

Simulador em impressão 3D para treinamento em ureterolitotripsia flexível com laser

3D printing simulator for flexible laser ureterolithotripsy training

Simulador de impresión 3D para entrenamiento en ureterolitotricia flexible con laser

Luis Otávio Amaral Duarte Pinto¹, Renata Cunha Silva², Helder Clay Fares dos Santos Júnior², Livia Guerreiro de Barros Bentes², Herick Pampolha Huet de Bacelar², Kátia Simone Kietzer².

RESUMO

Objetivo: O estudo idealizou o desenvolvimento e validação de um simulador confeccionado em impressora 3D para a capacitação em ureterolitotripsia flexível com laser. **Métodos:** O simulador foi confeccionado com ácido polilático e é constituído por duas partes, que se fecham de maneira hermética. O seu interior imita um sistema urinário, constituído de ureter proximal, pelve e cálices renais, permitindo o treinamento de navegação com endoscópio, a litotripsia com laser, bem como a remoção dos fragmentos de cálculos. Para validação, o simulador foi avaliado por 21 juízes especialistas, que tiveram acesso à tecnologia individualmente e puderam verificar suas principais características e funcionalidades. A avaliação foi documentada através do preenchimento de um questionário, contendo 22 afirmativas em escala Likert, divididas em três domínios: (1) OBJETIVOS, (2) ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO e (3) RELEVÂNCIA. **Resultados:** Os 3 domínios obtiveram a aprovação de, respectivamente, 98,6%, 98,3% e 99,3%. A consistência interna do questionário foi verificada através do teste Alfa de Cronbach que alcançou altos valores, tanto nos domínios (0.829, 0,87 e 0.9963), quanto na avaliação geral (0.92). **Conclusão:** O simulador desenvolvido permite o treinamento de cirurgia de ureterolitotripsia flexível com laser, podendo ser considerado uma ferramenta auxiliar no ensino-aprendizado em urologia.

Palavras-chave: Nefrolitíase, Treinamento por simulação, Impressão tridimensional, Urologia.

ABSTRACT

Objective: This study idealized the development and validation of a 3D printing made simulator for flexible laser ureterolithotripsy training. **Methods:** The simulator was developed with polylactic acid and consists in two parts, which are hermetically sealed. Its interior mimics a urinary system, with proximal ureter, pelvis and renal calyces, allowing an endoscope navigation training, laser lithotripsy and stone fragments removal. For validation, the simulator was evaluated by 21 expert judges, who had access to the technology individually and were able to verify its main features and functionality. The evaluation was documented by completing a questionnaire, containing 22 statements on a Likert scale, divided into three domains: (1) OBJECTIVES, (2) STRUCTURE and PRESENTATION and (3) RELEVANCE. **Results:** The 3 domains obtained approval of, respectively, 98.6%, 98.3% and 99.3%. The questionnaire's internal consistency was verified through Cronbach's Alpha test, which reached, respectively, 0.829, 0.87 and 0.9963 in the domains, and 0.92 in the general assessment. **Conclusion:** The developed simulator allows flexible laser ureterolithotripsy training, and can be considered an auxiliary tool in teaching-learning process in urology.

Keywords: Nephrolithiasis, Simulation training, Printing, Three-dimensional, Urology.

RESUMEN

Objetivo: El estudio idealizó el desarrollo y validación de un simulador hecho en impresión 3D para entrenamiento en ureterolitotricia flexible con láser. **Métodos:** El simulador fue elaborado con ácido poliláctico y consta de dos partes selladas herméticamente. Su interior imita un sistema urinario, con el uréter proximal, pelvis y los cálices renales, lo que permite entrenar la navegación con endoscopio, la litotricia con láser, así como la extracción de fragmentos de cálculos. Para la validación, el simulador fue evaluado por 21 jueces

¹ Hospital Ophir Loyola. Belém - PA.

² Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém - PA.

expertos, quienes tuvieron acceso a la tecnología y pudieron verificar sus principales características y funcionalidad. La evaluación se documentó mediante el llenado de un cuestionario, que contenía 22 enunciados en escala de Likert, divididos en tres dominios: (1) OBJETIVOS, (2) ESTRUCTURA y PRESENTACIÓN y (3) PERTINENCIA. **Resultados:** Los 3 dominios obtuvieron una aprobación del 98,6%, 98,3% y 99,3%, respectivamente. La consistencia interna del cuestionario se verificó a través de la prueba Alfa de Cronbach, que alcanzó valores elevados, tanto en los dominios (0,829, 0,87 y 0,9963) como en la valoración general (0,92). **Conclusión:** El simulador permite el entrenamiento en ureterolitrotricia flexible con láser, pudiendo ser considerado una herramienta auxiliar en la enseñanza y aprendizaje en urología.

Palabras clave: Nefrolitiasis, Entrenamiento simulado, Impresión tridimensional, Urología.

INTRODUÇÃO

A litíase urinária é uma doença cosmopolita, recidivante, que acarreta uma elevada morbidade e um alto custo social, sendo considerada um importante problema de saúde pública em âmbito mundial (HILL AJ, et al., 2022). Estudos epidemiológicos realizados nos Estados Unidos apontam que nas últimas quatro décadas houve um aumento crescente da incidência de cálculos renais sintomáticos, saltando 95 para mais 250 casos por 100.000 habitantes. Dentre seus principais fatores de risco destacam-se a obesidade, diabetes mellitus, consumo elevados de alimentos com elevado teor de sal, e proteína animal, além das alterações climáticas, como o aquecimento global (THONGPRAYOON C, et al., 2020).

Embora a escassez de dados epidemiológicos oficiais, estima-se que no Brasil, com seu território abrangendo mais de 8,51 milhões de km² e com cerca de 200 milhões de habitantes, haja uma prevalência de aproximadamente 5% de sua população com litíase urinária, nos seus diversos graus de apresentação. Devido sua proporção continental, cada umas das cinco regiões brasileiras possuem culturas, costumes e hábitos alimentares diferentes, sendo possível observar, na prática, um predomínio de cálculos renais de maneira distinta, com um número consideravelmente maior onde o clima quente e úmido impera, como as regiões norte e nordeste (SILVA SFR, et al., 2011).

Ainda que a maioria dos pacientes permaneçam assintomáticos, aqueles indivíduos que evoluem com obstrução do trato urinário superior podem apresentar fortes crises algicas, precisando muitas vezes de internação hospitalar, além maiores chances de evoluir a longo prazo para condições graves, como hipertensão, sepse urinária e insuficiência renal crônica, com necessidade de hemodiálise. Ziemba JB e Matagla BR (2017) estimam índices de internação hospitalar nos Estados Unidos por cálculos renais e suas complicações na ordem de 184 casos para cada 100.000 habitantes, com tempo de internação médio de três dias e custos totais de tratamento em torno de 2,1 bilhões de dólares ao ano. Os mesmos autores apontam que, com sua incidência cada vez maior, haja uma expectativa de que em 2030 os custos com a litíase urinária possam atingir valores que se aproximariam dos 124 bilhões de dólares por ano.

Apesar da gravidade dessa doença, os avanços tecnológicos na medicina vêm permitindo a realização de procedimentos terapêuticos cada vez menos invasivos, sendo a ureterolitotripsia flexível com laser considerada atualmente o “padrão ouro” para a maioria dos casos de litíase renal (FADRIQUE GG, et al., 2019). A ureterolitotripsia flexível é um procedimento cirúrgico que consiste na utilização de um delicado dispositivo endoscópico, introduzido através da uretra do paciente e capaz de manejar os cálculos renais nas mais diversas posições do trato urinário. Uma fibra de laser pode ser conectada ao equipamento, permitindo a fragmentação das pedras em pedaços menores, factíveis de serem extraídos, sem a necessidade de realização de cortes no paciente (KOZYRAKIS DG, et al., 2019).

Essa cirurgia é realizada habitualmente por urologistas. Para se qualificar nessa especialidade médica, o profissional de saúde no Brasil necessita obrigatoriamente de graduação em medicina, residência médica em cirurgia geral e, em seguida, urologia, totalizando aproximadamente onze anos de estudos para estar habilitado a manejar, clínica ou cirurgicamente, as doenças do aparelho geniturinário (GORGEN ARH, et al., 2021).

A maioria dos urologistas brasileiros se capacita através de um programa de residência médica, vinculado ao Sistema Único de Saúde (SUS). Infelizmente o aprendizado dos residentes de urologia vem sendo alvo de críticas por parte considerável das Instituições de Ensino em Saúde (IES) no país e pela própria Sociedade

Brasileira de Urologia (SBU). A falta de investimentos nos hospitais-escola não tem acompanhado o ritmo do crescimento das tecnologias inovadoras para o tratamento das doenças urológicas; assim sendo, muitos residentes apresentam carências na sua formação, tendo pouco contato com procedimentos tidos como corriqueiros (MULLER RF e BIRMAN J, 2016).

Algumas IES vêm buscando alternativas para amenizar as dificuldades encontradas na formação desses profissionais (ADYTIA I, et al., 2019). Nesse contexto, a utilização de simuladores, também conhecidos como modelos experimentais de treinamento, vem ganhando um destaque cada vez maior, como um método complementar no ensino das especialidades cirúrgicas (PINTO LOAD, et al., 2019). Um dos principais motivos do impulsionamento da simulação, como ferramenta auxiliar no binômio ensino-aprendizagem, deve-se ao aperfeiçoamento e popularização da tecnologia de impressão 3D, tornando possível a confecção, de forma cada vez mais realística, dos mais diversos órgãos do corpo humano, assim como a mimetização de procedimentos cirúrgicos tidos como extremamente complexos (SARIKAYA S, et al., 2018).

Na urologia a simulação já vem sendo estimulada há alguns anos em várias de suas subespecialidades, abrangendo principalmente o uso de animais de experimentação, cadáveres, emprego de realidade virtual e modelos sintéticos de variados graus de fidelidade. Além disso, a difusão da impressão 3D tem ganhado progressivamente um maior destaque como coadjuvante no planejamento de procedimentos cirúrgicos e na qualificação de residentes, principalmente em cirurgias oncológicas de próstata e rins, entretanto a literatura ainda carece de estudos mais específicos sobre simuladores elaborados puramente em impressão 3D, para a capacitação no tratamento de litíase urinária (CHILDS BS, et al., 2019).

Sendo assim, observando os altos índices de cálculos urinários, assim como a carência na formação dos residentes de urologia da nossa região e o emprego cada vez mais corriqueiro de modelos experimentais de treinamento, como instrumento auxiliar na educação médica, o presente estudo idealizou o desenvolvimento e a validação de um simulador confeccionado em impressora 3D para a capacitação em ureterolitotripsia flexível com laser.

MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Morfofisiologia Aplicada à Saúde, da Universidade do Estado do Pará (UEPA), obedecendo todas as normas éticas de pesquisa envolvendo seres humanos, com sua realização aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da instituição, através da obtenção de Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 48382121.9.0000.5174.

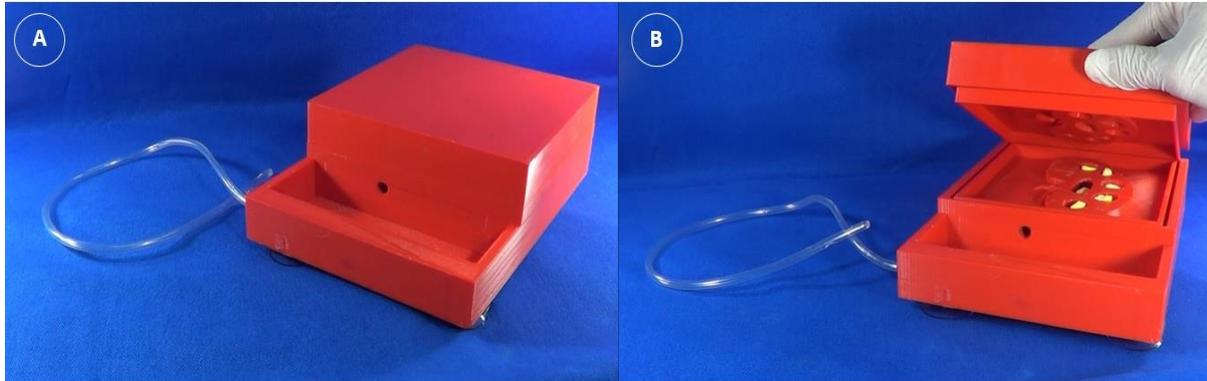
O simulador foi modelado por meio do software tridimensional Fusion 360™ (Autodesk, San Rafael – Califórnia) e confeccionado em impressora 3D da marca Ultimaker 2+ (Ultimaker, Ultretch – Holanda), com filamentos de ácido polilático (PLA). Apresenta o formato retangular, medindo 14,5cm x 20,5cm x 6,0cm e é constituído de duas partes (superior e inferior), que se acoplam de maneira hermética, por meio de um encaixe.

A parte inferior apresenta um orifício para introdução do ureteroscópio flexível e seu interior possui o formato anatômico de um rim, contendo ureter proximal, pelve e cálices renais superior, médio e inferior. A estrutura do sistema urinário da parte inferior do simulador é fenestrada, permitindo a introdução de cálculos urinários artificiais em diversas disposições. Como componentes adicionais destacam-se um reservatório na parte inferior, conectado a uma mangueira de silicone, com o intuito de facilitar a drenagem de soro para o meio externo, garantindo uma simulação mais realística, e um local de treinamento mais asseado; além de quatro ventosas na parte de baixo, para promover uma maior fixação e estabilidade do modelo experimental durante as sessões de aperfeiçoamento (**Figura 1**).

Para realização da capacitação em ureterolitotripsia flexível com laser, o simulador deve ser posicionado e preso em uma superfície lisa, através das ventosas; os cálculos artificiais são alocados por meio das janelas da parte inferior e o modelo é fechado de maneira hermética, encaixando-se a parte superior na inferior. O ureteroscópio flexível é então inserido através do orifício arredondado da parte inferior, sendo possível mimetizar e praticar a navegação do aparelho de endoscopia no trato urinário superior, bem como efetivar o procedimento de litotripsia com fibra de Holmium laser e remoção dos fragmentos de cálculos

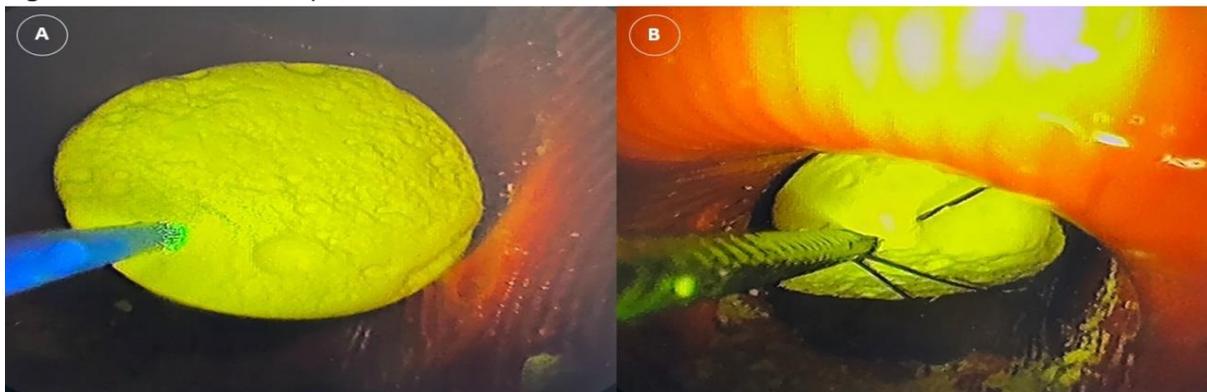
residuais com cateter basket (**Figura 2**). O soro fisiológico infundido durante simulação é coletado no reservatório e drenado pela mangueira presente na porção inferior.

Figura 1 - Design do simulador.



Legenda: **A:** Observa-se as 2 partes fechadas de maneira hermética, o orifício de entrada do ureteroscópio, o reservatório conectado à mangueira e as ventosas. **B:** Seu interior com o formato sistema urinário e os cálculos dispostos nos cálices e pelve renal. **Fonte:** Pinto LOAD, et al., 2022.

Figura 2 – Visão endoscópica do simulador.



Legenda: **A:** Identificação do cálculo no cálice renal e posicionamento do laser para litotripsia. **B:** Remoção de um fragmento residual com basket. **Fonte:** Pinto LOAD, et al., 2022.

A validação do simulador foi realizada ao longo de oito semanas, através do parecer de 21 juízes especialistas, selecionados por meio de amostragem do tipo “bola de neve”. Como critérios de inclusão, todos os juízes deveriam ser urologistas, Membros Titulares da SBU, com pelo menos três anos de experiência profissional no manejo da litíase urinária e devidamente familiarizados com a cirurgia de ureterolitotripsia flexível com laser. Por motivos econômicos foi impresso somente um simulador, já em sua versão definitiva, e todos os especialistas tiveram acesso à tecnologia individualmente, por um período de 24 horas, onde puderam verificar suas principais características e funcionalidades. Apesar da não obrigatoriedade, os juízes estavam autorizados para realizar sessões demonstrativas com o simulador, sendo oferecido aos mesmos o equipamento necessário. Também foram enviados para todos os participantes, por meio do aplicativo *WhatsApp™*, um vídeo demonstrando as funcionalidades do simulador, bem como informações sobre sua montagem e melhor forma de utilização.

A avaliação pelos especialistas foi documentada através do preenchimento de um questionário desenvolvido através do aplicativo *Google Forms™* e encaminhado para o email de cada um dos avaliadores. O questionário foi constituído contendo 22 afirmativas sobre o simulador, em escala Likert de quatro pontos, sendo possíveis as seguintes respostas: INADEQUADO (1 ponto), PARCIALMENTE ADEQUADO (2 pontos), ADEQUADO (3 pontos) e TOTALMENTE ADEQUADO (4 pontos).

As afirmativas foram divididas em três domínios: (1) OBJETIVOS – contendo cinco afirmativas, (2) ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO – com doze afirmativas e (3) RELEVÂNCIA – com cinco afirmativas. No domínio OBJETIVO estavam dispostas as assertivas referentes ao que se pretende alcançar com a utilização do simulador. No segundo domínio (ESTRUTURA E APRESENTAÇÃO) encontravam-se as afirmações relacionadas com sua forma, aparência, disposição e configuração. Por fim no domínio RELEVÂNCIA estavam presentes as sentenças que diziam respeito à sua importância e vantagens adquiridas com o seu uso.

Todos os juízes especialistas deveriam preencher o questionário por completo. Os dados obtidos foram coletados e submetidos à análise estatística, onde foram calculadas as pontuações e porcentagens de aprovação de cada uma das 22 afirmativas. Também foi realizado o cálculo das médias de aprovação de cada domínio, dividindo a soma das suas porcentagens pelo seu respectivo número de afirmativas. Para o estudo da confiabilidade e consistência interna do questionário, utilizou-se o índice alfa de Cronbach, sendo considerado validado o valor de coeficiente acima de 0,75, ou 75%.

RESULTADOS

O domínio OBJETIVOS obteve a aprovação média pelos juízes de 98,6% (**Tabela 1**). O domínio ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO alcançou média de 98,3% de aceitação (**Tabela 2**). Em relação ao domínio RELEVÂNCIA, observou-se a anuência média de 99,3%, a maior porcentagem de aprovação entre eles (**Tabela 3**). A consistência interna do questionário foi verificada através do teste alfa de Cronbach que atingiu elevados valores, tanto nos três domínios (0.829, 0,87 e 0.9963), quanto na avaliação geral (0.92) (**Tabela 4**).

Tabela 1 - Avaliação do domínio OBJETIVOS.

OBJETIVOS	Pontuação	% Aprovação
Pode ser utilizada no meio científico da urologia.	84	100,0%
Atende aos objetivos de IES voltadas a capacitação de urologistas.	84	100,0%
Importante para a formação profissional dos residentes.	83	98,8%
Coerentes com as necessidades dos residentes.	82	97,6%
Convida ou instiga mudanças no comportamento e/ou atitudes.	81	96,4%

Fonte: Pinto LOAD, et al., 2022.

Tabela 2 - Avaliação do domínio ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO.

ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO	Pontuação	% Aprovação
Apropriada para o manuseio por residentes de urologia.	84	100,0%
O simulador é de fácil entendimento.	84	100,0%
Treinamento de fragmentação de cálculos utilizando o laser em várias modalidades.	84	100,0%
Treinamento simulado de ureteroscopia de acordo com as boas práticas em endourologia.	83	98,8%
Treinamento de extração de fragmentos de cálculo com utilização de cateter extrator.	83	98,8%
Treinamento de litotripsia com extração de cálculos em uma variedade de posições anatômicas.	83	98,8%
O simulador desenvolvido é prático e de fácil manuseio.	82	97,6%
Permite uma sequência lógica de treinamento.	82	97,6%
Permite um treinamento correto, do ponto de vista acadêmico/ científico.	82	97,6%
As estruturas se assemelham com a anatomia humana.	82	97,6%
Permite um treinamento coerente com o nível de conhecimento do público-alvo.	81	96,4%
Permite o treinamento de litotripsia flexível com laser de forma apropriada.	81	96,4%

Fonte: Pinto LOAD, et al., 2022.

Tabela 3 - Avaliação do domínio RELEVÂNCIA.

RELEVÂNCIA	Pontuação	% Aprovação
Treinamento de "aspectos-chave" para aquisição de habilidades e competências em ureterorenolitotripsia flexível com laser.	84	100,0%
Facilita a transferência e generalização do aprendizado em ureterolitotripsia flexível a laser.	84	100,0%
Aborda um tópico de importância para a formação dos residentes de urologia.	84	100,0%
Propõe a construção de conhecimentos para o público-alvo.	83	98,8%
Adequada para ser utilizada por qualquer residente de urologia.	82	97,6%

Fonte: Pinto LOAD, et al., 2022.

Tabela 4 – Consistência interna da avaliação do simulador.

Crítérios para validação	Pontuação Recebida	% Aprovação	Cronback
Objetivos	414	98,6%	0,89
Estrutura e Apresentação	991	98,3%	0,87
Relevância	417	99,3%	0,93
Geral	1822	98,6%	0,92

Fonte: Pinto LOAD, et al., 2022.

DISCUSSÃO

De acordo com a matriz de competências, elaborada em 2019 pelo Ministério da Educação, os programas de residência médica em urologia no Brasil devem formar e habilitar médicos, tanto do ponto de vista clínico, quanto cirúrgico com aptidões para dirimir as situações, os problemas e os dilemas dessa área, além de dominar a realização dos procedimentos diagnósticos e terapêuticos, tornando-o progressivamente responsável e independente. Com base nesse documento, no final do seu primeiro ano da residência (R1), o médico deveria se tornar competente no manejo da litíase urinária, bem como estar familiarizado com instrumentais endoscópicos utilizados no seu tratamento cirúrgico, tais como cistoscópio, ureteroscópio semirígido e flexível, dentre outros (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019).

Infelizmente esse cenário ideal não tem sido observado na maioria das IES brasileiras, onde já são bem conhecidas as sérias dificuldades financeiras enfrentadas pelas mesmas, deixando muitas vezes de oferecer à população o que há de melhor na prevenção, tratamento e reabilitação de suas enfermidades (CHIORO A, et al., 2021). A urologia é uma das especialidades cirúrgicas que mais vem padecendo dessa crise do SUS, principalmente pelo fato de ser altamente dependente de equipamentos tecnológicos, como órteses, próteses e materiais especiais (OPME). Esse problema orçamentário acaba por impactar na formação dos residentes de urologia da nossa região, onde muitos estão terminando a sua especialização sem adquirir a expertise necessária para o tratamento de doenças corriqueiras, como é o caso da litíase urinária. Essa lacuna no aprendizado acaba por favorecer uma maior limitação desse médico em sua área de atuação, tornando-o um profissional inseguro e reprimido (PREZOTTI JA, et al., 2021).

Apesar da carência de dados oficiais, percebemos na prática que a litíase urinária é um grave problema de saúde pública em nosso país, principalmente em locais de clima quente e úmido, como o Norte do Brasil, sendo imprescindível que os urologistas em treinamento nessas regiões terminem sua especialização dominando suas diversas formas de tratamento. Essa falha na formação dos residentes de urologia do Pará foi um dos principais motivadores para a realização desse estudo, pensando que a utilização do simulador poderia ajudar no ganho de habilidades em competência, por parte desses especialistas, no procedimento mais realizado na atualidade no manejo cirúrgico dos cálculos renais (ASSIMOS D, et al., 2016).

A utilização de simuladores já vem sendo defendida por alguns autores como uma alternativa razoável para preencher essa carência na educação médica (SMITH B, DASGUPTA P, 2020). De acordo com Soria F, et al. (2015), as principais vantagens de um ambiente de ensino envolvendo simulação são: (1) a possibilidade de desenvolver treinamentos com vários graus de dificuldade; (2) a oportunidade de adquirir

habilidades e competências cirúrgicas, sem o stress de colocar em risco o paciente. (3) a economia com OPME, podendo utilizar diversas vezes o mesmo equipamento, sem a preocupação com a esterilização (4) evitar o uso desnecessário de animais de laboratório, nem sempre presentes em todas as IES, e com normas e leis cada vez mais rígidas para sua utilização.

Um dos principais motivadores para o uso de modelos experimentais de treinamento na medicina foi notoriamente a disseminação da tecnologia de impressão 3D. Para se ter noção desse impacto, Chen MY, et al. (2019) realizou uma pesquisa no banco de dados PubMed, onde verificou que em 2009 haviam 51 artigos envolvendo impressão 3D, nas mais diversas áreas da saúde; número bastante inexpressivo perto dos mais de 2.016 artigos encontrados em 2018, ou dos mais de 20 mil artigos encontrados até o início de 2022. Atualmente a maioria das impressoras 3D de uso recreativo é capaz de reproduzir com qualidade uma grande variedade de órteses, próteses e outros dispositivos médicos (CAPOBUSSI M e MOJA L, 2020). Na internet também é possível encontrar vários grupos de colaboração, assim como sites do tipo “faça você mesmo”, ensinando o passo-a-passo para os iniciantes nessa tecnologia (WILK R, et al., 2020).

Esse artigo teve como objetivo demonstrar e validar um simulador desenvolvido pela UEPA, em impressora 3D, com utilização de filamentos de PLA, um material biodegradável, que não agride o meio ambiente. Através dessa tecnologia educacional é possível a inserção de um ureteroscópio flexível, permitindo a exploração do sistema urinário, assim como o treinamento de litotripsia flexível com laser e a remoção dos fragmentos residuais. Em nosso simulador optamos por mimetizar os cálculos renais com a utilização de giz plastificado, seguindo o estudo realizado por Orechia L, et al. (2021), haja vista que esse tipo de material não se dissolve em contato com a água e sua fragmentação com o laser se assemelha bastante com a realidade.

Para a validação optou-se, tanto pela escolha da amostragem do tipo “bola de neve” (onde cada juiz especialista sugere outro avaliador), quanto pela divisão do questionário de avaliação em três domínios (OBJETIVOS, ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO e RELEVÂNCIA), em decorrência das sugestões contidas na publicação de Teixeira EM e Souza Mota VMS (2011), referências nacionais na validação de tecnologias educacionais, com diversos artigos e capítulos de livro envolvendo essa temática. As sentenças do domínio OBJETIVOS tiveram a finalidade de verificar os propósitos, metas, ou fins que se desejava atingir com a utilização do simulador.

Por sua vez as afirmativas do domínio ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO referiam-se a forma de apresentação, o design, aspectos técnicos e coerência de uso do modelo experimental, e por fim as assertivas presentes no domínio RELEVÂNCIA estavam relacionadas principalmente com as características que avaliam o grau de significação apresentado pela tecnologia educacional.

Analisando os resultados obtidos pela avaliação dos juízes especialistas, observamos uma elevada média de aprovação em todas as competências estudadas (98,6%, 98,3% e 99,3% para os domínios OBJETIVOS, ESTRUTURA e APRESENTAÇÃO e RELEVÂNCIA, respectivamente). Esses valores demonstram que esse modelo experimental de treinamento cumpre com seus propósitos, servindo como uma ferramenta complementar no desenvolvimento de habilidades e competências em ureterolitotripsia flexível. Os valores do teste alfa de Cronbach, tanto nos três domínios (0.829, 0,87 e 0.9963), quanto na avaliação geral (0.92), demonstram que o questionário utilizado é de grande confiabilidade, podendo ser empregado em outras publicações semelhantes.

Na literatura é possível encontrar alguns estudos envolvendo simuladores artificiais na capacitação em ureterolitotripsia flexível. Villa L, et al. (2016), por exemplo, descreve um modelo experimental desenvolvido em parceria com a empresa de materiais médicos Coloplast™, no formato de uma caixa, denominado de K-box. O artigo relata ser possível mimetizar uma série de manobras como esdoscópio, entretanto não permite a utilização de soro nas sessões de treinamento, o que torna uma simulação menos realística. Além disso, esse estudo chamou a atenção pelo o fato de ser meramente descritivo, não contendo informações sobre nenhum tipo de validação dessa tecnologia.

Hussain S, et al. (2021), por sua vez, publicaram a criação de um simulador de baixa fidelidade, constituído basicamente por uma caixa de isopor, um tubo de silicone e uma luva de látex, para imitar respectivamente o ureter e os cálculos renais. Seu modelo de treinamento foi submetido a testes por 26 participantes, sendo 20

residentes e 6 especialistas, obtendo como valores médios de aprovação, com relação à forma e conteúdo, 86,4% e 83,4%, respectivamente. Comparando esses dados com os do presente estudo temos a noção que a tecnologia desenvolvida pela UEPA apresentou resultados bastante promissores, nos estimulando a aprimorar ainda mais essa linha de pesquisa na universidade.

Outro ponto positivo que podemos destacar em nosso simulador foi o seu custo para confecção. O PLA é o filamento mais utilizado em impressão 3D, é barato e encontrado com grande disponibilidade no varejo, o que torna o seu processo de fabricação bastante acessível. Normalmente os modelos de treinamento de alta fidelidade observados no mercado custam em torno U\$ 3.700,00 até U\$ 10.000,00, sem contar custos com importação (INOUE T, et al., 2018). O simulador criado pela UEPA é considerado como de baixa fidelidade e tem seu valor para elaboração estimado em aproximadamente R\$ 110,00. Esse preço é condizente com trabalho publicado por Matsumoto ED, et al., (2002), que estima as despesas para produção de modelos de baixa fidelidade, para cirurgias endoscópicas urológicas, em torno de U\$ 20,00.

Um aspecto que chamou a atenção durante a confecção desse trabalho foi a carência de publicações envolvendo a impressão 3D para criação de modelos de treinamento em litíase urinária. Basicamente o único artigo encontrado foi o desenvolvido por Orechia L, et al. (2021), que conseguiu em parceria com uma Startup de bioengenharia italiana elaborar um simulador de alta fidelidade, se baseando em arquivos digitalizados de tomografias de pacientes com cálculos renais para moldar e confeccionar o dispositivo. Esse estudo nos encorajou e ajudou como um norteador para a criação dessa tecnologia, mas temos a convicção que na nossa instituição até o momento não tem a capacidade plena de produzir simuladores com tamanhas nuances.

O simulador de baixa fidelidade apresentado neste estudo não é capaz de mimetizar todas as peculiaridades do sistema urinário, bem como não permite a simulação de todas as etapas da cirurgia, como por exemplo: ureteroscopia rígida, introdução de bainha ureteral e implante do cateter duplo J, sendo essas certamente as suas principais desvantagens. Apesar desses inconvenientes, a utilização de modelos desse tipo vem sendo estimulada pelas principais entidades internacionais de ensino em urologia. Ahmed K, et al. (2017), por exemplo, publicou as diretrizes da Associação Européia de Urologia (EAU) para a capacitação dos residentes em urolitíase, na qual reforça que mesmo modelos de baixa fidelidade permitem o treinamento de nível básico e intermediário, assim como a aquisição de habilidades técnicas.

Atualmente encontra-se em fase de desenvolvimento pela UEPA um estudo envolvendo a avaliação da aquisição de habilidades e competências na cirurgia de ureterolitotripsia flexível, com a utilização desse simulador pelos residentes de urologia do Estado do Pará, ao longo de sessões de capacitação, com resultados iniciais bastante animadores. Como considerações finais, esperamos que essa publicação possa contribuir como estímulo para a criação de melhores modelos experimentais em impressão 3D, com maior fidelidade, e que permitam o treinamento de todas as etapas dessa cirurgia, assim como de outros procedimentos endoscópicos, tais como ureterolitotripsia rígida, cistolitotripsia, nefrolitotripsia percutânea, dentre outros.

CONCLUSÃO

O simulador desenvolvido pela UEPA permite a capacitação em ureterolitotripsia flexível com laser. É um modelo experimental de baixo custo, confeccionado em impressão 3D e facilmente replicável por qualquer pessoa familiarizada com esse tipo de tecnologia. Apesar de suas limitações, acreditamos que o mesmo possa ser incorporado como ferramenta auxiliar na formação dos residentes de urologia, principalmente aqueles situados em regiões mais carentes de infraestrutura.

REFERÊNCIAS

1. ADITYA I, et al. Current Educational Interventions for Improving Technical Skills of Urology Trainees in Endourological Procedures: A Systematic Review. *Journal of Endourology*, 2019; 34(7): 723-731.
2. AHMED K, et al. European Association of Urology Section of Urolithiasis (EULIS) Consensus Statement on Simulation, Training, and Assessment in Urolithiasis. *European Urology Focus*, 2017; 4(4): 614-620.
3. ASSIMOS D, et al. Surgical Management of Stones: American Urological Association/Endourological Society Guideline. *Journal of Urology*, 2016; 196(4): 1153-1160.

4. CAPOBUSSI F, MOJA L. 3D printing technology and internet of things prototyping in family practice: building pulse oximeters during COVID-19 pandemic. *3D Printing in Medicine*, 2020; 6(1): 32.
5. CHEN MY, et al. Current applications of three-dimensional printing in urology. *British Journal of Urology International*, 2020; 125(1): 17-27.
6. CHILDS BS, MANGANIELLO MD, KORETS R. Novel Education and Simulation Tools in Urologic Training. *Current Urology Reports*, 2019; 20(12): 81.
7. CHIORO A, et al. A política de contratualização dos hospitais de ensino: o que mudou na prática? *Ciências & Saúde Coletiva*, 2021; 26(11) :5691-5700.
8. FADRIQUE GG, et al. Adherence to the European Association of Urology Guidelines Regarding the Therapeutic Indications for the Treatment of Urinary Lithiasis: A Spanish Multicenter Study. *Urologia Internationalis*, 2019; 103(2): 137-142.
9. GORGEN ARH, et al. The impact of COVID-19 pandemic in urology practice, assistance and residency training in a tertiary referral center in Brazil. *International Brazilian Journal of Urology*, 2021; 47(5): 1042-1049.
10. HILL AJ, et al. Incidence of Kidney Stones in the United States: The Continuous National Health and Nutrition Examination Survey. *Journal of Urology*, 2022; 207(4):851-856.
11. HUSSEIN S, et al. Validation of a Bench-Top Training Model for Retrograde Intrarenal Surgery. *Urologia internationalis*, 2021; 105(7-8): 605-610.
12. INOUE T, et al. New Advanced Bench Model for Flexible Ureteroscopic Training: The Smart Simulator. *Journal of Endourology*, 2018; 32(1): 22-27.
13. KOZYRAKIS DG, et al. How Effective Is Retrograde Semirigid and Flexible Ureteroscopic Lithotripsy for the Treatment of Large Ureteral Stones Equal of or Greater than 15 mm? Results from a Single Center. *Urologia Internationalis*, 2019; 103(1):74-80.
14. MATSUMOTO ED, et al. The effect of bench model fidelity on endourological skills: A randomized controlled study. *Journal of Urology*, 2002; 167: 1243-1247.
15. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Resolução nº 19, de 8 de abril de 2019 - Aprova a matriz de competências dos Programas de Residência Médica em Urologia. In: *Diário Oficial da União*. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/>. Acessado em: 16/08/2022.
16. MULLER RF, BIRMAN J. Negociando saberes e poderes: a Política Nacional de Atenção Integral à Saúde do Homem e a Sociedade Brasileira de Urologia. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 2016; 23(3): 703-717.
17. ORECHIA L, et al. Introducing 3D printed models of the upper urinary tract for high-fidelity simulation of retrograde intrarenal surgery. *3D Printing in Medicine*, 2021; 7(1): 15.
18. PINTO LOAD, et al. Portable model for vasectomy reversal training. *International Brazilian Journal of Urology*, 2019; 45(5): 1013-1019.
19. PREZOTTI JA, et al. Impact of COVID-19 on education, health and lifestyle behaviour of Brazilian urology residents. *International Brazilian Journal of Urology*, 2021; 47(4): 753-776.
20. SARIKAYA S, et al. Future of Urology Training. *Archivos Españoles de Urología*, 2018; 71(1): 158-163.
21. SILVA SFR, et al. Dados demográficos, clínicos e laboratoriais de pacientes com litíase urinária em Fortaleza, Ceará. *Brazilian Journal of Nephrology*, 2011; 33(3):295-299.
22. SMITH B, DASGUPTA P. 3D printing technology and its role in urological training. *World Journal Of Urology*, 2020;38(10): 2385-2391.
23. SORIA F, et al. Development and validation of a novel skills training model for retrograde intrarenal surgery. *Journal of Endourology*, 2015; 29(11):1276-1281.
24. TEIXEIRA EM, SOUZA MOTA VM. *Tecnologias Educacionais em Foco. Volume 2. Brasil: Editora Difusão*, 2011; 105p.
25. THONGPRAYOON C, KRAMBECK AE, RULE AD. Determining the true burden of kidney stone disease. *Nature Reviews. Nephrology*, 2020; 16(12): 736-746.
26. WILK R, et al. What would you like to print? Students' opinions on the use of 3D printing technology in medicine. *PLoS One*, 2020; 15(4): e0230851.
27. ZIEMBA JB, MATLAGA BR. Epidemiology and economics of nephrolithiasis. *Investigative and Clinical Urology*, 2017; 58(5): 299-306.