

# O papel da simulação na prática cirúrgica e a criação de uma nova ferramenta para treinamento neurocirúrgico

*The role of simulation in surgical practice and the creation of a new tool for neurosurgical training*

Giselle Coelho<sup>1,2</sup> ✉, Liana Beni Adami<sup>3</sup>, Nelci Zanon<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Neurocirurgia do Hospital Santa Marcelina. São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Scientific Innovation and Education Development Institute/ SIEDI. São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup> Pediatric Neurosurgery and Spasticity Clinics, Assuta Medical Center. Tel-Aviv, Israel

<sup>4</sup> Centro de Neurocirurgia Pediátrica (CENEPE). São Paulo, SP, Brasil.

## Como citar este artigo (How to cite this article):

Coelho G, Adami LB, Zanon N. O papel da simulação na prática cirúrgica e a criação de uma nova ferramenta para treinamento neurocirúrgico (*The role of simulation in surgical practice and the creation of a new tool for neurosurgical training*). Sci Med. 2018;28(1):ID29129. <http://doi.org/10.15448/1980-6108.2018.1.29129>

## RESUMO

**OBJETIVOS:** Testar uma nova ferramenta para educação neurocirúrgica, um “quebra-cabeça” para simular a correção cirúrgica de craniossinostose (especificamente escafocefalia), usando a técnica “H” de Renier.

**MÉTODOS:** O modelo do crânio foi criado por meio da obtenção de imagens de tomografia computadorizada *multi slice* (camadas de 1 mm) no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Essas imagens foram então processadas usando um algoritmo computadorizado para gerar um modelo tridimensional em resina. O quebra-cabeça e suas possibilidades de treinamento foram avaliados qualitativamente por uma equipe de neurocirurgiões especialistas. Após, os especialistas avaliaram a aplicação da ferramenta para residentes em neurocirurgia e os residentes também avaliaram a experiência.

**RESULTADOS:** Participaram da avaliação cinco especialistas neurocirurgiões e 10 residentes em neurocirurgia. Todos consideraram a ferramenta positiva para o treinamento proposto. Os especialistas fizeram observações sobre o quanto o modelo pode ser interessante por instigar a compreensão dos porquês das etapas cirúrgicas e como atuar em cada uma delas. Segundo a percepção dos especialistas, após o uso do modelo os residentes apresentaram melhor clareza na visualização tridimensional do passo a passo, indiretamente auxiliando na compreensão da técnica cirúrgica. Além disso, ressaltaram uma notável redução de erros a cada tentativa de montagem do quebra-cabeça. Os residentes consideraram ser um método de ensino que torna a avaliação objetiva e clara. Entre os entrevistados, a nota fornecida ao simulador teve média de 9,9.

**CONCLUSÕES:** O quebra-cabeça em formato de crânio mostrou-se uma ferramenta complementar para o ensino, que permite diferentes graus de imersão e realismo. Fornece uma noção de realidade física, oferecendo informações simbólicas, geométricas e dinâmicas, com rica visualização tridimensional. O uso do simulador pode, potencialmente, abreviar e melhorar a curva de aprendizado dos neurocirurgiões, de uma forma segura.

**DESCRITORES:** simulação; neurocirurgia; educação médica; craniossinostose; curva de aprendizado.

## ABSTRACT

**AIMS:** To test a new tool for neurosurgical education, a “puzzle” to simulate the craniosynostosis surgical correction (specifically scaphocephaly) using Renier’s “H” technique.

**METHODS:** The cranial model was created by obtaining images through a multi slice (1 mm) CT scan in the Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) format. This information was then processed using a computing algorithm to generate a three-dimensional biomodel in resine (performed on a computer or via computer simulation). The puzzle and its training possibilities were evaluated qualitatively by a team of expert neurosurgeons. Subsequently the experts evaluated the application of the tool for residents in neurosurgery, and the residents also evaluated the experience.

**RESULTS:** Five experts neurosurgeons and 10 neurosurgery residents participated in the evaluation. All considered the tool positive for the proposed training. The experts have commented on how interesting the model may be by instigating the understanding of the reasons for each surgical step and how to act in them. According to the experts perceptions, the residents presented better clarity in the three-dimensional visualization of the step by step, indirectly aiding in the understanding of the surgical technique. In addition, they noted a notable reduction of errors with each attempt to assemble the puzzle. Residents considered it to be a teaching method that makes assessment objective and clear. Among the interviewers, 9,9 was the averaged note given to the simulator.

**CONCLUSIONS:** The puzzle in cranial shape can be a complementary tool, allowing varying degrees of immersion and realism. It provides a notion of physical reality, offering symbolic, geometric and dynamic information, with rich tridimensional visualization. The simulator use may potentially improve and abbreviate the surgeons learning curve, in a safe manner.

**KEYWORDS:** simulation; neurosurgery; medical education; craniosynostosis; learning curve.

**Recebido:** 11/12/2017

**Aceito:** 17/03/2018

**Publicado:** 29/03/2018

✉ **Correspondência:** [gigicoelho7@hotmail.com](mailto:gigicoelho7@hotmail.com)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9288-0356>

Hospital Santa Marcelina

Rua Santa Marcelina, 177, Itaquera – CEP 08270- 070, São Paulo, SP, Brasil



Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a publicação original seja corretamente citada. [http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt\\_BR](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR)

**Abreviaturas:** 3D, tridimensional; DICOM, *Digital Imaging and Communications in Medicine*.

## INTRODUÇÃO

Neurocirurgiões enfrentam o desafio de aprender, planejar e executar procedimentos cirúrgicos altamente complexos nos quais há pequeno espaço para erro. A cirurgia requer um alto nível de coordenação olhos e mão e uma interação técnica com o espaço tridimensional. Há um grupo na literatura demonstrando que a simulação cirúrgica influencia resultados translacionais. Neurocirurgia é um campo complexo que requer julgamento, competência técnica e foco meticuloso. Considerando que mais de 75% dos erros neurocirúrgicos são julgados como evitáveis e naturalmente técnicos, a simulação pode ter um papel importantíssimo neste contexto [1].

A formação de um cirurgião exige significativa dedicação e esforço, além de tempo. Atualmente, métodos bem estabelecidos de treinamento cirúrgico estão sendo desafiados, já que o ambiente está crescentemente competitivo e litigioso, com maior controle da evolução dos pacientes [2-5]. A prática neurocirúrgica requer alto nível de competência técnica e produz notáveis consequências quando há erro, entretanto, há poucas oportunidades para jovens cirurgiões praticarem os casos mais complicados.

Embora não haja substituição para experiências reais na sala de cirurgia, a simulação traz a possibilidade de orientação interpessoal, treinamento durante a formação do residente e complementação do processo educacional. Para aperfeiçoar o exercício de aprendizagem é essencial apresentar novas ferramentas tanto com estímulos visuais como táteis, para proporcionar a verdadeira experiência do mundo real. Visando aumentar a segurança do paciente e ter melhores resultados no tratamento, várias estratégias, tais como a aprendizagem baseada em problemas e exames clínicos estruturados, promoveram o desenvolvimento de novos currículos em educação cirúrgica [6-8].

Vários fatores favoreceram o uso crescente da simulação cirúrgica no treinamento durante a residência médica: as restrições das horas de trabalho; o aumento da supervisão; metas educacionais mais formalizadas; e demanda crescente para aumentar a eficiência no hospital (com ênfase no paciente e seus resultados) [9]. A demanda por novos paradigmas de treinamento e obtenção de habilidades cirúrgicas conduziu ao

desenvolvimento de uma variedade de métodos de simulação que refinam a técnica enquanto avaliam objetivamente o desempenho do residente [10-12].

A simulação pode ser definida como um reservatório de técnicas usadas em conjunto para recriar aspectos específicos do mundo real, enquanto a experiência proporcionada apresenta uma situação sem risco. Este conceito ganhou popularidade durante os últimos 20 anos e sua ampla aplicabilidade é muito bem exemplificada no treinamento neurocirúrgico. Entretanto, em Neurocirurgia Pediátrica esses simuladores cirúrgicos são escassos. Normalmente, o conhecimento usado para pacientes pediátricos é aquele adquirido em modelos de adulto. Entretanto, há patologias muito específicas como por exemplo, a craniossinostose.

A craniossinostose, descrita inicialmente por Sommerring em 1791, refere-se ao fechamento prematuro das suturas cranianas, levando às deformidades da calvária [13]. Dessa forma, há restrição do crescimento do crânio, em sentido perpendicular à sutura afetada. O aumento contínuo do volume cerebral, promovendo o crescimento compensatório do crânio nas demais suturas patentes, causa deformidade progressiva tipicamente paralela à sutura acometida (lei de Virchow) [14].

A grande maioria das craniossinostoses ocorrem de forma esporádica (80% dos casos), isto é, não são secundárias a qualquer outra alteração [13]. Porém, algumas etiologias estão relacionadas às craniossinostoses, como: fatores ambientais, distúrbios metabólicos (p. ex. hipertireoidismo, hipercalcemia, hipofosfatemia, deficiência de vitamina D), mutações genéticas, agentes teratogênicos e malformações sistêmicas (p. ex. síndrome de Hurler, doença falciforme, talassemia). A incidência das craniossinostoses é de um caso em 2000 a 5000 nascidos-vivos [14, 15], sendo que 85% dos pacientes apresentam craniossinostose na forma não sindrômica e isolada. [16].

Dentre as craniossinostoses não sindrômicas, a escafocefalia, resultante da fusão prematura da sutura sagital, é a craniossinostose isolada mais frequente, com uma incidência de 1 a cada 2000 nascidos-vivos, correspondendo a aproximadamente 40-60% do total dos casos [13] e com maior predileção pelo sexo masculino [14]. Nas escafocefalias, a forma craniana é longa e estreita em decorrência da restrição do crescimento perpendicular à sutura sagital, com uma diminuição da largura e altura do crânio na região posterior. O crescimento compensatório na área das suturas lambdóides provoca o alongamento da cabeça (que apresenta formato de quilha de navio).

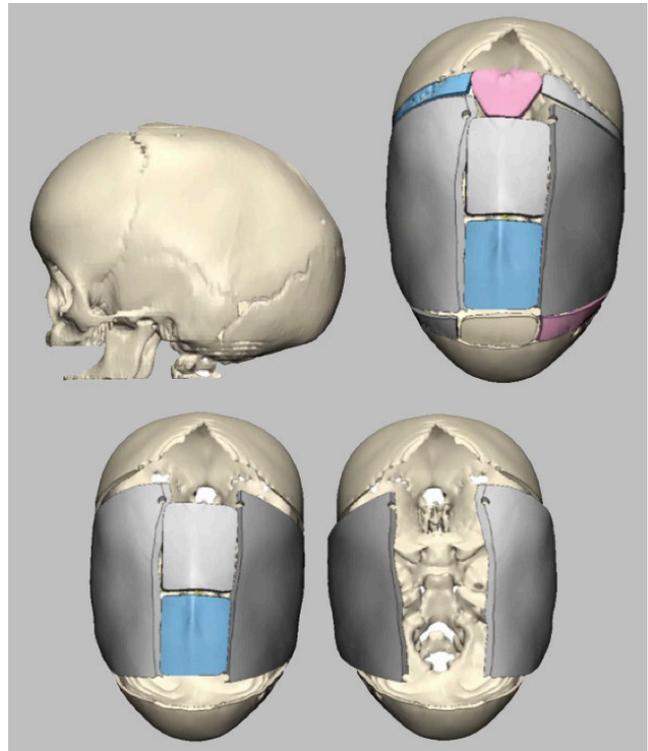
Dentre as diversas técnicas para correção das escafocefalias, destaca-se a do “H” de Renier, desenvolvida nos anos de 1980 e utilizada nos principais centros de referência mundiais, que consiste em craniotomias retrocoronal e pré-lambdóideia associadas [17], fraturas biparietais em galho verde, retirada de uma faixa óssea na linha média, e final remodelação, com placas absorvíveis. A principal vantagem da técnica “H” de Renier está relacionada à grande amplitude de visão da calota craniana no intraoperatório, permitindo remoção segura da barra óssea sagital com a sutura acometida e controle preciso do seio sagital superior.

Entretanto, é importante ressaltar que as possibilidades de treinamento *hands on* das técnicas em craniossinostoses são muito restritas, sendo preferencialmente realizadas em cabeças de ovelha, porém, com muitas limitações. A cabeça de ovelha não apresenta a condição patológica, não sendo possível identificar as estruturas anatômicas de referência. Ademais, a consistência óssea não é adequada para simular o processo das osteotomias, prejudicando a aquisição do *feedback* tátil, além de não reproduzir situações de emergência, como sangramentos. Há dois anos foi descrito o primeiro simulador realístico para treinamento de técnicas cirúrgicas para escafocefalia, apresentando interface radiológica e efeito de sangramento, com potencial aplicação futura para treinamento deste tipo de abordagem [18].

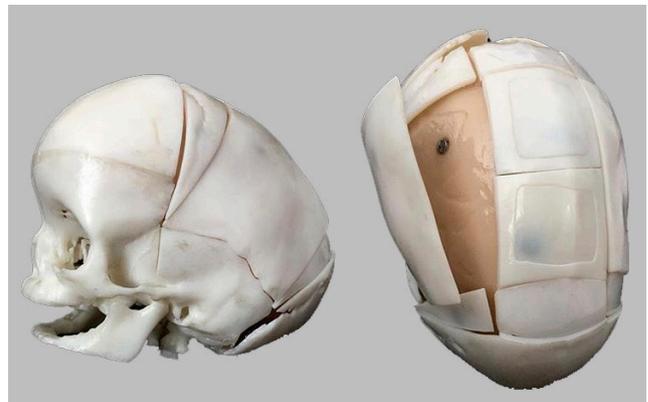
O objetivo deste estudo foi testar uma nova ferramenta para educação neurocirúrgica, um quebra-cabeça que simula a correção de escafocefalia, usando a técnica “H” de Renier.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo piloto prospectivo e analítico. O modelo de crânio foi criado com base em imagens de tomografia computadorizada *multi slice* (camadas de 1 mm) no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) (Figura 1). Essa informação foi então processada usando um algoritmo de computação para gerar um modelo tridimensional (3D) em resina, o qual foi obtido pelo processo de impressão em 3D (Figura 2). Posteriormente, as craniotomias foram realizadas (com base no planejamento informatizado) e as peças de “osso” receberam ímãs. Os instrumentais foram criados para permitir a simulação cirúrgica pelo mesmo método (descrito anteriormente), incluindo placas e parafusos, com interface magnética. Portanto, foi possível praticar a técnica cirúrgica e simular a reconstrução craniana, passo a passo. A abordagem simulada foi a técnica “H” de Renier.



**Figura 1.** Reconstrução tridimensional e osteotomias baseadas no planejamento digital nas imagens de tomografia computadorizada segundo a técnica "H" de Renier.



**Figura 2.** Impressão tridimensional do quebra-cabeça em formato de crânio, evidenciando os locais das possibilidades de osteotomias.

O quebra-cabeça e suas possibilidades de treinamento foram avaliados por uma equipe de neurocirurgiões especialistas. Posteriormente, o modelo foi avaliado por residentes em Neurocirurgia e também foi aplicado para avaliação dos residentes pelos especialistas. As avaliações consistiram em um questionário apresentado aos neurocirurgiões experientes depois de terem trabalhado com o quebra-

cabeça (**Quadro 1**) e, em um segundo momento, outro questionário foi aplicado para os residentes em Neurocirurgia em treinamento, junto com as impressões dos neurocirurgiões sobre o aprendizado dos residentes (**Quadro 2**).

Foram realizadas análises qualitativas das respostas dadas, apresentadas em média, máximo e mínimo para as pontuações dos questionários propostos.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da casa de Saúde Santa Marcelina, segundo Parecer Consubstanciado de número 1.814.334. Os médicos entrevistados concordaram em participar, mediante a confidencialidade sobre suas identidades.

**Quadro 1.** Questionário apresentado aos neurocirurgiões experientes depois de terem trabalhado com o simulador para correção cirúrgica de craniossinostose.

1. O aluno conseguiu propor o diagnóstico apenas com a visualização do simulador?  
Sim  Não
2. Após determinação da idade do paciente conseguiu definir a técnica cirúrgica mais adequada?  
Sim  Não
3. Conseguiu definir corretamente a região que iniciaria a técnica?  
Sim  Não
4. Quantas tentativas foram necessárias para realização da técnica?  
1   
2   
3   
Não conseguiu nas três tentativas
5. Quantos erros foram cometidos em cada tentativa?  
Tentativa 1: 1-3  4-6  7-10  >10   
Tentativa 2: 1-3  4-6  7-10  >10   
Tentativa 3: 1-3  4-6  7-10  >10
6. Foi possível observar uma evolução no aprendizado com aumento no número de tentativas feitas?  
Sim  Não
7. Após avaliação final, o tempo para cada tentativa foi adequando para este residente?  
Sim  Não
8. Esse instrumento, de baixo custo e individualizado para cada paciente, contribuiu para redução da curva de aprendizado neste caso?  
Sim  Não
9. Em sua opinião, este sistema deveria ser implementado na rotina de treinamento dos neurocirurgiões residentes?  
Sim  Não
10. Qual a nota que você daria para o simulador, de zero (0) a dez (10)?  
Nota: \_\_\_\_\_

**Quadro 2.** Questionário aplicado para os residentes em Neurocirurgia em treinamento com simulador para correção de craniossinostose, sendo avaliados em seu aprendizado por cirurgiões experientes.

#### DADOS PESSOAIS

Aluno: \_\_\_\_\_

Avaliador: \_\_\_\_\_

Ano de residência: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

#### OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

Tempo para cada tentativa: 5 minutos.

Número máximo de tentativas: três.

Dados complementares fornecidos após erro na primeira tentativa: Idade.

Dados fornecidos após erro na segunda tentativa: Doença.

#### PERGUNTAS

1. Foi possível estimar o tipo de acometimento e traçar um diagnóstico a partir deste modelo de crânio?  
Sim  Não
2. Quando comparado ao paciente real, este modelo realístico é adequado para treinamento?  
Sim  Não
3. O número de tentativas permitidas foi suficiente para compreensão da doença?  
Sim  Não
4. O tempo para cada tentativa, cinco minutos, foi adequando?  
Sim  Não
5. Esse tipo de aprendizado, em ambiente menos estressante, facilitou o aprendizado?  
Sim  Não
6. A reconstrução tridimensional foi fidedigna ao procedimento realizado no intraoperatório?  
Sim  Não
7. Em sua opinião, este método de ensino na residência de Neurocirurgia pode abreviar a curva de aprendizado?  
Sim  Não
8. Já tinha utilizado algum simulador tridimensional para este tipo de cirurgia?  
Sim  Não
9. Os avaliadores explicaram de forma clara, objetiva e imparcial sobre o modelo e as etapas de avaliação?  
Sim  Não
10. Qual a nota que você daria para o simulador, de zero (0) a dez (10)?  
Nota: \_\_\_\_\_

Assinatura Aluno \_\_\_\_\_

Assinatura Avaliador \_\_\_\_\_

## RESULTADOS

### Avaliação dos especialistas

Participaram da avaliação cinco especialistas neurocirurgiões. Todos consideraram a ferramenta

positiva para o diagnóstico proposto, técnica cirúrgica, região inicial adequada, evolução do aprendizado, tempo adequado e rotina de treinamento. Teceram considerações sobre o quanto o modelo pode ser interessante por instigar a compreensão dos porquês das etapas cirúrgicas e como atuar em cada uma delas. Além disso, ressaltaram uma notável redução de erros a cada tentativa de montagem do quebra-cabeça. Segundo a percepção dos especialistas, os residentes apresentaram melhor clareza com a visualização tridimensional do passo a passo, indiretamente auxiliando na compreensão da técnica cirúrgica.

### Avaliação dos residentes em Neurocirurgia

Participaram da avaliação 10 residentes. Todos responderam ao questionário com avaliações positivas em relação ao diagnóstico, tentativa adequada, ambiente adequado e reconstrução 3D confiável. Consideraram tratar-se de um método de ensino que tornou a avaliação objetiva e clara. Dos entrevistados, a nota fornecida ao simulador teve média de 9,9. Os residentes descreveram qualitativamente que o modelo possibilitou ampliar a compreensão tridimensional da técnica proposta, bem como permitiu visualizar melhor a simetria durante a reconstrução craniana (Figuras 3 e 4).

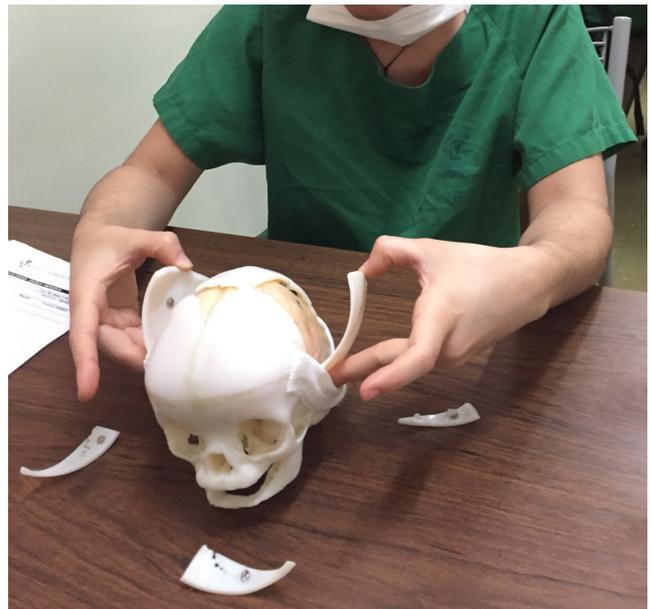
### DISCUSSÃO

O valor educacional dos modelos 3D está relacionado à capacidade de proporcionar ao aprendiz um *feedback* tátil que permite estimular a representação espacial com memorização do passo a passo da cirurgia. Em cirurgia geral há vários estudos randomizados controlados mostrando que a simulação virtual não é apenas um recurso eficiente de aprendizado, mas também pode diminuir erros iniciais e subsequentes na sala cirúrgica [19]. Um estudo prospectivo de 1108 casos de neurocirurgias eletivas mostrou que 78.5% dos erros eram evitáveis e que os erros mais frequentes eram de natureza técnica [20].

Demonstrou-se, com nível de evidência I, que habilidades técnicas adquiridas em modelos simulados traduzem-se diretamente em uma melhor performance em campo, realçando a habilidade cognitiva esperada para desempenho da expertise cirúrgica [21]. A necessidade de desenvolvimento de um currículo cirúrgico inovador que incorpore ambientes de aprendizagem seguros e avaliações objetivas de habilidades é nítida e precisa ser conduzida por educadores treinados [22]. O tradicional modelo de



**Figuras 3.** A visualização tridimensional do passo a passo permite melhor compreensão da técnica cirúrgica de craniossinostose pelos residentes.



**Figura 4.** Residentes em Neurocirurgia foram avaliados durante o treinamento com quebra-cabeça simulando a cirurgia para craniossinostose.

Halstedian de orientação cirúrgica pode limitar a eficiência de aquisição de habilidades cirúrgicas em uma era em que se espera que os residentes dominem uma quantidade de conhecimento sem precedentes [23-25].

A implementação sistemática de um currículo de simulação deve ser viável, considerado favorável e que tenha impacto positivo em aprendizes de todos os níveis (particularmente nos primeiros três anos). Dissecção de cadáver, modelos físicos e simuladores virtuais podem desempenhar um papel em fases diferentes do aprendizado, e todos estes métodos devem ser considerados no desenvolvimento do currículo.

Geralmente os simuladores físicos são melhores para treinamento em habilidades psicomotoras, enquanto simuladores virtuais atuam no reforço das habilidades cognitivas, proporcionando a visualização anatômica com representação geométrica tridimensional [26]. Com o advento da impressão 3D, simuladores de alta fidelidade podem recriar procedimentos complicados com precisão realística. A tecnologia 3D

esteve incorporada a modelos de treinamento hiper-realísticos para laparoscopia, toracoscopia e outras cirurgias minimamente invasivas [27]. Recentemente, a impressão 3D tem sido usada para criar modelos customizados de pacientes para planejamento pré-operatório de procedimentos complexos [27, 28]. Essa nova tecnologia permite a simulação de alta fidelidade em modelos específicos de pacientes para complementar o aprendizado cirúrgico do residente. Estudos prévios demonstram que cirurgiões que utilizam modelos 3D os consideram fáceis de usar e superiores ao uso de imagens tradicionais [27] (**Figura 5**).

Múltiplas metanálises demonstraram que associar simulação ao treinamento convencional resulta em melhor desempenho, redução no tempo de cirurgia, redução da taxa de erros e consequentemente melhores resultados para os pacientes [27]. Simuladores podem ser usados para facilitar a avaliação e objetivamente fornecer medidas quantificáveis de aprendizado através de conteúdos multidisciplinares [28, 29].



**Figura 5.** Exemplo de peça impressa de um paciente pediátrico com diagnóstico de hidrocefalia. É possível verificar importantes detalhes anatômicos dos ventrículos e aspecto de sua conseqüente dilatação, que auxiliam o aprendizado.

Como limitação principal verificada neste estudo, pode-se considerar o número reduzido de participantes (tanto neurocirurgiões especialistas como residentes) que não permite obter uma conclusão com significância estatística sobre a aplicação da ferramenta no processo de aprendizado, sendo necessários estudos futuros. Entretanto, ficou claro que o quebra-cabeça forneceu adequada noção de realidade física, oferecendo informações simbólicas, geométricas e dinâmicas, com rica visualização tridimensional. Foi possível observar que o número de tentativas foi inversamente proporcional ao número de erros nos residentes avaliados, bem como melhora na compreensão global da técnica e da sequência de procedimentos. Além disso, com uso desta nova ferramenta é possível ampliar as habilidades adquiridas pelo cirurgião residente; incluindo as habilidades cognitivas do reconhecimento anatômico e a tomada de decisão para a correção da craniossinostose.

A simulação cirúrgica, embora seja intuitiva (melhor se torna quanto mais se pratica) faz os cientistas investigarem uma hipótese para determinar se ela é verdadeira e quais métodos de treinamento resultam no aperfeiçoamento da habilidade técnica e melhores resultados para os pacientes. Embora não seja um substituto para a experiência em sala cirúrgica, pode reduzir o tempo de ensino do residente no período intraoperatório, com consequente redução da morbidade [29, 30].

Estudos futuros são necessários para determinar se a prática com o simulador traduz-se em mudanças na prática clínica e no aprimoramento da habilidade técnica. Sendo também fundamentais, para avaliar

objetivamente, se os benefícios percebidos no treinamento com simulação realmente se traduzem em melhorias “mensuráveis”, como a redução do tempo cirúrgico, diminuição de complicações e encurtamento do período de internação, com consequente melhora no cuidado ao paciente.

O quebra cabeça é uma ferramenta complementar, que permite diferentes graus de imersão e realismo. Além disso, permite a avaliação de competência básica do residente antes de proceder a uma cirurgia real podendo, potencialmente, abreviar e melhorar a curva de aprendizado dos futuros neurocirurgiões, de forma segura.

## NOTAS

### Agradecimentos

Agradecimentos à Máira Caselato por contribuir no registro fotográfico do estudo; à Jade Vilas Boas Arão e ao Felipe Marques pela produção da peça em 3D. As autoras agradecem também à empresa BioArchitects pela doação do modelo impresso 3D e ao *Scientific Innovation and Education Development Institute* (SIEDI) por apoiar cientificamente a realização desta pesquisa, cedendo o espaço para a sua realização.

### Apoio financeiro

Este estudo não recebeu apoio financeiro de fontes externas.

### Declaração de conflito de interesses

G. C. é Coordenadora Científica do Instituto SIEDI. As autoras declaram não haver conflitos de interesses relevantes ao conteúdo deste estudo.

### Disponibilidade dos dados

As autoras declaram ter tido acesso a todos os dados obtidos e assumem completa responsabilidade pela integridade destes resultados.

## REFERÊNCIAS

1. McGaghie WC, Issenberg SB, Barsuk JH, Wayne DB. A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Med Educ.* 2014;48:375-85. <https://doi.org/10.1111/medu.12391>
2. Coelho G, Zanon N, Warf B. The role of simulation in neurosurgery *Childs Nerv Syst.* 2014;30:1997-2000. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2548-7>
3. Dutta S, Krummel TM. Simulation: a new frontier in surgical education. *Adv Surg.* 2006;40:249-63. <https://doi.org/10.1016/j.yasu.2006.06.004>
4. Franzese CB, Stringer SP. The evolution of surgical training: perspectives on educational models from the past to the future. *Otolaryngol Clin North Am.* 2007;40:1227-35. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2007.07.004>
5. Dunnington G, Reisner L, Witzke D, Fulginiti J. Structured single-observer methods of evaluation for the assessment of ward performance on the surgical clerkship. *Am J Surg.* 1990;159:423-426. [https://doi.org/10.1016/S0002-9610\(05\)81289-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9610(05)81289-9)
6. Ferenchick G, Simpson D, Blackman J, DaRosa D, Dunnington G. Strategies for efficient and effective teaching in the ambulatory care setting. *Acad Med.* 1997;72:277-80. <https://doi.org/10.1097/00001888-199704000-00011>
7. McGregor DB, Arcomano TR, Bjerke HS, Little AG. Problem orientation is a new approach to surgical education. *Am J Surg.* 1995;170: 656-8. [https://doi.org/10.1016/S0002-9610\(99\)80036-1](https://doi.org/10.1016/S0002-9610(99)80036-1)
8. Zymborg ST, Cavalheiro S. Neuroendoscopia. A propósito de 30 casos. *Rev Neuroc.* 1996;4:57-62.

9. Barnes RW, Lang NP, Whiteside MF. Halstedian technique revisited. *Innovations in teaching surgical skills*. *Ann Surg*. 1989;210:118-21. <https://doi.org/10.1097/0000658-198907000-00018>
10. Gorman PJ, Meier AH, Krummel TM. Simulation and virtual reality in surgical education: real or unreal? *Arch Surg*. 1999;134:1203-8. <https://doi.org/10.1001/archsurg.134.11.1203>
11. Reznick RK. Teaching and testing technical skills. *Am J Surg*. 1993;165:358-61. [https://doi.org/10.1016/S0002-9610\(05\)80843-8](https://doi.org/10.1016/S0002-9610(05)80843-8)
12. Lee BS, Hwang LS, Doumit GD, Wooley J, Papay FA, Luciano MG, Recinos VM. Management options of non-syndromic sagittal craniosynostosis. *J Clin Neurosci*. 2017 May;39:28-34. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.02.042>
13. Morris LM. Nonsyndromic Craniosynostosis and Deformational Head Shape Disorders. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*. 2016 Nov;24(4):517-30. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2016.06.007>
14. Chummun S, McLean NR, Flapper WJ, David DJ. The Management of Nonsyndromic, Isolated Sagittal Synostosis. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2016 Mar;27(2):299-304. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000002363>
15. Hwang S-K, Park K-S, Park S-H, Hwang SK. Update of Diagnostic Evaluation of Craniosynostosis with a Focus on Pediatric Systematic Evaluation and Genetic Studies. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2016;59(3):214. <https://doi.org/10.3340/jkns.2016.59.3.214>
16. Di Rocco F, Knoll BI, Arnaud E, Blanot S, Meyer P, Cuttarree H, et al. Scaphocephaly correction with retrocoronal and prelamdboid craniotomies (Renier's "H" technique). *Childs Nerv Syst*. 2012 Aug 8;28(9):1327-3. <https://doi.org/10.1007/s00381-012-1811-z>
17. Coelho G, Warf B, Lyra M, Zanon N. Anatomical pediatric model for craniosynostosis surgical training. *Childs Nerv Syst*. 2014 Dec;30(12):2009-14. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2537-x>
18. Aggarwal R, Ward J, Balasundaram I, Sains P, Athanasiou T, Darzi A. Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. *Ann Surg*. 2007;246:771-9. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3180f61b09>
19. Stone S, Bernstein M. Prospective error recording in surgery: an analysis of 1108 elective neurosurgical cases. *Neurosurgery*. 2007;60:1075-80. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000255466.22387.15>
20. Rosser JC Jr, Gentile DA, Hanigan K, Danner O. The effect of video game "warm-up" on performance of laparoscopic surgery tasks. *JLS*. 2012;16:3-9. <https://doi.org/10.4293/108680812X13291597715664>
21. Birkmeyer JD, Finks JF, O'Reilly A, Oerline M, Carlin AM, Nunn AR, Dimick J, Banerjee M, Birkmeyer NJ; Michigan Bariatric Surgery Collaborative. Surgical skill and complication rates after bariatric surgery. *N Engl J Med*. 2013 Oct 10;369(15):1434-42. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa1300625>
22. Robinson AR 3rd, Gravenstein N, Cooper LA, Lizdas D, Luria I, Lampotang S. A mixed-reality part-task trainer for subclavian venous access. *Simul Healthc*. 2014 Feb;9(1):56-64. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e31829b3fb3>
23. Bambakidis NC, Selman WR, Sloan AE. Surgical rehearsal platform: Potential uses in microsurgery. *Neurosurgery*. 2013;73(Suppl 1):122-6. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000099>
24. Clarke DB, D'Arcy RC, Delorme S, Laroche D, Godin G, Hajra SG, et al. Virtual reality simulator: Demonstrated use in neurosurgical oncology. *Surg Innov*. 2013;20:190-7. <https://doi.org/10.1177/1553350612451354>
25. Kotsis SV, Chung KC. Application of the "see one, do one, teach one" concept in surgical training. *Plast Reconstr Surg*. 2013;131:1194-201. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318287a0b3>
26. Cobb MI1, Taekman JM, Zomorodi AR, Gonzalez LF3, Turner DA3. Simulation in Neurosurgery-A Brief Review and Commentary. *World Neurosurg*. 2016 May; 89:583-6. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.11.068>
27. Lampotang S, Lizdas D, Rajon D, Luria I, Gravenstein N, Bisht Y, Schwab W, Friedman W, Bova F, Robinson A. Mixed Simulators: Augmented Physical Simulators With Virtual Underlays. Orlando, FL: Proceedings of the IEEE Virtual Reality; 2. <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549348>
28. Green ML, Aagaard EM, Caverzagie KJ, Chick DA, Holmboe E, Kane G, Smith CD, Iobst W. Charting the road to competence: developmental milestones for internal medicine residency training. *J Grad Med Educ*. 2009 Sept;1(1):5-20. <https://doi.org/10.4300/01.01.0003>
29. Hicks PJ, Englander R, Schumacher DJ, et al. Pediatrics milestone project: next steps toward meaningful outcomes assessment. *J Grad Med Educ* 2010;2:577Y584. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-10-00157.1>
30. Alaraj A, Lemole MG, Finkle JH, Yudkowsky R, Wallace A, Luciano C, et al. Virtual reality training in neurosurgery: Review of current status and future applications. *Surg Neurol Int*. 2011;2:52. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.80117> 