ODONTOLOGIA DIGITAL - ABORDAGEM HISTÓRICA E CONCEITUAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Maurício **Medina**[1*], Bruna Carvalho **Ferreira**[1], Henrique Assis Valadares **Tavares**[1], Lucas Anselmo Lima **Silva**[1], Lisia Aparecida Costa **Gonçalves**[1], Frederico Dos Reis **Goyatá**[1]

[1]Departamento de Clínica e Cirurgia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL, Alfenas, MG, Brasil.

Palavras-chave: CAD/CAM. Prótese dentária. Porcelana dentária. Odontologia digital. Scanner odontológico. Impressão digital.

RESUMO

Introdução: as inovações tecnológicas contribuem e representam um papel importante em diversos aspectos da vida cotidiana dos indivíduos em sociedade. Diferentes áreas do conhecimento trabalham com as ferramentas tecnológicas e digitais, dentre estas áreas, destaca-se a Odontologia e suas especialidades. A Odontologia digital e suas tecnologias associadas têm se destacado de forma progressiva, abordando desde os planejamentos restauradores de forma virtual, as impressões de modelos em impressora 3D e os métodos de confecção de próteses em fresadoras auxiliadas por computadores. **Objetivo**: este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura, com uma abordagem conceitual e histórica acerca da Odontologia digital, do escaneamento intraoral e da confecção laboratorial das restaurações indiretas por meio dos sistemas CAD/CAM. **Fonte dos dados**: a pesquisa na literatura foi feita utilizando-se as bases de dados Medline® (PubMed), Scielo e Bireme com as seguintes palavras chaves: “CAD/CAM”, “dental prothesis”, “dental porcelain”, “digital dentistry”, “dental scanner”, “digital impression”. **Síntese dos dados**: os estudos demonstraram grandes avanços nas técnicas de moldagem com o escaneamento intraoral permitindo a obtenção de imagens fidedignas dos dentes e estruturas adjacentes de forma precisa, otimizando o tempo clínico. Além disto, o desenvolvimento de novos métodos e materiais dentários tem possibilitado a elaboração de modelos de trabalho, restaurações indiretas e infraestruturas de próteses por meio de um processo totalmente digital. **Conclusão**: podemos concluir que os estudos reportam resultados promissores com os métodos de trabalho por meio do fluxo digital. Além disso, é notável que esta realidade na Odontologia restauradora e reabilitadora continuará evoluindo e possibilitando o acesso a um maior número de profissionais.

Keywords: CAD/CAM. Dental prosthesis. Dental porcelain. 3D printing.

ABSTRACT

Introduction: technological innovations are important and present an important role in various aspects in lives of individuals in society. Different areas of knowledge working with technological and digital tools, and among these areas, Dentistry and its specialties stand out. In the last decades, digital Dentistry and its associated technologies have been highlighting in a progressive way, approaching from the virtual restorative planning, 3D printed models to the prosthesis manufacturing methods in milling machines aided by computer. **Objective**: the aim of this study is to reach out a literature review, with a conceptual and historical approach about digital Dentistry, intraoral scanning and laboratory press of indirect restorations with CAD/CAM systems. **Sources of data**: the literature search was done using Medline® (PubMed), Scielo and Bireme databases with the following keywords: “CAD/CAM”, “dental prothesis”, “dental porcelain”, “3D printing”. **Synthesis of data**: the present work demonstrates a great advance in impression technique with intraoral scan allowing the obtention of trustworthy images from teeth and surrounding structures in a precision way, optimizing clinical time. Furthermore, the development of new methods and dental materials have been allowing the elaboration of dental work cast, indirect restorations and prosthesis infrastructures in a fully digital process. **Conclusion**: it is possible to conclude that the articles report promising results with working methods through the digital flow. Besides that, it is remarkable that this reality in restorative and rehabilitation dentistry will be in a continuous evolution and allowing access to a greater number of professionals.

Submetido: 03 de junho, 2022
Modificado: 23 de agosto, 2022
Aceito: 30 de agosto, 2022

***Autor para correspondência**:
Maurício Medina
Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Alfenas, MG, Brasil. CEP: 37130-001 - Número de telefone: (35) 99741-0951
E-mail:mauricio.medina@sou.unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

As tecnologias baseadas em computador desempenham um importante papel em todos os aspectos da nossa vida. Estas novas expectativas também estão presentes em diversas áreas das ciências médicas assim como na Odontologia. Desta forma, os avanços em tecnologias, incluindo simuladores de realidade virtual, desenhos virtuais e manufatura auxiliados por computadores resultaram em novas modalidades para o ensino e prática na Odontologia.[1] Durante o século 20, materiais e tecnologias para a elaboração de restaurações indiretas progrediram notavelmente.[2]

Os sistemas CAD/CAM são tecnologias muito utilizadas em várias indústrias e teve a sua introdução na Odontologia ao final da década de 70. O termo CAD significa Desenho Assistido por Computador, do inglês *computer aided design*, e CAM - Manufatura Assistida por Computador, do inglês *computer aided manufacturing*.[3] O principal objetivo desta tecnologia é automatizar os processos manuais com o objetivo de obter resultados de alta qualidade, padronizar os processos de fabricação e reduzir os custos de produção. Os principais sistemas de CAD/CAM surgiram na década de 1980.

A primeira geração dos programas associados aos métodos digitais apresentava apenas uma visão bidimensional limitada das imagens digitalizadas, porque o disco rígido do sistema era incapaz de armazenar o volume de dados necessários para uma visão tridimensional.[4]

Atualmente, a grande maioria das restaurações indiretas são confeccionadas pelos sistemas CAD/CAM utilizando diferentes tipos de materiais dentários: todos os tipos de cerâmicas, resinas compostas, PMMA (polimetilmetacrilato), metais e ceras.[1] O processo basicamente é dividido em três etapas: aquisição dos dados por meio da digitalização (*scanner*), desenho da restauração indireta por meio de um programa e a elaboração final, resultado do processamento de todos os dados.[5]

O cirurgião dentista pode contar com a possibilidade de confecção das restaurações anatômicas em laboratório (*labside*) ou no próprio consultório (*chairside*). Os sistemas CAD/CAM também são classificados em aberto ou fechado, de acordo com o compartilhamento de dados. No sistema fechado, todo o processo é realizado por uma única empresa desde a aquisição de dados virtuais, incluindo o projeto, até a fabricação da restauração. Além disso, todas as etapas são integradas em um só sistema, e não há intercambialidade entre os diferentes sistemas de outras empresas. Já nos sistemas abertos, existe a possibilidade de aquisição dos dados digitais originais pelo programa CAD e a elaboração das restaurações indiretas em dispositivos CAM de empresas diferentes.[6]

Com relação ao método de leitura digital dos preparos dentários e/ou modelos de gesso, existem duas possibilidades de digitalização: os *scanners* ópticos e *scanners* mecânicos. O primeiro tem como base a coleção de estruturas tridimensionais utilizando uma fonte de luz, por exemplo o laser. Já os *scanners* mecânicos realizam a leitura, de forma mecanizada, linha por linha por meio de uma bola de rubi medindo tridimensionalmente as estruturas. Após o escaneamento, o CAD é capaz de planejar a prótese e, posteriormente é executada a fresagem no dispositivo CAM. Os dispositivos de processamento são diferenciados por meio do número de eixos de fresagem, podendo ser de 3, 4 e 5 eixos. A fresagem dos materiais nos sistemas CAD/CAM pode ocorrer com a presença de água ou não, isso é definido de acordo com o material que será submetido à fresadora.[7]

Uma das tendências recentes da Odontologia é a introdução de fluxos de trabalho totalmente digitais e simplificados. Este contexto de trabalho deve permitir que os cirurgiões dentistas trabalhem de forma mais eficiente, precisa e com a possibilidade de sessões em um único dia ou no máximo duas sessões clínicas.[8] A Odontologia digital está aumentando à medida que os custos para aquisição desta tecnologia têm diminuído, assim, permitindo que um maior número de profissionais tenha acesso a esta tecnologia e incorporem estes novos métodos no cotidiano clínico.[9]

Os sistemas CAD/CAM tornaram muito mais eficiente a confecção das restaurações indiretas desde os procedimentos de leitura digital até a elaboração laboratorial. A capacidade de criar restaurações anatômicas e infraestruturas e até mesmo reconstruir uma boca inteira usando a tecnologia CAD/CAM, contribui para a obtenção de resultados clínicos com alta eficiência e qualidade. As unidades de CAD/CAM ainda apresentam um alto custo para o cirurgião dentista e até mesmo os técnicos de laboratório. Entretanto, conforme os preços caem e mais provedores de saúde adotam a tecnologia podemos esperar que os *scanners* intraorais e o design na elaboração das próteses se tornem um padrão em odontologia restauradora. Assim, os sistemas digitais de elaboração das próteses podem proporcionar um aumento substancial na produtividade e modificam a dinâmica dos laboratórios de prótese dentária bem como dos consultórios odontológicos tornando-os modernos centros de diagnóstico e produção informatizados.[10]

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura acerca da odontologia digital, escaneamento intraoral e confecção laboratorial das restaurações indiretas, enfatizando os seguintes aspectos:

A. Abordar histórica e conceitualmente os sistemas CAD/CAM bem como o processo de implementação no consultório odontológico nas últimas décadas.

B. Apresentar os principais materiais dentários para fresagem nos sistemas de CAD/CAM.

C. Analisar a dinâmica do escaneamento intraoral bem como apresentar a natureza dos softwares dos sistemas CAD/CAM (abertos/fechados) e sua aplicabilidade na Odontologia Restauradora.

D. Comparar a eficiência da Odontologia digital frente a Odontologia convencional nos seus aspectos de percepção de conforto por parte do paciente, de tempo de confecção de trabalho total em Odontologia Restauradora Indireta e também em confecção de modelos odontológicos.

FONTE DOS DADOS

O presente trabalho é uma revisão de literatura narrativa. As buscas foram realizadas utilizando as bases de dados Medline® (PubMed), Scielo e Bireme. Para efeito de padronização de busca, apenas um autor realizou a pesquisa nestas bases de dados. Nos meses de dezembro de 2020 e janeiro de 2021, foram feitas buscas utilizando as palavras-chave: "CAD/CAM", "dental prothesis", "dental porcelain", "digital dentistry" "dental scanner", "digital impression". Tais buscas foram realizadas pela opção "avançada" nas bases de dados, cruzando as palavras-chaves de interesse. Foram obtidos 45 artigos relacionados à temática do estudo, publicados nas duas últimas décadas, abrangendo relatos de caso, revisões sistemáticas, meta-análises e estudos clínicos.

Dentre os artigos levantados, 31 estudos foram selecionados para compor a revisão de literatura. Os demais artigos foram excluídos devido ao fato de estarem relacionados a cirurgia guiada de implantes. Realizou-se uma leitura exploratória de todo o material e o registro das informações no software Microsoft Word. Após análise, elaborou-se a revisão de literatura e a discussão do trabalho.

SÍNTESE DOS DADOS

Os avanços da Odontologia Restauradora levaram a inovação dos métodos de moldagem e confecção de próteses fixas e sobre implante. Diversas técnicas e materiais foram introduzidos com o objetivo de facilitar e aumentar as possibilidades para o cirurgião dentista.

Dentre várias, as metodologias em Odontologia digital foram de grande valia para viabilizar e aperfeiçoar a execução clínica e laboratorial das mais diversas opções protéticas em reabilitação oral, desde o planejamento pelo desenho auxiliado por computação (CAD) e a manufatura auxiliada por computação (CAM). Atualmente, o método do CAD/CAM em Odontologia é utilizado em todo mundo e tem demonstrado um progresso muito grande com o desenvolvimento de novos equipamentos e novos materiais. No tocante a Odontologia Reabilitadora, o processo consiste em três etapas: aquisição de dados (escaneamento), desenho da restauração indireta (CAD) e a elaboração da prótese (CAM).[1,2,5]

Ao final da década de 70, esta metodologia de trabalho foi aplicada na Odontologia com intuito de automatizar os processos manuais, contudo, se mostrou muito lento e ineficaz. A tecnologia CAD/CAM evoluiu ao longo dos anos e se tornou um recurso clínico e laboratorial muito utilizado pelos cirurgiões dentistas e técnicos de laboratório. O trabalho e as etapas clínicas com o uso desta tecnologia requerem os seguintes passos: escaneamento e planejamento digital, preparos protéticos, escaneamento, desenho das infraestruturas e das próteses, fresagem dos materiais e confecção das próteses, maquiagem, acabamento, polimento e glaze.[3,4,9,10]

Os primeiros métodos que contribuíram para o surgimento da tecnologia CAD/CAM na Odontologia foram: Bruce Altschuler nos EUA, François Duret na França e Werner Mormann e Marco Brandestini na Suíça. O primeiro sistema comercializado foi o CEREC (CEramic REConstruction), desenvolvido por Mormann e Brandestini, em 1980, na Universidade de Zurique, Suíça.[3]

A primeira geração do sistema CEREC foi projetada para a confecção de restaurações do tipo inlay, onlay e overlay em cerâmica. Este sistema exigia uma excessiva quantidade de tempo para fabricação.[4]

Com relação a obtenção dos moldes e modelos, é importante ratificar que existem técnicas eficazes e capazes de reproduzir em detalhes os dentes e estruturas adjacentes pelos métodos convencionais de moldagem e/ou por meio do escaneamento intraoral ou até mesmo dos modelos de gesso. A utilização de um fluxo de trabalho totalmente digital é uma tendência bastante recente na Odontologia restauradora.[8] Este método de trabalho resulta em menor tempo clínico e maior agilidade no tratamento. Os pacientes afirmam que os escaneamentos são mais confortáveis que as moldagens em alginato e/ou elastômeros. No tocante a percepção do cirurgião dentista, os estudos mostraram que houve significativa satisfação em relação ao manuseio e resultados obtidos em consultório através dos sistemas CAD/CAM.[11-15]

Desde sua implementação na Odontologia, os sistemas CAD/CAM evoluíram consideravelmente quanto a digitalização, o planejamento e, principalmente o processo de confecção laboratorial das próteses. A qualidade do resultado depende substancialmente do sistema utilizado e seus componentes. Além disso, já é possível reproduzir os movimentos mandibulares e a relação oclusal entre os dentes com os sistemas que possuem opções de articuladores

virtuais. Isso é importante, pois uma reabilitação bem conduzida pelo cirurgião dentista está diretamente relacionada aos princípios de oclusão. Atualmente, o profissional pode optar pela produção das restaurações indiretas em laboratório ou no próprio consultório, com os sistemas de CAD/CAM classificados como abertos ou fechados. Isto permite aos profissionais trabalharem com uma intercambialidade entre os sistemas com maior versatilidade e precisão. É importante enfatizar que embora os sistemas tenham se tornado mais acessíveis ao longo dos anos, ainda é necessário um alto investimento e capacitação profissional para trabalhar com esta tecnologia.[6,16-18]

É evidente que houve grandes inovações nos métodos de moldagem com o escaneamento intraoral. A tecnologia permite a obtenção de cópias das estruturas dentais e adjacentes de forma precisa, otimizando o tempo clínico com maior conforto ao paciente. Também possibilita a eliminação de dificuldades relacionadas a alteração dimensional dos materiais de moldagem e da acurácia clínica na técnica de moldagem. Além disso, os estudos de alguns autores apresentaram resultados positivos e clinicamente aceitáveis quanto ao ajuste marginal e interno de próteses fixas quando se comparou as técnicas de moldagem convencionais e digitais, destacando a qualidade dos escaneamentos digitais.[12,14,19,20] Desta forma, é possível obter melhores resultados funcionais e estéticos com longevidade clínica.[19,20] Por outro lado, para a confecção de próteses totais, alguns estudos mostraram contradição em seus resultados. Estes estudos ratificam que as moldagens convencionais dos rebordos edêntulos alcançaram maior precisão, exceto nos moldes em alginato, que os sistemas digitais se sobressaíram.[21] No escaneamento dos rebordos edêntulos, houve grandes dificuldades, principalmente deformação na digitalização da região anterior da maxila e da mandíbula e não foi possível capturar completamente as imagens das bordas do rebordo mandibular. Os autores também reportaram certa dificuldade em determinar digitalmente a profundidade do selado posterior nas áreas das fissuras pterigomaxilares. Acredita-se que o método convencional de moldagem para a confecção das próteses totais ainda deve ser utilizado para complementação a fim de minimizar os possíveis defeitos da técnica digital.[22] Estes resultados vão de encontro ao trabalho de Lo Russo *et al.*[23] em que reportaram uma técnica para unir e alinhar os escaneamentos dos arcos edêntulos, escaneamento do nariz (com um scanner intraoral) bem como registros faciais realizados por um telefone celular. Esta técnica pode ser eficaz em produzir um planejamento digital, otimizando todo o processo de confecção de uma prótese total pelos sistemas digitais. Os trabalhos de Kattadiyil *et al.*[12] e Anadioti *et al.*[14] também mostraram maior satisfação dos pacientes que utilizam próteses totais removíveis confeccionadas pelo método digital quando comparados pelo método convencional. De acordo com estes estudos há maior retenção da resina pré- polimerizada, maior conforto e melhor eficiência mastigatória.[12, 14]

As propriedades dos materiais que são utilizados na fresagem e confecção de restaurações e modelos, variam conforme a composição e as características físico-químicas. Isso foi corroborado pelos testes de rugosidade de superfície, molhabilidade, microdureza e resistência à fratura. Não obstante, sabe-se que as restaurações confeccionadas pelo fluxo digital possuem propriedades mecânicas melhoradas. A automatização, bem como o método de processamento das próteses, a alta temperatura e pressão na polimerização em que os materiais são submetidos, leva a um menor número de ajustes laboratoriais na fase de acabamento e polimento. Ademais, a maioria dos estudos mostraram qualidade superior ou semelhante ao método convencional em lisura de superfície, ajuste marginal e interno, longevidade clínica em trabalhos realizados com a tecnologia CAD/CAM.[24-28]

Assim como o método de fresagem, a impressão 3D facilita e otimiza o tempo do cirurgião dentista no consultório. Este recurso utiliza um método aditivo pelo acréscimo de determinado material permitindo a obtenção de uma multiplicidade de trabalhos utilizados na Odontologia: próteses provisórias, modelos de estudo, modelos de trabalho, placas oclusais e de clareamento. Mesmo que as pesquisas ainda não tenham chegado a um consenso quanto as propriedades dos materiais impressos pela tecnologia 3D, é importante salientar que a prototipagem aditiva inova a cada dia e torna-se mais rápida, econômica e precisa a produção laboratorial e contribui para maior agilidade nos tratamentos clínicos executados pelos cirurgiões dentistas.[29,30]

Estudos sobre a longevidade de coroas totais confeccionadas em CAD/CAM demonstraram que esta técnica diminuiu ligeiramente a durabilidade das próteses quando comparadas às técnicas convencionais. Entretanto, a maioria dos estudos comparativos consideraram as restaurações CAD/CAM dentro da faixa clinicamente aceitável. Além disso, o desempenho da prótese é influenciado pelo sistema digital e pelo material restaurador. Em alguns estudos, o dissilicato de lítio, a zircônia e as infraestruturas em titânio exibiram igual ou melhor adaptação marginal, maior longevidade, quando comparados com as obtidas pelos métodos convencionais .[16,18-20,31]

Os avanços tecnológicos dos últimos anos têm sido muito importantes no que tange o desenvolvimento de novos dos sistemas CAD/CAM, bem como dos materiais dentários utilizados para a prototipagem e elaboração das próteses.

Os estudos têm demonstrado resultados promissores com os métodos de trabalho digital e cada vez mais possibilitando acessibilidade a um maior número de profissionais. A tendência é que esta realidade na Odontologia restauradora e reabilitadora possa continuar e evoluir com o objetivo de tornar possível a aquisição dos equipamentos de escaneamento intraoral pelos cirurgiões dentistas e o investimento dos técnicos de laboratório nos sistemas CAD/CAM. É importante que os profissionais envolvidos nas áreas da Odontologia que utilizam destes recursos possam acompanhar o desenvolvimento dos sistemas e dos materiais a fim de proporcionar uma Odontologia mais eficiente e com melhores resultados clínicos.

CONCLUSÃO

O escaneamento intraoral e o planejamento virtual (CAD) podem ser realizados de diferentes formas de acordo com o método e o equipamento (*scanner*) utilizado. Estas tecnologias possibilitam agilidade no processo de confecção de restaurações indiretas e proporcionam maior conforto ao paciente. Entretanto, demanda capacitação e experiência do cirurgião dentista no manuseio do *scanner* e do *software*.

Os materiais dentários para a fresagem nos sistemas CAD/CAM apresentam, na maioria das vezes, um processamento e propriedades mecânicas melhoradas. Os resultados clínicos otimizam a biomecânica e o comportamento estético nas restaurações indiretas parciais, totais e nas próteses sobre implantes.

A eficiência do fluxo de trabalho digital frente aos métodos convencionais é cada vez mais observada e reportada nos estudos *in vitro* e clínicos. Ademais, é importante afirmar que o método convencional, em alguns casos, pode ser associado ao digital e produzir bons resultados clínicos.

Os avanços tecnológicos da Odontologia digital na última década são evidentes e instituíram mudanças significativas no dia a dia clínico dos cirurgiões dentistas. Serão necessários mais estudos para viabilizar o desenvolvimento de tecnologias mais simplificadas e acessíveis a um maior número de profissionais.

REFERÊNCIAS

1. Albuha Al-Mussawi RM, Farid F. Computer-Based Technologies in Dentistry: Types and Applications. J Dent (Tehran). 2016;13(3):215-22.
2. 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;28(1):44-56. doi: 10.4012/dmj.28.44.
3. Correia ARM, Fernandes JCAS, Cardoso JAP, Silva CFCL. CAD-CAM: a informática a serviço da prótese fixa. Revista de Odontologia da UNESP. 2016;35(2):183–9.
4. Horsano M, Kugel G. Esthetics and Computer-Aided Design and Computer - Aided Manufacturing (CAD/CAM) Systems. In: ASCHHEIM K. W.; Esthetic Dentistry: A Clinical Approach to Techniques and Materials. 3 ed. New York: Elsevier, 2015.
5. Samra ABP *et al.* Revista Odonto Ciência. J Dent Sci. 2015;30(4):200-4.
6. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. J Prosthodont Res. 2016;60(2):72-84. doi: 10.1016/j.jpor.2016.01.003. Epub 2016 Feb 28.
7. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital Dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations Br Dent J. 2008;204(9):505-11. doi: 10.1038/sj.bdj.2008.350.
8. Vandenberghe B. The Crucial Role of Imaging in Digital Dentistry. Dent Mater. 2020;36(5):581-591. doi: 10.1016/j.dental.2020.03.001. Epub 2020 Apr 13.
9. Fung L, Brisebois P. Implementing Digital Dentistry Into Your Esthetic Dental Practice. Dent Clin North Am. 2020;64(4):645-657. doi: 10.1016/j.cden.2020.07.003. Epub 2020 Aug 12.
10. Davidowitz G, Kotick PG. The Use of CAD/CAM in Dentistry. Dent Clin North Am. 2011;55(3):559-70, ix. doi: 10.1016/j.cden.2011.02.011.
11. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: Evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health. 2014;14:10. doi: 10.1186/1472-6831-14-10.
12. 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 Presented at the Academy of Prosthodontics annual meeting, Kursaal, Berne, Switzerland, May 2014. J Prosthet Dent. 2015;114(6):818-25. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.08.001. Epub 2015 Sep 26.
13. Schott TC, Arsalan R, Weimer K. Students' perspectives on the use of digital versus conventional dental impression techniques in orthodontics. BMC Med Educ. 2019;19(1):81. doi: 10.1186/s12909-019-1512-3.
14. Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative review. BMC Oral Health. 2020;20(1):343. doi: 10.1186/s12903-020-01328-8.
15. Nassani MZ, Ibraheem S, Shamsy E, Darwish M, Faden A, Kujan O. A survey of dentists' perception of chair-side Cad/Cam technology. Healthcare (Basel). 2021;9(1):68. doi: 10.3390/healthcare9010068.
16. Papadiochou S, Pissiotis A L. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. J Prosthet Dent. 2018;119(4):545-551. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.001. Epub 2017 Sep 28.
17. Buduru S, Culic B, Talmaceanu D, Pal A. A comparative study of the accuracy of five CAD-CAM systems. Med Pharm Rep. 2019;92(2):185-191. doi: 10.15386/cjmed-1131. Epub 2019 Apr 25.
18. Rodrigues SB, Franken P, Celeste RK, Leitune VCB, Collares FM. CAD/CAM or conventional ceramic materials restorations longevity: a systematic review and meta-analysis. J Prosthodont Res. 2019;63(4):389-95. doi: 10.1016/j.jpor.2018.11.006. Epub 2019 Jul 11.
19. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. J Dent. 2010;38(7):553-9. doi: 10.1016/j.jdent.2010.03.015. Epub 2010 Apr 8.

20. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. J Prosthet Dent. 2016;116(2):184-190.e12. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.12.017. Epub 2016 Mar 2.
21. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent. 2016;115(3):313-20. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.09.011. Epub 2015 Nov 6.
22. Goodacre B, Goodacre C. Using Intraoral Scanning to Fabricate Complete Dentures: First Experiences. Int J Prosthodont. 2018;31(2):166-170. doi: 10.11607/ijp.5624.
23. Lo Russo L, Di Gioia C, Salamini A, Guida L. Integrating intraoral, perioral, and facial scans into the design of digital dentures. J Prosthet Dent. 2020;123(4):584-588. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.05.030. Epub 2019 Jul 17.
24. Lee KH, Yeo IS, Wu BM, Yang JH, Han JS, Kim SH, *et al.* Effects of Computer-Aided Manufacturing Technology on Precision of Clinical Metal-Free Restorations. Biomed Res Int. 2015;2015:619027. doi: 10.1155/2015/619027. Epub 2015 Oct 18.
25. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. J Appl Oral Sci. 2016;24(3):258-63. doi: 10.1590/1678-775720150451.
26. Ludovichetti FS, Trindade FZ, Werner A, Kleverlaan CJ, Fonseca RG. Wear resistance and abrasiveness of CAD-CAM monolithic materials. J Prosthet Dent. 2018;120(2):318.e1-318.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.05.011. PMID: 30097264.
27. Srinivasan M, Gjengedal H, Cattani-Lorente M, Moussa M, Durual S, Schimmel M, Müller F. 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. doi: 10.4012/dmj.2017-207. Epub 2018 Mar 6.
28. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). J Prosthodont. 2019;28(4):452-7. doi: 10.1111/jopr.13033. Epub 2019 Feb 19.
29. Jeong YG, Lee WS, Lee KB. Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D printing method. J Adv Prosthodont. 2018;10(3):245-51. doi: 10.4047/jap.2018.10.3.245. Epub 2018 Jun 12.
30. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry - A review. J Esthet Restor Dent. 2020;32(2):171-81. doi: 10.1111/jerd.12566. Epub 2020 Jan 13.
Joda T, Zarone F, Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. BMC Oral Health. 2017;17(1):124. doi: 10.1186/s129