

Aline Paludetto

Comparação de modelos usados no treino pré-clínico de Endodontia: revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde
Porto, 2022

Aline Paludetto

Comparação de modelos usados no treino pré-clínico de Endodontia: revisão narrativa

Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências da Saúde
Porto, 2022

Comparação de modelos usados no treino pré-clínico de Endodontia: revisão narrativa

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para
obtenção do grau de mestre em Medicina Dentária

Aline Paludetto

RESUMO

Objectivo: Comparar os modelos actuais usados no treino pré-clínico de Endodontia relativamente às suas características físicas que influenciam a percepção e desempenho dos alunos.

Metodologia: Foi realizada uma pesquisa bibliográfica até março de 2022 nas bases de dados electrónicas da *Pubmed*, *Google académico* e *B-on*, tendo sido seleccionados 25 dos artigos encontrados, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão definidos.

Desenvolvimento: Desde sempre o ensino e treino pré-clínico na área da medicina dentaria foi indispensável para a formação dos alunos. Treinar sobre os modelos o mais fiáveis e facilmente acessíveis pode tornar-se um desafio para ter a melhor aprendizagem possível e posterior pratica clinica de qualidade.

Conclusão: O treino pré-clínico em endodontia é essencial para os alunos pois permite ganhar confiança nos futuros tratamento realizados em pacientes. Para este treino podem ser utilizados dentes naturais ou artificiais. De entre os modelos artificiais disponíveis a escolha deve ser realizada de forma criteriosa atendendo às características de cada modelo.

Palavras-chaves: preclinical endodontic; endodontic training; artificial tooth; dental simulators; virtual reality; simulated canals.

ABSTRACT

Objective: To compare the current models used in the pre-clinical training of Endodontics regarding their physical characteristics that influence the perception and performance of the students.

Methodology: A bibliographic search was carried out until March 2022 in the electronic databases of *Pubmed*, *Google academic* and *B-on*, and 25 of the articles found were selected, according to the defined inclusion and exclusion criteria.

Development: The teaching and pre-clinical training in the field of dental medicine has always been essential for the training of students. Training on the most reliable and easily accessible models can become a challenge to have the best possible learning and subsequent quality clinical practice.

Conclusion: Pre-clinical training in endodontics is essential for students as it allows them to gain confidence in the future treatment performed on patients. For this training, natural or artificial teeth can be used. Among the available artificial models, the choice must be made carefully, taking into account the characteristics of each model.

Keywords: preclinical endodontic; endodontic training; artificial tooth; dental simulators; virtual reality; simulated canals.

DEDICATÓRIAS

A meus avós, meus amores.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Dra Natália Pestana de Vasconcelos, pela ajuda, atenção e tempo que dedicou a realização desse trabalho. Obrigada por me ter feito amar da Endodontia durante as aulas pré-clínicas após um período que foi difícil para todos nos.

A todos os docentes que contribuíram para a minha formação académica. Em particular aqueles que em clínica nos deram o sorriso e tips para o futuro.

A Universidade Fernando Pessoa que permitiu realizar um sonho de toda uma vida.

Ao Porto e ao povo português por me ter acolhida, nunca esquecerei esses cinco anos maravilhosos em todos os pontos.

A todas as pessoas que passaram na minha vida aqui, ajudaram e partilharam connigo momentos inesquecíveis.

A todos os meus amigos encontrados aqui com quem passei momentos de vida fortes e incríveis como outros complicados mas que foram aqui para me. Vão ser gravados no meu coração para sempre.

A meus outros amigos que sempre acreditaram nesse projeto corajoso e apoiam-me na vida, amo-vós.

A minha família que está presente para me desde sempre, estará sempre muito importante na minha vida, obrigada por todo o vosso amor.

A minha irmã, a minha metade e um pilar essencial.

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS.....	X
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Materiais e Métodos.....	2
II. DESENVOLVIMENTO.....	3
2.1 Dentes naturais.....	3
2.2 Blocos de plástico.....	4
2.3 Dentes artificiais moldados.....	5
2.4 Dentes fabricados com a técnica tomografia micro computadorizada e impressão 3D.....	6
2.4.i modelos universais para treino.....	6
2.4.ii modelos dos dentes dos pacientes para treinar antes o tratamento clínico complexo.....	7
2.5 Modelo para treino de revitalização.....	8
2.6 Simuladores Virtuais.....	9
III. DISCUSSÃO.....	11
IV. CONCLUSÃO.....	15
BIBLIOGRAFIA.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

- 3D - 3 dimensão
- BP - Bloco de Plástico em resina epóxi
- CBCT - Tomografia computadorizada de feixe conico
- C - modelo em cerâmica pura
- CR - modelo em cerâmica infiltrada por resina epóxi
- CT – Comprimento de Trabalho
- DA - Dentes Artificiais
- DN - Dentes Naturais humanos extraídos
- HAp - Hidroxiapatite
- MTA - cimento agregado de trióxido mineral
- RV - Realidade Virtual
- SC - Simulador Canalar
- TC - Tomografia Computorizada
- TENC - Tratamento Endodontico Não Cirurgico

INTRODUÇÃO

No ensino em Medicina Dentária, o treino pré-clínico é essencial.

No entanto, não só o acesso dos alunos aos dentes naturais é, muitas vezes, limitado, mas também a maioria desses dentes extraídos apresenta anormalidades anatómicas, curvaturas severas, coroas fraturadas, etc. Por isso, tem vindo a ser preciso procurar outras alternativas como "dentes artificiais" que apresentam alguns benefícios no treino endodôntico pré-clínico (Razavian e Hanjani, 2021).

Hoje, vários simuladores de dentes artificiais estão disponíveis, como simulador de canais radiculares de bloco de plástico em resina, réplicas impressas tridimensionais em cerâmica, resina e cerâmica híbrida ou ainda simuladores de realidade virtual que permitem ensinar, treinar e avaliar durante o ensino pré-clínico (Widbiller *et al.*, 2017).

Estes modelos de simulação, existem em várias áreas da Medicina Dentária, e, têm desempenhado um papel importante há mais de cem anos.

O treino em endodontia constitui uma grande parte do ensino em Medicina Dentária para estudantes de pré-graduação e pós-graduação. Os tratamentos endodônticos não cirúrgicos (TENC) são muitas vezes complicados e tecnicamente exigentes (Robberecht *et al.*, 2017).

A formação em modelo estimula o desenvolvimento de competências psicomotoras específicas devido ao exercício combinado de conhecimentos teóricos e processos práticos em ambiente realístico. Além disso, permite o desenvolvimento de uma rotina para realizar um conjunto de etapas do tratamento (Widbiller *et al.*, 2017).

Modelos *in vitro* que simulam dentes humanos naturais são essenciais para o ensino e treino de estudantes de Medicina Dentária em ambiente pré-clínico e em cursos de formação contínua (Robberecht *et al.*, 2016).

Em particular, para métodos novos ou difíceis, como a revascularização, o treino em modelos artificiais oferece vantagem por estabelecer a segurança da aplicação e garantir um tratamento seguro e bem-sucedido (Widbiller *et al.*, 2017). O objetivo deste trabalho é comparar os modelos actuais usados no treino pré-clínico de Endodontia relativamente às suas características físicas que influenciam a percepção e desempenho dos alunos.

1.1 Materiais e Métodos

Até março de 2022 foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados eletrónicas da *Pubmed*, *Google Académico* e *B-on*. Foram utilizadas as palavras-chave: preclinical endodontic; endodontic training; artificial tooth; dental simulators; virtual reality; simulated canals.

Foram considerados critérios de inclusão: artigos publicados até março de 2022; artigos publicados em inglês, português ou francês.

Foram considerados critérios de exclusão artigos cujo idioma não seja inglês, português ou francês; artigos não disponíveis na íntegra.

Os resultados obtidos foram analisados através o título e resumo de cada artigo.

Os artigos seleccionados foram classificados pelo gestor bibliográfico *Mendeley* e da leitura completa dos artigos foram incluídos para a elaboração deste trabalho 25 artigos.

Nunhum livro relevante para o tema em estudo foi encontrado nas bibliotecas Fernando Pessoa e Ricardo Reis.

II. DESENVOLVIMENTO

2.1 Dentes naturais

Há já muitos anos, os dentes naturais humanos extraídos (DN) têm sido utilizados montados, ou não, numa cabeça de fantoma para treino de procedimentos endodônticos como um método universal (Razavian e Hanjani, 2021).

Segundo Reymus *et al.*, (2018) os dentes naturais ainda permanecem como o gold standard em termos de simulação da situação clínica de um paciente.

Os dentes naturais estão disponíveis sem custos e permitem que os alunos apreciem a dureza natural do esmalte/dentina e as complexidades do sistema de canais radiculares (Decurcio *et al.*, 2019).

O uso de dentes sem grandes irregularidades morfológicas aumenta a produtividade e a qualidade do ensino ao nível pré-clínico (Decurcio *et al.*, 2019).

No entanto, as grandes variações da anatomia interna dos dentes extraídos dificultam a avaliação para alunos e professores (Peterson, 1980). É razoável esperar que os 3^{os} molares, dentes extraídos por razões ortodônticas (e, portanto, muitas das vezes com ápices abertos) e dentes com morfologia complexa de canais radiculares serão mais comumente extraídos e, assim, ficarão disponíveis para a prática pré-clínica (Decurcio *et al.*, 2019).

A presença de muitos patógenos sanguíneos dentro dos canais radiculares, tecidos perirradiculares e periodontais, e restos de tecidos moles e saliva tem sido considerada uma fonte de contaminação (Albrecht *et al.*, 2013) e, por isso, uma desvantagem na utilização de dentes naturais em treino pré-clínico

Os procedimentos de esterilização não devem afetar as propriedades físicas da dentina e do esmalte na medida em que a sensação e as características de corte sejam notavelmente diferentes da situação clínica, pois esta é uma das grandes vantagens na utilização de dentes extraídos (Dominici *et al.*, 2001).

As desvantagens dos dentes humanos, incluindo o risco de infecção cruzada, dificuldades na sua obtenção, padronização e fatores éticos, foi o que estimulou o desenvolvimento de simuladores alternativos para o ensino de procedimentos endodônticos (Robberecht *et al.*, 2016).

2.2 Blocos de plástico

Na endodontia, o aluno aprende a técnica básica de instrumentação, limpeza e modelagem e obturação dos canais sem visualizar o que acontece dentro do dente, exceto pelo uso de radiografias, uma imagem bidimensional de um objeto tridimensional (3D). Essa falta de visualização pode resultar num mau desempenho numa situação clínica autêntica (Spent *et al.*, 1979).

Blocos de plástico (BP) são feitos de resina epóxi que é transparente e tem as propriedades de corte aproximadas da dentina. No topo desses blocos de plástico estão poços em forma de funil que simulam as câmaras pulpares em dentes normais. Estes, por sua vez, levam a um canal (reto ou curvo) que assume a conicidade e o tamanho de um dente e tem aproximadamente 18 a 20 mm de comprimento. Na extremidade do canal existe um tampão de silicone que simula a membrana periodontal (Spent *et al.*, 1979).

A transparência do BP permite a visualização do canal simulado, possibilitando ao operador avaliar a eficácia da irrigação, preparação e obturação dos canais (Dummer *et al.*, 1991).

Este tipo de modelos são simples de produzir e de alta qualidade para uso tanto no pré-grado quanto na formação contínua (Dummer *et al.*, 1991).

No entanto, a sua dureza é totalmente diferente da dentina, e certos aspectos da anatomia interna dos canais (curvaturas 3D, irregularidades, constrição apical natural, etc.) não são reproduzidos com precisão (Robberecht *et al.*, 2016).

Restringem o desenvolvimento de algumas capacidades técnicas relacionadas à interpretação radiográfica e limitam o seu uso em determinadas fases da aprendizagem (Robberecht *et al.*, 2016).

Além disso, o calor gerado no interior dos canais pela instrumentação pode amolecer o material, deformar o preparo e impedir o uso de instrumentos aquecidos para obturação dos canais radiculares com guta-percha e cimento endodôntico (Robberecht *et al.*, 2016). Apesar de permitirem a visualização das etapas do tratamento, eles não imitam todo o sistema de canais radiculares, mas sim um único canal radicular, portanto, não são realistas o suficiente para medidas de treino repetitivo (Reymus *et al.*, 2018).

2.3 Dentes artificiais moldados

Primeiramente, o tipo de dente é selecionado de acordo com a sua morfologia e, em seguida, é simulado. Depois é preparada uma resina acrílica e a carga é uma mistura de sulfato de bário e óxido de alumínio (na proporção de 3:2). O preenchimento também serve como um opacificante. Antes de moldar a resina, é deixado algum espaço para o tecido pulpar (Razavian e Hanjani, 2021).

Após o fabrico da raiz e da coroa, o orifício do canal é ligeiramente alargado com uma broca diamantada. Também é necessário preparar um espaço semelhante à câmara pulpar. Uma vez que os orifícios são ampliados, um corante é colocado no canal. É utilizado um tipo de tecido que core a polpa quando exposta à água da peça de mão. Essa reação simula o sangramento da polpa. Após a colocação deste tecido no dente, a coroa e a raiz são fixadas com resina acrílica. Em seguida, o dente é coberto com uma resina transparente para parecer um dente real com esmalte. Os dentes artificiais (DA) são mantidos secos e longe da água e da humidade. Nessas condições, após a exposição da câmara pulpar, ocorre pela primeira vez a mudança de cor, semelhante ao sangramento de um dente vital (Razavian e Hanjani, 2021).

O DA pode ser montado e utilizado facilmente pelos alunos. Também pode ser usado em associação com um localizador eletrónico do ápice (Razavian e Hanjani, 2021).

Os DA em resina são realistas e padronizados, a visualização é possível quando transparente e a maioria dos dentes são radiopacos (Reymus *et al.*, 2018).

Dentes em resina opaca têm sido relatados como alternativas que melhor reproduzem as características dos dentes naturais (Robberecht *et al.*, 2016).

No entanto, nenhum dos dentes artificiais apresenta valores iguais de radiopacidade. Na prática laboratorial de ensino em pré-graduação, poderá comprometer o entendimento dos procedimentos endodônticos por parte do aluno (Weschenfelder *et al.*, 2019).

Segundo Reymus *et al.*, (2018) as desvantagens deste tipo de dentes incluem altos custos, seleção limitada de tipos de dentes e prazos de entrega que devem ser considerados dependendo do fabricante. Este autor considera a técnica de impressão 3D como «precisa e adequada para a produção de réplicas realistas».

2.4 Modelos fabricados com a técnica tomografia micro computadorizada e impressão 3D

2.4.i modelos universais para treino

Com os custos da tecnologia de impressão 3D em constante declínio, os custos de investimento inicial não são mais um obstáculo. A sua grande vantagem justifica-se não apenas pela possibilidade de exercer influência direta no processo de projeto e fabrico, mas também na disponibilidade imediata do produto. Para as faculdades de Medicina Dentária, a impressão 3D oferece possibilidades inesperadas para o desenvolvimento de novos modelos de treino individual que ainda não estão disponíveis no mercado ou são muito caros para serem adquiridos em grandes quantidades. Além disso, há uma ampla variedade de diferentes impressoras e fabricantes para escolher (Reymus *et al.*, 2018).

A dentina é um material natural cuja porosidade, mineralização e microestrutura variam com a anatomia, idade e história patológica dos dentes. Essas variações limitam a reprodutibilidade de ensaios baseados em dentes naturais em determinados contextos.

A resina convencional para impressão 3D não é capaz de reproduzir as propriedades físicas de um material biológico como a dentina (Reymus *et al.*, 2018).

A abordagem baseada na impressão 3D usando uma matriz microporosa à base de hidroxiapatite (HAp) desenvolvida por Robberecht *et al.*, em 2016, como material de impressão, parece ser promissora para imitar corretamente a dentina.

Foi criado um modelo de canais radiculares dentário biomimético microporoso baseado em HAp com as características anatômicas necessárias que mimetizam a composição química da fase mineral (radiopacidade) e microestrutura (particularmente microporosidade) da dentina natural (Robberecht *et al.*, 2016).

Consiste numa técnica específica, mas simples, de moldagem de cerâmica (impressão 3D e moldagem por deslizamento de um molde de canal radicular) e foi avaliada a reprodutibilidade da forma do canal radicular e tratamentos endodônticos usando o simulador canal (SC) (Robberecht *et al.*, 2016).

A alta precisão da técnica de impressão 3D (10micro-m) possibilita a reprodução de qualquer anatomia do canal a partir de dados de microtomografia computadorizada (TC) (Robberecht *et al.*, 2016).

A adição de amido de arroz (porógeno) à pasta de HAp produz uma estrutura microporosa homogênea. A porosidade das matrizes cerâmicas pode ser adaptada para atender necessidades específicas, como simular dentina jovem ou esclerótica, variando a quantidade de porogénio adicionado à pasta (Robberecht *et al.*, 2016).

As radiografias mostram formatos de canais claros (simples ou complexos) no SC devido à boa radioopacidade da HAp, o que facilita a determinação do comprimento de trabalho (CT), a instrumentação mecânica do sistema de canais radiculares, a limpeza química com hipoclorito de sódio e EDTA e a obturação do canal radicular. Instrumentos aquecidos também podem ser usados na etapa de obturação sem alterar a estrutura do SC (Robberecht *et al.*, 2016).

O SC também pode ser usado para ajustar a dificuldade dos exercícios de treino, reproduzindo formações de degraus, perfurações radiculares e bloqueios. A dificuldade dos exercícios de treino e das avaliações dos alunos pode, assim, ser padronizada. (Robberecht *et al.*, 2016).

O processo permite fabricar de forma reprodutível qualquer forma encontrada nas classificações endodônticas por estereolitografia aditiva (Robberecht *et al.*, 2016).

Por fim, como reproduções em resina de dentes naturais, o SC também permite que os médicos dentistas pratiquem a reprodução de um dente com uma configuração radicular complexa antes de iniciar o tratamento endodôntico real coletando os dados de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) antes da cirurgia. Diminui o risco de acidentes iatrogênicos e facilita o prognóstico do tratamento endodôntico (Robberecht *et al.*, 2016).

2.4.ii modelos dos dentes dos pacientes para treinar antes do tratamento clínico complexo

O tratamento endodôntico de anomalias dentária é um desafio para os clínicos e, como tal, requer uma compreensão completa da anatomia aberrante do canal radicular, seguida de uma cuidadosa desinfecção e obturação do canal radicular (Byun *et al.*, 2015).

Além do modelo criado por Robberecht *et al.*, em 2016 ; Tonini *et al.*, em 2021 desenvolveram um outro modelo de dente em plástico 3D transparente, incluindo o sistema de canais radiculares, para treino ideal para o clínico especialista que enfrenta um caso endodôntico complexo.

A abordagem Print and Try tem um valor clínico e educacional, pois permite decidir o melhor plano de tratamento e praticar cada etapa operatória.

Pode ser muito útil na prática diária de um Endodontista, consistindo num método de simulação num modelo impresso em 3D personalizado que permite aos clínicos experimentar um tratamento antes de reproduzi-lo no paciente. O clínico pode treinar num dente impresso em 3D que replica as mesmas particularidades anatómicas do real e encontrar a melhor abordagem para ter mais confiança durante o tratamento real (Tonini *et al.*, 2021).

Um material transparente permite-nos ver através da espessura da raiz durante cada etapa, e encontrar a maneira mais conservadora, não apenas de localizar o orifício do canal radicular, mas também de escolher a melhor técnica de preparação, irrigação e obturação (Tonini *et al.*, 2021).

O modelo de dente físico translúcido contendo as informações sobre as estruturas internas do canal radicular é construído por meio de um processo de 3 etapas: aquisição de dados CBCT, modelagem virtual por processamento de imagem e fabrico por impressão 3D.

Posteriormente, a terapia endodôntica pode ser realizada *in vivo* com tempo de operação reduzido e com melhor visão geral (Tonini *et al.*, 2021).

Em anatomias aberrantes, o uso de um modelo plástico 3D transparente, derivado da CBCT, fornece uma previsão exata dos desafios clínicos que serão enfrentados no intra-operatório. Os médicos que beneficiam da técnica Print and Try quando enfrentam um complicado sistema de canais radiculares têm um stresse reduzido e maiores possibilidades de sucesso. Uma abordagem personalizada centrada no paciente para estratégias de preparação, limpeza e obturação pode ser aplicada (Tonini *et al.*, 2021).

2.5 Modelos para treino de revascularização

Nos últimos anos, a revascularização de dentes imaturos com necrose pulpar ganhou importância e estabeleceu-se como tratamento alternativo à apexificação com MTA.

Para familiarizar o Médico Dentista generalista com o procedimento, é necessário introduzir as bases biológicas e ensinar os detalhes do procedimento, mas também proporcionar uma oportunidade de treino o mais próximo possível do cenário clínico (Widbiller *et al.*, 2017).

Além de um possível resultado positivo baseado no paciente, o aumento do número de procedimentos de revascularização realizados em pacientes permite prever melhor os resultados do tratamento e promover pesquisas neste campo, que por sua vez podem fornecer novos insights e avançar no campo da endodontia regenerativa (Widbiller *et al.*, 2017).

Widbiller *et al.*, em 2017 estabeleceram um modelo de treino realista para procedimentos de revascularização, onde a indução de sangramento e a formação de um coágulo sanguíneo podem ser imitadas.

O modelo pode ser fixado a um manequim de paciente e, assim, simular de perto o ambiente clínico. Todas as etapas críticas do procedimento, ou seja, indução de sangramento por provocação mecânica de tecidos além do ápice e colocação de um cimento hidráulico de silicato de cálcio no coágulo sanguíneo em formação, podem ser realizadas. A instrumentação além do comprimento de trabalho leva à perfuração da membrana e o sangue simulado entra lentamente no espaço do canal e começa a coagular após 2 a 3 minutos. Os custos de material são baixos e o processo de fabrico é curto e simples, o que resulta em custos moderados e facilita a preparação para grupos maiores (Widbiller *et al.*, 2017).

2.6 Simuladores virtuais

As simulações na educação odontológica datam da década de 1990 (Imran *et al.*, 2021). O uso dessa tecnologia modernizou alguns aspectos da educação e afetou o ensino endodôntico. A realidade virtual (RV) tátil e a instrução clínica video assistida em Medicina Dentária podem ser usadas como um método educacional eficaz no ensino endodôntico (Decurcio *et al.*, 2019).

Com esse novo conceito tecnológico, os alunos podem interagir com a simulação digital na tela e aprender a manipular instrumentos e técnicas de tratamento antes de transferi-las para situações reais. Isso é útil para ganhar confiança no treino, rever exercícios repetidamente sem desperdício de materiais e para avaliação do aluno controlada por um professor ou tutor (Imran *et al.*, 2021).

O simulador odontológico, simula condições clínicas realistas e torna o treino reversível, repetível e ecológico. O treino por meio de um simulador odontológico é variado, pois diferentes conteúdos de treinos e dentes estão disponíveis (Li *et al.*, 2021).

Além disso, as simulações odontológicas baseadas na RV também previnem o operador de catástrofes clínicas, como uma picada de uma agulha infectada ou instrumentos cortantes, proporcionando-lhe tempo suficiente para se familiarizar com as ferramentas e praticar procedimentos clínicos sem supervisão (Imran *et al.*, 2021).

Com os simuladores de RV, todos os aspectos do trabalho do operador podem ser coletados e resumidos durante a atividade de simulação e posteriormente analisados para fornecer uma avaliação objetiva e feedback mais apropriados. Principalmente o termo háptico também é reconhecido como uma tecnologia de ponta e conecta um indivíduo a um computador e simultaneamente fornece feedback tátil (Imran *et al.*, 2021).

Há uma grande variedade de simuladores de educação odontológica disponíveis, cada um com vantagens e desvantagens em termos de conteúdo de treino, processo de treino, dispositivo de hardware e design de software (Li *et al.*, 2021).

Os simuladores modernos da cabeça de fantoma incluem spray de água, peças de mão dentária e outros itens necessários, proporcionando aos alunos um ambiente mais realista para diagnóstico e tratamento (Li *et al.*, 2021).

O simulador replica os tecidos orais macios e duros, além de fornecer um diagnóstico clínico e o ambiente de tratamento através da RV. Ele também simula a força de interação entre a broca e o dente, o espelho e a boca e os tecidos macios e duros através da tecnologia de feedback de força para reproduzir todo o processo de treino (Li *et al.*, 2021).

Toosi *et al.*, em 2014 relataram um simulador de realidade virtual háptica para tratamento de canais radiculares. Um modelo de mandíbula virtual é extraído de dados de TC de um paciente vivo e os dados volumétricos obtidos são visualizados usando um algoritmo. São desenvolvidos algoritmos de detecção de colisões e de respostas às colisões.

Usando um robô háptico, o aluno pode desgastar o esmalte e a dentina até atingir a câmara pulpar e, em seguida, a superfície interna de um canal radicular pode ser instrumentada usando uma lima K simulada (Toosi *et al.*, 2014).

III. DISCUSSÃO

Al-Sudani e Basudan num estudo de 2011 a 2014 tiveram como objetivo comparar DA de resina com dentes naturais, na perspectiva de um aluno, durante um curso pré-clínico de pré-gradado em endodontia.

Ao final do curso, 68% dos alunos avaliaram que os DA foram inferiores aos DN durante o preparo da cavidade de acesso, aumentando o risco de erros de procedimento devido a vários motivos. Essas razões incluem a superfície vítrea, fazendo com que a broca deslize facilmente na superfície externa; a incapacidade de diferenciar as camadas de esmalte e dentina; e a impossibilidade de localização da câmara pulpar e orifícios. A localização dos canais é mais fácil em DN (Al-Sudani e Basudan, 2016).

Os participantes expressaram que todos os procedimentos, exceto a obturação, foram mais difíceis de realizar em DA do que em DN devido à dureza da resina (Al-Sudani e Basudan, 2016).

Os alunos perceberam os DA como insatisfatórios devido às características físicas deles, tornando-os mais difíceis de tratar em comparação aos DN (Al-Sudani e Basudan, 2016).

Reymus *et al.*, em 2018 avaliaram a percepção dos alunos que treinaram em dentes artificiais de resina feitos por impressão 3D usados durante o treino endodôntico.

Ao contrario do precedente, neste estudo alunos que treinaram com as réplicas impressas em 3D, na sua maioria, as julgaram como sendo muito comparáveis (60%) ou bastante comparável (34%) aos DN em termos de desenho anatômico (Reymus *et al.*, 2018).

A preparação dos canais radiculares, no entanto, foi mais fácil nos DA do que nos DN, de acordo com os alunos (71%) o que não concorda com as percepções dos estudantes do estudo precedente.

A obturação dos canais radiculares artificiais foi considerada muito comparável (64%) (Reymus *et al.*, 2018) o que concorda com o estudo de Al-Sudani e Basudan.

Varios estudos compararam o treino endodôntico pré-clínico em DN versus DA avaliando o desempenho dos alunos relativamente ao cumprimento de trabalho, densidade/homogeneidade e conicidade de obturação dos canais radiculares.

No estudo de Alamoudi e Fahim em 2018, não houve diferença significativa entre o comprimento das obturações e o tipo de dentes ($p= 0,190$). DN e DA foram obturados adequadamente em 68,5% e 71,6% dos casos, respectivamente. A relação entre a densidade das obturações e o tipo de dentes não foi estatisticamente significativa ($p= 0,061$). Os DN apresentaram 58% com poucos espaços vazios, enquanto os DA apresentaram 68%. A relação entre o tipo de dentes e a conicidade dos canais radiculares também não foi estatisticamente significativa ($p= 0,294$).

Os DN apresentaram, em geral, 10% de preenchimento adequado, 77,7% de preenchimento moderado e 12% de preenchimento inadequado. No entanto, os DA em resina mostraram, em geral, respectivamente 13%, 81,6% e 5%.

A relevância de DA para treino endodôntico pré-clínico não teve diferença significativa em relação aos DN em termos de qualidade da obturação do canal radicular.

Num ensaio controlado randomizado, Bitter *et al.*, em 2016 compararam o desempenho de dois grupos de estudantes, o primeiro (controlo) costuma treinar só sobre DN e o segundo (teste) sobre DA mas não unicamente porque não encontraram estudantes formados só sobre DA. Os dois grupos foram avaliados relativamente ao seu desempenho após ter feito o TENC sobre vários DN e os seus mesmos homólogos artificiais.

Primeiro, avaliaram os grupos sobre os DN e DA separadamente. O desempenho geral em DN não diferiu significativamente entre os grupos ($p=0,761$, Mann-WhitneyU) exceto para a avaliação correta do CT, onde o grupo controlo apresentou valores significativamente mais elevados ($p<0,05$, qui-quadrado). Da mesma forma, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos para o desempenho geral em DA ($p= 0,278$).

Segundo, avaliaram os grupos comparando o desempenho em DN versus DA. O desempenho em DN foi significativamente menor do que em DA no grupo teste ($p < 0,05$, Wilcoxon), mas não no grupo controlo ($p>0,05$). O desempenho em DA foi significativamente maior do que o desempenho em DN para avaliação do CT e diâmetro da obturação radicular em ambos os grupos.

O principal objectivo era se o treino em DA poderia substituir o treino em DN (ou seja, se os alunos treinados exclusivamente em DA seriam adequadamente preparados para o tratamento clínico).

Este estudo não detectou diferenças significativas entre o treino em DA ou DN em relação ao desempenho geral clínico posterior.

Robbechert *et al.*, em 2017 fizeram um estudo para comparar os seus novos modelos artificiais feitos de cerâmica com HAp infiltrada por resina (RC) com os DN para determinar se o RC seria um substituto adequado para treino endodôntico pré-clínico. Os alunos fizeram um teste usando DN após os seus exercícios de treino nos vários RC. Não foram observadas diferenças significativas nesses resultados. Isso pode acontecer também porque o teste não foi suficientemente difícil ou porque foram usados critérios de avaliação inadequados.

O que saiu dessa discussão foi a preferência dos alunos para os DN no treino pré-clínico de endodontia relativamente a anatomia externa e interna e sensação tátil. No entanto, apresentam desempenho iguais quando treinam sobre DN ou DA e apreciam a disponibilidade a curto prazo desses últimos e a sua padronização.

Uma vez que a relevância do uso de dentes artificiais para treino pré-clínico em endodontia foi confirmada, é obvio questionar-se sobre quais são os mais adequados e práticos para os estudantes nas suas perspectivas e desempenho.

Em 2017, Robberecht *et al.*, realizaram um estudo para responder a isso comparando blocos de plástico (BP), modelos de dentes em cerâmica pura (C) e modelos de dentes em cerâmica híbrida (CR) (cerâmica sintetizada de HAp infiltrada por resina epoxi).

Relativamente às perspectivas dos alunos, os dos grupos C e CR relataram que estavam mais satisfeitos com as visualizações radiográficas do que os alunos do grupo BP ($p < 0,05$ para cada comparação). Além disso, a pontuação para a percepção da instrumentação (sensação tátil) foi significativamente maior para o grupo CR do que para o grupo BP. Não houve diferença significativa entre os grupos C e BP ou entre os grupos CR e C.

Os alunos dos grupos C e CR relataram níveis de satisfação geral geralmente mais altos do que os alunos do grupo BP, embora a diferença não tenha sido significativa.

Relativamente ao desempenho dos alunos, os ajustes do cone de guta percha principal dos alunos do grupo RC foram mais frequentemente classificados como aceitáveis do que os dos alunos dos outros dois grupos, embora a diferença inter-grupos não tenha sido significativa ($p = 0,25$).

Gancedo-Caravia *et al.*, em 2019 compararam cinco marcas diferentes no mercado de dentes artificiais em resina (DEPT®, DRSK®, Nissin®, DENTALIKE® e TrueTooth®) algumas sejam opacas e outras transparentes, algumas fabricadas por impressão 3D outras não.

(DENTALIKE®) um dente opaco feito por impressão 3D foi considerado o mais próximo dos DN em termos de visibilidade do espaço pulpar nas radiografias pré-operatórias ($p < 0,05$)

Em relação ao manuseio durante o tratamento, houve diferenças significativas entre as réplicas para a satisfação dos alunos na sensação tátil da preparação canalar (sendo o DRSK® considerado o mais próximo da dentina) ($p < 0,05$). Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nas percepções dos alunos durante a preparação da cavidade de acesso ou obturação do sistema de canais radiculares.

O questionário final revelou que 60% dos alunos preferiram as réplicas DRSK® seguido por DENTALIKE® (30%). TrueTooth® foi o menos preferido por 70% dos alunos.

Os modelos em cerâmica biomiméticos fornecem várias vantagens sobre os BP nomeadamente a sensação tátil e visualização na radiografia mas não se notou diferenças significativas relativamente ao desempenho dos estudantes.

A variedade de modelos artificiais em resina disponíveis no mercado pode tornar-se difícil a escolha do melhor para realizar treino de qualidade antes a posterior prática clínica. Destaque-se desta discussão a preferência pelos alunos de modelos padrão mais fáceis de instrumentar comparado aos fabricados por impressão 3D embora sejam mais fiáveis comparado aos dentes naturais. Podemos confiar em DA para treino quando combinados com DN. Ainda faltam estudos complementares e com amostras maiores para talvez no futuro substituir completamente os dentes naturais por modelos artificiais.

Alunos treinados com simuladores de RV tiveram melhor desempenho quando avaliados quanto à forma, profundidade e alisamento da cavidade. Os alunos podem ser treinados cinco vezes mais rapidamente em contraste com o exercício tradicional. A simulação de RV melhorou as capacidades de manuseio e ajudou na transferência destas capacidades para a prática clínica (Imran *et al.*, 2021).

Os modelos investigados em estudos randomizados até ao momento focaram essencialmente nas capacidades técnicas, criando, portanto, uma lacuna na prática das capacidades não técnicas. Assim, há uma necessidade de preencher esta lacuna em simulações modernas. (Decurcio et al., 2019).

Os simuladores dentários ainda têm muitas desvantagens de hardware e software que os impediram de serem uma alternativa aos simuladores tradicionais como um método de treino. No futuro, quando combinados com a tecnologia de big data, computação em cloud, 5G e DEEP learning, os simuladores odontológicos poderão dar aos alunos assistência individual de aprendizagem, e as suas funções serão mais diversas e adequadas para treino pré-clínico (Li *et al.*, 2021).

Um número limitado de estudos investigou o impacto definitivo da incorporação de simuladores de realidade virtual odontológica nos cursos devido a baixos padrões educacionais, mecanismos de pontuação pouco claros, problemas de integração dessa tecnologia nos cursos e mecanismos de feedback de alunos ou professores (Decurcio et al., 2019).

IV. CONCLUSÃO

Um treino pré-clínico em endodontia de qualidade é essencial para os alunos pois vai refletir o posterior nível de capacidades técnicas e vai ajudar a ganhar confiança nos futuros tratamento sobre pacientes.

Quer sejam dentes naturais quer artificiais os dois modelos são bastante comparáveis e fiáveis para bons treinos embora seja pertinente fazer uma escolha minuciosa do modelo artificial de entre todos os disponíveis.

A realidade virtual tem importância como ajuda complementar aos modelos no treino pré-clínico mas ainda não os permite substituir.

Finalmente é importante lembrar que o treino pré-clínico diz respeito não só aos estudantes mas também a todos os médicos dentistas que através de formações contínuas podem ter contacto com este tipo de modelos assim como endodontistas podem usar os modelos também para treino como uma ajuda antes de um tratamento complexo.

BIBLIOGRAFIA

Alamoudi, R. and Fahim, O., 2018. Assessment of the Technical Quality of Root Canal Treatment in Pre-clinical Endodontic Training Comparing Artificial Teeth to Extracted Natural Human Teeth. *Egyptian Dental Journal*, 64(4), pp.3551-3558.

Albrecht, L., Ferreira, E., Passos, M. and Cecchetti, R., 2013. Teeth processing in human teeth bank - proposal of protocol. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 10(4), pp.386-93.

Al-Sudani, D. and Basudan, S., 2016. Students' perceptions of pre-clinical endodontic training with artificial teeth compared to extracted human teeth. *European Journal of Dental Education*, 21(4), pp.e72-e75.

Bitter, K., Gruner, D., Wolf, O. and Schwendicke, F., 2016. Artificial Versus Natural Teeth for Preclinical Endodontic Training: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Endodontics*, 42(8), pp.1212-1217.

Byun, C., Kim, C., Cho, S., Baek, S., Kim, G., Kim, S. and Kim, S., 2015. Endodontic Treatment of an Anomalous Anterior Tooth with the Aid of a 3-dimensional Printed Physical Tooth Model. *Journal of Endodontics*, 41(6), pp.961-965.

Decurcio, D., Lim, E., Nagendrababu, V., Estrela, C. and Rossi-Fedele, G., 2019. Difficulty levels of extracted human teeth used for pre-clinical training in endodontics in an Australian dental school. *Australian Endodontic Journal*, 46(1), pp.47-51.

Dominici, J., Eleazer, P., Clark, S., Staat, R. and Scheetz, J., 2001. Disinfection/Sterilization of Extracted Teeth for Dental Student Use. *Journal of Dental Education*, 65(11), pp.1278-1281.

DUMMER, P., ALODEH, M. and AL-OMARI, M., 1991. A method for the construction of simulated root canals in clear resin blocks. *International Endodontic Journal*, 24(2), pp.63-66.

Gancedo-Caravia, L., Bascones, J., García-Barbero, E. and Arias, A., 2019. Suitability of different tooth replicas for endodontic training: perceptions and detection of common errors in the performance of postgraduate students. *International Endodontic Journal*, 53(4), pp.562-572.

Gupta, B., Tiwari, B., Raj, V., Kashyap, B., Chandra, S. and Dwivedi, N., 2014. Transparent tooth model: A study of root canal morphology using different reagents. *European Journal of General Dentistry*, 3(01), pp.66-70.

Hasselgren, G. and Tronstad, L., 1975. The use of transparent teeth in the teaching of preclinical Endodontists. *Journal of Endodontics*, 1(8), pp.278-280.

Imran, E., Adanir, N. and Khurshid, Z., 2021. Significance of Haptic and Virtual Reality Simulation (VRS) in the Dental Education: A Review of Literature. *Applied Sciences*, 11(21), p.10196.

Li, Y., Ye, H., Ye, F., Liu, Y., Lv, L., Zhang, P., Zhang, X. and Zhou, Y., 2021. The Current Situation and Future Prospects of Simulators in Dental Education. *Journal of Medical Internet Research*, 23(4), p.e23635.

Malentacca, A. and Lajolo, C., 2015. A new technique to make transparent teeth without decalcifying: Description of the methodology and micro-hardness assessment. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 197, pp.11-15.

Nassri, M., Carlik, J., Silva, C., Okagawa, R. and Lin, S., 2008. Critical analysis of artificial teeth for endodontic teaching. *Journal of Applied Oral Science*, 16(1), pp.43-49.

Peterson, W., 1980. A technique for preparing an artificial tooth for endodontic access preparation. *Journal of Endodontics*, 6(3), pp.490-494.

Razavian, H. And Hanjani, K., 2021. A new teaching model with artificial teeth containing simulated pulpal tissue. *Dental Research Journal*, 18(1), p.19.

Reymus, M., Fotiadou, C., Kessler, A., Heck, K., Hickel, R. and Diegritz, C., 2018. 3D printed replicas for endodontic education. *International Endodontic Journal*, 52(1), pp.123-130.

Robberecht, L., Chai, F., Dehurtevent, M., Marchandise, P., Bécavin, T., Hornez, J. and Deveaux, E., 2016. A novel anatomical ceramic root canal simulator for endodontic training. *European Journal of Dental Education*, 21(4), pp.e1-e6.

Robberecht, L., Hornez, J., Dehurtevent, M., Dufour, T., Labreuche, J., Deveaux, E. and Chai, F., 2017. Optimization and Preclinical Perception of an Artificial Simulator for Endodontic Training: A Preliminary Study. *Journal of Dental Education*, 81(3), pp.326-332.

Spent, A. and Kahn, H., 1979. The use of a plastic block for teaching root canal instrumentation and obturation. *Journal of Endodontics*, 5(9), pp.282-284.

Tonini, R., Xhajanka, E., Giovarruscio, M., Foschi, F., Boschi, G., Atav-Ates, A., Cicconetti, A., Seracchiani, M., Gambarini, G., Testarelli, L. and Pacifici, L., 2021. Print and Try Technique: 3D-Printing of Teeth with Complex Anatomy a Novel Endodontic Approach. *Applied Sciences*, 11(4), p.1511.

Toosi, A., Arbabtafti, M. and Richardson, B., 2014. Virtual Reality Haptic Simulation of Root Canal Therapy. *Applied Mechanics and Materials*, 666, pp.388-392.

WESCHENFELDER, V., BAINY, P., VIZZOTTO, M., LUISI, S., MONTAGNER, F. and MELO, T., 2019. Radiopacidade de dentes artificiais para treinamento pré-clínico de endodontia. *Revista de Odontologia da UNESP*, 48.

Widbiller, M., Ducke, S., Eidt, A., Buchalla, W. and Galler, K., 2017. A training model for revitalization procedures. *International Endodontic Journal*, 51, pp.e301-e308