aos outros grupos (36,77±6,44 MPa, $p<0,001$). O grupo MMA+J teve a segunda maior média de resistência à flexão (15,53±3,41 MPa), e os outros grupos com tratamento com laser foram estatisticamente semelhantes ao grupo MMA ($p>0,05$). O tratamento JAT+J foi melhor que o grupo SC e o JAT+SC ($p<0,05$), porém não houve diferença com os outros grupos ($p>0,05$). Os grupos com jateamento apresentaram um maior número de falhas adesivas principalmente quando reparados com SC, os tratamentos com MMA e com L mostraram mais falhas coesivas e mistas. As imagens de MEV mostraram as alterações na superfície provocadas pelos tratamentos, sendo que os grupos que apresentaram alterações visualmente visíveis foram os grupos MMA, L, JAT+MMA e L+MMA. Foi possível concluir que nenhum dos grupos atingiu a resistência à flexão do grupo controle, seguido pelos grupos MMA+J e JAT+MMA+J. O jateamento prejudicou a adesão da SC, sendo que esta resina apresentou os menores valores de resistência à flexão quando utilizada como material de reparo. Os piores resultados foram vistos nos grupos SC e JAT+SC.

Palavras-chave: Prótese Dentária. Impressão Tridimensional. Resistência à Flexão. Resinas. Bases de Dentadura.

Viotto HEC. Flexural strength of a 3D printed denture base resin after different immediate repair techniques. [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

ABSTRACT

The additive technique of manufacturing removable dentures has gained visibility in digital dentistry, however little is known about how to repair 3D printed dentures and the longevity of this repair. The aim of the study was to evaluate the flexural strength of a denture base resin obtained by 3D printing after different immediate repair techniques. Rectangular specimens of the denture base resin for 3D printing, Cosmos Denture, were made in the dimensions 64 mm X 10 mm X 3,3 mm (N=130). The specimens were thermocycled (5.000 cycles, 5 °C and 55 °C) before receiving the repair and after the different repair techniques: self-curing acrylic resin Jet (J, n=10); hard resin for reline Soft Confort (SC, n=10); Jet resin monomer for 180 s + J (MMA+J, n=10); MMA+SC (n=10); sandblasting with aluminum oxide 50 µm + J (JAT+J, n=10); JAT + SC (n=10); laser application erbium: yttrium-aluminum-garnet + J (L+J, n=10), L + SC (n=10), JAT + MMA+ J (n=10), JAT + MMA + SC (n= 10), L + MMA + J (n=10), L + MMA + SC (n=10). The control group was established as intact specimens (n=10). The three-point bending test was performed at a cross-head speed of 5 mm/min, to obtain data of flexural strength (MPa). Data were analyzed by ANOVA with Welch correction and Games-Howell post-hoc with $\alpha=0,05$. The types of failure were classified as adhesive, cohesive or mixed from images obtained with a stereomicroscope; the surface treatments of the specimens were analyzed by means of images obtained in a scanning electron microscope (SEM). The highest mean and standard deviation was observed in the control group, which was statistically different compared to the other groups ($36,77\pm6,44$ MPa, $p<0,001$). The MMA+J group had the second highest mean flexural strength ($15,53\pm3,41$ MPa), and the other laser treatment groups were statistically similar to the MMA group ($p>0,05$). The JAT+J treatment was better than the SC and JAT+SC groups ($p<0,05$), but there was no difference with the other groups ($p>0,05$). The sandblasting groups showed a greater number of adhesive failures, especially when repaired with SC, the MMA and L treatments showed more cohesive and mixed failures. The SEM images showed the surface changes caused by the treatments, and the groups that showed visually visible changes were the MMA, L, JAT+MMA and L+MMA groups. It was possible to conclude that none of the groups reached the flexural strength of the control group, followed by the MMA+J and JAT+MMA+J groups. The blasting impaired the adhesion of SC, and this resin presented the lowest values of flexural strength when used as a repair material. The worst results were seen in the SC and JAT+SC groups.

Keywords: Dental Prosthesis. Printing, Three-Dimensional. Flexural Strength. Resins. Denture Bases.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROPOSIÇÃO	12
3 REVISÃO DA LITERATURA	13
4 MATERIAL E MÉTODO	72
4.1 Método.....	73
4.1.1 Obtenção dos corpos de prova.....	73
4.1.2 Acabamento dos corpos de prova.....	78
4.1.3 Termociclagem prévia.....	78
4.1.4 Técnicas de reparo.....	79
4.1.5 Termociclagem	85
4.1.6 Análise da resistência à flexão	85
4.1.7 Análise do tipo de falha	86
4.1.8 Análise do tratamento de superfície.....	86
4.2 Planejamento Estatístico	87
4.3 Estatística Prévia.....	88
4.3.1 Estatística descritiva.....	88
4.3.2 Teste de normalidade.....	88
4.3.3 Teste de homocedasticidade	89
5 RESULTADO	90
5.1 Ensaio de Resistência à Flexão	90
5.2 Análise do Tipo de Falha	93
5.3 Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura.....	96
6 DISCUSSÃO	99
7 CONCLUSÃO	105
REFERÊNCIAS.....	106

APÊNDICE A112
APÊNDICE B114
APÊNDICE C115
APÊNDICE D116
APÊNDICE E120
ANEXO A121

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia digital, novos métodos de confecção de próteses removíveis através da fabricação subtrativa (fresagem) e fabricação aditiva (impressão 3D) impactaram a odontologia principalmente nas áreas de prótese dentária e odontologia restauradora¹. Estes métodos de confecção digitais consistem, na grande maioria das vezes, em apenas duas etapas clínicas: em uma primeira consulta são coletados dados sobre moldagens, relações maxilo-mandibulares e seleção de dentes; e a segunda consulta para instalação e ajustes². Além da eliminação de alguns passos clínicos, apresentam benefícios de custos, hora clínica, arquivamento digital dos dados da prótese, eliminação de problemas relacionados a moldagens convencionais, maior conforto ao paciente, avaliação e ajustes prévios das imagens digitalizadas e melhor selamento marginal, em relação as próteses convencionais¹.

Muitos estudos compararam a técnica de fabricação digital subtrativa (fresagem) de próteses removíveis à técnica convencional com PMMA quanto a retenção³, adaptação^{4,5}, adesividade a resinas reembasadoras⁶, precisão das bases⁷, resistência à flexão^{8,9}, dureza⁸, conteúdo de monômero residual⁸, rugosidade superficial¹⁰, colonização por *Candida albicans*¹¹. No entanto, poucos são os estudos que avaliaram, até o momento, as propriedades relacionadas à técnica de fabricação digital aditiva (impressão 3D) de próteses removíveis¹²⁻¹⁴.

No estudo de Alghazzawi¹, foram destacadas inúmeras vantagens relacionadas à técnica de fabricação digital aditiva de próteses removíveis, como: reprodução mais detalhada; mais econômica que a técnica da fresagem; maior produção em massa (maior número de unidades); consegue produzir objetos maiores (exemplo: prótese facial); melhor produção passiva (sem aplicação de força); pode reproduzir formas complexas sem exigir ferramenta de corte especial; opções de geometria ilimitadas; mais rápida que a técnica da fresagem e imprime exatamente como projetado sem desperdício¹.

As bases protéticas estão constantemente sujeitas a cargas repetidas durante a mastigação, além de estarem também sujeitas a quedas durante seu manuseio, em especial porque os usuários destas próteses são na grande maioria indivíduos idosos com baixa destreza manual¹⁵. Ainda, os materiais utilizados para confecção de bases protéticas estão sujeitos à biodegradação em ambiente bucal devido a fatores como:

hidrólise e enzimas salivares, estresse mecânico por mudanças térmicas e químicas da dieta alimentar¹⁶.

Devido a esses fatores, as fraturas das bases protéticas podem ocorrer, e técnicas de reparo adequadas devem ser empregadas para garantir o bem-estar dos pacientes. As técnicas de reparo devem ser, idealmente, de fácil execução, baixo custo e devem garantir boa resistência mecânica à prótese reparada.

Diversos estudos demonstram que bases protéticas confeccionadas com resinas convencionais a base de poli (metil) metacrilato (PMMA) podem ser reparadas por meio de técnicas simples executadas no próprio consultório odontológico pelo cirurgião-dentista, utilizando-se principalmente resinas acrílicas autopolimerizáveis¹⁷⁻²⁴. A literatura também relata o uso de resina rígida para reembasamento autopolimerizável em áreas de reparo¹⁸, associado a tratamentos de superfície a fim de melhorar suas propriedades de união²⁵. Dentre as técnicas mais relatadas estão tratamentos de superfície químicos, como o condicionamento com metacrilato de metila^{19-21,26-29}, acetona^{17,19,26,30}, clorofórmio^{18,31}, acetato de etila³² e tratamentos mecânicos, como a asperização da superfície por meio de abrasão com lixas^{20,28}, partículas de óxido de alumínio Al_2O_3 ^{18,24,29,33,34}, ou o tratamento da superfície com laser de alta potência^{24,33-35}. Técnicas de reparo com materiais de reforço também são utilizadas como por exemplo, reforço com fibra de vidro³⁶⁻³⁹, reforço a partir de fontes renováveis como a cristais de celulose⁴⁰ e recentemente a incorporação de nanocompósitos^{29,41-43}.

Considerando a problemática da fadiga mecânica relacionada com a mastigação e possíveis quedas das peças protéticas, além da fadiga térmica provocada pelas alterações de temperatura no ambiente bucal, apenas o trabalho de Li et al.⁴⁴, publicado em 2021 relatou sobre a utilização de técnicas de reparo para próteses obtidas por impressão 3D, no qual foi avaliada a capacidade de reparo de uma resina para impressão 3D de próteses através do teste de resistência ao cisalhamento. Ainda assim, existe a necessidade de explorar as propriedades mecânicas dos materiais utilizados na técnica aditiva de confecção de próteses removíveis e suas possibilidades de reparo em pesquisa, de acordo com estudo recente¹³, para estabelecer maiores comprovações científicas.

Essa pesquisa trará como benefício, dentro de suas limitações de um estudo in vitro, a identificação de uma possível técnica que permita o reparo de uma resina para base protética obtida por impressão 3D, submetida ao envelhecimento térmico e

a resistência mecânica desse material. Como consequência, os resultados dessa pesquisa têm potencial para agregar conhecimento técnico ao cirurgião-dentista, otimizando sua prática clínica, e para garantir a satisfação e o bem-estar dos seus pacientes usuários de próteses removíveis. A hipótese conceitual do estudo é “se é possível reparar uma resina para base de prótese impressa 3D, com os métodos citados na literatura”, já a hipótese estatística é “Qual é a resistência à flexão de uma resina para base protética obtida por impressão 3D, após diferentes técnicas de reparo?”. A hipótese nula do estudo é que não haverá diferença entre a resistência à flexão da resina intacta e a resistência à flexão dos grupos reparados com diferentes tratamentos de superfície.

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo foi possível concluir que:

1. Nenhum tipo de reparo testado foi capaz de atingir a resistência à flexão da resina 3D intacta do grupo controle;
2. O grupo MMA+J apresentou a maior média e desvio-padrão de resistência à flexão quando comparado aos outros grupos de tratamento, o grupo JAT+MMA+J foi o segundo grupo de reparo com a maior média e desvio-padrão de resistência à flexão. Os grupos J, SC, JAT+SC, JAT+MMA+SC mostraram uma resistência à flexão estatisticamente menor que o grupo MMA+J, os demais foram semelhantes a esse grupo.
3. O reparo com a resina Soft Confort dura não apresentou bons resultados de resistência à flexão quando utilizada como material de reparo principalmente nos grupos SC, JAT+SC.
4. O jateamento da superfície com óxido de alumínio não melhorou a união entre resina de base e resina de reparo, mostrando maior porcentagem de falhas adesivas quando associado com o reparo feito com a resina Soft Confort dura.

REFERÊNCIAS*

1. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res.* 2016 Apr; 60(2): 72–84.
2. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent.* 2013 Jun; 109(6): 361–6.
3. AlHelal A, AlRumaih HS, Kattadiyil MT, Baba NZ, Goodacre CJ. Comparison of retention between maxillary milled and conventional denture bases: a clinical study. *J Prosthet Dent.* 2017 Feb; 117(2): 233–8.
4. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2016 Aug; 116(2): 249–56.
5. McLaughlin JB, Ramos VJ, Dickinson DP. Comparison of Fit of Dentures Fabricated by Traditional Techniques Versus CAD/CAM Technology. *J Prosthodont.* 2019 Apr; 28(4): 428–35.
6. Choi JE, Ng TE, Leong CKY, Kim H, Li P, Waddell JN. Adhesive evaluation of three types of resilient denture liners bonded to heat-polymerized, autopolymerized, or CAD-CAM acrylic resin denture bases. *J Prosthet Dent.* 2018 Nov; 120(5): 699–705.
7. Lee S, Hong S-J, Paek J, Pae A, Kwon K-R, Noh K. Comparing accuracy of denture bases fabricated by injection molding, CAD/CAM milling, and rapid prototyping method. *J Adv Prosthodont.* 2019 Feb; 11(1): 55–64.
8. Ayman A-D. The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. *Electron physician.* 2017 Jul; 9(7): 4766–72.
9. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ. A Comparison of the Flexural and Impact Strengths and Flexural Modulus of CAD/CAM and Conventional Heat-Cured Polymethyl Methacrylate (PMMA). *J Prosthodont.* 2020 Jun; 29(4): 341-349.
10. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Ozcan M. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont.* 2019 Apr; 28(4): 452–7.
11. Al-Fouzan AF, Al-Mejrad LA, Albarrag AM. Adherence of *Candida* to complete denture surfaces in vitro: A comparison of conventional and CAD/CAM complete dentures. *J Adv Prosthodont.* 2017 Oct; 9(5): 402–8.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

12. Tasaka A, Matsunaga S, Odaka K, Ishizaki K, Ueda T, Abe S et al. Accuracy and retention of denture base fabricated by heat curing and additive manufacturing. *J Prosthodont Res.* 2019 Jan; 63(1): 85–9.
13. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Muller F, Srinivasan M. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent.* 2019 Apr; 121(4): 637–43.
14. Prpić V, Schauperl Z, Ćatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of Mechanical Properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and Conventional Denture Base Materials. *J Prosthodont.* 2020 Apr.
15. da Veiga Pessoa DM, Roncalli AG, de Lima KC. Economic and sociodemographic inequalities in complete denture need among older Brazilian adults: a cross-sectional population-based study. *BMC Oral Health.* 2016 Jul; 17(1): 5.
16. Bettencourt AF, Neves CB, de Almeida MS, Pinheiro LM, Oliveira SA e, Lopes LP, et al. Biodegradation of acrylic based resins: A review. *Dent Mater.* 2010 May; 26(5): 171-80.
17. Rached RN, Powers JM., Del Bel Cury AA. Repair strength of autopolymerizing, microwave, and conventional heat-polymerized acrylic resins. *J Prosthet Dent.* 2004 Jul; 92(1): 79-82.
18. Minami H., Suzuki S, Minesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent.* 2004 Feb; 91(2): 164–170.
19. Bural C, Bayraktar G, Aydin I, Yusufoglu İ, Uyumaz N, Hanzade M. Flexural properties of repaired heat-polymerising acrylic resin after wetting with monomer and acetone. *Gerodontology.* 2010 Sep; 27(3): 217–223.
20. Pereira R de P, Delfino CS, Butignon LE, Vaz MAK, Arioli-Filho JN. Influence of surface treatments on the flexural strength of denture base repair. *Gerodontology.* 2012 Jun; 29(2): 234–238.
21. Thunyakitpisal N, Thunyakitpisal P, Wiwatwarapan C. The Effect of Chemical Surface Treatments on the Flexural Strength of Repaired Acrylic Denture Base Resin. *J Prosthodont.* 2011 Apr; 20(3): 195–199.
22. Arioli Filho JN, Butignon LE, Pereira R de P, Lucas MG, Mollo Junior F de A. Flexural strength of acrylic resin repairs processed by different methods: water bath, microwave energy and chemical polymerization. *J Appl Oral Sci.* 2011 May; 19(3): 249–253.
23. Cilingir A, Bilhan H, Geckili O, Sulun T, Bozdog E, Sunbuloglu E. In vitro comparison of two different materials for the repair of 107olymeri dimethacrylate denture bases. *J Adv Prosthodont.* 2013 Nov; 5(4): 396-401.

24. Alkurt M, Yeşil Duymuş Z, Gundogdu M. Effect of repair resin type and surface treatment on the repair strength of heat-polymerized denture base resin. *J Prosthet Dent*. 2014 Jan; 111(1): 71–78.
25. Ozdemir H, Ozdogan A. Bond strength of resilient lining materials to denture base resin: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont*. 2018 Jun; 27: 828-841.
26. Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured one: bond strength and surface texture. *J Oral Rehabil*. 2001 Apr; 28(4): 370–375.
27. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. *J Prosthet Dent*. 1994 Dec; 72(6): 639–643.
28. Tamore SH, Jyothi KS, Muttagi S, Gaikwad AM. Flexural Strength of Surface-Treated Heat-Polymerized Acrylic Resin after Repair with Aluminum Oxide-Reinforced Autopolymerizing Acrylic Resin. *Contemp Clin Dent*. 2018 Sep; 9(22): 347-353.
29. Qaw MS, Abushowmi TH, Almaskin DF, AlZaher ZA, Gad MM, Al-Harbi FA, Abualsaud R, Ammar MM. A Novel Approach to Improve Repair Bond Strength of Repaired Acrylic Resin: An in Vitro Study on the Shear Bond Strength. *J Prosthodont*. 2020 Apr; 29(4): 323-333.
30. Yadav NS, Khare S, Mishra SK, Vyas R, Mahajan H, Chitumalla R. In-vitro Evaluation of Transverse Strength of Repaired Heat Cured Denture Base Resins without Surface Treatment and with Chemical and Mechanical Surface Treatment. *J Int Oral Health*. 2015 Aug; 7(8): 89-92.
31. Leles CR., Machado AL, Vergani CE, Giampaolo ET, Pavarina AC. Bonding strength between a hard chairside reline resin and a denture base material as influenced by surface treatment. *J Oral Rehabil*. 2001 Dec; 28(12): 1153–1157.
32. Shimizu H, Ikuyama T, Hayakawa E, Tsue F, Takahashi Y. Effect of surface preparation using ethyl acetate on the repair strength of denture base resin. *Acta Odontol Scand* 2006 Jun; 64: 159-63.
33. Jacobsen NL, Mitchell DL, Johnson DL, Holt RA. Lased and sandblasted denture base surface preparations affecting resilient liner bonding. *J Prosthet Dent*. 1997 Aug; 78(2): 153–158.
34. Gundogdu M, Yesil Duymus Z, Alkurt M. Effect of surface treatments on the bond strength of soft denture lining materials to an acrylic resin denture base. *J Prosthet Dent*. 2014 Oct; 112(4): 964–71.
35. Akin H, Tugut F, Guney U, Akar T. Shear bond strength of denture teeth to two chemically different denture base resins after various surface treatments. *J Prosthodont*. 2013 Apr; 23: 152-156.

36. Golbidi F, Pozveh MA. Flexural Strength of Polymethyl Methacrylate Repaired with Fiberglass. *J Dent (Tehran)*. 2017 Jul; 14(4): 231-236.
37. Kumar V, Kumar L, Sehgal K, Datta K, Pal B. A Comparative Evaluation of Effect of Reinforced Autopolymerizing Resin on the Flexural Strength of Repaired Heat-polymerized Denture Base Resin before and after Thermocycling. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2017 Oct; 7(2): 99-106.
38. Yoshida K, Takahashi Y, Hamanaka I, Kawaguchi T, Sasaki H, Shimizu H. Reinforcing effect of glass fiber-reinforced composite reinforcement on flexural strength at proportional limit of a repaired denture base resin. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2015 Oct; 1(2-4): 81-85.
39. Shanoj RP, Razak PA, Kumar KN, Francis J, Ashok K, Sameer KK. Comparative Evaluation of the Strength of Denture Base Resin repaired with Glass Fiber-reinforced Acrylic Resin: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*. 2018 Jul; 19(7): 792-798.
40. Rahaman Ali AAA, John J, Mani SA, El-Seedi HR. Effect of Thermal Cycling on Flexural Properties of Microcrystalline Cellulose-Reinforced Denture Base Acrylic Resins. *J Prosthodont*. 2020 Aug; 29(7): 611-616.
41. Gad MM, Rahoma A, Abualsaud R, Al-Thobity AM, Akhtar S, Siddiqui IA, Al-Harbi FA. Influence of artificial aging and ZrO₂ nanoparticle-reinforced repair resin on the denture repair strength. *J Clin Exp Dent*. 2020 Apr; 12(4): 354-362.
42. Gad MM, Rahoma A, Abualsaud R, Al-Thobity AM, Akhtar S, Helal MA, Al-Harbi FA. Impact of different surface treatments and repair material reinforcement on the flexural strength of repaired PMMA denture base material. *Dent Mater J*. 2020 Feb 21.
43. Gad MM, Rahoma A, Al-Thobity AM, ArRejaie AS. Influence of incorporation of ZrO₂ nanoparticles on the repair strength of polymethyl methacrylate denture bases. *Int J Nanomedicine*. 2016 Oct; 11: 5633-5643.
44. Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Feb; 114: 104227.
45. Harrison WM, Stansbury BE. The effect of joint surface contours on the transverse strength of repaired acrylic resin. *J Prosthet Dent*. 1970 Apr; 23(4): 464-72.
46. Chitchumnong P, Brooks SC, Stafford GD. Comparison of three- and four-point flexural strength testing of denture-base polymers. *Dent Mater*. 1989 Jan; 5(1): 2-5.
47. Andreopoulos AG, Polyzois GL. Repair of denture base resins using visible light-cured materials. *J Prosthet Dent*. 1994 Nov; 72(5): 462-8.

48. Kim JY, Pfeiffer P, Niedermeier W. Effect of laboratory procedures and thermocycling on the shear bond strength of resin-metal bonding systems. *J Prosthet Dent*. 2003 Aug; 90(2): 184-9.
49. Kulak-Ozkan Y, Sertgoz A, Gedik H. Effect of thermocycling on tensile bond strength of six silicone-based, resilient denture liners. *J Prosthet Dent*. 2003 Mar; 89(3): 303-10.
50. Pinto JR, Mesquita MF, Nóbilo MA, Henriques GE. Evaluation of varying amounts of thermal cycling on bond strength and permanent deformation of two resilient denture liners. *J Prosthet Dent*. 2004 Sep; 92(3): 288-93.
51. Kim SH, Watts DC. The effect of reinforcement with woven E-glass fibers on the impact strength of complete dentures fabricated with high-impact acrylic resin. *J Prosthet Dent*. 2004 Mar; 91(3): 274-80.
52. Seó RS, Neppelenbroek KH, Filho JN. Factors affecting the strength of denture repairs. *J Prosthodont*. 2007 Jul-Aug; 16(4): 302-10.
53. Barbosa DB, Monteiro DR., Barão VAR, Pero AC, Compagnoni MA. Effect of monomer treatment and polymerization methods on the bond strength of resin teeth to denture base material. *Gerodontology*. 2009 Sep; 26(3): 225–231.
54. Marra J, de Souza RF, Barbosa DB, Pero AC, Compagnoni MA. Evaluation of the bond strength of denture base resins to acrylic resin teeth: effect of thermocycling. *J Prosthodont*. 2009 Jul; 18(5): 438-43.
55. Paleari AG, Marra J, Pero AC, Rodriguez LS, Ruvolo-Filho A, Compagnoni MA. Effect of incorporation of 2-tert-butylaminoethyl methacrylate on flexural strength of a denture base acrylic resin. *J Appl Oral Sci*. 2011 May-Jun; 19(3): 195-9.
56. Polyzois GL, Lagouvardos PE, Frangou MJ. Flexural and bond strengths of relined denture polymers assessed by four-point bending tests and Weibull analysis. *Gerodontology*. 2012 Jun; 29(2): 543-52.
57. Goiato MC, Dos Santos DM, Baptista GT, Moreno A, Andreotti AM, Dekon SF. Effect of thermal cycling and disinfection on microhardness of acrylic resin denture base. *J Med Eng Technol*. 2013 Apr; 37(3): 203-7.
58. Silva Cde S, Machado AL, Chaves Cde A, Pavarina AC, Vergani CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing relined resins. *J Appl Oral Sci*. 2013; 21(3): 219-24.
59. Sasaki H, Hamanaka I, Takahashi Y, Kawaguchi T. Effect of Reinforcement on the Flexural Properties of Injection-Molded Thermoplastic Denture Base Resins. *J Prosthodont*. 2017 Jun; 26(4):302–8.
60. Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *Int J Prosthodont*. 2017 September/October; 30(5): 474–484.

61. Sari F, Ustun O, Kirmali O. Efficacy of various pretreatments on the bond strength of denture teeth to denture base resins. *Photomed Laser Surg.* 2018; 36(4): 214-220.
62. Alp G, Murat S, Yilmaz B. Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. *J Prosthodont.* 2019 Feb; 28(2): 491-495.
63. Choi JJE, Uy CE, Plaksina P, Ramani RS, Ganjigatti R, Waddell JN. Bond Strength of Denture Teeth to Heat-Cured, CAD-CAM and 3D Printed Denture Acrylics. *J Prosthodont.* 2019 Nov 7.
64. Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Additive Manufacturing Techniques in Prosthodontics: Where Do We Currently Stand? A Critical Review. *Int J Prosthodont.* 2017 September/October; 30(5): 474–484.
65. Gad MM, Rahoma A, Abualsaud R, Al-Thobity AM, Fouda SM. Effect of Repair Gap Width on the Strength of Denture Repair: An In Vitro Comparative Study. *J Prosthodont.* 2019 Jul; 28(6): 684-691.
66. Shim JS, Kim JE, Jeong SH, Choi YJ, Ryu JJ. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. *J Prosthet Dent.* 2020 Oct; 124(4): 468-475.
67. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Mar; 32(2): 171-181.
68. Wang C, Shi YF, Xie PJ, Wu JH. Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.* 2021 Feb; 125(2): 249-256.
69. Kraemer Fernandez P, Unkovskiy A, Benkendorff V, Klink A, Spintzyk S. Surface Characteristics of Milled and 3D Printed Denture Base Materials Following Polishing and Coating: An In-Vitro Study. *Materials (Basel).* 2020 Jul 24; 13(15): 3305.
70. Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Soeda Y, Katheng A, Otake R, Minakuchi S. Effect of Printing Direction on the Accuracy of 3D-Printed Dentures Using Stereolithography Technology. *Materials (Basel).* 2020 Aug 2; 13(15): 3405.
71. Choi JJE, Ramani RS, Ganjigatti R, Uy CE, Plaksina P, Waddell JN. Adhesion of Denture Characterizing Composites to Heat-Cured, CAD/CAM and 3D Printed Denture Base Resins. *J Prosthodont.* 2021 Jan; 30(1): 83-90.
72. AlQahtani M, Haralur SB. Influence of Different Repair Acrylic Resin and Thermocycling on the Flexural Strength of Denture Base Resin. *Medicina (Kaunas).* 2020 Jan; 56(2): 50.
73. International Organization for Standardization. ISO 1567: denture base polymers. 2nd ed. Geneva: The Organization; 1998.