



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARAÇATUBA

GABRIELE MAURÍCIO DE CERQUEIRA

**Placa estabilizadora impressa:
revisão de literatura**



**Araçatuba - SP
2020**

GABRIELE MAURÍCIO DE CERQUEIRA

Placa estabilizadora impressa:

revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Odontologia
de Araçatuba da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” –
UNESP, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. José Vitor Quinelli
Mazaro

Coorientadora: Profa. Dra. Adriana
Cristina Zavanelli

**Araçatuba - SP
2020**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Magda Maurício de Cerqueira e Sérgio Henrique de Cerqueira,

Agradeço por todo o suporte nesses anos de graduação, pelo investimento da minha educação que sempre foi a prioridade e é o bem mais precioso que guiará minha vida.

As minha salvadoras,

Serei eternamente grata à Márcia Viudes por todo o trabalho e amor com que cuidou de mim em todos os anos de terapia. Você não é apenas uma excelente profissional, mas uma pessoa incrível sem a qual eu provavelmente não estaria aqui hoje, obrigada não só por me salvar, mas por me ensinar a manter a minha saúde mental, obrigada por tanto. Agradeço também à Mayra Fernanda, Marcella Januzzi e Sandra Alencar por literalmente me salvarem, eu nunca me esquecerei do que fizeram por mim, todo o meu amor, carinho e gratidão à vocês.

As minhas irmãs,

Agradeço a minha irmãzinha Mariana por me mostrar todos os dias o que é o amor de verdade, por ser meu ponto de paz no mundo, por todo o incentivo inocente que me dá, não importa quantos anos você tenha, vai sempre ser minha pequena. E às irmãs que a vida me deu, Michelle Kuhn e Letícia Rezende, eu agradeço por absolutamente tudo, vocês são a prova de que família não é apenas consanguínea, obrigada por existirem e fazerem parte da minha vida, ela é muito melhor com vocês.

Aos meus amigos,

Sou grata pelas minhas eternas vizinhas Amanda Miyuki e Gabriela Ramos, pela minha parceira para tudo Bárbara Paula e meus amigos Érika Tamy, Larissa Vendrami, Gustavo Eiti, Italo Raphael e Victória Glaeser por todos os momentos que passamos, todo o apoio, conselhos e risadas, vocês são inesquecíveis. Ao Danilo Amorim agradeço por ter entrado na minha vida em uma fase tão delicada, pela

cumplicidade todos esses anos e por tudo de bom que sua amizade trouxe para a minha vida. Obrigada à todos os meus amigos, que mesmo não citados aqui, fizeram parte dessa trajetória comigo e de uma maneira e têm um lugar guardado no meu coração.

A minha orientadora Adriana Zavanelli,

Obrigada por acreditar em mim, por todo o incentivo que sempre me dá e por tantas oportunidades, especialmente a de poder realizar este trabalho. Agradeço pelo precioso conhecimento que adquiri ao longos desses anos e pela humanidade com que exerce sua profissão, mas principalmente, sou grata pela inspiração que você representa na minha vida, o universo tem propósitos para cada um de nós e você entrou na minha vida em um momento crucial e me ajudou a encontrar meu caminho, para sempre obrigada.

Ao meu orientador Otávio Neto,

Obrigada por toda a ajuda, apoio para a criação deste trabalho e aprendizado que me proporcionou. Agradeço pela paciência, por tantas explicações, pelo cuidado e por estar sempre presente quando eu precisava, você já é um professor incrível.

Ao meu orientador José Vitor Quinelli Mazaro,

Agradeço não só por todo o apoio com este trabalho, mas também pelo imenso conhecimento que o senhor partilhou em sala de sala e clínica, não apenas à mim, mas à todos os seus alunos, sem dúvidas o senhor foi essencial na minha graduação.

Aos meus cachorros Edward e Yasmin,

Os maiores significados do que amor incondicional pode ser, eu amo vocês com a minha vida.

A todos os docentes e funcionários,

Agradeço à todos os meus professores pelo conhecimento passado por cada um que me permitiu uma formação tão rica e completa e agradeço à todos os funcionários da FOA, sem os quais essa instituição não seria a mesma.

Por fim, agradeço à Deus,

Por mais difíceis que as coisas fiquem, o Universo sempre vibra amor e esperança para aqueles que emitem esses sentimentos, por isso agradeço a esse imensurável amor de Deus e desejo todos os dias pela empatia e, sobretudo, o respeito entre todos os seres vivos, à cada animal presente nessa Terra, independente da sua espécie. Minha luta sempre será em favor das minorias e dos que não tem voz, pela igualdade e pelo respeito. V

"Seja a mudança que você quer ver no mundo"

Mahatma Gandhi

CERQUEIRA, G. M. **Placa estabilizadora impressa**: revisão de literatura. 2020. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2020.

RESUMO

As disfunções temporomandibulares (DTMs) e as atividades parafuncionais possuem etiologia inexistente e seus tratamentos são normalmente conservativos e multidisciplinares, sendo as placas estabilizadoras uma alternativa. Nos últimos anos com o avanço da tecnologia computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) foi possível otimizar o tratamento desses dispositivos. O sistema CAD/CAM trabalha através de uma imagem convertida em arquivo digital no formato .STL que é processada por softwares específicos e oferece dois caminhos de confecção. No método de fabricação por subtração, as placas são esculpidas por máquinas fresadoras a partir de blocos de resina pré-fabricados, enquanto que no método por adição, são construídas a partir de resinas líquidas fotopolimerizáveis por impressoras 3D. O objetivo desse trabalho foi apresentar uma revisão de literatura a respeito da aplicação do método de confecção por adição na fabricação de placas estabilizadoras em comparação ao método de confecção convencional com resinas acrílicas. Para isso foram consultadas as bases de dados PubMed e Google Acadêmico, utilizando como critério de inclusão artigos e livros (nacionais e internacionais) publicados entre os anos de 2010 e 2020. Dos 1997 resultados encontrados, foram utilizados 39 artigos e 01 livro, sendo excluídos os materiais com ênfases na técnica de subtração e outras áreas que não se encaixavam na intersecção entre dispositivos interoclusais (DIOs) e impressão 3D. Foram encontradas diferenças nas propriedades das resinas acrílicas em comparação as resinas fotopolimerizáveis impressas, como também inúmeras vantagens e desvantagens a respeito do fluxo digital em relação ao tratamento convencional analógico. Constatou-se que as resinas fotopolimerizáveis por impressoras 3D são alternativas viáveis para confecção de placas estabilizadoras no tratamento de DTMs e atividades parafuncionais, no entanto se faz importante a realização de mais estudos a respeito das propriedades mecânicas desses materiais devido as divergências de resultados presentes na literatura.

Palavras-chave: Placa estabilizadora. Placa oclusal. Impressão 3D.

CERQUEIRA, G. M. **Printed stabilization splint: literature review.** 2020. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2020.

ABSTRACT

Temporomandibular disorders (TMDs) and parafunctional activities don't have an exact etiology and treatments are commonly conservative and multidisciplinary, with the stabilization splint being an alternative. Over the last years, with the advancement of computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) technology, it has been possible to optimize the treatment of these devices. The CAD/CAM system works through an image converted into a digital file in the .STL format that is processed by a specific software and offers two ways of manufacturing. In the subtractive manufacturing method, the splint are sculpted by a milling machine from pre-fabricated resin blocks, while in the additive manufacturing, they are constructed from light-curing liquid resins by 3D printers machines. The objective of this study was to present a literature review regarding the application of the additive manufacturing method in the manufacture of stabilization splints in comparison to the conventional method with acrylic resins. For this purpose, the PubMed and Google Scholar databases were consulted, using articles and books (national and international) published between 2010 and 2020 as the inclusion criteria. 1997 results were found, 39 articles and 01 book were used, being excluded materials that the emphasis was on subtraction technique and other areas that did not fit at the intersection between interocclusal appliance and 3D printing. Differences were found in the properties of acrylic resins compared to light-curing printed resins, as well as numerous advantages and disadvantages regarding the digital flow over conventional analog treatment. It was concluded that light-curing resins for 3D printers are viable alternatives for manufacture of stabilizing splints in the treatment of TMDs and parafunctional activities, however it is necessary further studies regarding the mechanical properties of these materials due to the divergence of results present in the literature.

Keywords: Stabilization splint. Occlusal Splint. 3D printing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Placa estabilizadora impressa em impressora 3D LCD	16
FIGURA 2 -	Impressora LCD. A: plataforma de impressão. B: tanque/reservatório de resina. C: tela de comando frontal. D: elevador do eixo Z	16
FIGURA 3 -	Passa-a-passo do desenho digital. A: alinhamento dos modelos inferior e superior de acordo com o registro. B: montagem no articulador virtual. C: delineamento e definição das propriedades de espessura. D: modelagem virtual. E: ajuste oclusal. F: finalização	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Comparação entre as técnicas de confecção	17
TABELA 2 -	Comparação entre os materiais de confecção	25

LISTA DE ABREVIATURAS

AAOP	American Academy of Orofacial Pain
ATM	Articulação temporomandibular
CAD/CAM	Computer aided design/computer aided manufacturing
DC/TMD	Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders
DDcR	Deslocamento de disco com redução
DIOs	Dispositivos interoclusais
DLP	Digital light processing
DTM	Disfunções temporomandibulares
LCD	Liquid crystal display
SLA	Stereolithography
SNC	Sistema nervoso central

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROPOSIÇÃO	18
3 METODOLOGIA	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Segundo a American Academy of Orofacial Pain (AAOP), as disfunções temporomandibulares (DTMs) são definidas como "um conjunto de problemas clínicos que envolvem a musculatura mastigatória e/ou a articulação temporomandibular (ATM) e estruturas associadas".¹ A incidência média na população geral é de aproximadamente 10%,¹ sendo mais prevalente em pessoas entre aproximadamente 20 à 40 anos de idade e acometendo mais o gênero feminino a partir dos 12-13 anos na proporção de 2 à 6 mulheres para cada homem.²⁻⁵

Os sinais e sintomas podem incluir estalidos na ATM, dores de cabeça, de ouvido, musculares, nos dentes e na mandíbula, deslocamento do disco articular e restrição dos movimentos mandibulares com a possibilidade de travamento⁶. A intensidade dessas ocorrências são variadas, podendo ser desde pequenos incômodos à dores crônicas que perduram por meses e até anos.²

Considerada uma patologia multifatorial, não existe uma única etiologia que explique surgimento das DTMs, mas sim um grupo de fatores desencadeadores aos quais está associada.^{2,3} As DTMs articulares podem ser decorrentes de traumas mecânicos, doenças degenerativas, neoplásicas, pressão intra-auricular,⁷ alterações inflamatórias. As DTMs musculares possuem fatores como gênero, idade, hábitos orais parafuncionais, problemas posturais e estresse. Os fatores psicológicos como ansiedade e depressão estão intimamente relacionados e podem cronificar o processo, uma vez que a sobrecarga emocional pode levar o indivíduo a direcionar a tensão à hábitos parafuncionais nocivos, que devido ao estresse mecânico repetitivo, geram desgaste dos dentes, articulação e fadiga muscular.^{8,9} Apesar das más oclusões terem sido por muito tempo consideradas como fatores de risco para as DTMs, estudos mais atuais mostram que essa associação está equivocada.⁵

Por sua vez, as atividades parafuncionais são caracterizadas como uma série de comportamentos orais, mastigatórios e/ou faciais não fisiológicos que podem ser nocivos de acordo com a frequência e intensidade, uma vez ultrapassem o limiar fisiológico do organismo.^{9,10} De etiologia controversa, são estimuladas por muitos fatores como dor, diminuição da saturação de oxigênio, problemas de sono, problemas de ordem psíquica (estresses emocionais), fármacos e pontos de gatilho.⁸

Dentre os exemplos se encontram o hábito de roer as unhas, apertamento dentário e o bruxismo, sendo este último uma patologia muito complexa que tem sido definida como uma atividade parafuncional controlada pelas vias eferentes do sistema nervoso central (SNC) que leva à episódios de movimentos excêntricos repetitivos da mandíbula caracterizados pela fricção, apertamento e rangimento dos dentes que podem ocorrer durante o sono ou em vigília e em diferentes intensidades.^{6,8,11}

O tratamento envolve uma abordagem multidisciplinar com as alternativas terapêuticas conservativas normalmente escolhidas a princípio. Dentre as possibilidades encontra-se o acompanhamento psicológico,¹² laser-terapia,^{13,14} fisioterapia,¹⁵ acupuntura,¹⁶ toxina botulínica,^{17,18} terapia medicamentosa,^{19,20} terapia com dispositivos interoclusais (DIOs)²¹ e cirúrgica.²²

Apesar de uma variedade de nomes serem atribuídos aos DIOs como placas interoclusais, estabilizadoras, miorrelaxantes, de bruxismo, de Michigan, etc, eles podem ser definidos como "aparelhos intrabuciais removíveis que recobrem as superfícies incisais e oclusais dos dentes, podendo ser confeccionado na mandíbula ou maxila, criando contatos oclusais estáveis com os dentes antagonistas, permitindo movimentos excursivos livres de interferência e com um melhor relacionamento com o disco articular e côndilo mandibular".²³ O mecanismo de ação ainda está sendo estudado,⁵ mas acredita-se que promovam uma relação mais harmoniosa entre os constituintes do sistema mastigatório, podendo realizar a redução da tensão muscular, alteração da DVO^E, reposicionamento da ATM, desengrenamento oclusal e através da consciência cognitiva do organismo, promovam um efeito placebo.^{12,24} Além disso, são amplamente utilizados após a finalização de tratamentos estéticos e reabilitadores de pacientes com hábitos parafuncionais à fim de se evitar o desgaste dos dentes antagonistas,^{11,25} especialmente a composição do material influencia no poder abrasão e pode comprometer o tratamento.

A classificação desses dispositivos pode ser de acordo com a cobertura oclusal: DIO parcial, que cobre apenas uma parcela dos dentes (normalmente a região anterior) e deve ser utilizado em casos específicos (exemplo: limitação de abertura bucal) e por tempo limitado; DIO total, sendo a primeira opção de escolha do tratamento, recobre a superfície oclusal de todos os dentes, atribuindo maior estabilidade e reduzindo risco de alterações oclusais. De acordo com o material de

confeção: DIO resiliente, feito de material flexível termoplástico e indicado provisoriamente em casos de contração muscular ou espasmo agudo; DIO rígido, feito em resina acrílica, considerada o material ideal de confecção. De acordo com o tipo de ação: DIO estabilizador, que são os mais indicados e têm por objetivo estabilizar a relação maxilomandibular em casos de bruxismo do sono, dores musculares, artralgia, deslocamentos de disco e ainda tem ação protetora em reabilitações protéticas. Há também o DIO reposicionador, indicado para casos de deslocamento de disco articular onde o DIO estabilizador não foi capaz de diminuir a sintomatologia dolorosa e/ou travamento.^{21,23}

No modo de confecção convencional, os DIOs podem ser construídos diretamente sobre modelos de gesso ou então prensados em aparelhos à vácuo,²³ utilizando-se resinas acrílicas auto ou termopolimerizáveis.^{26,27} As mais usadas são compostas de uretano dimetracrilato (UDMA), metil metacrilato (MMA), polimetil metacrilato (PMMA) e a poliamida (PA). O PMMA é considerado o material padrão ouro para estes dispositivos.²⁸ Com o avanço da tecnologia, agora a confecção também pode ser digital através do CAD/CAM, sendo fabricados por máquinas fresadoras ou impressoras 3D (Fig. 1). Novas combinações de componentes resinosos tem sido criadas para a fabricação de resinas para impressão 3D. Estas resinas são compradas em embalagens padronizadas prontas para se utilizar, não havendo a necessidade de manipulação manual dos componentes, evitando-se assim erros humanos (proporcionamento, tempo de trabalho).²¹ Apresentam menor resistência à fratura, maior módulo de elasticidade e menor força flexural, menor dureza e sofrem mais desgastes, além da maior embebição de água e envelhecimento mais rápido.^{6,26,28-31} É importante salientar que a direção de impressão destes dispositivos influencia seu desempenho,^{30,32} que deve ser suficiente para suportar as forças oclusais que podem chegar próximo de 800N.^{27,31,32} Sobre a polimerização, apresentam a vantagem de não formarem monômeros residuais como as resinas acrílicas convencionais, porém a polimerização não é completa apenas durante a impressão, havendo a necessidade de se realizar a pós-cura depois de impressa.²⁴ Em relação ao custo, o valor da garrafa da resina para impressão ainda é superior ao kit polímero + monômero das resinas acrílicas convencionais.

Nos últimos anos a tecnologia digital tem revolucionado a Odontologia que até então conhecíamos. Sua aplicabilidade se estende em todas as áreas, sendo útil desde o planejamento virtual até a confecção de guias cirúrgicos,³³ próteses,²⁹ DiOs, etc. Isso tudo é possível graças ao computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM), onde utilizando técnicas gráficas computadorizadas através de softwares específicos, é projetado um desenho tridimensional (CAD) que será confeccionado por máquinas controladas por um computador (CAM).²⁸

A primeira etapa de trabalho é a aquisição da imagem através de escaneamento, que pode ser realizado intra-oral, ou seja, direto na cavidade bucal do paciente, pulando a etapa de moldagem analógica ou então por meio de um scanner de bancada, que irá digitalizar o modelo de gesso. O escaneamento intra-oral apresenta a vantagem de ser mais confortável para o paciente, capturar a imagem de dentes mau posicionados com maior facilidade e é mais preciso, porém exige o treinamento do profissional para poder operá-lo com eficiência, levando em conta que cada modelo possui suas particularidades. Caso o cirurgião-dentista não esteja disposto a custear a aquisição do aparelho, existem algumas alternativas. É possível aluga-lo de empresas de radiologia que disponibilizem este serviço ou mesmo encaminhar o paciente até estes locais, e também se tem a possibilidade de fazer parcerias com laboratórios que possuam esse equipamento para realizarem os escaneamentos dos casos enviados à eles sem custos adicionais. Importante frisar que tanto no workflow analógico como digital há a necessidade da confecção de registro oclusal, a diferença é que no CAD/CAM a posição maxilo-mandibular também será escaneada no paciente. A tabela 1 mostra uma comparação entre as técnicas de trabalho convencional e pelo fluxo digital.^{24,27}

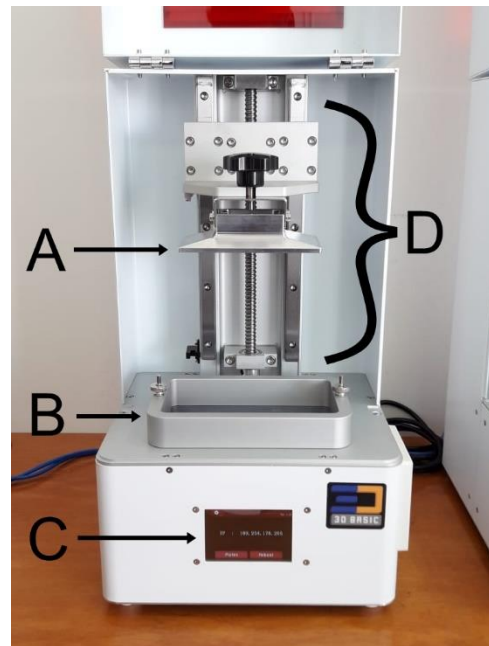
Os métodos irão gerar um arquivo no formato .STL que será processado por softwares como Exocad, In Lab, Dolphin, etc, onde os arcos superior e inferior serão montados no articulador virtual e então em poucos minutos será realizado o desenho detalhado com contorno, forma, distância dente-placa já selecionados. Para a etapa de confecção existem dois caminhos a se seguir. O primeiro é o método de subtração, onde blocos de materiais específicos pré-fabricados serão esculpidos por máquinas fresadoras e o segundo é o método de adição, onde as peças serão construídas em resina fotopolimerizável por impressoras 3D.^{24,27}

Hoje no mercado odontológico as três impressoras mais utilizadas são as stereolithography (SLA), digital light processing (DLP)²⁴ e liquid crystal display (LCD, ver Fig. 2), sendo que a diferença principal entre elas está no sistema interno. As SLA possuem um laser de luz ultravioleta que é direcionado através de uma tela de vidro (que se encontra abaixo do tanque de resina) por um jogo de espelhos para a plataforma de impressão e a polimerização se dá apenas aonde o feixe de luz se encontra.^{27,28} As DLP possuem um projetor interno que projeta uma imagem através da mesma tela de vidro para a plataforma de impressão e a polimerização se dá por camadas.^{32,34} No caso das LCD a impressão também é feita por camadas, pois existe uma tela do tipo LCD que irá funcionar como uma janela fotocrômica controlando a saída de luz.

FIGURA 1 - Placa estabilizadora impressa em impressora 3D LCD



FIGURA 2 – Impressora LCD. A: plataforma de impressão. B: tanque/reservatório de resina. C: tela de comando frontal. D: elevador do eixo Z



Fonte: Autor, 2020

As placas estabilizadoras impressas têm sido cada vez mais escolhidas por cirurgiões-dentistas, pois além das resinas de impressão apresentarem as propriedades biomecânicas desejadas²⁶ e inúmeras vantagens sobre as resinas convencionais, com a técnica CAD/CAM se tem menor necessidade de ajustes

oclusais, economizando tempo clínico e em caso de perda ou fratura pelo paciente, é possível a fabricação de substituições sem a necessidade de novas moldagens.³⁵

TABELA 1 - Comparação entre as técnicas de confecção

	Convencional	CAD/CAM - Adição
Impressão	Analógica	Escaneamento
↘ precisão	↓	↑
↘ tempo	Semelhante	
↘ custo	↓	↑
↘ conforto	↓	↑
Registro oclusal	Em material de impressão	Digital
Articulador	Semi-ajustável	Virtual
Tempo de confecção	↑	↓
Controle (forma e espessura)	↓	↑
Detalhes	- características	+ características
Precisão de encaixe	Semelhante	
Necessidade de ajustes	↑	↓
Eficácia	Semelhante	
Acurácia	Semelhante	
Replicação	Necessário nova moldagem	Infinitas vezes
Custo	↓	↑

Fonte: Autor, 2020

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse trabalho foi apresentar uma revisão de literatura a respeito da aplicação do método de confecção por adição na fabricação de placas estabilizadoras.

3 METODOLOGIA

Foram consultadas as bases de dados: PubMed, Google Acadêmico, livros, utilizando como critério de inclusão artigos, livros (nacionais e internacionais) com as palavras chaves: temporomandibular disorder, parafunctional activity, bruxism, etiology, stress, women, rehabilitation, ceramic, CAD/CAM, additive manufacturing, 3d printed resin, acrylic resin, splint, occlusal device, occlusal splint, comparison, mechanical properties, build-orientation. Os operadores booleanos “AND” e “OR” foram utilizados para combinar as palavras chaves. Foram encontrados 1997 resultados e utilizados 39 artigos e 01 livro. Os artigos selecionados para este estudo foram trabalhos publicados nas línguas inglesa e/ou portuguesa que apresentam como tema DTMs, DIOs ou resinas de impressão 3D, em busca de uma comparação entre os métodos de confecção convencional e CAD/CAM pela técnica de adição. Os estudos selecionados são dos anos entre 2010 e 2020. Foram excluídos os artigos com ênfases na técnica de subtração e outras áreas que não se encaixavam na intersecção entre DIOs e impressão 3D.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

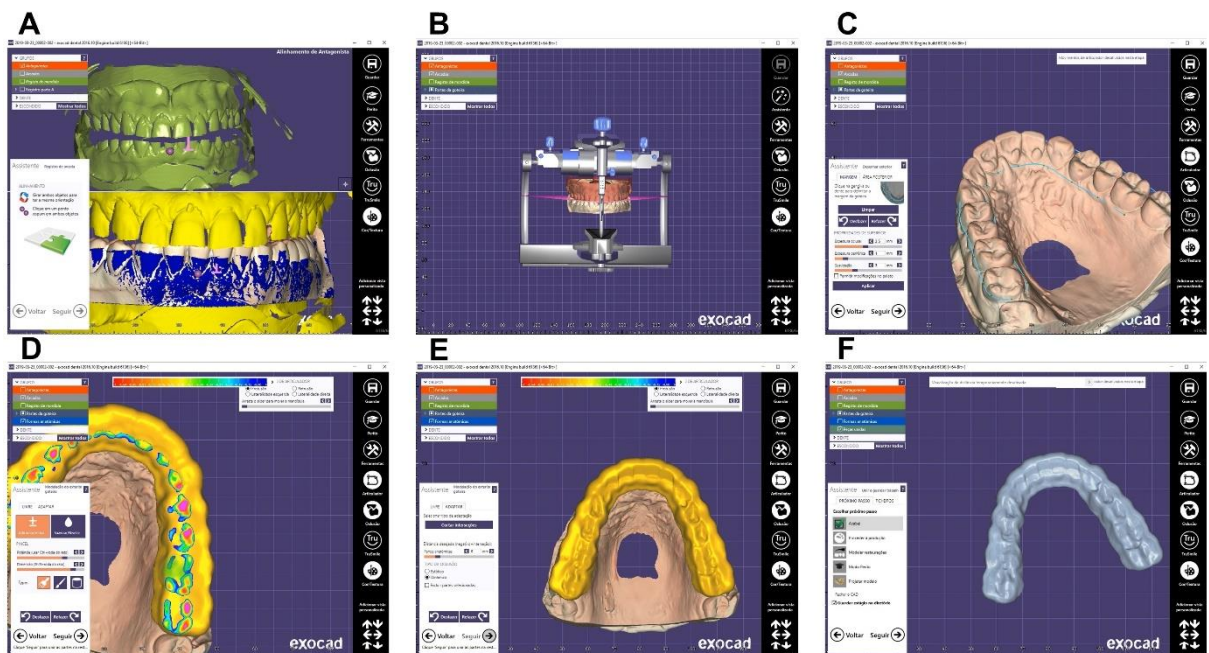
Segundo a Academia Europeia o Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) divide as DTMs em três eixos. O eixo I diz respeito as condições físicas e é formado por três grupos: I- desordens musculares; grupo II: desordens articulares; grupo III: cefaleias. O eixo II envolve as condições psicológicas e está associado com dores crônicas, depressão e ansiedade e sintomas não específicos. O grupo I inclui dores musculares, contração, hipertrofia, neoplasma, transtornos de movimento, dor nos músculos mastigatórios se atribuídas à transtornos de dores sistêmicas. No grupo II estão as dores na articulação, transtornos articulares no disco e de mobilidade, doenças articulares degenerativas, artrite sistêmica, condilose idiopática, osteocondrite dissecante, osteonecrose, neoplasias e condromatose sinovial. O grupo III diz respeito as dores de cabeça ou faciais associadas com as DTMs.¹⁰

A técnica convencional consiste na confecção manual das placas estabilizadoras com resina acrílica. É necessário o registro da relação cêntrica do paciente e a montagem dos modelos superior e inferior em articulador semi-ajustável. A escultura da placa pode ser feita em cera para inclusão e prensagem de resina termopolimerizável ou esculpida diretamente sobre o modelo com resina autopolimerizável, sendo ambos os sistemas dependentes da habilidade do técnico para bons resultados.²³

O CAD/CAM oferece duas técnicas de confecção, a técnica por subtração de material e técnica por adição. Este trabalho procurou comparar a técnica convencional com o método por adição. A etapa de criação do desenho tridimensional está ilustrada na figura 3. A confecção começa ainda no computador, onde após o desenho ter sido criado, é aberto em outro software no qual será posto na posição de impressão e serão criados suportes para garantir a aderência e estabilidade da placa na plataforma de impressão. Osman, Alharbi e Wismeijer³² em um estudo constataram que a inclinação de 135° oferece melhor acurácia dimensional e um padrão de desvio mais favorável. Em outro estudo, Väyrynen, Tanner e Vallittu²⁷ comparou uma resina impressa com uma convencional e chegou à conclusão que apesar da direção vertical de impressão ter aumentado o módulo flexural dos espécimes impressos, a diferença nas propriedades mecânicas e

flexurais não seria significativa clinicamente. O próximo passo da confecção é conferir no fatiamento da imagem, gerado automaticamente pelo software da impressora, se a primeira camada está corretamente aderida à plataforma de impressão e buscar por falhas que possam compromete-la. A falha de uma única camada vai interferir na impressão, prejudicando a adesão das camadas seguintes e levando à falhas mecânicas. Após tudo preparado, é escolhido as propriedades da impressão tais como o tipo de resina utilizado, espessura da camada e tempo de cura, então é dado pelo programa a quantidade em ml de resina necessária para despejar no tanque e o tempo de impressão, que varia de acordo com quantas camadas o trabalho terá (altura). Com a impressão completa, a placa é retirada da plataforma e passa por processo de limpeza para remoção da resina da superfície com banho ultrassônico em álcool e remoção mecânica. Então para finalizar o processo de polimerização, as placas são colocadas em equipamentos de pós-cura por tempo determinado pelo fabricante. Reymus e Stawarczyk²⁴ mostraram que a escolha do equipamento de polimerização influência na dureza Martens.

FIGURA 3 – Passa-a-passo do desenho digital. A: alinhamento dos modelos inferior e superior de acordo com o registro. B: montagem no articulador virtual. C: delineamento e definição das propriedades de espessura. D: modelagem virtual. E: ajuste oclusal. F: finalização



Fonte: Autor, 2020

Atualmente já é possível encontrar diversos tipos de resinas para impressão 3D, mas suas aplicabilidades ainda tem sido analisadas. Cha et al.³⁶ e Chung et al.³⁷ comparando dentes de estoque com uma mesma resina para base de dentes impressos, chegaram à conclusão que seu uso é viável. Outro estudo constatou que apesar das resinas para base de próteses removíveis cumprirem os requerimentos ISO, sua força flexural e dureza de superfície ainda são inferiores às convencionais e frassadas.²⁹

A qualidade da resina utilizada é pode afetar diretamente na qualidade final do trabalho. Um trabalho de 2020, Lin et al.³⁴ mostrou como a composição pode afetar as propriedades biológicas, mecânicas e a acurácia da peça. Foram criadas 10 composições de resinas para impressão 3d utilizando como base Bis-EMA, UDMA e TEGDMA em proporções diferentes e contataram que o Bis-EMA diminui a viscosidade da resina, a incorporação do TEGDMA serve para ajustar a viscosidade, porém seu excesso pode ser tóxico e aumentar a retração de polimerização, o espécime que continha TEGDMA (10%) e a maior presença de UDMA (70%) teve os maiores valores de grau de conversão da resina e força flexural, porém a menor dureza de superfície, o que pode ser explicado pela forma molecular do UDMA que confere maior flexibilidade quando comparado ao Bis-EMA, além de sua taxa de polimerização ser 3 vezes maior do que o Bis-EMA. A composição que apresentou melhor acurácia e propriedades mecânicas e biológicas foi o espécime composto por 80% Bis-EMA, 10% UDMA e 10% TEGDMA.

Com o aumento do uso de DIOs impressos, se fez necessário analisar a confiabilidade desses dispositivos. Em um estudo clínico 20 pacientes com diagnóstico de deslocamento de disco com redução (DDcR) foram divididos em dois grupos, ambos tratados com placas de reposicionamento, mas um grupo fabricado em resina acrílica convencional e o outro com placas impressas, não houve diferença significativa no sucesso do tratamento entre os dois grupos, concluindo que as placas reposicionadoras impressas são boas substitutas para as convencionais, com a vantagem de minimizar os erros humanos e economizar tempo.²¹ No mesmo modelo de estudo, Berntsen et al.² compararam o método de fabricação convencional de placas estabilizadoras com o fluxo totalmente digital para placas impressas e ambos os grupos mostraram igual eficácia no resultado clínico dos tratamentos, além de semelhante gap de espaço entre os dentes e placa.

Entretanto o grupo que seguiu o fluxo digital recebeu melhor avaliação dos pacientes para o escaneamento oral e a experiência em geral do tratamento, porém o tempo do escaneamento foi superior ao tempo da moldagem analógica, o que pode ser explicado pela familiaridade do cirurgião-dentista pela técnica convencional e falta de experiência com a digital. Outro experimento laboratorial comparando a acurácia do ajuste oclusal de placas convencionais com impressas mostrou superioridade significava destas sobre as resina acrílica convencional.³⁵

A fim de se obter um real resultado sobre a viabilidade clínica das placas impressas, é necessário analisar suas propriedades mecânicas e biológicas. Um fator decisivo para a utilização desses materiais é a biocompatibilidade. Dado o fato de a polimerização não ser completada apenas durante a impressão, mesmo após o banho de álcool os objetos ainda são tóxicos, pois não há uma barreira que impeça a resina não polimerizada do interior de se difundir para o ambiente bucal. Por tanto, além dos motivos mecânicos, o pós-cura se faz necessário também para formar uma barreira externa selante no objeto. Estudos mostram a importância de um correto protocolo de polimerização, uma vez que o excesso de luz UV sobre superfícies já polimerizadas pode iniciar um processo de quebra das cadeias de polímeros através da fotodegradação, o que irá acarretar na alteração das propriedades mecânicas.³⁸ Outro fator influenciador é o preparo da montagem das peças na plataforma de impressão, levando em consideração sua angulação e posicionamento no espaço. Um trabalho avaliou a influência do ângulo das camadas de impressão através de espécimes impressos em 0°, 45° e 90° e encontrou alterações, sendo o grupo 0° mais afetado na altura, o grupo 90° mais afetado no comprimento e os três grupos tiveram valores diversos para a largura, entretanto em relação a força e módulo flexural, o grupo 0° foi o único a alcançar o valor de módulo flexural determinado pelo fabricante, mas o grupo 90° atingiu o maior valor de força flexural, não havendo influência do pós-cura sobre nenhum dos fatores, mas sim da posição na plataforma, sendo os espécimes mais afetados os que se encontravam nas margens.³⁹ Apesar da constatação do fator direção de impressão nas propriedades mecânicas o estudo de Väyrynen, Tanner e Vallittu²⁷ também constatou que a sorção de água obteve maior influência nas propriedades flexurais, aumentando a flexibilidade e diminuindo ambos força e módulo flexural dos espécimes após o envelhecimento artificial.

Além disso, as características da superfície também são alteradas de acordo com a direção das camadas de impressão. No seu trabalho, Shim et al.⁴⁰ constatou que os espécimes do grupo 0° exibiram maior colonização bacteriana, seguidos pelo grupo 45°, que apresentou maior rugosidade e energia de superfície, sendo portanto o menos hidrofóbico. Essas propriedades estão diretamente relacionadas com a adesão bacteriana, uma vez que superfícies mais rugosas ou com poros criam um ambiente mais propício para a colonização, mas no caso das hidrofobia, a questão é analisada de acordo com o tipo da bactéria, sendo essa característica um fator positivo no caso de bactérias hidrofílicas como a *C. albicans*.^{B2} Em comparação às resinas convencionais, a rugosidade da superfície, das resinas impressas se apresenta semelhante em diversos estudos.^{6,26,31}

Em busca de se ampliar a utilização das resinas impressas em substituição às convencionais, estudos comparativos tem sido feitos para analisar as propriedades de cada uma. Os materiais confeccionados em resina impressa tendem a possuir maior maleabilidade, sendo mais flexíveis e por isso possuindo maiores valores de módulo e menor força flexural.^{24,30} Em contraste à isso, outro estudo comparativo entre 6 marcas de resinas convencionais e de impressão 3D constatou diferença nos valores de força flexural, onde as resinas convencionais obtiveram valores relevantemente superiores às impressas.²⁶ Entretanto, essas características não estão relacionadas apenas à técnica de fabricação, mas também a composição de cada produto como mostra o estudo de Prpic et al.²⁹, onde no teste de força flexural os espécimes de resina 3D nano-acrílica não fraturaram com a carga máxima de 117,2 MPa, enquanto que os de resina 3D acrílica foram os primeiros com 75 MPa, obtendo valores significativamente inferiores aos das resinas convencionais, que variaram entre 88,3 MPa e 104,9 MPa, de acordo com a marca.²⁸ Outro fator analisado por esses estudos é a alteração mecânica que as resinas impressas sofrem com o envelhecimento, sendo reportado através de teste de envelhecimento artificial em água que esses materiais tendem a sofrer em suas propriedades flexurais com a diminuição dos valores de força e módulos flexurais, e também da dureza.^{24,27} Uma das teorias para explicar é o maior valor de sorção de água que os materiais impressos possuem.²⁶ De igual prioridade, dureza é reportada em diversos artigos através de testes de dureza como Martens, Vickers, Brinell e por quantidade de desgaste de superfície como detendo menores valores de dureza e

exibindo padrão de maior desgaste.^{26,28,30} Entretanto há a necessidade de maiores avaliações dessa propriedade, pois há estudos que mostram resultados onde ambas resinas exibem padrões semelhantes³¹ ou mesmo um caso onde a resina convencional atingiu taxas de desgaste abruptamente superiores à impressa.⁶ A tabela 2 mostra a comparação entre as propriedades mecânicas das resinas convencionais e resinas fotopolimerizáveis para impressoras 3D.

TABELA 2 - Comparação entre os materiais de confecção

	Convencional	Impresso
Manipulação	Proporcionamento manual	Produto padronizado
Dureza	↑	↓
Desgaste	↓	↑
Resistência à fratura	↓	↑
Módulo de elasticidade	↓	↑
Força flexural	↑	↓
Absorção de água	↓	↑
Envelhecimento	↓	↑
Rugosidade	Semelhante	
Polimerização	Monômeros residuais	Necessita pós-cura
Custo	↓	↑

Fonte: Autor, 2020

5 CONCLUSÃO

As placas estabilizadoras confeccionadas pela técnica de adição em resinas fotopolimerizáveis por impressoras 3D são alternativas viáveis para as resinas acrílicas convencionais. Entretanto devido as divergências de resultados na literatura, se faz necessário mais estudos a respeito das propriedades mecânicas desses materiais.

REFERÊNCIAS

- 1 Algabri RS, Alqutaibi AY, Abo-Alrejal H, Al Adashi O, Abdulrahman F, Elkhadem A, et al. Effect of computer-aided design/computer-assisted manufacture versus conventional occlusal splints on the management of temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *Int Dent Med J Adv Res*. 2017;3: 1-9. doi: 10.15713/ins.idmjar.72

- 2 Berntsen C, Kleven M, Heian M, Hjortsjö C. Clinical comparison of conventional and additive manufactured stabilization splints. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2018;4(1):81-9. doi: 10.1080/23337931.2018.1497491

- 3 Bezerra BPN, Ribeiro AIAM, Farias ABL, Farias ABL, Fontes LBC, Nascimento SR, et al. Prevalência da disfunção temporomandibular e de diferentes níveis de ansiedade em estudantes universitários. *Rev Dor*. 2012;13(3):235-42. doi: 10.1590/S1806-00132012000300008

- 4 Ferreira CLP, Silva MAMR, Felício CM. Sinais e sintomas de desordem temporomandibular em mulheres e homens. *CoDAS*. 2016;28(1):17-21. doi: 10.1590/2317-1782/20162014218

- 5 Maydana AV, Tesch RS, Denardin OVP, Ursi WJS, Dworkin SF. Possíveis fatores etiológicos para desordens temporomandibulares de origem articular com implicações para diagnóstico e tratamento. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(3):78-86. doi: 10.1590/S2176-94512010000300010

- 6 Reyes-Sevilla M, Kuijs RH, Werner A, Kleverlaan CJ, Lobbezoo F. Comparison of wear between occlusal splint materials and resin composite materials. *J Oral Rehabil*. 2018;45(7):539-44. doi: 10.1111/joor.12636

- 7 Carrara SV, Conti PCR, Barbosa JS. Termo do 1º Consenso em Disfunção Temporomandibular e Dor Orofacial. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(3):114-20. doi: 10.1590/S2176-94512010000300014

8 Crout DK. Anatomy of an occlusal splint. *Gen Dent*. 2017;65(2):52-9.

9 Ohrbach R, Michelotti A. The role of stress in the etiology of oral parafunction and myofascial pain. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2018;30(3):369-79. doi: 10.1016/j.coms.2018.04.011

10 Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet JP, et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Oral Facial Pain Headache*. 2014;28(1):6-27. doi: 10.11607/jop.1151

11 Moreira A, Freitas F, Marques D, Caramês J. Aesthetic rehabilitation of a patient with bruxism using ceramic veneers and overlays combined with four-point monolithic zirconia crowns for occlusal stabilization: a 4-year follow-up. *Case Rep Dent*. 2019;2019:1640563. doi: 10.1155/2019/1640563

12 Zavanelli AC, Alves Rezende MCR, Santos-Neto OM, Fajardo RS. Integração da Psicologia e Odontologia na DTM: revisão sistematizada. *Arc Health Invest*. 2017;6(11):530-4. doi: 10.21270/archi.v6i11.2266

13 Herpich CM, Leal-Junior EC, Amaral AP, Tosato JP, Glória IP, Garcia MB, et al. Effects of phototherapy on muscle activity and pain in individuals with temporomandibular disorder: a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2014;15:491. doi: 10.1186/1745-6215-15-491

14 Herpich CM, Leal-Junior ECP, Gomes CAF, Gloria IPDS, Amaral AP, Amaral MFRS, et al. Immediate and short-term effects of phototherapy on pain, muscle activity, and joint mobility in women with temporomandibular disorder: a randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Disabil Rehabil*. 2018;40(19):2318-24. doi: 10.1080/09638288.2017.1336648

- 15 Pihut M, Górnicki M, Orczykowska M, Zarzecka E, Ryniewicz W, Gala A. The application of radiofrequency waves in supportive treatment of temporomandibular disorders. *Pain Res Manag*. 2020;2020:6195601. doi: 10.1155/2020/6195601

- 16 Zotelli VL, Grillo CM, Gil ML, Wada RS, Sato JE, Luz Rosário de Sousa M. Acupuncture effect on pain, mouth opening limitation and on the energy meridians in patients with temporomandibular dysfunction: a randomized controlled trial. *J Acupunct Meridian Stud*. 2017;10(5):351-9. doi: 10.1016/j.jams.2017.08.005

- 17 Sipahi Calis A, Colakoglu Z, Gunbay S. The use of botulinum toxin-a in the treatment of muscular temporomandibular joint disorders. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2019;120(4):322-5. doi: 10.1016/j.jormas.2019.02.015

- 18 Pihut M, Ferendiuk E, Szewczyk M, Kasprzyk K, Wieckiewicz M. The efficiency of botulinum toxin type A for the treatment of masseter muscle pain in patients with temporomandibular joint dysfunction and tension-type headache. *J Headache Pain*. 2016;17:29. doi: 10.1186/s10194-016-0621-1

- 19 Dym H, Bowler D, Zeidan J. Pharmacologic treatment for temporomandibular disorders. *Dent Clin North Am*. 2016;60(2):367-79. doi: 10.1016/j.cden.2015.11.012

- 20 Heir GM. The efficacy of pharmacologic treatment of temporomandibular disorders. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2018;30(3):279-85. doi: 10.1016/j.coms.2018.05.001

- 21 El-Asfahani I, Kortam S. Effect of CAD/CAM versus conventional anterior repositioning splints on the management of temporomandibular joint disc displacement with reduction: a randomized controlled clinical trial. *Egyptian Dent J*. 2020;66:571-85. doi: 10.21608/edj.2020.79131

- 22 Sebastiani AM, Baratto-Filho F, Bonotto D, Kluppel LE, Rebellato NL, Costa DJ, et al. Influence of orthognathic surgery for symptoms of temporomandibular dysfunction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2016;121(2):119-25. doi: 10.1016/j.oooo.2015.08.012

23 Conti PCR. DTM: disfunções temporomandibulares e dores orofaciais: aplicação clínica das evidências científicas. Maringá: Dental Press; 2020.

24 Reymus M, Stawarczyk B. In vitro study on the influence of postpolymerization and aging on the Martens parameters of 3D-printed occlusal devices. J Prosthet Dent. 2020:S0022-3913(20)30077-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.12.026

25 Moslehifard E, Nikzad S, Geraminpanah F, Mahboub F. Full-mouth rehabilitation of a patient with severely worn dentition and uneven occlusal plane: a clinical report. J Prosthodont. 2012;21(1):56-64. doi: 10.1111/j.1532-849X.2011.00765.x

26 Berli C, Thieringer FM, Sharma N, Müller JA, Dedem P, Fischer J, et al. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. J Prosthet Dent. 2020:S0022-3913(19)30704-8. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.10.024

27 Väyrynen VO, Tanner J, Vallittu PK. The anisotropy of the flexural properties of an occlusal device material processed by stereolithography. J Prosthet Dent. 2016;116(5):811-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.03.018

28 Prpic V, Slacanin I, Schauperl Z, Catic A, Dulcic N, Cemic S. A study of the flexural strength and surface hardness of different materials and technologies for occlusal device fabrication. J Prosthet Dent. 2019 Jun;121(6):955-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.09.022

29 Prpić V, Schauperl Z, Catic A, Dulcic N, Cemic S. Comparison of mechanical properties of 3d-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. J Prosthodont. 2020;29(6):524-8. doi: 10.1111/jopr.13175

30 Lutz AM, Hampe R, Roos M, Lümke N, Eichberger M, Stawarczyk B. Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional-printed occlusal devices. J Prosthet Dent. 2019;121:166–72. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.04.007

- 31 Huettig F, Kustermann A, Kuscü E, Geis-Gerstörfer 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.* 2017;75:175-9. doi: 10.1016/j.jmbbm.2017.07.019

- 32 Osman RB, Alharbi N, Wismeijer D. Build Angle: Does it influence the accuracy of 3d-printed dental restorations using digital light-processing technology? *Int J Prosthodont.* 2017;30(2):182-8. doi: 10.11607/ijp.5117. PMID: 28267830

- 33 Hu P, Li J, Du W, Ji H, Xu C, Luo E. The drilling guiding templates and pre-bent titanium plates improves the operation accuracy of orthognathic surgery with computer-aided design and computer-aided manufacturing occlusal splints for patients with facial asymmetry. *J Craniofac Surg.* 2019;30(7):2144-8. doi: 10.1097/SCS.0000000000000566

- 34 Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent.* 2020;123(2):349-54. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.05.002

- 35 Ye N, Wu T, Dong T, Yuan L, Fang B, Xia L. Precision of 3D-printed splints with different dental model offsets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;155(5):733-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.09.012

- 36 Cha HS, Park JM, Kim TH, Lee JH. Wear resistance of 3D-printed denture tooth resin opposing zirconia and metal antagonists. *J Prosthet Dent.* 2020;124(3):387-94. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.09.004

- 37 Chung YJ, Park JM, Kim TH, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. 3D printing of resin material for denture artificial teeth: chipping and indirect tensile fracture resistance. *Materials.* 2018;11(10):1798. doi: 10.3390/ma11101798

- 38 Chen H, Cheng DH, Huang SC, Lin YM. Comparison of flexural properties and cytotoxicity of interim materials printed from mono-LCD and DLP 3D printers. *J Prosthet Dent.* 2020:S0022-3913(20)30467-4. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.09.003

39 Unkovskiy A, Bui PH, Schille C, Geis-Gerstorfer J, Huettig F, Spintzyk S. Objects build orientation, positioning, and curing influence dimensional accuracy and flexural properties of stereolithographically printed resin. *Dent Mater.* 2018;34(12):e324-33. doi: 10.1016/j.dental.2018.09.011

40 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;124(4):468-75. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.05.034