

O sistema CAD/CAM na confecção de uma prótese total removível

Antoine Daniel Yvan Prat

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 25 de setembro de 2020

Antoine Daniel Yvan Prat

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

O sistema CAD/CAM na confecção de uma prótese total removível

Trabalho realizado sob a Orientação de Mestre Catarina Calamote

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Declaração do Orientador

Eu, **Catarina Calamote**, com a categoria profissional de **Assistente Convidado** do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada *“O sistema CAD/CAM na confecção de uma prótese total removível”*, do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, **Antoine Daniel Yvan Prat**, declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, ___ de _____ de 2020

O Orientador

Agradecimentos

Agradeço ao CESPU pelo seu ensino de qualidade e pela oportunidade de ser dentista.

Graças aos meus pais, ao meu irmão Damien, à minha irmã Camille e aos meus avós por me terem apoiado ao longo dos meus estudos. E mais uma vez obrigado aos meus avós, sem quem eu não teria possibilidade de participar nesta aventura.

À minha binómia Margaux, obrigado a ela por todos os bons momentos, por esta maravilhosa aventura que passámos juntos.

Obrigado a todos os meus amigos que foram uma nova família para mim neste novo país e com quem pude viver e partilhar os momentos mais belos da minha vida. Muito obrigado a eles.

Ao Professor Luis Miguel, que sempre me apoiou enormemente e partilhou momentos maravilhosos nesta universidade.

À minha orientadora, Mestra Catarina Calamote, obrigado pela sua ajuda, conselhos e paciência.

Resumo e Palavras-chave

A introdução de novas tecnologias CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) na execução de próteses totais é muito recente e ainda pouco utilizada. Suscitou uma série de expectativas para resolver alguns dos inconvenientes das técnicas convencionais de fabricação.

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a técnica de fabrico de CAD/CAM para próteses totais apresentando a técnica com as suas vantagens e desvantagens e os materiais utilizados em comparação com as técnicas convencionais.

Foi efetuada uma pesquisa eletrónica na base de dados PubMed utilizando as seguintes palavras-chave: "CAD/CAM", "Complete denture", "Milled dentures", "Digital complete dentures", "Removable" e "PMMA". Após a seleção, foram conservados 11 artigos para destacar as vantagens e desvantagens, 8 para os materiais e outros artigos foram acrescentados para clarificar alguns pontos.

Desde o primeiro relatório publicado em 1994, vários estudos relataram avanços neste sector e conduziram à tecnologia que conhecemos. A partir de uma revisão dos artigos que comparam as próteses CAD/CAM com as próteses convencionais completas em estudos clínicos, pode concluir-se que o CAD/CAM tem muitos benefícios, incluindo a redução do tempo na cadeira clínica e das inúmeras de visitas, o arquivamento digital, uma retenção significativamente maior, a utilização de PMMA especial para CAD/CAM. Mas ainda tem algumas desvantagens em comparação às técnicas convencionais, tais como a dificuldade de impressão e o custo dos materiais.

Palavras-chave: CAD/CAM; Complete denture; Milled dentures; Digital complete dentures; Removable; PMMA

Abstract e Keywords

The introduction of new CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) technologies in total prosthesis manufacturing is very recent and still little employed. It has raised a number of expectations to solve some of the drawbacks of conventional manufacturing techniques.

The aim of this work is to carry out a systematic review of the literature on the CAD/CAM manufacturing technique for total prostheses, presenting the technique with its advantages and disadvantages and the materials used compared to conventional techniques.

An electronic search was performed on the PubMed database using the following keywords: "CAD/CAM", "Complete denture", "Milled dentures", "Digital complete dentures", "Removable" and "PMMA". After selection, 11 articles were retained to highlight the advantages and disadvantages, 8 for materials and other articles were added to clarify some points.

Since the first report published in 1994, several studies have reported advances in this sector and led to the technology we know. From a review of articles comparing CAD/CAM prosthetics with conventional full dentures in clinical studies, it can be concluded that CAD/CAM has many benefits including reduced chair time and number of visits, digital archiving, significantly increased retention, use of special PMMA for CAD/CAM. But it still has some drawbacks compared to conventional techniques, such as difficult printing and cost of materials.

Keywords: CAD/CAM; Complete denture; Milled dentures; Digital complete dentures and Removable; PMMA

Índice

1 - Introdução.....	1
2 - Objetivo.....	2
3 - Materiais e Métodos	2
4 - Resultados.....	3
5 - Discussão.....	12
5.1 - Protocolo.....	12
5.2 – Vantagens e Desvantagens:.....	12
5.3 – Materiais:.....	15
Referências bibliográficas	18

Índice de abreviaturas:

- **CAD/CAM** : Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing
- **RP** : Rapid Prototyping
- **CNC** : Computer Numeric Control
- **PMMA** : Polymethylmetacrylate

1 - Introdução

O edêntulismo completo está muito presente no campo da saúde pública. Em 2020, segundo as melhores previsões de melhoria da saúde oral, o número de pessoas desdentadas diminuirá apenas 9% ⁽¹⁾. Um dos tratamentos mais acessíveis e eficazes é a execução de próteses completas. O processo de fabrico destas próteses já existe há muito tempo, na realidade o método convencional mudou muito pouco nos últimos 100 anos ⁽²⁻⁴⁾. A investigação e desenvolvimento de sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) dentários começou realmente nos anos 70. O conceito teve origem no Japão e o primeiro artigo descrevendo o sistema CAD/CAM em inglês e apresentando num protocolo foi publicado em 1994 ⁽³⁾. Muitos desenvolvimentos e avanços se seguiram, e hoje em dia este método de fabricação é progressivamente mais utilizado. Este processo de fabricação é realizado por meio de um método denominado aditivo com impressão RP (Rapid Prototyping) ou Impressão 3D, ou um método denominado subtrativo com fresagem por CNC (Computer Numeric Control), que se popularizou muito mais na prótese dentária ao longo dos últimos dez anos. A fabricação aditiva, ou impressão 3D, utiliza imagens de um ficheiro digital para criar um objeto, depositando camadas sucessivas de um material escolhido. A fabricação subtrativa utiliza imagens de um ficheiro digital para criar um objeto por usinagem (fresagem) para remover material e obter a peça desejada ⁽⁵⁾.

Em prótese dentária, o procedimento subtrativo (CAD/CAM) é amplamente utilizado, é uma técnica moderna para desenhar, desenvolver e fabricar uma restauração dentária completa ou parcial (incrustações, onlays, coroas, próteses parciais fixas e removíveis, pilares de implantes, próteses maxilo-faciais ⁽³⁾). No entanto, é muito menos comum para a fabricação de próteses totais. Efetivamente, a utilização da técnica chamada "convencional" é ainda muito utilizada para este tipo de trabalho. Permite personalizar a disposição dos dentes e confirmar todas as etapas anteriores antes da fase de preparação das provas ⁽⁶⁾. Contudo, tem alguns inconvenientes: a necessidade de um mínimo de 4-5 visitas adicionais após a inserção, custos elevados de tratamento devido ao número de visitas adicionais, custos e tempo de laboratório variáveis, falta de ajuste íntimo das bases da prótese com os tecidos subjacentes devido à retração por polimerização, dificuldade ou mesmo impossibilidade de

criar facilmente uma prótese duplicada ótima. Estas são desvantagens que explicam algumas rejeições de tratamento que requerem uma prótese completa ⁽⁷⁾.

A técnica CAD/CAM reduz muito o número de visitas ao dentista, existem diferentes sistemas que têm diferentes protocolos, mas os mais conhecidos são o Dentca[®] e o Avadent[®] ⁽⁸⁾. Os seus protocolos semelhantes consistem em uma primeira consulta que consiste em tirar uma impressão, uma segunda para a qual foi preparada uma prótese experimental onde serão feitas as últimas modificações para o fabrico da definitiva. e finalmente a terceira vez, na qual o paciente regressa para a colocação da sua prótese ⁽⁹⁾.

As resinas em PMMA são usadas comumente em prótese total e em CAD/CAM encontramos a versão em discos, como blocos pré-polimerizados que possuem características mecânicas, de resistência á flexão e dureza que permitem melhores resultados, a nível de resistência e estética para as próteses ^(10, 11).

2 - Objetivo

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a técnica de confeção de CAD/CAM para próteses totais apresentando a técnica com as suas vantagens e desvantagens e os materiais utilizados em comparação com as técnicas convencionais.

3 - Materiais e Métodos

Foi realizada uma pesquisa eletrónica de literatura em língua inglesa utilizando o PubMed e os termos de pesquisa "CAD/CAM", "Complete denture", "Milled dentures", "Digital complete dentures", "Removable" e "PMMA".

Os critérios para inclusão são: artigos selecionados publicados em inglês, termos de pesquisa devem estar presentes no título ou no resumo.

Os critérios de exclusão escolhidos são: artigos que não correspondem aos critérios de inclusão, artigos com texto incompleto, artigos que descrevem dados repetitivos de outro artigo incluído.

A pesquisa foi realizada de forma sistemática em várias fases: primeiro, uma pesquisa de títulos relevantes na biblioteca PubMed, de acordo com os critérios de inclusão. Na segunda etapa, todos os resumos de artigos selecionados por título foram lidos. Finalmente, leitura do texto completo dos artigos selecionados para o seu título e resumo.

4 - Resultados

A estratégia de pesquisa por combinação das palavras-chave identificou 264 artigos potencialmente elegíveis, como mostrado na Figura 1. Depois, o título e o resumo dos artigos identificados foram analisados para determinar se cumpriam os critérios de inclusão, o que excluiu 221 artigos. Finalmente, os artigos selecionados foram lidos na sua totalidade e analisados para estudos, 11 artigos foram selecionados para valorizar os benefícios e 8 para apresentar os materiais. O que dá um total de 19 artigos a estudo. Os artigos selecionados são relativamente recentes para uma melhor autenticidade e oscilam entre 2006 e 2020. Informações detalhadas sobre os artigos selecionados são fornecidas no Tabela 1 e 2.

Este estudo evidenciou alguns benefícios da tecnologia CAD/CAM na fabricação de próteses totais em comparação com as técnicas denominadas convencionais.

As principais vantagens que emergem deste estudo são as seguintes:

O número de visitas e tempo passado pelo paciente na cadeira: este é um protocolo de 2 visitas ^(4,12-18). Sendo o convencional um protocolo tradicional de 5 visitas: Saponaro e al mostram uma média de 2,39 visitas ⁽¹³⁾, Kattadiyil e al mostram, para o tempo na cadeira, uma diferença de 205 minutos em favor do digital ⁽¹⁵⁾, e para Bidra e al uma média de 3,3 visitas são necessárias para obter a prótese ⁽⁴⁾.

Reprodutibilidade: a criação de um ficheiro numa base de dados permite reproduzir de forma idêntica as próteses em caso de perda ou na eventualidade da realização de ligeiras modificações em termos de estética e das necessidades do paciente. Mas também permite uma comunicação muito melhor entre o médico, o laboratório e o paciente ^(12, 14, 16, 17).

Satisfação do paciente com o produto final: a maioria dos pacientes prefere as novas próteses fabricadas digitalmente às suas antigas, demonstram grande satisfação em termos de conforto e fonética ^(1, 4, 15). Kattadiyil e al relataram uma taxa de satisfação de 80% (12/15 participantes) ⁽¹⁵⁾, e Bidra e al de 79% (11/14 participantes) para uma satisfação global de aproximadamente 79,3% ⁽⁴⁾.

Outro ponto importante que emerge deste estudo é o material utilizado pela tecnologia CAD/CAM, estes são discos feitos de resina condensada e polimerizada industrialmente com pressões e temperaturas mais elevadas, adequadas ao produto e controladas quimicamente, que o PMMA convencional ⁽¹⁹⁾. Assim, algumas das suas características são mais eficientes do que a resina convencional, das quais podemos enumerar:

Hidrofilidade: há muito tempo que se sabe que a hidrofília é um fator importante para aumentar a retenção das próteses ^(11, 20). A película de saliva entre a prótese e as mucosas permitirá a fixação e retenção da prótese na boca. A retenção da prótese só ocorre quando há histerese do ângulo de contacto prótese-saliva, daí a importância fundamental da hidrófila dos materiais utilizados para a fabricação ⁽¹¹⁾. Vários estudos demonstraram que o PMMA de CAD/CAM tem uma superfície mais hidrofílica do que o PMMA convencional ^(19, 21).

Rugosidade da superfície: durante o fabrico e após o polimento, as próteses têm uma relativa rugosidade ⁽²²⁾. Vários estudos compararam a rugosidade das próteses dentárias por CAD/CAM com as próteses convencionais e concluíram que todas as próteses por CAD/CAM tinham superfícies mais suaves e lisas do que as próteses convencionais ⁽²³⁾.

Montagem e retenção de próteses dentárias: uma das desvantagens da prótese total fabricada convencionalmente é a retração volumétrica líquida do PMMA, o conteúdo de água do PMMA mudará com a polimerização e provocará alterações dimensionais na prótese, que provoca um mau ajuste da base da prótese devido a alterações dimensionais ^(12, 14, 24, 25). Muitos estudos mostram que as próteses por CAD/CAM encaixam melhor do que as próteses fabricadas convencionalmente. Este melhor ajuste explica porque é que os clínicos descobriram que as próteses por CAD/CAM têm melhor retenção ⁽²⁶⁾.

Resistência à flexão e à fratura: vários estudos compararam a resistência à flexão e à rotura do PMMA por CAD/CAM com o PMMA convencional ⁽²³⁾, mostrando que o PMMA por CAD/CAM tem melhor resistência à flexão e maior resistência à tração em comparação com PMMA convencionais ^(27, 28, 29).

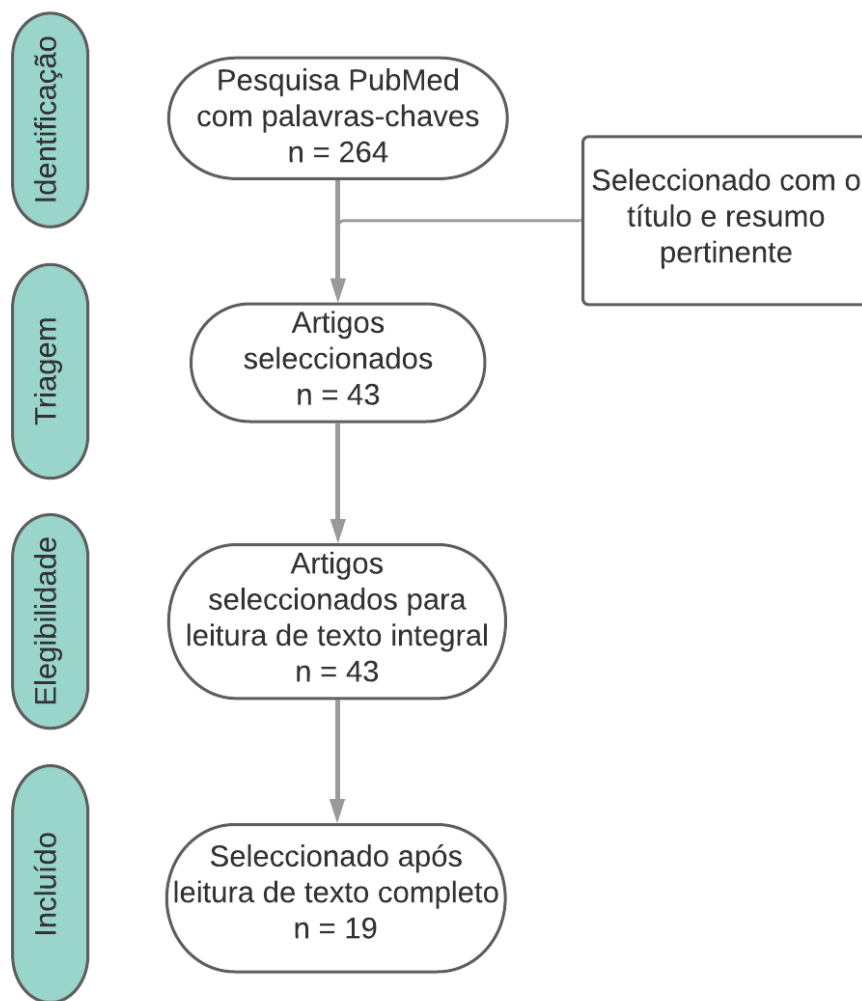


Figura 1. Fluxograma

Tabela 1: Quadro de resultados das vantagens e desvantagens

Autores	Tipo de estudo	Objetivos	Resultados
Saponaro, Paola C. Yilmaz, Burak Johnston, William Heshmati, Reza H. McGlumphy, Edwin A. ⁽¹⁾	Retrospective survey	O objetivo deste estudo retrospectivo era avaliar as preferências e satisfação dos pacientes quando tratados com próteses totais fabricadas digitalmente, utilizando um questionário.	Os resultados deste estudo do questionário sugerem que as avaliações dos utilizadores experientes de próteses totais de dentadura reabilitadas com próteses fabricadas com CAD-CAM não diferem significativamente das suas avaliações anteriores de próteses convencionais, mas em geral, as suas avaliações de satisfação com as suas próteses totais digitais tendem a ser positivas.
Bidra, Avinash S. Farrell, Kimberly Burnham, David Dhingra, Ajay Taylor, Thomas D. Kuo, Chia Ling ⁽⁴⁾	Prospective cohort pilot study	O principal objetivo deste estudo de coorte piloto prospectivo era avaliar os resultados clínicos de próteses completas de CAD/CAM fabricadas em duas visitas. Os objetivos secundários eram avaliar quaisquer diferenças na avaliação dos resultados na linha de base (no prazo de um mês após a inserção) e num seguimento de 12 meses desde a inserção.	Os resultados são favoráveis após um ano de acompanhamento, 79% de satisfação com a prótese CAD-CAM, avaliação clínica e avaliação dos pacientes mostraram uma diferença mínima em relação à situação inicial. Melhoria estatisticamente significativa na avaliação da ausência de pontos dolorosos das próteses. 50% dos pacientes não foram classificados como excelentes para retenção, estabilidade e ajuste.
Schwindling Franz Sebastian Stober Thomas ⁽¹²⁾	Pilot clinical study	Estudar a viabilidade de 2 métodos alternativos e inovadores para a produção de próteses digitais completas.	<ul style="list-style-type: none"> - A retenção, a oclusão, é melhor na prótese fresada. - A estética tem de ser descrita como "muito boa" com alguns pequenos ajustes. - O tempo de fabrico: são necessárias 2 a 3 sessões. - A reprodutibilidade idêntica com a criação de uma base de dados. - O problema da retração devido à polimerização, normalmente, não está presente neste método.

<p>Saponaro Paola C. Yilmaz Burak Heshmati Reza H. McGlumphy Edwin A. ⁽¹³⁾</p>	<p>Cross-sectional study</p>	<p>Avaliar a experiência dos clínicos na fabricação digital de próteses totais num protocolo de duas visitas. Foi registado e avaliado o número real de consultas necessárias para a inserção e o número de visitas de adaptação após a inserção, e se a incidência de complicações de tratamento estava relacionada com a experiência do operador.</p>	<p>O número médio de marcações necessárias para que as próteses estejam prontas foi de 2,39 visitas, e não 2, como a empresa afirma. Os tipos mais comuns de complicações observadas foram a falta de retenção das próteses, dimensão oclusal vertical incorreta, e relação cêntrica incorreta, principalmente devido à falta de experiência.</p>
<p>Goodacre Brian J. Goodacre Charles J. Baba Nadim Z. Kattadiyil Mathew T. ⁽¹⁴⁾</p>	<p>Comparative study</p>	<p>O objetivo deste estudo in vitro era comparar a adaptação da base da prótese dentária através de técnicas de embalagem e prensagem, moldagem, injeção e CAD/CAM para a fabricação de próteses dentárias, a fim de determinar qual o processo que produz a adaptação mais precisa e reprodutível.</p>	<p>O processo de fabricação CAD-CAM é a técnica de fabricação de prótese que tem a melhor adaptabilidade, precisão, menor distorção e melhor reprodutibilidade em comparação com as técnicas convencionais de fabricação de prótese.</p>
<p>Kattadiyil, Mathew T. Jekki, Rami Goodacre, Charles J. Baba, Nadim Z. ⁽¹⁵⁾</p>	<p>Prospective clinical study</p>	<p>Este estudo clínico prospetivo foi realizado para comparar resultados de tratamentos clínicos, satisfação dos pacientes e preferências dos estudantes de medicina dentária por próteses removíveis digitais e convencionais num ambiente de pré-doutoral.</p>	<p>O processo digital demonstrou ser uma opção igualmente eficaz e mais rápida do que o processo convencional de fabrico de próteses no programa de licenciatura. O processo de fabrico de próteses digitais foi preferido e utilizado eficazmente pelos estudantes de dentisteria sob a supervisão do corpo docente.</p>

<p>Wimmer, Timea Gallus, Korbinian Eichberger, Marlis Stawarczyk, Bogna ⁽¹⁶⁾</p>	<p>Case report</p>	<p>Este Relatório de tratamento clínico fornece uma descrição passo a passo de um método CAD/CAM-assisted para o fabrico de próteses dentárias completas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A visualização 3D no software permite uma visão muito melhor da anatomia e morfologia dos arcos edêntulos, pelo que a disposição final e prestação é mais precisa. - O tempo de laboratório é reduzido. - Todas as modificações ou arranjos estéticos são possíveis diretamente no software e antes da usinagem. - Necessita apenas de ajustes mínimos durante a colocação de próteses. - A espessura do material pode ser adaptada ao material e mantida a um mínimo, garantindo assim a função e durabilidade das próteses.
<p>Janeva, Nadica Kovacevska, Gordana Janev, Edvard ⁽¹⁷⁾</p>	<p>Case report</p>	<p>O objetivo deste relatório clínico é apresentar as próteses totais fabricadas com tecnologia CAD/CAM utilizando um método tradicional de registo clínico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O número de consultas necessárias e o tempo passado na cadeira é reduzido. - A criação de um ficheiro numa base de dados permite uma reprodutibilidade perfeita. - Ausência de contração normalmente devida à polimerização.
<p>Infante, Luis Yilmaz, Burak McGlumphy, Edwin Finger, Israel ⁽¹⁸⁾</p>	<p>Technical report</p>	<p>Este relatório descreve uma técnica para o fabrico de uma prótese dentária completa utilizando tecnologia CAD/CAM.</p>	<p>Esta relação tem várias vantagens sobre uma técnica de fabrico convencional: uma economia de tempo porque é um protocolo de 2 visitas, uma diminuição na porosidade e retenção de Candida albicans, e um aumento na estabilidade e retenção da prótese na boca.</p>

Yilmaz, Burak
Azak, Aysen Nekora
Alp, Gülce
Ekşi, Hilal ⁽³⁰⁾

Technical report

O objetivo deste relatório era descrever uma abordagem ao fabrico completo de próteses dentárias utilizando as técnicas utilizadas nos sistemas CAD-CAM para próteses dentárias e combiná-las com técnicas convencionais (as impressões convencionais e a aquisição de dados e as próteses maxilares e mandibulares foram processadas utilizando o software e a unidade de fresagem do sistema CAD-CAM).

As próteses digitais fabricadas com tecnologia CAD-CAM reduzem o número de marcações, proporcionam alta precisão na colocação das próteses, permitem menos encolhimento da base da prótese e facilitam a duplicação através de uma base de dados.

Bajunaid Salwa Omar ⁽³¹⁾

Case report

Apresentação de uma primeira experiência com próteses digitais completas e comentários de pacientes.

Neste caso, poderia ser notada uma muito melhor retenção e adaptabilidade. Por outro lado, a estética não era adequada ao paciente ou ao profissional, o autor explica, no entanto, que este resultado se deve à falta de experiência com esta técnica.

Tabela 2: Quadro de resultados para os materiais

Autores	Tipo de estudo	Objetivos	Resultados
Steinmassl Otto Dumfahrt Herbert Grunert Ingrid Steinmassl Patricia-Anca ⁽¹⁹⁾	Cohort pilot study	Comparação das propriedades físicas dos diferentes CAD/CAM PMMA com o PMMA convencional.	- O PMMA CAD/CAM tem uma superfície mais hidrofílica do que o PMMA convencional.
Manal Rahma Alammari ⁽²¹⁾	Comparative study	Estudo do efeito do polimento químico e mecânico sobre a molhabilidade das resinas.	- PMMA CAD/CAM tem um ângulo de contacto menor (mais húmido) do que outros PMMA.
Murali SRINIVASAN Harald GJENGEDAL Maria CATTANI-LORENTE Mira MOUSSA Stéphane DURUAL Martin SCHIMMEL Frauke MÜLLER ⁽²²⁾	Comparative study	Comparação da rugosidade inerente da superfície das próteses CAD/CAM com as próteses convencionais.	- Próteses CAD/CAM mais suaves do que as próteses convencionais.
Otto Steinmassl Herbert Dumfahrt Ingrid Grunert Patricia-Anca Steinmassl ⁽²⁶⁾	Comparative study	Comparação da adaptação de uma prótese CAD/CAM feita a partir de PMMA fornecida por quatro fabricantes diferentes a próteses dentárias fabricadas convencionalmente.	- As próteses CAD/CAM encaixam melhor do que as próteses convencionais. - Diminuir as úlceras traumáticas.

<p>William Pacquet Aurélie Benoit Christina Hatège-Kimana Claudine Wulfman ⁽²⁷⁾</p>	<p>Comparative study</p>	<p>Avaliação das propriedades mecânicas das resinas de base de prótese dentária por encaixe e prensagem, injeção e CAD/CAM.</p>	<p>- PMMA CAD/CAM tem uma melhor resistência à flexão e resistência à ruptura.</p>
<p>Al-Dharrab Ayman ⁽²⁸⁾</p>	<p>Comparative study</p>	<p>Comparação do conteúdo residual de monómeros em PMMA convencional e CAD/CAM PMMA.</p>	<p>- O PMMA CAD/CAM tem um maior grau de conversão de monómeros, menor porosidade e volume livre reduzido. - O PMMA convencional tem uma menor resistência à flexão e um baixo módulo de flexão em comparação com o PMMA CAD/CAM.</p>
<p>Ziad N. Al-Dwairi Kawkab Y. Tahboub Nadim Z. Baba Charles J. Goodacre ⁽²⁹⁾</p>	<p>Comparative study</p>	<p>Comparação da resistência à flexão, módulo de flexão e resistência ao impacto de duas marcas de CAD/CAM PMMA e uma marca de PMMA convencional.</p>	<p>- O PMMA CAD/CAM tem melhor resistência à flexão e módulo de flexão melhorado em comparação com o PMMA convencional.</p>
<p>Patricia-Anca Steinmassl Verena Wiedemair Christian Huck Florian Klaunzer Otto Steinmassl Ingrid Grunert Herbert Dumfahrt ⁽³²⁾</p>	<p>Comparative study</p>	<p>Comparação da libertação de monómeros entre quatro diferentes CAD/CAM PMMA e PMMA convencional.</p>	<p>- Libertação muito baixa de monómeros para todas as próteses. - Estatísticas demasiado baixas para ver uma correlação com a libertação de monómeros.</p>

5 - Discussão

5.1 - Protocolo (Avadent®, Dentaca®) ⁽⁹⁾:

Primeira consulta: consiste em tomar a impressão com o registo da dimensão vertical desejada, existem várias técnicas que são mais ou menos práticas para o usuário. Tanto com a ajuda de novas tecnologias, fazendo um scan completo da cavidade oral, como com técnicas mais convencionais. Para muitas pessoas, o uso de técnicas convencionais ainda é o mais eficaz.

Segunda consulta: esta é a consulta onde a chamada prótese experimental é testada para avaliar a fonética, estética e função. Existem vários tipos, uma prótese de prova fresada em branco com a base e os dentes, ou uma base fresada com dentes de prótese colocados numa fina camada de cera em cavidades fresadas ligeiramente sobredimensionadas que permitem um movimento limitado dos dentes para conseguir as alterações estéticas, ou uma prótese experimental de resina impressa numa tonalidade monocromática, com a base e os dentes com a mesma tonalidade. Após quaisquer modificações à prótese experimental, o fabricante irá digitalizar novamente a prótese para incorporar as alterações feitas no final.

Terceira consulta: a colocação da prótese completa por CAD/CAM é exatamente a mesma que a de uma prótese completa convencional. Uma pasta indicadora de pressão é utilizada para ajustar a superfície do rebordo à mucosa intraoral. Os contactos oclusais são verificados e os ajustamentos são feitos intraoralmente, se considerado necessário.

5.2 – Vantagens e desvantagens:

Entre os estudos, são utilizados diferentes sistemas para CAD/CAM. Estes sistemas têm uma variedade de protocolos e utilizam uma variedade de técnicas que irão desafiar os procedimentos habituais do praticante. Algumas são mais comuns do que outros, as próteses digitais AvaDent® e o sistema Baltic Denture®, o que exigirá várias etapas de adaptação a serem realizadas numa única sessão. Estes sistemas podem, portanto, ser adequados para Médicos Dentistas com experiência em prostodontia que produzem regularmente um grande número de próteses. O sistema Whole You Nexteeth (Dentca®) seria um sistema mais adequado para Dentistas com menos experiência, porque calcula

automaticamente muitas variáveis, como o plano oclusal ou o suporte labial, a partir de pontos de referência e assim reduz as despesas de adaptação. As próteses digitais Wieland® têm as mesmas etapas básicas de ajustamento que no procedimento de ajustamento convencional ⁽⁸⁾.

Um dos principais benefícios da utilização da tecnologia CAD/CAM para a fabricação de próteses totais é a redução do número de consultas em comparação com o método convencional, passamos de 5 para 2 visitas. Saponaro e al relataram uma média de 2,39 visitas para pacientes tratados em estudos de pós-graduação e pré-doutoral. Relataram que embora alguns pacientes exigissem uma terceira visita, isto representava uma redução significativa do número de 5 consultas necessárias para uma prótese total convencional ⁽¹³⁾. No seu estudo pré-doutoral, Kattadiyil e al compararam a utilização e eficácia da tecnologia CAD/CAM para o fabrico de próteses totais digitais (protocolo AvaDent® para próteses totais digitais) com a do método convencional. Descobriram que os estudantes também eram capazes de fabricar eficientemente próteses totais digitais com o processo de 2 consultas, mas com a orientação do corpo docente. Também relataram uma redução significativa no tempo clínico total (aproximadamente 3,5 horas menos do que o protocolo convencional) na fabricação de próteses totais digitais ⁽¹⁵⁾. Bidra e al também relataram uma redução no tempo clínico para a fabricação de próteses totais digitais, mas sugeriram que este benefício foi compensado pelo tempo considerável passado a interagir com o laboratório para assegurar um bom resultado. No entanto, nem todos os sistemas de prótese por CAD/CAM são concebidos para um protocolo de 2 marcações ⁽⁴⁾. No estudo piloto de Schwindling e al, onde a fabricação digital de próteses totais com o sistema dentário Weiland Dental® foi planeada para 4 visitas clínicas, incluindo uma visita de colocação experimental, concluíram que seriam de esperar visitas clínicas adicionais com clínicos inexperientes utilizando próteses por CAD/CAM. Contudo, foi necessária uma média de 5,4 visitas para completar o processo de fabrico ⁽¹²⁾.

A reprodutibilidade é uma vantagem adicional sobre a técnica convencional, uma vez que oferece a criação de ficheiros arquiváveis. O arquivo eletrónico de todos os dados clínicos do paciente, bem como a conceção das próteses fabricadas, tornarão possível a substituição ou novas próteses, em caso de fratura ou perda, sem a necessidade de uma consulta clínica. Uma cópia pode ser enviada até a um Médico Dentista local para ser colocada, se um

paciente precisar ou estes dados podem ser utilizados para alterar posteriormente a prótese (12, 14, 16, 17).

Poucos estudos laboratoriais comparam o processo de distorção quando se reproduz uma prótese das técnicas tradicionais e assistidas por computador (14, 26). Os resultados do estudo laboratorial de Goodacre e al indicam que a técnica de tratamento CAD/CAM oferece um bom equilíbrio entre uma distorção mínima de fabrico e um melhor ajuste. Descobriram que o processo CAD/CAM é a técnica mais precisa e reprodutível de fabricação de próteses em comparação com as técnicas tradicionais (14). Os resultados do estudo in vitro de Steinmassl, concebido para avaliar o ajuste das próteses num ambiente clinicamente relevante, confirmaram os resultados do estudo de Goodacre. O número total de próteses por CAD/CAM examinadas tinha uma precisão de ajuste da base da prótese significativamente maior do que as próteses convencionais (26).

Kattadiyil e al relataram uma taxa de 80% de satisfação dos pacientes com próteses totais fresadas no seu estudo comparando as próteses feitas com a AvaDent® com as tratadas convencionalmente (15). Noutros estudos clínicos os resultados são semelhantes: para Bidra e al a satisfação total dos pacientes foi de 79% (4), e para Saponaro e al cerca de 75%, o que é consistente com Kattadiyil e al (1). Bidra e al relataram resultados clínicos desfavoráveis para apenas 3 dos 20 participantes, dos quais 2 foram classificados como histéricos e 1 como exigentes. Estética, oclusão, e conforto foram os pontos levantados pelos participantes que estavam insatisfeitos com as suas próteses por CAD-CAM e que voltaram a usar as suas próteses convencionais (4).

Esta técnica tem muitas vantagens, mas apesar disso, tem também algumas desvantagens, como a dificuldade de tomar impressões, procedimentos de gravação da dimensão vertical de oclusão, transferência da relação intermaxilar e manutenção do suporte labial e do bordo incisal é similar ou igual ao procedimento convencional, assim como a incapacidade do sistema em definir o plano oclusal (2, 3, 12, 16, 33, 34). É por estas razões que muitos profissionais ainda utilizam técnicas convencionais para fazer impressões e registo de mordida. Mas uma vez os dados recolhidos, eles utilizam o fabrico digital (2, 3, 16). Outra desvantagem é o custo elevados que são de difícil amortização em clínica e laboratório e que repercute no custo final ao paciente, o tempo ganho na cadeira não compensa ainda o custo de máquinas e materiais (3, 31, 35). Requer prática do assistente de computação e por parte do Médico-Dentista e ainda, rápida adaptação às atualizações dos sistemas de cad-cam (33).

5.3 – Materiais:

Diferentes materiais já foram utilizados para a construção de próteses dentárias, mas as resinas de PMMA (Polimetilmetacrilato) são as mais comuns ⁽¹⁰⁾. Este material tem características muito vantajosas para o fabrico de próteses totais utilizando CAD/CAM.

A sua hidrofiliidade: há muito que se tem conhecimento de que a hidrofiliidade influencia o aumento da retenção da prótese ^(11,20). Portanto, a molhabilidade do PMMA de CAD/CAM é de grande importância para melhorar a retenção: Alammari estudou o efeito do polimento químico e mecânico sobre a molhabilidade das resinas PMMA, quimicamente ativadas e CAD/CAM. Ela concluiu que no CAD/CAM o PMMA tinha o menor ângulo de contacto (molhabilidade) em comparação com outros PMMA ⁽²¹⁾. Steinmassl e al compararam as propriedades físicas de diferentes PMMA de CAD/CAM com PMMA convencional. Concluíram que todo o PMMA de CAD/CAM tinha uma superfície mais hidrofílica do que o PMMA convencional ⁽¹⁹⁾.

A rugosidade da superfície: após o fabrico convencional de próteses completas, as superfícies são mais rugosas ⁽²²⁾. A resina acrílica não polida demonstrou causar manchas na superfície, acumulação de placa e aderência de bactérias às bases, devido à rugosidade excessiva da superfície ^(36, 37). Vários estudos compararam a rugosidade inerente da superfície das próteses por CAD/CAM com as próteses convencionais e concluíram que todas as próteses por CAD/CAM tinham superfícies mais suaves do que as próteses convencionais ⁽²³⁾.

A retenção: Uma das desvantagens das próteses completas fabricadas convencionalmente é a retração volumétrica líquida do PMMA, que leva a uma má adaptação da base da prótese devido a alterações dimensionais ^(24,25). Steinmassl e al compararam o ajuste de uma prótese por CAD/CAM fabricada a partir de PMMA fornecida por quatro fabricantes diferentes a próteses fabricadas convencionalmente. Quando sobrepueram cada scan correspondente do modelo e os ficheiros STL da superfície rebaixada da dentadura completa correspondente utilizando software de engenharia inversa, descobriram que as próteses por CAD/CAM encaixavam melhor do que as próteses de fabrico convencional. Este melhor ajuste explica porque é que os clínicos observaram que as próteses por CAD/CAM têm uma melhor retenção e uma menor incidência de pontos dolorosos (úlceras traumáticas) ⁽²⁶⁾. Goodcare e al destacam este ponto através de um mapa a cores mostrando uma adaptação

da prótese em 60 pontos diferentes para 4 métodos de fabricação e concluíram que a prótese por CAD/CAM é a mais adaptável na boca ⁽¹⁴⁾.

Flexura e resistência à fratura: vários estudos comparam a resistência à flexão e a resistência à fratura do PMMA de CAD/CAM com o PMMA convencional ^(27, 28, 29). Pacquet e al. avaliaram as propriedades mecânicas das resinas de base de prótese por encaixe e prensagem, injeção e CAD/CAM e concluíram que o PMMA de CAD/CAM tinha melhor resistência à flexão e à fratura do que os outros PMMA testados, resultando num material mais dúctil ⁽²⁷⁾. Ao analisar o conteúdo residual de monómeros e as propriedades mecânicas do PMMA de CAD/CAM e do PMMA convencional, Ayman descobriu que o PMMA convencional tinha uma maior resistência à flexão com baixo módulo de flexão do que o PMMA de CAD/CAM ⁽²⁸⁾. Al-Dwairi e al compararam a resistência à flexão, módulo de flexão e resistência ao impacto de duas marcas de PMMA de CAD/CAM e PMMA convencional e concluíram que os dois PMMA de CAD/CAM testados tinham melhorado a resistência à flexão e o módulo de flexão em comparação com o PMMA convencional ⁽²⁹⁾.

Os monómeros residuais de resina acrílica: A presença de monómero residual no PMMA convencional tem efeitos adversos nos tecidos moles ^(38, 39). A utilização de alta pressão e temperatura no fabrico de PMMA de CAD/CAM contribui para o desenvolvimento de cadeias mais longas de polímeros do que o PMMA convencional, resultando num maior grau de conversão de monómeros, menor porosidade e volume livre reduzido ^(10, 28, 40). Ao comparar o conteúdo residual de monómero em PMMA convencional e PMMA de CAD/CAM, Ayman concluiu que o PMMA de CAD/CAM tinha um conteúdo reduzido de monómero e atribuiu os resultados à pré-polimerização do PMMA de CAD/CAM sob pressão ⁽²⁸⁾. Em contraste, um estudo de Steinmassl e al comparou a libertação de monómeros entre quatro diferentes PMMA de CAD/CAM e PMMA convencional e concluíram que todas as próteses avaliadas libertaram quantidades muito baixas de monómero, e não encontraram correlação, estatisticamente significativa, entre a libertação de monómeros e o peso, densidade ou área de superfície da prótese ⁽³²⁾.

6 - Conclusão

Os sistemas CAD/CAM estão mais presentes no âmbito da prótese total, mas ainda existem alguns obstáculos, em particular na técnica de toma de impressões, que requer mais técnica e sobretudo na impossibilidade de estabelecer um plano oclusal, assim como custos

elevados de máquinas e materiais. Por isso, muitos profissionais ainda preferem utilizar técnicas convencionais. Apesar disto, é uma técnica que tem muitas vantagens e seguramente continuará a evoluir em termos de acessibilidades e possibilidades. Já podemos notar a economia de tempo para o profissional e para o paciente, a melhor retenção que permitirá aumentar o conforto da prótese, bem como a utilização de materiais de melhor qualidade. Os pacientes obtêm uma prótese mais resistente e mais confortável em menos tempo do que uma prótese fabricada convencionalmente.

Referências bibliográficas

1. Saponaro PC, Yilmaz B, Johnston W, Heshmati RH, McGlumphy EA. Evaluation of patient experience and satisfaction with CAD-CAM-fabricated complete dentures: A retrospective survey study. *J Prosthet Dent.* 2016 Oct;116(4):524-8.
2. McLaughlin JB, Ramos V, Dickinson DP. Comparison of Fit of Dentures Fabricated by Traditional Techniques Versus CAD/CAM Technology. *J Prosthodont.* 2019 Apr;28(4):428-35.
3. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J.* 2009 Jan;28(1):44-56.
4. Bidra AS, Farrell K, Burnham D, Dhingra A, Taylor TD, Kuo C-L. Prospective cohort pilot study of 2-visit CAD/CAM monolithic complete dentures and implant-retained overdentures: Clinical and patient-centered outcomes. *J Prosthet Dent.* 2016;115(5):578-586.e1.
5. Bilgin MS, Erdem A, Aglarci OS, Dilber E. Fabricating complete dentures with CAD/CAM and RP technologies. *J Prosthodont.* 2015;24(7):576-9.
6. Jacob RF. The traditional therapeutic paradigm: complete denture therapy. *J Prosthet Dent.* 1998 Jan;79(1):6-13.
7. Christensen GJ. Removable prosthodontics: a forgotten part of dentistry. *Alpha Omegan.* 2006;99(1):26-8.
8. Steinmassl P-A, Klaunzer F, Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I. Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. *Int J Prosthodont.* 2017;30(2):116-22.
9. Baba NZ, Goodacre BJ, Goodacre CJ, Müller F, Wagner S. CAD/CAM complete denture systems and physical properties: A review of the literature. *J Prosthodont [Internet].* 2020;(jopr.13243). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32844510/>
10. Ali IL, Yunus N, Abu-Hassan MI. Hardness, flexural strength, and flexural modulus comparisons of three differently cured denture base systems. *J Prosthodont.* 2008;17(7):545-9.

11. Monsénégo P, Proust J. Complete denture retention. Part I: Physical analysis of the mechanism. Hysteresis of the solid-liquid contact angle. *J Prosthet Dent.* 1989;62(2):189–96.
12. Schwindling FS, Stober T. A comparison of two digital techniques for the fabrication of complete removable dental prostheses: A pilot clinical study. *J Prosthet Dent.* 2016;116(5):756–63.
13. Saponaro PC, Yilmaz B, Heshmati RH, McGlumphy EA. Clinical performance of CAD-CAM-fabricated complete dentures: A cross-sectional study. *J Prosthet Dent.* 2016a;116(3):431–5.
14. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2016;116(2):249–56.
15. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *J Prosthet Dent.* 2015;114(6):818–25.
16. Wimmer T, Gallus K, Eichberger M, Stawarczyk B. Complete denture fabrication supported by CAD/CAM. *J Prosthet Dent.* 2016;115(5):541–6.
17. Janeva N, Kovacevska G, Janev E. Complete dentures fabricated with CAD/CAM technology and a traditional clinical recording method. *Open Access Maced J Med Sci.* 2017;5(6):785–9.
18. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, Finger I. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent.* 2014;111(5):351–5.
19. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. Influence of CAD/CAM fabrication on denture surface properties. *J Oral Rehabil.* 2018;45(5):406–13.
20. Sipahi C, Anil N, Bayramli E. The effect of acquired salivary pellicle on the surface free energy and wettability of different denture base materials. *J Dent.* 2001;29(3):197–204.
21. Rahma Alammari M. The influence of polishing techniques on pre-polymerized CAD\CAM acrylic resin denture bases. *Electron Physician.* 2017;9(10):5452–8.
22. Berger JC, Driscoll CF, Romberg E, Luo Q, Thompson G. Surface roughness of denture base acrylic resins after processing and after polishing. *J Prosthodont.* 2006;15(3):180–6.

23. Srinivasan M, Gjengedal H, Cattani-Lorente M, Moussa M, Durual S, Schimmel M, et al. CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness. *Dent Mater J*. 2018;37(4):526–33.
24. Woelfel JB, Paffenbarger GC, Sweeney WT. Dimensional changes occurring in dentures during processing. *J Am Dent Assoc*. 1960;61(4):413–30.
25. Wong DM, Cheng LY, Chow TW, Clark RK. Effect of processing method on the dimensional accuracy and water sorption of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent*. 1999;81(3):300–4.
26. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig*. 2018a;22(8):2829–35.
27. Pacquet W, Benoit A, Hatège-Kimana C, Wulfman C. Mechanical properties of CAD/CAM denture base resins. *Int J Prosthodont*. 2019;32(1):104–6.
28. 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;9(7):4766–72.
29. 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): Mechanical properties of CAD/CAM PMMA. *J Prosthodont*. 2020;29(4):341–9.
30. Yilmaz B, Azak AN, Alp G, Ekşi H. Use of CAD-CAM technology for the fabrication of complete dentures: An alternative technique. *J Prosthet Dent*. 2017;118(2):140–3.
31. Bajunaid SO. A first experience with digital complete overdentures. *Saudi Dent J*. 2016;28(3):148–53.
32. Steinmassl P-A, Wiedemair V, Huck C, Klaunzer F, Steinmassl O, Grunert I, et al. Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? *Clin Oral Investig*. 2017b;21(5):1697–705.
33. Tavares CC, Freire JCP, Freire SCP, Dias-Ribeiro E, Batista AUD. Aplicabilidade dos sistemas CAD/CAM em Prótese Total: revisão de literatura. *Arch HEALTH Invest [Internet]*. 2019 [cited 2020 Sep 18];7(11). Available from: <http://archhealthinvestigation.com.br/ArcHI/article/view/3030>

34. Bilgin MS, Baytaroğlu EN, Erdem A, Dilber E. A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. *Eur J Dent.* 2016;10(2):286–91.
35. Srinivasan M, Kalberer N, Naharro M, Marchand L, Lee H, Müller F. CAD-CAM milled dentures: The Geneva protocols for digital dentures. *J Prosthet Dent.* 2020;123(1):27–37.
36. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997;13(4):258–69.
37. Morgan TD, Wilson M. The effects of surface roughness and type of denture acrylic on biofilm formation by *Streptococcus oralis* in a constant depth film fermentor. *J Appl Microbiol.* 2001;91(1):47–53.
38. 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;26(5):e171-80.
39. Singh RD, Gautam R, Siddhartha R, Singh BP, Chand P, Sharma VP, et al. High performance liquid chromatographic determination of residual monomer released from heat-cured acrylic resin. An in vivo study: Residual monomer released from heat-cured acrylic resin. *J Prosthodont.* 2013;22(5):358–61.
40. Murakami N, Wakabayashi N, Matsushima R, Kishida A, Igarashi Y. Effect of high-pressure polymerization on mechanical properties of PMMA denture base resin. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2013;20:98–104.