



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



Renan Lozano Rumão

Pinos intrarradiculares obtidos por fluxo digital: uma revisão da literatura

Araraquara
2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Renan Lozano Rumão

Pinos intrarradiculares obtidos por fluxo digital: uma revisão da literatura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do grau de Cirurgião-dentista.

Orientador: Prof. Dr. José Maurício dos Santos Nunes Reis

Araraquara
2023

R936p	Rumão, Renan Lozano Pinos intrarradiculares obtidos por fluxo digital : uma revisão da literatura / Renan Lozano Rumão. -- Araraquara, 2023 34 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Odontologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara Orientador: José Maurício dos Santos Nunes Reis 1. Tecnologia digital. 2. Pinos dentários. 3. Técnica para retentor intrarradicular. 4. Desenho assistido por computador. I. Título.
-------	--

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

Essa ficha não pode ser modificada.

**UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara**

Renan Lozano Rumão

Pinos intrarradiculares obtidos por fluxo digital: uma revisão da literatura

Orientador: Prof (a) Dr (a) José Maurício dos Santos Nunes Reis

Assinatura Orientador (a):

Assinatura Aluno (a):

Araraquara, 30 de novembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora de Aparecida, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da graduação e da realização deste trabalho.

Aos meus pais, Shirley Lozano Rumão e Antônio Carlos de Figueredo Rumão, por terem me incentivado e me apoiado em todos os momentos fazendo meu sonho se tornar realidade. Espero poder retribuir de alguma forma tudo que fizeram e ainda fazem por mim. Amarei-os eternamente.

Ao meu orientador, José Maurício, que apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica aceitou me orientar neste trabalho. O seu valioso conhecimento teórico/prático contribuiu não só neste trabalho, mas também na rotina diária do curso, mostrando o quanto a reabilitação oral realizada de forma responsável é de extrema importância na odontologia.

Ao doutorando Carlos, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho na escrita deste trabalho.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Aos meus amigos de Arceburgo, que sempre estiveram do meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado durante toda a minha graduação.

Por último, mas não menos importante, à minha dupla Luana Oliveira Poli, por ter me apoiado e me incentivado em todos os momentos, desde quando nos conhecemos no laboratório de genética. Levarei essa pessoa incrível pra sempre comigo.

Rumão RL. Pinos intrarradiculares obtidos por fluxo digital: uma revisão da literatura [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

RESUMO

Dentes tratados endodonticamente são mais propensos à fratura devido à perda de estruturas dentárias e podem necessitar de pinos intrarradiculares para suporte e retenção de restaurações. A tecnologia digital é aplicável na realização de diferentes procedimentos odontológicos, desde restaurações até planejamento ortodôntico e fabricação de componentes como pinos e núcleos, utilizando métodos como impressão 3D ou CAD/CAM subtrativo. No contexto digital, o escaneamento converte objetos em imagens por meio de luz capturada pelo escâner que pode ser intraoral ou de bancada. Os avanços tecnológicos tornaram os escâneres mais ergonômicos e eficazes, permitindo digitalizar preparos de canais radiculares, antes desafiadores. Esses pinos podem ser produzidos de maneira semi-direta, digitalizando uma impressão do espaço do pino e usando software para fresar ou imprimir, ou de forma direta, escaneando o interior do canal radicular preparado e fabricando o pino por métodos aditivos ou subtrativos. Os retentores obtidos por fluxo digital adaptam-se melhor a canais com anatomia complexa, são eficientes, rápidos e precisos. Oferecem vantagens estéticas aos núcleos metálicos, maior retenção e adequada resistência em relação aos núcleos de preenchimento associados a pinos pré-fabricados de fibra de vidro, além de minimizar erros humanos relativos aos processos convencionais. Dentre os diferentes materiais utilizados é possível observar a ocorrência de falhas, desde o desprendimento do pino até fratura radicular, do tipo reparáveis e irreparáveis, sendo esta última, considerada uma desvantagem. O fluxo digital revolucionou a odontologia moderna, permitindo trabalhos mais eficientes, restaurações precisas, pré-visualização tridimensional dos procedimentos e maior conforto para os pacientes. Além disso, impulsionou o avanço de novos materiais, softwares e escâneres para fabricação de diversas restaurações, permitindo a confecção de pinos e núcleos de maneira digital.

Palavras – chave: Tecnologia digital. Pinos dentários. Técnica para retentor intrarradicular. Desenho assistido por computador.

Rumão RL. Intraradicular posts obtained by digital workflow: a literature review [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

ABSTRACT

Endodontically treated teeth are more prone to fractures due to loss of tooth structures and may require intraradicular posts to support and retain restorations. Digital technology is applicable in the manufacture of different dental procedures, from restorations to orthodontic planning and the manufacture of components such as posts and cores, using methods such as 3D printing or CAD/CAM. In the digital context, scanning converts objects into images through light captured by the scanner, which can be intraoral or benchtop. Technological advances have made scanners more ergonomic and effective, allowing previously challenging root canal preparations to be digitized. These posts can be produced semi-directly by scanning a printout of the root canal space and using software to mill or print, or directly by scanning the interior of the root canal and manufacturing the post using additive or subtractive methods. Retainers obtained by digital workflow adapt better to canals with complex anatomy, are efficient, fast and precise. They offer aesthetic advantages when compared to cast posts and cores, greater retention and resistance in comparison to prefabricated glass fiber posts, reducing human errors related to conventional procedures. Among the different materials used, it is possible to observe the occurrence of repairable and irreparable failures, from post detachment to root fracture, the latter being considered a disadvantage. The digital workflow has revolutionized modern dentistry, allowing more efficient work, precise restorations, three-dimensional preview of procedures and greater comfort for patients. It has also driven the advancement of newer materials, software and scanners for the manufacture of various restorations, allowing the creation of post and cores digitally.

Keywords: Digital technology. Dental pins. Post and core technique. Computer-aided design.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 PROPOSIÇÃO	10
3 REVISÃO DA LITERATURA	11
4 DISCUSSÃO	27
5 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Dentes tratados endodonticamente possuem maior vulnerabilidade à fratura, em decorrência da perda de estruturas dentárias sadias, que proporcionam suporte e retenção ao material restaurador¹. Isso pode ser decorrente de lesões cáries demasiadamente grandes, tratamento endodôntico não conservador e, sobretudo, fraturas coronárias extensas². Dentes com extensa perda estrutural de duas ou mais paredes, com comprometimento de mais de 50% da porção coronária, necessitam frequentemente do auxílio de pinos intrarradiculares a fim de proporcionar suporte, estabilidade e retenção à restauração assim como maior superfície de aderência ao núcleo de preenchimento coronário³.

O avanço da odontologia digital tem provocado uma transformação notável na rotina clínica diária, resultado da combinação eficaz entre os sistemas digitais e melhorias das propriedades mecânicas e estéticas dos materiais restauradores, diminuindo o tempo necessário para os tratamentos e mantendo os níveis elevados de precisão e estética⁴. Além disso, o fluxo de trabalho digital proporciona velocidade e eficiência, possibilidade de armazenar e transferir imagens entre os consultórios, melhor conforto para o paciente e reduz a possibilidade de erros por parte do cirurgião-dentista⁵. A tecnologia digital pode ser utilizada na fabricação de restaurações semi-diretas, próteses parciais fixas, coroas, pilares de implantes, planejamento ortodôntico⁶, como também na confecção de pinos e núcleos por meio da manufatura aditiva (impressão 3D) ou subtrativa (CAD/CAM)⁷.

No contexto digital, as representações visuais são adquiridas por meio do processo de escaneamento, que consiste na conversão de objetos reais em imagens por meio da captura de luz. O escâner registra os tempos de reflexão da luz na superfície do objeto e com base em dados e algoritmos de cálculos incorporados ao software, ele realiza o cálculo e exibe uma imagem da área capturada na tela do computador⁸. A digitalização pode ser realizada por meio de dispositivos de escaneamento intraoral (IOS) ou de bancada (extraorais). Em termos gerais, as escolhas relativas à utilização desses escâneres dependem da qualidade desejada da imagem, da rapidez do processo de escaneamento, da necessidade de preparação da amostra a ser escaneada, assim como da decisão entre realizar um escaneamento intraoral ou a digitalização de um padrão⁹.

O processamento das impressões ópticas obtidas no escaneamento é consideravelmente mais veloz do que o processo relacionado às impressões analógicas tradicionais, o que permite identificar prontamente quaisquer problemas ou defeitos. A evolução do escâner intraoral influenciou seu formato, tornando-o mais ergonômico para seu propósito. Isso se reflete, algumas vezes, na redução de suas dimensões, o que permite ao dispositivo escanear de maneira eficaz até os elementos dentários mais desafiadores de se capturar, como os segundos e terceiros molares¹⁰. Tradicionalmente, os escâneres intraorais (IOS) não eram amplamente empregados para tais finalidades, principalmente devido ao desafio percebido de digitalizar preparos de canais radiculares com escâneres ópticos odontológicos. No entanto, avanços tecnológicos recentes em dispositivos intraorais permitem a possibilidade de utilizar impressões ópticas em preparos de canais radiculares¹¹.

Nessas tecnologias contemporâneas têm sido empregados materiais como resina composta reforçada com fibras de polietileno, cerâmicas híbridas com matrizes resinosas, blocos compostos de fibra de vidro com matriz de resina e zircônia estabilizada por ítria na confecção dos retentores intrarradiculares¹². Esses pinos podem ser confeccionados pela técnica semi-direta (ou semi-digital, ou híbrida) a partir da digitalização de uma impressão do espaço corono-radicular do pino/núcleo, bem como de um padrão feito de cera ou resina acrílica. Após a digitalização, um desenho virtual (CAD) é gerado em um software e, então, o pino/núcleo é fresado ou impresso¹³ ou pela técnica direta (totalmente digital), em que se obtém imagem direta do interior do canal radicular por meio do escaneamento intraoral, seguido da confecção do pino/núcleo também por manufatura aditiva ou subtrativa¹⁴.

A técnica semi-digital apresenta mais variáveis durante o processo digital da fabricação de retentores intrarradiculares, mas ainda assim pode ser indicada na restauração de dentes com condutos radiculares estreitos ou longos¹⁵. De acordo com informações apresentadas, o fluxo de trabalho direto (totalmente digital) utilizando escâner intraoral proporciona adaptação superior em comparação com a técnica indireta a partir da digitalização da impressão ou do padrão. Apesar da digitalização direta apresentar vantagem sobre a técnica indireta, ocasionalmente, pode ser desafiador registrar adequadamente o espaço estreito do canal radicular¹⁶.

Os retentores intrarradiculares obtidos por fluxo digital são indicados para canais radiculares que apresentam anatomia complexa, como canais de formato amplos, que não apresentam configurações circulares, ou sejam excessivamente

divergentes, pois nesses casos os pinos pré-fabricados cilíndricos ou mesmo cilindro-cônicos podem não garantir a adaptação completa do pino às paredes do canal radicular¹⁷. De acordo com a literatura, os pinos e núcleos obtidos por fluxo digital apresentam vantagens como processamento eficiente, rápido e em menor tempo, redução de erros humanos potenciais e maior precisão¹⁸. Além disso, a tecnologia digital permite a fabricação de retentores intrarradiculares com características estéticas, melhor retenção, boa adaptação, redução da espessura da camada de cimento e boa resistência a fratura quando comparado aos pinos convencionais¹⁹.

No entanto, o fluxo digital pode apresentar desvantagens como a necessidade de adquirir equipamentos e softwares de custos elevados e necessidade de treinamento por parte dos cirurgiões dentistas para confecção dos retentores intrarradiculares²⁰. Além disso, os IOS disponíveis comercialmente apresentam variações significativas em termos de precisão. Consequentemente, os dispositivos mais recentes tendem a ter gama mais ampla de aplicações clínicas como o escaneamento de canais radiculares e áreas retentivas, ao passo que os modelos mais antigos possuem conjunto mais limitado de indicações clínicas²¹.

Existem poucos estudos na literatura comparando os pinos e núcleos obtidos por fluxo digital com os métodos convencionais e seu sucesso a longo prazo. Dessa maneira o objetivo desse estudo é revisar a literatura sobre o tema “pinos intrarradiculares obtidos por fluxo digital”.

2 PROPOSIÇÃO

Esse estudo tem como objetivo revisar a literatura sobre a aplicação da odontologia digital para restauração de dentes tratados endodonticamente por meio da associação com pinos/núcleos obtidos por fluxo digital, descrevendo suas indicações, métodos de aplicação, bem como suas vantagens e desvantagens.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Liu et al.¹², em 2010, por meio de relato clínico, descreveram um procedimento para restaurar um dente anterior gravemente danificado com pino e núcleo personalizados fabricados pelo processo CAD/CAM. Nessa técnica, o canal radicular foi preparado com um instrumento de baixa velocidade (Peeso Reamer), a guta percha foi removida do canal até uma profundidade de cerca de 8,0 mm e o diâmetro na porção cervical era de 3,0 mm. Uma impressão do espaço do pino e dos dentes adjacentes foi obtida com vinil polissiloxano (Flexi time). O modelo foi vazado com gesso tipo IV de alta resistência (Royal Rock). A partir do molde, um padrão de cera (Casting Wax Bar) foi confeccionado sem arestas para facilitar a digitalização. Em seguida, o padrão de cera foi digitalizado com escâner (SmartVision) e processado utilizando software CAD/CAM (Capture 1.0) para criar um modelo 3D do pino e núcleo. Um bloco de fibra de vidro pré-fabricado envolto em resina composta foi então fresado para criar o pino e núcleo final em fresadora (VMC 850s). Após a fresagem, o pino e núcleo de fibra foram envolvidos em papel carbono vermelho de 8,0 micrômetros de espessura (Arti-Fol) e colocados no espaço do pino para avaliar o ajuste. Posteriormente, as interferências foram removidas utilizando fresas diamantadas para acabamento (Dia-Burs) em peça de mão de alta velocidade (W&H Synea HS). O canal radicular foi limpo com solução alcalina 75% para eliminar os restos do papel articulado e seco com jato de ar e a superfície do pino foi condicionada (Super-Bond C&B Monomer). O pino/núcleo foi cimentado no canal radicular com cimento resinoso (Super-Bond C&B) e após a fotopolimerização o dente foi restaurado com coroa cerâmica (Procera Alumina). O paciente foi chamado de volta após 8 meses da cimentação do pino e núcleo e nenhuma complicação foi observada. Uma radiografia periapical demonstrou que o pino/núcleo permaneceu bem adaptado ao espaço intrarradicular. Os autores concluíram que o pino/núcleo de fibra de vidro de peça única adapta-se melhor ao canal radicular do que um pino de fibra de vidro pré-fabricado, reduzindo a espessura da linha de cimentação.

Davidowitz e Kotick⁶, em 2011, escreveram sobre o uso do CAD/CAM na odontologia, relatando que o desenho assistido por computador (CAD) e a manufatura auxiliada por computador (CAM) que é utilizada tanto no laboratório de prótese, quanto no consultório odontológico, pode ser aplicada em onlays, inlays, coroas, facetas, próteses parciais fixas, pilares de implantes e até reconstrução de boca toda.

Nesse artigo os autores discutem a história do CAD/CAM na odontologia e dá uma visão geral de como funciona, fornecendo informações sobre as vantagens e desvantagens, descrevendo os principais produtos disponíveis e como incorporar a nova tecnologia em sua prática até suas aplicações futuras. Os autores concluíram que as unidades CAD/CAM representam investimento significativo, tanto em sua aquisição, quanto na utilização. No entanto, à medida que os custos diminuem e um número crescente de profissionais da saúde incorpore essa tecnologia é provável que os escâneres digitais e o desenho e manufatura assistidos por computador se tornem práticas comuns na área odontológica.

Dayalan et al.²², em 2011, analisaram e compararam a resistência à fratura de pinos pré-fabricados tradicionais de fibra de vidro com pinos de óxido de zircônio construídos com a tecnologia CAD/CAM. Pinos de fibra de vidro pré-fabricados de dimensões específicas (comprimento 19 mm, largura 1,2 mm coronal e 0,8 mm apical) foram adquiridos. Esses pinos pré-fabricados foram duplicados para construir pinos experimentais de óxido de zircônio utilizando técnica específica de padrões de cera. Os corpos-de-prova foram divididos em dois grupos: grupo A- pinos de óxido de zircônio (n=15) e grupo B- pinos de fibra de vidro (n=15). Na avaliação da precisão, um paquímetro foi utilizado para medir o comprimento e a largura dos pinos de óxido de zircônio, comparando a largura nas extremidades coronal e apical com os pinos de fibra de vidro. As amostras foram testadas quanto à resistência à fratura aplicando carga na porção coronal dos pinos por meio da utilização de máquina de ensaios mecânicos sob velocidade constante 1,0 mm/minuto. Os valores foram coletados e analisados estatisticamente. O grupo A, composto por pinos de óxido de zircônio fresados anatomicamente, apresentou carga de fratura significativamente maior do que o grupo B, composto por pinos pré-fabricados de fibra de vidro. A carga de fratura, em Newton, foi significativamente menor no grupo B, quando comparado ao A. Os autores concluíram que os pinos de óxido de zircônio fresados apresentaram maior resistência à fratura quando comparados aos pinos de fibra de vidro.

Bernardes et al.⁹, em 2012, escreveram sobre a tecnologia CAD/CAM aplicada à prótese dentária e sobre implantes. Nesse estudo, os autores relatam sobre as novas tecnologias empregadas na odontologia e como a digitalização de imagens passaram por transformações significativas na produção de próteses e infraestruturas protéticas. Além disso, descrevem também que a utilização dessa abordagem na prática odontológica tem sido proposta desde o ano de 1970, com o propósito de

simplificar, automatizar e assegurar níveis de qualidade com ajustes microscópicos nas próteses dentárias. Em resumo, os autores apresentam o sistema CAD/CAM, descrevendo seu funcionamento, as vantagens e desvantagens e sobre o estado atual do sistema para produção de próteses dentárias. Os autores concluíram que a evolução dos sistemas CAD/CAM utilizados na odontologia contemporânea é capaz de produzir restaurações protéticas de alta qualidade. No entanto, é importante ressaltar que o resultado desse processo não é assegurado apenas pela técnica em si, pois engloba múltiplas etapas, sendo necessário o controle efetivo de todas as etapas envolvidas para correta finalização de um procedimento.

Lee et al.²³, em 2014, descreveram uma técnica para a fabricação de um pino reforçado com fibra e um núcleo de zircônia com tecnologia CAD/CAM. Nessa técnica, após o tratamento endodôntico do primeiro molar superior, foi preparado um espaço para o pino no canal radicular palatino com broca específica para pino (Snowlight). Após o preparo foi realizada uma impressão com o pino reforçado com fibra e o material polivinil siloxano (Aquasil). Após definir as margens, foi feito o bloqueio de todos os cortes inferiores com cera, o pino foi inserido no canal palatino e o gesso foi digitalizado com escâner de bancada (D800). Utilizou-se software CAD/CAM (Dental System) para projetar o núcleo de zircônia desde a coroa anatômica. A partir desse projeto, foi fresado um bloco de zircônia (BruxZir) em fresadora de 5 eixos (Ceracube CM5). Depois da fresagem foi removida a parte projetada do pino na superfície oclusal do núcleo de zircônia com fresa diamantada (Dia-burs) e o núcleo foi sinterizado seguindo as recomendações do fabricante e avaliado seu ajuste no modelo de trabalho. Após aplicação de cimento resinoso (Panavia F 2.0) na superfície interna do núcleo e externa do pino, o pino foi encaixado no núcleo e o cimento dual fotopolimerizado. Os autores concluíram que essa técnica supera as limitações dos escâneres odontológicos na geração de imagens do canal radicular, convertendo sua superfície côncava em convexa. No entanto, a taxa de sobrevivência e a resistência à fratura dessas restaurações devem ser mais investigadas.

Chen et al.²⁴, em 2015, investigaram a distribuição de tensão de um dente anterior maxilar severamente danificado restaurado com um sistema de pinos de fibra de vidro CAD/CAM. Doze modelos foram fabricados com diferentes níveis de osso alveolar e espessuras de parede de dentina cervical e estudados utilizando um método bidimensional de elementos finitos. Os modelos foram tratados endodonticamente e restaurados com um pino e núcleo de fibra de vidro CAD/CAM,

bem como uma coroa vitrocerâmica à base de dissilicato de lítio. Uma força de 100 N foi aplicada na superfície lingual da coroa a 45 graus e a tensão máxima de von Mises foi calculada. Observou-se maior nível de estresse na dentina do que no pino e na coroa. Com a redução da espessura da dentina, a tensão máxima de von Mises na dentina aumentou ligeiramente até um pico na espessura de 1,5 mm, seguido por ligeira diminuição na espessura de 1,0 mm. Entretanto, os valores da razão relativa (RR) não apresentaram grande diferença ($RR > 80\%$). Enquanto isso, uma grande diferença nos valores de RR foi observada com alteração no nível ósseo ($RR < 80\%$). Os autores concluíram que ao utilizar um sistema de pinos de fibra de vidro CAD/CAM, a tensão máxima de von Mises foi significativamente influenciada pelo nível ósseo, e não pela espessura da dentina. Além disso, um sistema de pinos de fibra de vidro CAD/CAM pode ser aplicado para o tratamento de um dente anterior extensamente danificado, com nível ósseo de apenas 2/3.

Kalyoncuoglu et al.²⁵, em 2015, avaliaram e compararam as resistências à fratura de sistemas de pinos e núcleos produzidos com diferentes técnicas e materiais de fabricação. Quarenta pré-molares humanos extraídos foram utilizados nesse estudo. Após o tratamento endodôntico, os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de 10 cada, sendo grupo C (pinos e núcleos metálicos de peça única fabricados por fundição - grupo controle); grupo CM (pinos e núcleos metálicos fabricados na técnica copy milled); grupo LS (pinos e núcleos monobloco fabricados pela técnica de sinterização a laser) e grupo ZR (pinos e núcleos de zircônia monolítica fabricados com CAD/CAM). Os pinos e núcleos foram cimentados aos dentes com cimento resinoso adesivo. Em seguida, os corpos-de-prova foram montados em blocos de resina acrílica, acoplados a uma máquina de ensaios Instron e carregados com velocidade de 1 mm/min, até a fratura. Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) unidirecional, seguida do teste post hoc de Tukey ($\alpha=0,05$). Os maiores resultados de resistência à fratura foram encontrados no grupo ZR ($315,4 \pm 53,4$ N), que apresentou diferenças significativas em relação a todos os outros grupos ($p<0,05$). Os menores valores foram encontrados no grupo C ($230,2 \pm 29,8$ N). Os grupos LS ($250,9 \pm 29,0$ N), CM ($253,0 \pm 22,4$ N) e C não apresentaram diferenças significativas entre si ($p>0,05$). Os autores concluíram que os pinos e núcleos de zircônia monolíticos anatomizados fabricados com processo CAD/CAM podem ser um método de tratamento alternativo quando comparados com outras técnicas.

Bilgin et al.²⁶, em 2016, compararam a resistência à fratura de pinos e núcleos de cobalto-cromo fabricados com 3 técnicas diferentes: fundição tradicional (TC), projeto e manufatura auxiliados por computador ou CAD/CAM (CCM) e sinterização direta de metal a laser (DMLS). Quarenta pré-molares inferiores humanos foram tratados endodonticamente. As raízes foram, então, divididas aleatoriamente em quatro grupos de acordo com os sistemas de pinos: o grupo controle foi preenchido com guta percha. Os pinos metálicos de cobalto-cromo foram confeccionados com TC, CCM e DMLS nos outros três grupos. Os pinos foram cimentados com cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200) e submetidos ao teste de compressão com célula de carga de 500 N à velocidade de 1,0 mm/min. A análise estatística dos dados foi realizada por meio de análise de variância unidirecional (ANOVA) e testes post hoc de comparação múltipla de Tukey ($\alpha=0,05$). As amostras foram examinadas em estereomicroscópio com aumento de 20X para avaliação dos tipos de fratura. Os resultados mostraram que as cargas médias de fratura foram 432,69 N para controle, 608,9 N para TC, 689,40 N para DMLS e 959,26 N para CCM. ANOVA unidirecional revelou diferença significativa entre os grupos ($p<0,01$). No teste post hoc de Tukey houve diferenças significativas entre os grupos, exceto DMLS e TC. Os autores concluíram que enquanto os pinos de cobalto-cromo fabricados pelos sistemas TC e DMLS tiveram desempenho semelhante em termos de resistência à fratura, os pinos fabricados pela técnica CCM apresentaram maior resistência à fratura. Além disso, fraturas radiculares verticais ou no terço cervical, ocorreram em todos os sistemas de pinos.

Passos et al.²⁷, em 2017, avaliaram a resistência à fratura entre blocos híbridos CAD/CAM e pinos de fibra utilizados para restauração intrarradicular de dentes unirradiculares com ou sem férula. Quarenta caninos inferiores humanos extraídos foram divididos em grupos com férula e sem férula e restaurados com blocos híbridos CAD/CAM ou pinos de fibra (controle); assim, havia quatro subgrupos de dez espécimes cada. Uma carga oblíqua de 45 graus foi aplicada a uma velocidade de 0.5 mm/min, e as cargas de fratura foram registradas. O modo de fratura foi avaliado através de microscópio óptico com ampliação de 3x, e os dados foram classificados e analisados estatisticamente pelo teste U de Mann-Whitney e o teste t, respectivamente, para existência de diferença estatisticamente significativa de 0,05. Os resultados mostraram que nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre a resistência à fratura sob carga oblíqua ao usar blocos híbridos CAD/CAM ou pinos

de fibra em ambos os grupos com ou sem férula. A distribuição do modo de falha do grupo sem férula não apresentou falhas desfavoráveis, ao passo que, nos grupos com férula, as falhas foram distribuídas entre os grupos favoráveis e desfavoráveis. Através dos resultados os autores concluíram que os bloco híbridos CAD/CAM podem ser considerados como um sistema restaurador alternativo para de restauração de pinos e núcleos. Mais pesquisas clínicas e laboratoriais devem ser realizadas para apoiar a melhoria deste sistema.

Pinto et al.²⁸, em 2017, avaliaram a profundidade e a qualidade da leitura pós-espacial, utilizando escâner intraoral sem scan-post, comparado a uma técnica tradicional de silicone. Seis pré-molares extraídos foram decorados e tratados endodonticamente. Os espaços do pino foram preparados com uma profundidade entre 8,5 e 9,8 mm. Depois de preparados o espaço, foi criada uma estrutura em resina acrílica rosa com dois elementos de resina, colocados um mesialmente e outro distalmente ao espaço para nas amostras, a fim de simular uma situação clínica real. No centro da estrutura foi colocada uma mostra de cada vez. Impressões digitais e tradicionais foram feitas para cada amostra. As impressões digitais foram desenvolvidas através do software (CAD) para integrar os resultados do scanner em uma grade tridimensional para realizar medições. Uma lima K foi usada para medir o comprimento do espaço do pino de cada amostra obtida através da impressão tradicional de silício e posteriormente os resultados da medição foram relatados em um medidor milimétrico. Além disso, foi realizada avaliação da largura das entradas dos pinos. Os resultados mostraram que a discrepância média da profundidade de leitura expressa em porcentagem (19,58%) indica que a impressão digital com as tecnologias atuais não consegue impressionar claramente o espaço do pino. O desvio-padrão dos dados expressos em porcentagem é de 13,89, sugerindo que os valores não foram semelhantes entre si. Em dois casos a técnica digital obteve menos de 10% de diferença em relação à técnica tradicional, mas também houve casos em que a variação de profundidade atingiu quase 40%. As amostras que apresentaram a menor discrepância entre as duas técnicas expressaram a maior entrada do espaço do pino. De acordo com os resultados, os autores concluíram que a aplicação do scanner intraoral para leitura do espaço do pino, a fim de fornecer um pino anatômico, ainda não é confiável, pois existem limitações de leitura de profundidade para os canais radiculares estreitos. Nestes tipos de canais é difícil alcançar com o feixe de luz do

escâner intraoral as zonas mais profundas, com a consequente leitura incompleta do espaço do pino.

Lee²⁹, em 2018, descreveu uma técnica para fabricação de um pino e núcleo de zircônia personalizado sem um padrão ou pino de digitalização, a partir de uma impressão convencional. Após avaliação do incisivo lateral superior direito, foi realizado o tratamento endodôntico, seguido da preparação do espaço do pino. Após preparado, foi realizada uma impressão definitiva do espaço do pino com material de polivinil siloxano (Aquasil Ultra LV, Aquasil Ultra XLV; Dentsply Sirona) de maneira convencional. Foi removido a área do vestibulo bucal ao redor do pilar e dos dentes adjacentes na impressão com uma lâmina cirúrgica. Aplicou-se um spray de digitalização (Diascan; Diaswiss AS) na impressão e logo em seguida realizou-se a digitalização da impressão com um scanner de luz azul (Identica Blue; Medit Corp). O pino e o núcleo foram projetados com formato correto usando um módulo de incrustação no software CAD (Dental System 2014 2.9.9.5; 3Shape Inc). As informações do projeto foram transmitidas para uma fresadora de 5 eixos (Arum 5X-200; DoowonID Co) e fresou-se o projeto a partir de um bloco de zircônia (AlphaZ; DMAX Intl). Após fresamento o pino e núcleo de zircônia foi sinterizado em um forno (Austromat mSiC; Dekema Dental-Keramiköfen GmbH). Depois da avaliação do pino intraoralmente, o mesmo foi cimentado com cimento resinoso (PermaCem 2.0; DMG Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH). O autor concluiu que a técnica combinada analógica e digital simplificou o processo de fabricação de um pino e núcleo de zircônia reduzindo o erro humano e o tempo de cadeira.

Spina et al.³⁰, em 2018, descreveram uma técnica para fabricação de um pino e núcleo personalizado CAD/CAM, projetado a partir de uma impressão digitalizada de polivinil siloxano e fresado a partir de um bloco de resina preenchido com nanopartículas/nanoaglomerados de zircônia e sílica. Após o tratamento endodôntico, foi preparado o canal radicular com comprimento e diâmetro adequados usando as fresas Largo n.º 1, n.º 2 e n.º 3 (Dentsply Sirona). Foi obtido um molde do preparo do espaço do pino com polivinil siloxano (Futura AD; Nova DFL), utilizando fio afastador (000 Ultrapak). O modelo foi vazado em gesso tipo IV e, logo em seguida, digitalizado com um escâner de bancada (Ceramill Mind; Amann Girrbach AG). O pino e núcleo foi modelado com um software de desenho (Ceramill Mind; Amann Girrbach AG), reduzindo o volume em 2,5% nos eixos mesiodistal e bucolingual deixando um espaço para a camada de cimento. Logo em seguida, o pino e núcleo foi fresado a partir de

um bloco restaurador CAD/CAM sob resfriamento com água. Após a fresagem do pino e núcleo foi avaliado seu encaixe tanto no modelo de gesso quanto em boca. Em seguida foi desgastado com partículas de óxido de alumínio (< 50 μ m; 200 kPa), lavado, silanizado, enxaguado e seco com pontas de papel absorvente. Foi aplicado cimento resinoso autoadesivo (RelyX Uni-cem 2; 3M Dental Products) e o pino foi cimentado. Posteriormente, a coroa final foi avaliada e cimentada. Os autores concluíram que esse método economizou tempo e melhorou o fluxo de trabalho em comparação com a técnica padrão de resina acrílica. O uso da tecnologia CAD/CAM com resina preenchida com nanopartículas/nanoaglomerados de zircônia e sílica resultou em pino/núcleo funcional e estético.

Rushel et al.³¹, em 2018, avaliaram as propriedades de flexão (resistência e módulo), modo de falha, morfologia superficial e rugosidade de dois pinos de fibra de vidro CAD/CAM (fresados em diferentes angulações) em comparação com um pino de fibra de vidro pré-fabricado disponível comercialmente. Foram testados três grupos (n=10): PF (grupo controle) – pino pré fabricado de fibra de vidro; C-Cd – pino fresado diagonalmente; e C-Cv – pino fresado verticalmente. Foi obtida uma imagem virtual tridimensional de um pino pré-fabricado, que orientou a fresagem posterior dos pinos a partir de um disco de fibra de vidro (Trilor Blank). A rugosidade e a morfologia da superfície foram avaliadas por microscopia confocal a laser. A resistência à flexão e o módulo foram avaliados com o teste de flexão de 3 pontos. Os dados foram submetidos à análise de variância unidirecional, seguida do teste post hoc de Student-Newman-Keuls ($\alpha=0,05$). As superfícies fraturadas foram avaliadas com microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que a rugosidade de superfície foi maior para PF e semelhantes para os grupos experimentais. A análise morfológica mostrou diferentes tamanhos e direções das fibras de vidro ao longo do pino. A resistência à flexão foi maior para PF ($900,1 \pm 30,4$ > C-Cd $357,2 \pm 30,7$ > C-Cv $101,8 \pm 4,3$ MPa), assim como o módulo de flexão (PF $19,3 \pm 2,0$ GPa > C-Cv $10,1 \pm 1,9$ GPa > C-Cd $7,8 \pm 1,3$ GPa). Os autores concluíram que pinos fresados por CAD/CAM parecem um desenvolvimento promissor, mas o processamento requer otimização, pois o pino pré-fabricado ainda apresenta melhores propriedades mecânicas e características de superfície.

Garcia et al.³², em 2018, avaliaram a resistência de união de um pino e núcleo de fibra de vidro customizados em CAD/CAM após aplicação de diferentes técnicas de tratamento de superfície. Quarenta pré-molares foram preparados para receber um

pino e núcleo de fibra de vidro CAD/CAM customizado a partir de um bloco experimental de fibra de vidro e resina epóxi. Os corpos de prova foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (n=10) de acordo com o tratamento superficial do pino do núcleo: ETH – etanol 70%; HP – peróxido de hidrogênio 24% por 1 minuto; ETH/S – etanol 70% + silano; HP/S – peróxido de hidrogênio 24% + silano. O adesivo universal contendo silano foi aplicado nos pinos. Os pinos foram cimentados com cimento resinoso dual. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas, cortados (duas fatias de 1,0 mm para cada terço radicular – coronal, médio e apical) e submetidos ao teste de push-out (0,5 mm/min). Os dados foram submetidos à ANOVA dois fatores (tratamento superficial e terço radicular) e teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Os resultados mostraram que não houve diferença significativa nos valores de resistência de união entre os grupos, independente do tratamento superficial ($p>0,05$). Houve diferença significativa nos valores de resistência de união para os diferentes terços radiculares ($p<0,05$) (coronal > médio = apical). Os autores concluíram que os diferentes tratamentos superficiais e aplicação de silano adicional no pino e núcleo de fibra de vidro customizados em CAD/CAM não interferem nos valores de resistência de união. O terço dentinário radicular interferiu na resistência de união, com valores maiores para o terço coronal.

Kanduti et al.¹⁸, em 2019, compararam a precisão de pinos fabricados com técnica direta convencional com fundição com a precisão de pinos fabricados com protocolo totalmente digital com a tecnologia CAD/CAM e fusão seletiva a laser. Dez incisivos superiores permanentes extraídos foram tratados endodonticamente e preparados para colocação de um pino. Para cada dente foram confeccionados dois pinos metálicos, um por fundição (Grupo C) e outro por protocolo totalmente digital (Grupo D). A precisão do ajuste foi analisada com microtomografia computadorizada para comparar o volume do espaço, a área do espaço e a distância entre o pino e a parede do canal radicular preparado entre os pinos. Os resultados mostraram que os valores médios e DP do volume total do espaço e da distância entre o pino e a parede do canal radicular preparado, respectivamente, foram: Grupo C: $2,22 \pm 1,35 \text{ mm}^3$ e $53,66 \pm 23,39 \text{ }\mu\text{m}$; Grupo D: $3,82 \pm 0,45 \text{ mm}^3$ e $89,47 \pm 19,30 \text{ }\mu\text{m}$. Os valores para os postes do Grupo C foram significativamente mais baixos ($p=0,002$). Todos os valores de volume em todas as seções medidas foram significativamente menores para os pinos do Grupo C. A distância média e a área do espaço entre o pino e a parede do canal radicular preparado nas seções apicais 3 ($p<0,001$ para ambos) e 4 ($p=0,0019$;

$p=0,004$, respectivamente) foram significativamente menores no Grupo C. Não foram calculadas diferenças significativas nas seções cervicais 1 e 2. Os autores concluíram que ambos os métodos de fabricação dos pinos foram igualmente precisos na parte cervical do canal radicular preparado. Entretanto, na parte apical a técnica direta com moldagem do pino foi significativamente mais precisa do que a técnica CAD/CAM digital com tecnologia SLM.

Eid et al.³³, em 2019, investigaram o efeito da fresagem de pinos e núcleos anatômicos personalizados de blocos compósitos reforçado com fibra e blocos de polímero de alta densidade utilizando tecnologia CAD/CAM na resistência de união à dentina do canal radicular em comparação com pinos pré-fabricados e avaliaram também a influência da termociclagem na resistência de união dos materiais testados. Oitenta pré-molares unirradiculares extraídos foram tratados endodonticamente e preparados para receber os pinos. Foram divididos aleatoriamente em quatro grupos ($n=20$): BLC – pinos e núcleos compostos reforçados com fibra fresados personalizados (Trilor, Bioloren); AMC – pinos e núcleos de polímero de alta densidade fresados sob medida (Ambarino, Creamed); BLP – pinos e núcleos pré-fabricados de compósito reforçado com fibra (Bioloren; Filtek Bulk Fill Posterior, 3M), esses pinos possuem a mesma matriz e composição das fibras BLC; RXP – pinos e núcleos pré-fabricados compostos (RelyX, 3M; Filtek Bulk Fill Posterior), utilizado como grupo controle. Todos os pinos foram cimentados com cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200, 3M). Metade da amostra foi aleatoriamente submetida à termociclagem em água destilada por 6.000 ciclos para simular o envelhecimento, enquanto a outra metade foi testada quando à resistência de união sem termociclagem. Um teste push-out foi realizado usando uma máquina de testes universal até a falha. Os valores de resistência de união foram calculados em MPa. O modo de falha foi observado em estereomicroscópio. Os resultados foram analisados por ANOVA de dois critérios seguido do teste post hoc de Bonferroni para comparações aos pares. O nível de significância foi estabelecido em $p<0,05$. Os resultados mostraram que a resistência de união ao push-out foi significativamente maior ($p<0,001$) nos grupos de pinos CAD/CAM do que nos grupos com pinos pré-fabricados, independente do material do pino, enquanto o envelhecimento dos dentes não afetou significativamente a resistência de união por push-out ($p=0,536$). As falhas foram adesivas entre o cimento e a dentina para todos os grupos, exceto para AMC, onde também foi observada falha adesiva entre o cimento e o pino. Os autores

concluíram que a técnica de fabricação CAD/CAM melhora a retenção do pino e núcleo no canal radicular. A termociclagem não influenciou a resistência de união dos grupos avaliados.

Andrade et al.³⁴, em 2019, avaliaram a distribuição de tensões em um incisivo central superior com diferentes pinos e núcleos feito de seis materiais CAD/CAM com diferentes módulos de elasticidade na ausência de ponteira usando a análise de elementos finitos. Um incisivo central superior tridimensional tratado endodonticamente e restaurado com uma coroa de cerâmica pura foi modelado em Rhinoceros (5.0 SR8, McNeel). As geometrias foram analisadas no ANSYS 17.2 (ANSYS Inc.) considerando materiais isotrópicos, homogêneos, linearmente elásticos e com contados perfeitamente unidos. Os módulos elásticos (E) dos pinos e núcleos definiram os grupos a serem comparados: resina nanocerâmica (E = 12,8 GPa); resina composta (E = 16 GPa); cerâmica híbrida (E = 34,7 GPa); dissilicato de lítio (E = 95 GPa); titânio (Ti – Al6 – V4) (E = 112 GPa); e material Y-TZP (E = 209,3 GPa). O conjunto foi fixado no osso cortical e carregado (45°/100 N) na face palatina do incisivo. A distribuição de tensões foi analisada pelos critérios de Tensão Principal Máxima para a linha de cimento coroa-núcleo, linha de cimento pino-núcleo, sistema pino-núcleo e dentina. Os resultados mostraram que a distribuição de tensões na linha de cimento coroa-núcleo (11,4 - 13,2 MPa) foi inversamente proporcional ao aumento do módulo de elasticidade das abordagens pino-núcleo, quanto foi diretamente proporcional no pino-núcleo (4,7 - 40 MPa) e linha de cimento (4,1 - 6,2 MPa). A distribuição das tensões de dentina foi semelhante para todos os grupos (24,7 - 25,3 MPa). Os autores concluíram que o pino e núcleo confeccionado pelo sistema CAD/CAM parece ser uma alternativa de tratamento eficiente, pois é uma abordagem conservadora, promove melhor qualidade estética e permite o controle da espessura da linha de cimento.

Dantas et al.³⁵, em 2020, realizaram estudo comparando a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente restaurados com pino de fibra de vidro e pino experimental de fibra de vidro usinado pelo método CAD/CAM. Vinte incisivos bovinos com coroas seccionadas foram utilizados. As raízes foram preparadas com 15 mm de comprimento e foram divididos em dois grupos (n=10): G1 - pino de fibra de vidro (controle); e G2 – pino usinado (experimental). Em ambos os grupos, as amostras tiveram seus condutos radiculares tratados endodonticamente. As raízes foram incluídas em resina acrílica, os pinos cimentados com cimento resinoso dual e,

posteriormente, submetidos ao teste de resistência à fratura por compressão a uma velocidade de 0,05 mm/min sob um ângulo de 45° em máquina de ensaio universal até a fratura. Os valores de resistência à fratura foram submetidos ao teste t-Student com o programa SPSS com nível de significância em 5,0%. De acordo com os testes, os resultados mostraram que a força requerida à fratura foram menores no grupo de pino de fibra pré-fabricados personalizados (48,2 kgf) do que no grupo de pinos fresados pelo sistema CAD/CAM (56,9 kgf), contudo não houve diferença estatística entre eles ($p = 0,26$). Com média de DP $\pm 14,6$ para o primeiro e de $\pm 19,0$ para o segundo grupo. Os autores concluíram que os pinos de fibra desenvolvidos pela tecnologia CAD/CAM podem surgir como alternativa viável para restaurações intrarradiculares de elementos tratados endodonticamente, uma vez que não houve diferença estatística de resistência à fratura com pinos pré-fabricados.

Suzaki et al.³⁶, em 2021, examinaram um método de tratamento clinicamente eficaz para fortalecer dentes despolpados vulneráveis utilizando pino/núcleo de resina reforçada com fibra TRINIA (TR, SHOFU, Kyoto, Japão) fabricados em CAD/CAM, realizando ensaios de resistência à fratura. Um pino de resina reforçada com fibra foi fabricado utilizando o sistema CAD/CAM. A orientação da camada de fibra do núcleo foi paralela ao eixo do dente restaurado. Também foi preparado um pino/núcleo utilizando pino de fibra convencional (CF). Ensaios mecânicos de resistência à fratura dos dentes restaurados com pinos e coroas de zircônia foi realizado utilizando máquina de ensaios. Os padrões de fratura foram identificados por micro-CT. A carga de fratura das raízes restauradas com TRINIA foi de $1.555,9 \pm 231,8$ N, enquanto a do grupo de pinos de fibra convencional foi de $1.082,1 \pm 226,7$ N. A carga de fratura do TRINIA foi de 43,8%, significativamente maior que a do CF (teste t de Student, $p < 0,05$). Os dentes restaurados com pinos/núcleos de resina CAD/CAM foram considerados reparáveis mesmo após a fratura. Os autores concluíram que os pinos/núcleos de resina CAD/CAM têm potencial para serem utilizados clinicamente para preservar dentes despolpados vulneráveis.

Galgali et al.³⁷, em 2021, por meio de relato de caso, descreveram técnica para restaurar um dente tratado endodonticamente com pino e núcleo de polímero de alto desempenho polietereetercetona (PEEK) fabricados em CAD/CAM. Após a remoção da restauração de amálgama de prata foi realizado o preparo do espaço do pino deixando 5,0 mm de guta percha apicalmente. Após a limpeza e secagem, o canal foi isolado com vaselina e utilizado um pinjet de plástico (Angelus), coberto com

resina para padrão (GC America INC), o canal foi moldado. O pino modelado foi colocado no canal e o núcleo foi construído com resina para padrão. O padrão obtido foi digitalizado com escâner extraoral (Shining 3D autoscan-Ds EX Pro) e o projeto foi realizado no software exocad. O pino foi então fresado a partir de uma peça de PEEK (Juvora PEEK). Foi realizado o tratamento superficial com jato de óxido de alumínio na superfície do pino fresado. Em seguida, foi realizado o ajuste do pino e núcleo no dente pré-molar. O pino e núcleo fresado foi então cimentado com cimento resinoso dual (Dentisply Sirona Calibra). Para o processo de cimentação foi aplicado ácido fosfórico 37% no interior dos canais e enxaguado após 30 s. O pino/núcleo foi tratado com silano e adesivo e fotopolimerizado antes da cimentação. Após a cimentação foram removidos os excessos de cimento com sonda exploradora e realizada a fotopolimerização por 40 s em cada face. Logo em seguida, foi o dente foi preparado para coroa e a mesma foi cimentada com cimento de ionômero de vidro modificado por resina (GC Fuji Plus). O paciente recebeu orientações após o tratamento e foram marcados tempos de retorno em intervalos de 1 semana, 1 mês e 3 meses para acompanhamento. Os autores concluíram que os pinos e núcleos de PEEK, com suas excelentes propriedades mecânicas, biológicas e estéticas podem ser utilizados como material restaurador. No entanto, mais estudos são necessários para que os pinos e núcleos PEEK sejam estabelecidos como material de escolha para restaurações personalizadas de pinos e núcleos.

Siqueira et al.³⁸, em 2021, realizaram revisão sistemática com o objetivo de avaliar se o escaneamento intraoral (IOS) é capaz de reduzir o tempo de trabalho e melhorar as medidas de resultados relatados pelo paciente (PROMs) em comparação com técnicas convencionais de impressão (IC), levando em consideração o tamanho da área digitalizada. Pesquisas bibliográficas eletrônicas e manuais foram realizadas para coletar evidências sobre os resultados de IOS e IC realizados durante o tratamento de pacientes edêntulos parciais e totais para restaurações suportadas por dentes ou implantes. Análise qualitativa foi realizada para avaliar a eficiência do tempo e PROMs produzidos pelas duas técnicas diferentes e os protéticos clínicos foram analisados entre os estudos incluídos, quando disponíveis. Dezesete estudos (9 ensaios clínicos randomizados e 8 estudos clínicos prospectivos) foram selecionados para síntese qualitativa. Os dezessete estudos incluídos forneceram dados de 430 IOS e 370 IC realizados em 437 pacientes. Um total de 7 sistemas IOS diferentes e suas diversas versões atualizadas foram utilizadas para impressões digitais. Os

resultados demonstraram que o IOS foi globalmente mais rápido que o IC, independentemente da utilização do escaneamento por quadrante ou da arcada completa e independentemente da natureza da restauração (dente ou implanto suportada). O IOS foi geralmente preferido ao IC, independentemente do tamanho da área a ser escaneada e da natureza da restauração. Os autores concluíram que o IOS é mais rápido que o IC, independentemente de ser realizado um exame de quadrante ou arco completo e que o IOS pode melhorar a experiência do paciente medida pela preferência geral e conforto e é capaz de fornecer resultados protéticos confiáveis.

Ying et al.³⁹, em 2022, por meio de estudo clínico retrospectivo, analisaram a taxa de sobrevivência, manifestações clínicas e fatores de falha após restaurações com pinos e núcleos de zircônia CAD/CAM. Exames clínicos e radiográficos foram realizados em 342 pacientes com 400 dentes durante 3 a 6 anos de acompanhamento pós-cirúrgico. Todos os pacientes receberam pinos e núcleos de zircônia CAD/CAM e coroas totalmente cerâmicas. Os resultados retrospectivos foram realizados após a restauração, incluindo a taxa de sobrevivência pela análise de Kaplan-Meier e resultados de manifestações e fatores de falha. Os efeitos do gênero e da posição dentária na taxa de sobrevivência foram analisados pelo teste de Cox-Mantel. Este estudo avaliou retrospectivamente 261 dentes de 229 pacientes com uma taxa de abandono de 35%. A taxa de sobrevivência foi de 96,0% e a taxa de sucesso foi de 92,4%. De acordo com a classificação da posição dentária, a taxa de sobrevivência foi de 100% para 101 dentes anteriores, 95,4% para 69 pré-molares e 88,3% para 91 molares. Segundo o sexo, a taxa de sobrevivência do grupo masculino foi de 92,3%, enquanto a do grupo feminino foi de 98,0%, com diferença significativa ($p < 0,01$). As complicações incluíram fratura da coroa (1,9%), inflamação periapical (1,9%), descimentação da coroa (1,1%), percussão anormal (1,9%) e fratura radicular (0,8%). Dentro das limitações deste estudo, os autores concluíram que os pinos e núcleos de zircônia CAD/CAM são clinicamente promissores. Em comparação com os dentes posteriores, os pinos e núcleos de zircônia CAD/CAM são mais adequados para dentes anteriores.

Piangsuk et al.⁴⁰, em 2022, compararam a precisão de pinos e núcleos criados com três diferentes técnicas de fabricação: convencional direto, fresagem mecanizada e impressão tridimensional (3D). Foram selecionados 13 incisivos centrais de raiz única extraídos e realizado tratamento de canal radicular e preparo para coroa em

todos os dentes. O preparo do espaço do pino de 11 mm foi criado por meio da utilização de fresa pré-fabricada para padronizar a largura e o comprimento do espaço do pino. Moldagens do canal radicular foram realizadas em todos os dentes com material de moldagem à base de polivinil siloxano. Cada impressão foi então escaneada tridimensionalmente com escâner de laboratório extraoral e as impressões digitalizadas foram utilizadas para projetar arquivos digitais de pinos e núcleos com o software CAD 3Shape. Após projetados digitalmente os pinos e núcleos foram usados para fabricar padrões de resina de núcleo e pinos impressos e fresados. Os mesmos dentes foram utilizados para confeccionar pino e núcleo com técnica convencional (duplicação do direta do canal radicular com padrão de resina). Todos os padrões foram digitalizados antes de serem incluídos e fundidos com liga metálica. O pino e os núcleos metálicos foram testados com os dentes da amostra e ajustados manualmente até serem clinicamente aceitáveis. Além disso, foram escaneados em diferentes estágios para realizar a medição digital do volume usando o software Geomagic Control para determinar a precisão. Comparações pareadas foram realizadas utilizando a versão exata do teste de sinais ($\alpha=0,05$). As três técnicas de fabricação de pinos e núcleos apresentaram resultados diferentes nas diversas etapas de fabricação. A precisão do padrão de resina impresso em 3D ($26,89 \pm 11,09 \text{ mm}^3$) foi inferior em comparação ao padrão de resina fresada ($28,20 \pm 11,41 \text{ mm}^3$, $p = 0,0002$). No entanto, a estabilidade dimensional do padrão de resina impressa em 3D antes e depois da fundição ($0,56 \pm 0,95 \text{ mm}^3$) e ao padrão de resina direta ($2,51 \pm 1,38 \text{ mm}^3$, $p=0,00002$). Todas as técnicas apresentaram redução significativa do volume após ajuste ($p=0,0002$). Na etapa final, o pino metálico ajustado e o núcleo fabricado com três técnicas diferentes não apresentaram diferença estatística na acurácia ($p=0,15$). Os autores concluíram que os pinos e núcleos fabricados digitalmente têm o mesmo grau de precisão daqueles fabricados com a técnica convencional direta de pinos e núcleos.

Maia et al.⁴¹, em 2023, compararam a resistência à fratura de raízes enfraquecidas restauradas com pino de fibra de vidro fresado ou reembasado (GFP). Setenta incisivos bovinos foram divididos em sete grupos, de acordo com o protocolo de enfraquecimento (nenhum: controle; médio-enfraquecido: MW; altamente enfraquecido: HW) e técnica de pós-anatomização (não reembasado, reembasado com resina Bulk Fill ou Z350; GFP fresado: M). As raízes foram cicladas termomecanicamente e submetidas ao ensaio mecânico de compressão. As

frequências e os grupos foram comparados pelo teste qui-quadrado e ANOVA de dois fatores, Tukey e teste t ($\alpha=0,05$). O HW-M produziu os menores valores, apresentando diferenças significativas em relação a todos os grupos ($p<0,001$). O maior valor foi HW-Bulk Fill, com diferença significativa em relação ao MW-M ($p=0,037$) e HW-M ($p<0,001$). A frequência de fraturas reparáveis foi de 100% no controle, 87% e 63% no MW e HW, respectivamente. Os autores concluíram que os GFPs reembasados ou fresados podem ser considerados para reabilitar dentes enfraquecidos, tendo em vista que os padrões de falha foram predominantemente reparáveis em todos os grupos.

Vogler et al.⁴², também em 2023, avaliaram o desvio e o desempenho mecânico de pinos e núcleos CAD/CAM reforçados com fibra (FRPC) fabricados em fluxo de trabalho totalmente digital, em comparação com os pinos e núcleos fundidos (CPC). Em 30 dentes foi realizado um preparo para pino e núcleo e uma moldagem convencional e digital com escâner intraoral. Quinze dentes foram tratados com CPC e FRPC, respectivamente. O desvio foi avaliado sobrepondo os conjuntos de dados dos modelos de gesso pedra melhorado digitalizados e impressões digitais. A descimentação e a fratura radicular durante simulação da mastigação foram analisadas por microscopia e raio-X. A análise estatística foi realizada por comparação pareada e análise de Kaplan-Meier. Os resultados mostraram que os desvios medianos para “coronal”, “médio” e “apical” foram 14,5, 18,0 e 113,7, respectivamente. A comparação pareada para “coronal” / “apical” e “médio” / “apical” apresentou diferenças significativas ($p<0,001$). Após a simulação de mastigação, foram detectados cinco descimentações e duas fraturas radiculares para CPC. Já para FRCP, nem descimentação, nem fratura radicular foram documentadas. Dentro das limitações do estudo, os autores concluíram que os FRPC produziram desempenho significativamente melhor que o CPC.

4 DISCUSSÃO

Com base nos resultados dos estudos identificados nesta revisão, foi possível verificar que o fluxo digital tem sido um divisor de águas para a odontologia moderna, permitindo trabalhos eficientes e em menor tempo, restaurações com menores distorções, possibilidade de pré-visualização tridimensional dos preparos dentários e melhor conforto para o paciente⁵. Além disso, é perceptível que o fluxo digital contribui para o avanço e a implementação de novos materiais, introdução de softwares e articulador virtual e o aprimoramento de escâneres, contribuindo para confecção de diversas restaurações, incluindo pinos/núcleos corono-radiculares²⁰.

Com relação à técnica semi-digital, um estudo realizado por Lee²⁹, no qual um pino e núcleo é fabricado a partir do escaneamento de uma impressão convencional, mostra que a abordagem que combina métodos analógicos e digitais simplifica o processo de fabricação de um pino e núcleo de zircônia, resultando na redução de erros humanos e no tempo gasto na produção. Para Liao et al.¹³, a técnica de confecção de pino e núcleo personalizado semi-digital, por meio de duas varreduras integradas, demonstrou a capacidade de criar pinos e núcleos personalizados com ajuste aprimorado quando comparada ao método convencional da cera perdida. No entanto, no estudo realizado por Hendi et al.⁴³, no qual foram comparados os efeitos das técnicas semi-digital e totalmente digital na retenção e defeitos apicais de restaurações com pinos/núcleos, os resultados indicaram que a retenção dos pinos obtidos por fluxo totalmente digital foi superior em comparação às amostras semi-digitais. Essa observação pode ser atribuída ao fato de que a abordagem totalmente digital permitiu a digitalização direta da porção coronal do canal, ao passo de que no grupo semi-digital é possível que o escâner não tenha conseguido reproduzir com precisão a impressão indireta do canal no modelo virtual.

Pinto et al.²⁸, ao avaliarem a leitura de profundidade do espaço do pino com um escâner intraoral comparado à uma impressão tradicional, relataram que a utilização do escâner intraoral para a leitura do espaço do pino, com o propósito de entregar um pino anatômico, atualmente não é considerada confiável, devido às limitações persistentes na capacidade de leitura de profundidade em canais radiculares estreitos. No entanto, um estudo realizado por Libonati et al.⁴⁴ mostrou que a partir do uso de um escâner intraoral é possível produzir um pino anatômico fresado de elevada adaptação e precisão. Outro estudo, realizado por Leven et al.⁴⁵, demonstrou que os

escâneres intraorais contemporâneos possibilitam a captura direta de informações para a confecção de pinos e núcleos por meio do sistema CAD/CAM, sendo recomendado um fluxo de trabalho totalmente digital em relação à precisão da adaptação.

Estudos mostraram que os pinos de fibra de vidro fabricados utilizando sistema CAD/CAM apresentaram resistência satisfatória às fraturas radiculares e ótima adaptação do pino ao canal radicular, permitindo a aplicação de fina camada de cimento entre a dentina e o pino intrarradicular, o que favorece a união entre essas estruturas^{46,47}. A principal falha identificada nos pinos foi a fraca adesão entre dentina e cimento, resultando no desprendimento do pino dentro do canal radicular. As fraturas observadas ocorreram principalmente na porção coronária, sendo passíveis de reparo^{48,49}.

Pesquisas demonstraram que os pinos produzidos por meio do sistema CAD/CAM exibem níveis superiores de retenção no canal radicular quando comparados com os pinos pré-fabricados de fibra de vidro^{50,51}. Da mesma forma, exibem quantidade adequada de fibras de vidro bem distribuídas, em comparação com um pino de fibra de vidro pré-fabricado³². No entanto, é importante observar que a orientação da fresagem de pinos no CAD/CAM pode ter impacto significativo na resistência à flexão, com a posição de fresagem diagonal sendo mais vantajosa³¹.

Os pinos personalizados obtidos por CAD/CAM oferecem reduzida probabilidade de bolhas se formarem no interior da camada adesiva, tendo em vista que estão bem adaptados ao canal radicular. Isso diminui substancialmente o potencial de comprometimento na adesão⁵². Os pinos de fibra de vidro produzidos por sistema CAD/CAM apresentam benefícios quando comparados aos pinos pré-fabricados de fibra utilizados em canais largos⁴⁹. De acordo com Pang et al.⁴⁷, os pinos de fibra de vidro CAD/CAM apresentam vantagens notáveis. Por serem personalizados com base na morfologia do canal radicular, facilitam a adaptação e favorecem a união eficaz das estruturas, minimizando as chances de insucesso em reabilitações de dentes com canais amplos. Além disso, devido ao seu módulo de elasticidade próximo ao da dentina, esses pinos contribuem para a distribuição mais uniforme das tensões geradas, melhorando a resistência à fratura. No estudo realizado por Liu et al.¹², no qual se utilizou um pino de fibra de vidro fabricado em CAD/CAM para restaurar um dente anterior gravemente danificado, observou-se que após oito meses o pino se manteve bem adaptado ao canal radicular.

Um estudo mostrou que pinos de zircônia obtidos por CAD/CAM exibem boa resistência à fratura, superando em termos de resistência os pinos metálicos fabricados por meio de métodos tradicionais, ao mesmo tempo em que oferecem uma estética favorável. No entanto, é importante observar que eles estão suscetíveis às fraturas irreparáveis devido ao elevado módulo de elasticidade. Por outro lado, os pinos de cerâmica infiltrada com polímero, usinados por meio de tecnologia CAD/CAM, demonstraram fraturas apenas do pino⁵³. Outros estudos mostraram que os pinos de zircônia fabricados pela técnica CAD/CAM apresentam maior resistência à fratura quando comparados com pinos de fibra de vidro e cobalto-cromo^{22,25}. No entanto, outra pesquisa mostrou que os pinos de zircônia incorporados ao sistema CAD/CAM demonstraram ruptura do pino na região cervical da raiz, sendo irreparável. Essa ocorrência pode ser relacionada à característica dos pinos de zircônia de possuírem um módulo de elasticidade elevado⁵⁴. Um outro estudo mostrou que pinos fabricados em liga de cobalto-cromo sem níquel e um bloco de berílio CAD/CAM demonstraram resistência à fratura superior em comparação com os pinos produzidos por meio da técnica de sinterização direta de metal a laser (DMLS). No entanto, é importante ressaltar que ambos os tipos de pinos produziram fratura vertical irreparável na raiz, que pode ser atribuída ao alto módulo de elasticidade desses materiais²⁶.

Os pinos fabricados com polietereeterecetona (PEEK) e pinos de compósitos nanocerâmicos, ambos integrados ao sistema CAD/CAM, apresentaram bom desempenho mecânico. As falhas observadas foram deslocamento do pino-núcleo nas amostras dos pinos PEEK, e trincas e fraturas do núcleo nas amostras dos pinos de compósitos nanocerâmicos⁵⁵. Até que estudos clínicos de longo prazo referentes aos pinos PEEK estejam disponíveis, a utilização desse material, que possui um módulo de elasticidade semelhante ao da dentina e que pode oferecer resultados satisfatórios na produção de pinos e núcleos CAD/CAM⁵⁶, ainda não é cientificamente assegurada.

5 CONCLUSÃO

Dentro das limitações desta revisão da literatura, constatamos que a associação de pinos/núcleos obtidos por fluxo digital ainda é um campo de pesquisa recente, uma vez que não há quantidade considerável de estudos que atestem sua confiabilidade em longo prazo. No entanto, podemos afirmar que o fluxo digital tem colaborado com a eficiência de procedimentos nos consultórios; entre eles na captura de imagens de canais radiculares preparados para pino, o que favorece a obtenção de pinos/núcleos monolíticos anatomizados. Isso impacta diretamente na quantidade de cimento utilizado durante a cimentação dos pinos intrarradiculares, favorecendo o estabelecimento de uma conexão mais eficaz entre pino/dente. Além disso, os pinos/núcleos obtidos por fluxo digital demonstram ser eficientes, apresentam estética pertinente e são bem indicados para canais radiculares com anatomia complexa.

REFERÊNCIAS*

1. Soundar S, Suneetha T, Angelo M, Kovoov L. Analysis of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post and core system of variable diameters: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014; 14(2): 144-50.
2. Nagasiri R, Chitmongkolsuk. Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: a retrospective cohort study. *J Prosthet Dent.* 2005; 93(2): 164-70.
3. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies. *Quintessence Int.* 2008; 39(2): 117-29.
4. Rexhepi I, Santilli M, D'Addazio G, Tafuri G, Manciocchi E, Caputi S et al. Clinical applications and mechanical properties of CAD-CAM materials in restorative and prosthetic dentistry: a sistematic review. *J Funct Biomater.* 2023; 14(8): 431.
5. 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.
6. Davidowitz G, Kotick Philip G. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011; 55: 559-70.
7. Joda T, Zarone F, Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2017; 17(1): 124.
8. Ahlholm P, Sipila K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: a review. *J Prosthodont.* 2018; 27(1): 35-41.
9. Bernardes S, Tiossi R, Sartori I, Thomé G. CAD/CAM technology applied to dental prosthetics and implants: what it is, how it works, advantages and limitations: a critical review of the literature. *ResearchGate.* 2012; 6: 8-13.
10. Cicciù M, Fiorillo L, D'Amico C, Gambino D, Amantia E, Laino L et al. 3D digital impression systems compared with traditional techniques in dentistry: a recent data systematic review. *Materials.* 2020; 13(8): 1982.
11. Dupagne L, Mawussi B, Tapie L, Lebon N. Comparison of the measurement error of optical impressions obtained with four intraoral and one extra-oral dental scanners of post and core preparations. *Heliyon.* 2023; 9(2): 13235.
12. Liu P, Deng X-L, Wang X-Z. Use of a CAD/CAM-fabricated glass fiber post and core to restore fractured anterior teeth: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2010; 103(6): 330-3.

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

13. Liao M, Meng H, Xie H, Chen C. Evaluation of a half-digital technique for fabricating customised post-cores: a pilot study. *Heliyon*. 2023; 9(4): e15363.
14. Al- Qarni F. Customized post and cores fabricated with CAD/CAM technology: a literature review. *Int J Gen Med*. 2022; 15: 4771-9.
15. Farah R, Aloraini A, Ali S. Fabrication of custom post-and-core using a directly fabricated silicone pattern and digital workflow. *J Prosthodont*. 2020; 29(7): 631-35.
16. Moustapha G, AlShwaimi E, Silwadi M, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. Marginal and internal fit of CAD/CAM fiber post and cores. *Int J Comput Dent*. 2019; 22(1): 45-53.
17. Awad M, Marghalani T. Fabrication of a custom-made ceramic post and core using CAD-CAM technology. *J Prosthet Dent*. 2007; 98(2): 161-2.
18. Kanduti D, Korat L, Kosec T, Legat A, Ovsenik M, Kopac I. Comparison between accuracy of posts fabricated using a digital CAD/CAM technique and a conventional direct technique. *Int J Prosthodont*. 2021; 34(2): 212-20.
19. Perucelli F, Costa R, Souza E, Rached R. Effect of half-digital workflows on the adaptation of custom CAD-CAM composite post-and-cores. *J Prosthet Dent*. 2021; 126(6): 756-62.
20. Alghazawi T. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016; 60(2): 72-84.
21. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017; 17(1): 149.
22. Dayalan M, Jairaj A, Nagaraj K, Savadi R. An evaluation of fracture strength of zirconium oxide posts fabricated using CAD-CAM technology compared with prefabricated glass fibre posts. *J Indian Prosthodont Soc*. 2011; 10(4):213-8.
23. Lee J, Sohn D-S, Lee C-H. Fabricating a fiber-reinforced post and zirconia core with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent*. 2014; 112(3): 683-5.
24. Chen A, Feng X, Zhang Y, Liu R, Shao L. Finite element analysis to study the effects of using CAD/CAM glass-fiber post system in a severely damaged anterior tooth. *Biomed Mater Eng*. 2015;26 Suppl 1: S519-25.
25. Kalyoncuogly E, Ural Ç, Aydemir H, Aslan M, Balkaya V. Effect of 1-piece post and core fabrication techniques on fracture strength. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2015; 13(3): e253-8.
26. Bilgin M, Erdem A, Dilber E, Ersoy I. Comparison of fracture resistance between cast, CAD/CAM milling, and direct metal laser sintering metal post systems. *J Prosthodont Res*. 2016; 60(1): 23-8.
27. Passos L, Barino B, Laxe L, Street A. Fracture resistance of single-rooted pulpless teeth using hybrid CAD/CAM blocks for post and core restoration. *Int J Comput Dent*. 2017; 20(3): 287-301.
28. Pinto A, Arcuri L, Carosi P, Nardi R, Libonati A, Ottria L et al. In vitro evaluation of the post-space depth Reading with an intraoral scanner (IOS) compared to a tradicional silicon impression. *Oral Implantol (Rome)*. 2017; 10(4): 360-8.

29. Lee JH. Fabricating a custom zirconia post-and-core without a post-and-core pattern or a scan post. *J Prosthet Dent*. 2018; 120(2): 186-9.
30. Spina D, Costa R, Correr G, Rached R. Scanning of root canal impression for the fabrication of a resin CAD-CAM customized post-and-core. *J Prosthet Dent*. 2018; 120(2): 242-5.
31. Rushel G, Gomes E, Silva-Sousa Y, Pinelli R, Sousa-Neto M, Pereira G et al. Mechanical properties and superficial characterization of a milled CAD-CAM glass fiber post. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018; 82: 187-92.
32. Garcia P, Costa R, Garcia A, Gongaza C, Cunha L, Rezende C et al. Effect of surface treatments on the bond strength of CAD/CAM fiberglass posts. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(6): e591-e597.
33. Eid R, Koken S, Baba N, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. Effect of fabrication technique and thermal cycling on the bond strength of CAD/CAM milled custom fit anatomical post and cores: an in vitro study. *J Prosthodont*. 2019; 28(8): 898-905.
34. Andrade G, Tribst JP, Dal Piva A, Bottino MA, Borges AL, Valandro LF, Ozcan M. A study on stress distribution to cement layer and root dentin for post and cores made of CAD/CAM materials with different elasticity modulus in the absence of ferrule. *J Clin Exp Dent*. 2019; 11(1): e1-e8.
35. Dantas R, Delgado L, Rolim A, Martins J, Ortega V, Ramos G. Comparison of the resistance of intrarradicular pin of glass fiber with experimental pin connected by CAD/CAM technology. *Res Soc Dev*. 2020; 9(7): e884974905.
36. Suzaki N, Yamaguchi S, Nambu E, Tanaka R, Imazato S, Hayashi M. Fabricated CAD/CAM post-core using glass fiber-reinforced resin shows innovative potential in restoring pulpless teeth. *Materials (Basel)*. 2021; 14(20): 6199.
37. Galgali N, Dange S, Mahale K, Khalikar S. A novel approach of restoring endodontically treated tooth by using cad-cam milled peek post and core system: a case report. *Int J Appl Dent Sci* 2021; 7(4): 9-13.
38. Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang HL. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Invest*. 2021; 25: 6517–31.
39. Ying S, Chen S, Wang S, Xu L, Wang X, He Fuming et al. Outcome of teeth restored with CAD/CAM zirconium dioxide post-cores: a retrospective study with a follow-up period of 3-6 years. *BMC Oral Health*. 2022; 22: 236.
40. Piangsuk T, Dawson DV, El-Kerdani T, Lindquist TJ. The accuracy of post and core fabricated with digital technology. *J Prosthodont*. 2022; 32(3): 221-6.
41. Maia B, Santos T, Carvalho C, Verner F, Junqueira R. Fracture resistance of weakened roots restored with relined or milled CAD-CAM glass fiber posts. *Dent Mater J*. 2023; 42(1): 92-8.
42. Vogler JAH, Billen L, Walther KA, Wöstmann B. Fibre-reinforced Cad/CAM post and cores: the new "gold standard" for anterior teeth with extensive coronal destruction? a fully digital chairside workflow. *Heliyon*. 2023;9(8): e19048.

43. Hendi AR, Moharrami M, Siadat H, Hajmiragha H, Alikhasi M. The effect of conventional, half-digital, and full-digital fabrication techniques on the retention and apical gap of post and core restorations. *J Prosthet Dent.* 2019; 121(2): 364.e1-364.e6.
44. Libonati A, Di Taranto V, Gallusi G, Montemurro E, Campanella V. CAD/CAM customized glass fiber post and core with digital intraoral impression: a case report. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2020;12: 17-24.
45. Leven R, Schmidt A, Binder R, Kampschulte M, Vogler J, Wöstmann B et al. Accuracy of digital impression taking with intraoral scanners and fabrication of CAD/CAM posts and cores in a fully digital workflow. *Materials (Basel).* 2022; 15(12): 4199.
46. Tsintsadze N, Juloski J, Carrabba M, Goracci C, Vichi A, Grandini S et al. Effects of scanning technique on in vitro performance of CAD/CAM-fabricated fiber posts. *J Oral Sci.* 2018; 60(2): 262-8.
47. Pang J, Feng C, Zhu X, Liu B, Deng T, Gao Y et al. Fracture behaviors of maxillary central incisors with flared root canals restored with CAD/CAM integrated glass fiber post-and-core. *Dent Mater J.* 2019; 38(1): 114-9.
48. Egilmez F, Ergun G, Cekiç-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Influence of cement thickness on the bond strength of tooth-colored posts to root dentin after thermal cycling. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(1): 175-82.
49. Sary S B, Samah M S, Walid A AZ. Effect of restoration technique on resistance to fracture of endodontically treated anterior teeth with flared root canals. *J Biomed Res.* 2019; 33(2): 131-8.
50. Eid R, Azzam K, Skienhe H, Ounsi H, Ferrari M, Salameh Z. Influence of adaptation and adhesion on the retention of Computer-aided design/Computer-aided manufacturing glass fiber posts to root canal. *J Contemp Dent Pract.* 2019; 20(9): 1003-8.
51. Vilcapoma H, Ganoza R, Bolaños A, Tapia A, Balarezo A. Use of CAD/CAM-fabricated composite fiberglass post and core to restore a treated tooth endodontically: case report. *Rev Estomatol Herediana.* 2019; 29(3): 231-40.
52. Zhang Y, Han JM, Liu L, Deng XL. Study of bond strength of one-piece glass fiber posts-and-cores with flared root canals in vitro. 2019; 51(2): 327-34.
53. Alkhatri R, Saleh ARM, Kheder W. Evaluating fracture resistance and failure modes of root filled teeth restored with CAD/CAM-fabricated post and core. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2019;11: 349-55.
54. Kaya BM, Ergun G. The effect of post length and core material on root fracture with respect to different post materials. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(5): 1063-70.
55. Teixeira KN, Duque TM, Maia HP, Gonçalves T. Fracture resistance and failure mode of custom-made post-and-cores of polyetheretherketone and nano-ceramic composite. *Oper Dent.* 2020; 45(5): 506-15.
56. Kasem AT, Shams M, Tribst JPM. The Use of Polyetheretherketone (PEEK) as an alternative post and core material: five-year follow-up report. *Dent J (Basel).* 2022; 10(12): 237.