

Validação de um simulador sintético de endoscopia da coluna lombar: transferência de habilidades para a cirurgia real

Validation of a synthetic lumbar spinal endoscopy simulator: skills transfer to real surgery

ÁLYN SON LAROCCA KULCHESKI¹ ; PAUL ANDRÉ ALAIN MILCENT¹ ; XAVIER SOLER I GRAELLS¹ ; JOÃO GABRIEL BELEGANTE SCALABRIN¹ ; CAROLLINE POPOVICZ NUNES¹ ; EDMAR STIEVEN FILHO¹ .

R E S U M O

Introdução: Os simuladores cirúrgicos oferecem benefícios substanciais para o treinamento de habilidades técnicas, proporcionando um ambiente sem riscos para a prática. No entanto, o acesso a simuladores eficazes na educação cirúrgica ainda é limitado. Este estudo teve como objetivo validar um simulador sintético de endoscopia lombar por meio da transferência de habilidades e avaliar sua aplicabilidade educacional. **Métodos:** Quarenta estudantes de medicina foram randomizados para treinamento no simulador (n=20) ou grupo controle (n=20). Após o treinamento, todos realizaram endoscopia diagnóstica supervisionada. Os procedimentos foram gravados e avaliados por um examinador cego quanto ao tempo total, desvios de olhar para baixo (look-downs), perda de instrumento, intervenções do supervisor e escore Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS). Um questionário em escala de Likert avaliou percepções sobre o treinamento em simulação. **Resultados:** O grupo intervenção apresentou desempenho superior, com reduções de 43,7% no tempo de procedimento, 85,3% em look-downs, 75,9% em intervenções, 93,3% na duração da perda de instrumentos e 91,2% no percentual do tempo total em perda ($p<0,001$). Os escores GOALS foram significativamente maiores em todos os domínios ($p<0,001$). Todos os participantes apoiaram a incorporação da simulação na educação médica. **Conclusão:** O simulador demonstrou forte validade de transferência, melhorando significativamente o desempenho cirúrgico. Os escores GOALS triplicaram entre os participantes treinados no simulador, e a aceitação para uso educacional foi unânime..

Palavras-chave: Educação de Graduação em Medicina. Endoscopia. Treinamento por Simulação. Coluna Vertebral. Estudantes de Medicina. Estudo de Validação.

INTRODUÇÃO

A endoscopia espinhal surgiu nas últimas décadas como uma evolução das técnicas minimamente invasivas, apresentando vantagens importantes frente às abordagens tradicionais, incluindo menor trauma anatômico, rápida reabilitação e preservação da estabilidade segmentar^{1,2}. No entanto, sua adoção é limitada pela complexidade técnica e pela longa curva de aprendizado, exigindo habilidades psicomotoras específicas e domínio de uma anatomia tridimensional visualizada em um monitor de vídeo bidimensional³⁻⁵.

Os simuladores cirúrgicos oferecem benefícios substanciais para o treinamento técnico ao proporcionar um ambiente livre de riscos para a prática^{5,6}. No entanto, o acesso a simuladores eficazes ainda é limitado na prática educacional. Modelos cadavéricos e animais, apesar de realistas, envolvem a necessidade de estrutura específica. Simuladores virtuais de alta fidelidade demandam tecnologia avançada e softwares dedicados. Já os simuladores sintéticos, especialmente os de baixo custo,

representam uma alternativa mais viável para instituições de ensino médico, embora ainda pouco explorados e escassamente validados na literatura⁵.

Para que um simulador seja realmente útil na formação médica, é fundamental que sua eficácia seja comprovada por meio de processos de validação. As formas mais comuns de validação envolvem a comparação entre diferentes simuladores ou a avaliação do desempenho entre profissionais experientes e inexperientes em um mesmo simulador, permitindo inferir se o simulador contribui para a aquisição de habilidades técnicas. No entanto, a forma mais robusta de validação—conhecida como validação por transferência consiste em demonstrar que as habilidades adquiridas no simulador se traduzem em melhora no desempenho durante procedimentos cirúrgicos reais^{5,7}. Esse tipo de estudo é raro devido à sua complexidade logística e exigências éticas^{5,7-9}. Até o momento, nenhum estudo havia demonstrado validação por transferência em endoscopia espinhal, o que torna esta investigação pioneira no campo da educação cirúrgica minimamente invasiva.

1- Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Departamento de Cirurgia, Ortopedia e Traumatologia - Curitiba - PR - Brasil

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo validar um simulador sintético de baixo custo para endoscopia da coluna lombar por meio do método de transferência de habilidades. Adicionalmente, avaliou-se a aceitação e a aplicabilidade do simulador no ensino médico.

MÉTODOS

Este foi um ensaio educacional randomizado conduzido em ambiente simulado e real. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa de um hospital universitário (CAAE nº 76671623.1.0000.0096; parecer nº 6.667.174). Os procedimentos empregados neste estudo seguem os princípios da Declaração de Helsinque. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos.

Foram incluídos estudantes do curso de medicina, a partir do sexto período, que já haviam cursado a disciplina de técnica operatória e não possuíam experiência prévia em endoscopia da coluna lombar. Foram excluídos aqueles que não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ou que já haviam tido contato prévio com o simulador.

A randomização foi realizada utilizando o aplicativo UX Apps Random Number®, e os participantes foram designados aleatoriamente pelo pesquisador principal para um dos dois grupos: intervenção (treinamento no simulador) ou controle (sem treinamento no simulador).

Simulador

Este estudo utilizou um simulador de endoscopia da coluna previamente desenvolvido¹⁰, que é um modelo sintético reproduzível de baixo custo, previamente validado por face e constructo^{5,10}. Consistia em um manequim plástico opaco contendo um segmento vertebral L5-S1 adaptado (modelo EB-3012, Astral Científica, Curitiba, Brasil), com reprodução do espaço interlaminar, ligamento amarelo, raiz nervosa e disco intervertebral. Foi confeccionado um portal de acesso único de 2,5 × 2,5 cm na região lombar do manequim. O ligamento amarelo foi simulado com folhas de EVA amarelo, com demarcação quadrada de 6,25 cm²

(Figura 1). A visualização endoscópica foi realizada com uma câmera tipo sonda (modelo SXT-5.0M, KKMOON, Shenzhen, China), conectada via USB a um monitor (Figuras 2 e 3). O custo total do simulador foi de R\$465,00 (US\$90,00)¹⁰. A tesoura e o probe endoscópicos utilizados eram instrumentais reais, com custo unitário aproximado de R\$ 3.500,00 (US\$700,00).

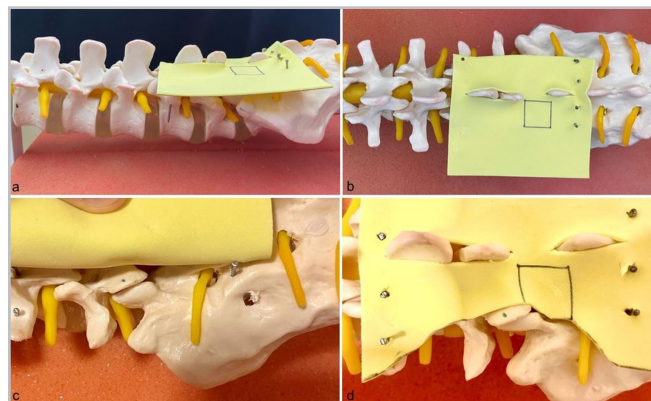


Figura 1. (a) Ligamento amarelo inserido no modelo vertebral. (b) Área quadrada demarcada do ligamento amarelo. (c) Exposição da articulação facetária abaixo do ligamento amarelo. (d) Recorte no ligamento amarelo para expor a articulação facetária entre L5 e S1.

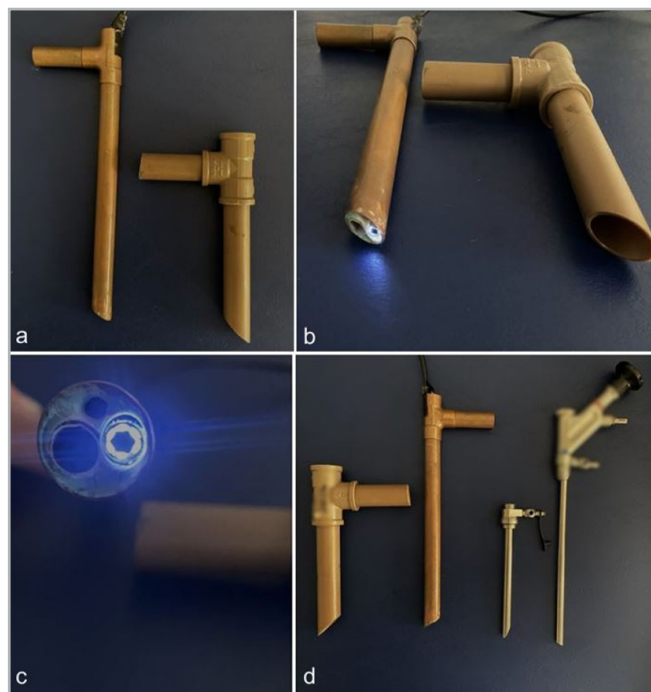


Figura 2. Fonte de luz do endoscópio, comparação com modelo original real. (a) Visão geral da configuração do simulador: endoscópio e camisa de trabalho. (b) Visão da borda chanfrada e do ângulo óptico de 30 graus, de acordo com o dispositivo original. (c) Identificação dos portais de luz, câmera óptica e camisa de trabalho. (d) Comparação entre o modelo simulado e o endoscópio original.

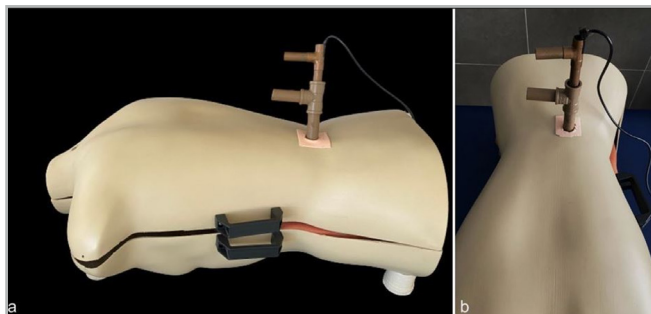


Figura 3. Endoscópio inserido no simulador. (a) Vista lateral e (b) vista anterior.

Protocolo de treinamento

O grupo intervenção assistiu a um vídeo didático de dez minutos e participou de duas sessões práticas: uma prática individual no simulador com duração de até uma hora, com exercícios de inserção, triangulação e identificação de estruturas anatômicas; e uma sessão de aquecimento (warm-up) de dez minutos adicionais de prática no simulador no dia da cirurgia real, com reforço dos exercícios de triangulação e identificação anatômica (Figura 4). O grupo controle seguiu apenas o treinamento teórico habitual, incluindo acesso ao vídeo instrucional, sem realizar a prática de treinamento no simulador.



Figura 4. (a, b) Treinamento no simulador. (c) Sessão de warm-up.

O treinamento no simulador foi composto por quatro etapas sequenciais. Inicialmente, os participantes foram familiarizados com o simulador e os instrumentais. Em seguida, realizaram a introdução da camisa de trabalho e do endoscópio pela via interlaminar, com visualização panorâmica das estruturas internas (ligamento amarelo e articulação facetária). Com o endoscópio estabilizado, os estudantes praticaram a triangulação instrumental. Por fim, realizaram endoscopia diagnóstica simulada, com identificação e palpação de dois alvos específicos: (a) um

quadrado delimitado no ligamento amarelo, tocando com precisão suas bordas sem ultrapassá-las; e (b) as facetas articulares de L5 e S1. Todas as etapas foram repetidas cinco vezes por participante.

Cirurgia real

Dois dias após o treinamento, todos os estudantes (intervenção e controle) realizaram uma inspeção endoscópica diagnóstica real sob supervisão direta do cirurgião responsável, cego quanto ao grupo alocado. Os estudantes manipularam o endoscópio e o probe para identificar o ligamento amarelo (quatro bordas) e a articulação facetária (Figura 5). As imagens do procedimento foram gravadas para posterior análise.



Figura 5. Estudante realizando a atividade em ambiente cirúrgico real.

Após a cirurgia, os participantes preencheram um questionário de experiência baseado em uma escala de Likert¹¹. O questionário consistia em quatro perguntas, com respostas variando de 1 (discordo fortemente) a 5 (concordo fortemente). As perguntas eram as seguintes: (1) Você considera que o simulador de coluna estimule seu aprendizado na disciplina?; (2) Você gostaria que o treinamento no simulador fizesse parte do seu programa de graduação?; (3) O treinamento no simulador pode substituir o treinamento em cirurgias reais?; e (4) Você considera que o vídeo instrucional foi suficiente para a execução do exercício na cirurgia real?

As gravações foram analisadas por um avaliador independente, cego quanto ao grupo alocado. Os seguintes parâmetros foram analisados: tempo total do procedimento; número de desvios de olhar para baixo (look-downs); número de perdas de instrumento do campo visual; tempo total de perdas de instrumento; percentual do tempo total em perda; número de intervenções necessárias do supervisor; e o escore Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS), cuja pontuação máxima é de 25.

Para permitir comparação proporcional entre os participantes, também foram calculados o número de look-downs por minuto e o número de perdas de instrumento por minuto.

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o software SPSS, versão 20.0. A normalidade das variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis qualitativas foram comparadas por meio do teste de McNemar. A variável idade apresentou distribuição normal e foi comparada entre os grupos com o teste t de Student para amostras pareadas. Para as demais variáveis quantitativas, com distribuição não paramétrica, foi utilizado o teste de Wilcoxon para comparações pareadas.

Para padronizar o impacto relativo do treinamento no simulador sobre o desempenho técnico dos participantes, foi calculada a diferença relativa percentual entre cada par de participantes dos grupos intervenção e controle utilizando a seguinte fórmula: Diferença relativa (%) = ((valor no grupo intervenção – valor no grupo controle) / valor no grupo controle) × 100.

Os intervalos de confiança (IC 95%) para estas diferenças foram apresentados. Adicionalmente, a medida de efeito r foi calculada e os pontos de corte sugeridos por Cohen foram adotados para interpretação da magnitude dos efeitos: inferior a 0,30, efeito pequeno; de 0,30 a 0,50, efeito médio; e acima de 0,50, efeito grande.

Uma verificação post-hoc do poder estatístico foi realizada através do programa WINPEPI, versão 11.65, para avaliar a robustez dos resultados, considerando o tamanho da amostra disponível e o efeito observado. Foi considerado um nível de significância de 5% para todas as análises.

RESULTADOS

A amostra foi composta por 40 estudantes de medicina, randomizados igualmente entre os grupos intervenção (n=20) e controle (n=20). Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos quanto ao sexo, idade, período do curso, lateralidade, participação prévia em cirurgias ou intenção de seguir carreira cirúrgica. O poder estatístico post-hoc calculado foi de 78,4% para detectar diferenças moderadas.

O grupo intervenção apresentou resultados significativamente superiores aos do grupo controle em todas as variáveis de desempenho técnico avaliadas, incluindo realização do procedimento em menor tempo, menos look-downs, menor número de perdas de instrumento e menor necessidade de intervenção do cirurgião supervisor (Tabela 1 e Figura 6).

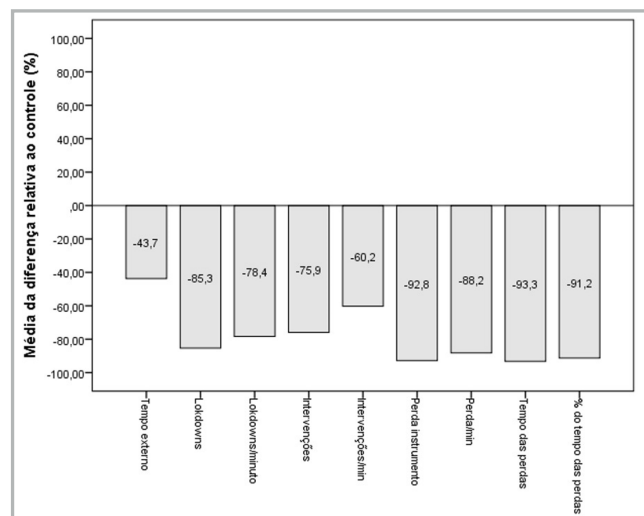


Figura 6. Média da diferença percentual em relação ao grupo controle para a variável de desempenho técnico.

Tabela 1 - Avaliação do desempenho técnico nos grupos intervenção (treinamento no simulador) e controle (sem treinamento no simulador).

Desempenho	Intervenção n=20	Controle n=20	Média da diferença relativa ao controle (%) [IC 95%]*	p
Tempo de procedimento, s	61 (41-114)	123 (78-242)	-43,7% [-51,0 a -36,4]	<0,001
Número de look-downs	0 (0-2)	5 (2-16)	-85,3% [-98,0 a -72,7]	<0,001
Look-downs por minuto	0 (0-1,0)	1,6 (1,0-7,0)	-78,4% [-96,2 a -60,6]	<0,001
Número de intervenções	1,0 (0-2,0)	4,5 (1,0-10,0)	-75,9% [-88,7 a -63,1]	<0,001
Intervenções por minuto	0,5 (0-1,0)	2,0 (0,5-4,0)	-60,2% [-83,8 a -36,6]	<0,001
Número de perdas de instrumento	0 (0-2)	3 (2-10)	-92,8% [-100,3 a -85,3]	<0,001
Perdas por minuto	0 (0-2)	1,3 (1,0-2,5)	-88,2% [-99,9 a -76,5]	<0,001
Tempo total da perda, s	0 (0-6)	10 (6-55)	-93,3% [-100,6 a -86,0]	<0,001
% do tempo em perda	0 (0-7)	8 (4-23)	-91,2% [-100,4 a -82,1]	<0,001

Dados descritos por mediana (intervalo) e comparados pelo teste de Wilcoxon. *Diferença relativa (%) = ((valor no grupo intervenção – valor no grupo controle) / valor no grupo controle) × 100. [IC 95%]: intervalo de confiança de 95%.

O escore GOALS total foi significativamente mais alto no grupo intervenção do que no grupo controle. O grupo intervenção também obteve escores significativamente mais altos em todos os componentes do GOALS (percepção de profundidade, destreza bimanual, eficiência, manuseio de tecidos e autonomia) (Tabela 2).

No questionário de experiência, todos os participantes atribuíram escores máximos às afirmações relacionadas à utilidade do simulador e sua contribuição para o aprendizado. No entanto, a maioria dos estudantes não concordou com a ideia de que o simulador poderia substituir o treinamento em cirurgia real (Tabela 3).

Tabela 2 - Escore Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) nos grupos intervenção (treinamento no simulador) e controle (sem treinamento no simulador).

GOALS score	Intervenção n=20	Controle n=20	p	r*
Total	23 (17-25)	8 (5-15)	<0,001	0,88
Percepção de profundidade	5 (3-5)	1 (1-3)	<0,001	0,92
Destreza bimanual	5 (3-5)	1 (1-3)	<0,001	0,92
Eficiência	5 (3-5)	2 (1-3)	<0,001	0,89
Manuseio de tecidos	5 (3-5)	3 (1-3)	<0,001	0,84
Autonomia	5 (3-5)	1 (1-3)	<0,001	0,92

Dados descritos por mediana (intervalo) e comparados pelo teste de Wilcoxon. *Medida de efeito r: r<0,30, pequeno; 0,30<r<0,50, médio; r>0,50, grande.

Tabela 3 - Experiência dos estudantes.

Pergunta*	Intervenção n=20	Controle n=20	p	r*
Você considera que o simulador de coluna estimule seu aprendizado na disciplina?	5 (4-5)	5 (4-5)	0,102	0,37
Você gostaria que o treinamento no simulador fizesse parte do seu programa de graduação?	5 (4-5)	5 (4-5)	0,137	0,22
O treinamento no simulador pode substituir o treinamento em cirurgias reais?	2 (1-4)	2 (1-5)	0,396	0,19
Você considera que o vídeo instrucional foi suficiente para a execução do exercício na cirurgia real?	3 (1-5)	2,5 (1-5)	0,719	0,08

Dados descritos por mediana (intervalo) e comparados pelo teste de Wilcoxon. *Medida de efeito r: r<0,30, pequeno; 0,30<r<0,50, médio; r>0,50, grande.

DISCUSSÃO

A simulação cirúrgica tem se consolidado como ferramenta essencial no ensino de habilidades técnicas, especialmente em procedimentos minimamente invasivos. Este estudo é o primeiro a demonstrar validação por transferência em endoscopia da coluna, evidenciando o impacto do treinamento prévio em um simulador sintético acessível sobre o desempenho em ambiente cirúrgico real. O modelo proposto contribui para o avanço da educação em cirurgia endoscópica da coluna ao oferecer uma alternativa viável de treinamento inicial, utilizando uma abordagem metodológica controlada e mensurável⁹⁻¹⁴.

A seleção de estudantes de medicina como amostra principal neste estudo foi uma decisão metodológica estratégica. Esse grupo apresenta maior homogeneidade devido às suas habilidades cirúrgicas iniciais equivalentes, fator crucial para estudos com alocação randomizada. Residentes de cirurgia, mesmo quando pareados por nível de treinamento, frequentemente exibem ampla variabilidade técnica, o que pode comprometer a validade das comparações. Cirurgiões especialistas, por sua vez, já dominam as habilidades-alvo, impossibilitando a análise do impacto do treinamento simulado. Além disso, a obtenção de amostras grandes, necessárias para garantir poder estatístico adequado, é viável apenas entre estudantes, já que a quantidade de residentes iniciantes disponíveis para randomização simultânea é limitada. Assim, o uso de estudantes permitiu maior controle experimental e reforça a aplicabilidade do simulador nas fases iniciais da formação médica, em consonância com estudos prévios de validação de constructo^{5,15,16}.

A validação de simuladores baseia-se principalmente em metodologias indiretas, incluindo validade de face, conteúdo e constructo. Contudo, a literatura carece de evidências sobre a validação por transferência, crucial para demonstrar a eficácia do treinamento simulado na prática clínica real, especialmente no contexto da endoscopia da coluna lombar¹⁴⁻¹⁶. Este estudo preenche essa lacuna ao demonstrar, de forma objetiva, a transferência de habilidades para o ambiente operatório real, oferecendo uma evidência inédita nesse campo.

O uso do simulador resultou em ganho de 80% na performance global, com redução significativa no tempo operatório e menor necessidade de intervenção do supervisor. Os participantes treinados no simulador apresentaram melhor fluidez técnica e autonomia, mesmo sem avaliação longitudinal de múltiplos procedimentos. Esses dados reforçam que o treinamento simulado pode antecipar etapas da curva de aprendizado e facilitar a transição para a prática endoscópica.

O treinamento no simulador melhorou significativamente diversos parâmetros operatórios. O principal desfecho objetivo foi a redução de 43,7% no tempo total de execução do procedimento real entre os participantes do grupo intervenção. O tempo operatório é amplamente reconhecido como um dos indicadores mais robustos de eficiência técnica^{5,16-17}, principalmente por seu papel na minimização de complicações, sendo a principal delas a infecção cirúrgica. Estudos anteriores indicam que o uso de simuladores pode reduzir o tempo cirúrgico em até 30%¹⁸. A redução substancial do tempo observada neste estudo pode estar relacionada à ausência de experiência prévia dos participantes com endoscopia da coluna, ressaltando a importância deste tipo de simulador na fase inicial do treinamento técnico.

Este estudo também demonstrou redução significativa em variáveis associadas à coordenação visual-motora em participantes treinados no simulador. Um dos principais destaques foi a diminuição de 85,3% no número de look-downs. Essa métrica é particularmente relevante em técnicas que exigem visualização indireta, como a endoscopia da coluna, na qual a orientação espacial depende da adaptação do cirurgião à leitura bidimensional da imagem. Estudos anteriores utilizaram esse indicador como medida de orientação espacial em simulação laparoscópica, com melhoras de até 60%^{16,19}. A redução mais substancial observada neste estudo pode atribuída ao uso do simulador como etapa de aquecimento pré-cirúrgico (warm-up), estratégia associada à ativação neuromotora e melhora da fluência operatória²⁰.

Outros achados deste estudo reforçam ainda mais a eficácia da simulação no treinamento cirúrgico. A perda de instrumentos foi reduzida em 92,8% dos casos, o tempo total de perda de instrumento em 93,3%

e as intervenções do cirurgião supervisor em 75,9%. Estudos anteriores demonstraram reduções de 50% a 70% nesses mesmos indicadores²¹⁻²³. Nossos resultados são compatíveis com a literatura e indicam que o ganho objetivo obtido com o treinamento neste modelo foi expressivo, especialmente por ter sido alcançado em uma única sessão de prática supervisionada.

A avaliação da performance cirúrgica foi complementada pelo escore GOALS^{5,24}. Os participantes do grupo intervenção apresentaram pontuação três vezes maior em todos os componentes do GOALS do que os participantes do grupo controle. Até o momento, não foram identificados estudos utilizando o escore GOALS em validação por transferência para simuladores de endoscopia da coluna. Revisões sistemáticas, como a de Morgan et al.²⁵, relatam melhorias de até 26% com o uso de simuladores, mas esses estudos não avaliaram a transferência de habilidades para o ambiente cirúrgico real e incluíram participantes com diferentes níveis de experiência, o que compromete a homogeneidade da amostra e limita a interpretação dos resultados. A combinação entre validação por transferência e amostra homogênea, como adotado neste estudo, confere maior robustez metodológica e reforça a aplicabilidade do escore GOALS na avaliação de habilidades técnicas em endoscopia da coluna.

A avaliação subjetiva, por meio de escala de Likert, revelou alta aceitação do simulador. Todos os participantes manifestaram interesse em sua incorporação ao currículo da graduação médica, sugerindo que a prática simulada despertou maior engajamento²⁶. A análise do vídeo instrucional, fornecido previamente, indicou utilidade limitada desse recurso para o desenvolvimento de habilidade técnica, reforçando o papel da simulação ativa como elemento-chave na aquisição de habilidades^{27,28}.

O modelo desenvolvido neste estudo enquadra-se como um simulador de baixa fidelidade²⁸, o qual, apesar de sua simplicidade estrutural, reproduz gestos técnicos essenciais da endoscopia da coluna, como triangulação e coordenação olho-mão. Embora tenha havido dificuldade em simular partes moles, estratégias como preenchimento com espuma e uso de EVA para representar o ligamento amarelo mostraram-se viáveis⁵⁻¹⁰. O baixo custo e a facilidade de uso desse

modelo favorecem a sua aplicação em diferentes estágios de aprendizagem, desde a graduação até os primeiros anos da residência.

Em alguns países ainda não há exigência formal de simulação antes da prática em pacientes nos programas de residência médica. Diversos fatores dificultam a implementação da simulação, como a ausência de padronização, os custos de produção e a necessidade de validação dos modelos. Em contrapartida, países como os Estados Unidos e França já adotaram protocolos obrigatórios de treinamento simulado²⁸⁻³⁰. A experiência aqui apresentada contribui com evidências concretas para fundamentar uma mudança progressiva nesse paradigma.

A realização de um breve warm-up de dez minutos antes da cirurgia real pode ter contribuído para os resultados positivos, como sugerem estudos prévios que associam o aquecimento pré-operatório à melhora da performance técnica^{19,20}. Portanto, a incorporação de uma rotina de aquecimento pré-operatório pode ser uma estratégia valiosa para otimizar o desempenho, especialmente nas fases iniciais do treinamento cirúrgico. Além disso, a análise cega por avaliador independente fortalece a confiabilidade dos achados e mitiga o risco de viés de detecção³¹.

Algumas limitações devem ser reconhecidas. O simulador não foi desenvolvido para treinar a etapa inicial de acesso cirúrgico com radioscopia, limitando sua abrangência. A amostra foi composta exclusivamente por estudantes de uma única instituição, o que pode restringir a generalização dos resultados. A incorporação de instrumentais reais ao modelo aumentou seu custo, embora este tenha se mostrado viável em sua essência funcional. Além disso, a retenção das habilidades ao longo do tempo não foi avaliada. Futuras pesquisas devem expandir a diversidade da amostra, comparar com outros modelos e investigar a retenção de competências ao longo do tempo.

CONCLUSÃO

O simulador sintético de endoscopia da coluna demonstrou, de forma inédita e metodologicamente controlada, a validade por transferência ao melhorar significativamente todos os indicadores de desempenho

técnico em cirurgias reais. Além disso, triplicou o escore GOALS entre os participantes treinados no simulador e

foi aceito por 100% dos participantes como aplicável à educação médica.

ABSTRACT

Introduction: Surgical simulators offer substantial benefits for technical skills training by providing a risk-free environment for practice. However, access to effective simulators in surgical education remains limited. This study aimed to validate a synthetic lumbar spinal endoscopy simulator through skills transfer and assess its educational applicability. **Methods:** Forty medical students were randomized to simulator training (n=20) or control (n=20). After training, all performed supervised diagnostic endoscopy. Procedures were recorded and evaluated by a blinded examiner for total time, look-downs, instrument loss, supervisor interventions, and Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS). A Likert-scale questionnaire assessed perceptions of simulation training. **Results:** The intervention group showed superior performance, with reductions of 43.7% in procedure time, 85.3% in look-downs, 75.9% in interventions, 93.3% in instrument loss duration, and 91.2% in total loss percentage ($p<0.001$). GOALS scores were significantly higher in all domains ($p<0.001$). All participants endorsed incorporating simulation into medical education. **Conclusion:** The simulator demonstrated strong transfer validity, significantly improving surgical performance. GOALS scores tripled among simulator-trained participants, and acceptance of the simulator for educational use was unanimous.

Keywords: Endoscopy. Medical Education. Medical Students. Simulation Training. Spine. Validation Study.

REFERÊNCIAS

1. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(9):931-9. doi:10.1097/BRS.0b013e31816c8af7.
2. Bonafim RMS, Kulcheski AL, Sebben AL, Del Santoro PG, Benato ML, I-Graells XS. Interlaminar endoscopic lumbar discectomy – clinical outcome. *Coluna/Columna*. 2023;22(1):e260636. doi:10.1590/S1808-18512022201260636.
3. Ransom NA, Gollogly S, Lewandrowski KU, Yeung A. Navigating the learning curve of spinal endoscopy as an established traditionally trained spine surgeon. *J Spine Surg*. 2020;6(Suppl 1):S197-207. doi:10.21037/jss.2019.10.03.
4. Sebben AL, Kulcheski ÁL, Graells XSI, Benato ML, Santoro PGD. Comparison of two endoscopic spine surgical techniques. *Rev Assoc Med Bras (1992)*. 2021;67(2):243-7. doi:10.1590/1806-9282.67.02.20200643.
5. Kulcheski ÁL, Stieven-Filho E, Nunes CP, Milcent PAA, Dau L, I-Graells XS. Validation of an endoscopic flavectomy training model. *Rev Col Bras Cir*. 2021;48:e202027910. doi:10.1590/0100-6991e-20202901.
6. Bohm PE, Arnold PM. Simulation and resident education in spinal neurosurgery. *Surg Neurol Int*. 2015;6:33. doi:10.4103/2152-7806.152146.
7. Van Nortwick SS, Lendvay TS, Jensen AR, Wright AS, Horvath KD, Kim S. Methodologies for establishing validity in surgical simulation studies. *Surgery*. 2010;147(5):622-30. doi:10.1016/j.surg.2009.10.068.
8. Dawe SR, Pena GN, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ, et al. Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training. *Br J Surg*. 2014;101(9):1063-76. doi:10.1002/bjs.9482.
9. Lohre R, Wang JC, Lewandrowski KU, Goel DP. Virtual reality in spinal endoscopy: a paradigm shift in education to support spine surgeons. *J Spine Surg*. 2020;6(Suppl 1):S208-23. doi:10.21037/jss.2019.11.16.
10. Nunes CP, Kulcheski AL, Almeida PA, Filho ES, Graells XS. Creation of a low-cost endoscopic

- flavectomy training model. *Coluna/Columna*. 2020;19(3):223-7. doi:10.1590/S1808-185120201903227933.
11. Likert R. A technique for the measurement of attitudes. *Arch Psychol*. 1932;22(140):44-53.
 12. Abramson JH. WINPEPI updated: computer programs for epidemiologists, and their teaching potential. *Epidemiol Perspect Innov*. 2011;8(1):1. doi:10.1186/1742-5573-8-1.
 13. Ross JAG, Sampson N, Martins DE, Astur N. Perception of the learning curve for endoscopic spine procedures, a survey of spinal surgeons in LATAM. *Coluna/Columna*. 2024;23:e281365. doi:10.1590/S1808-185120242303281365.
 14. Satava RM. The future of surgical simulation and surgical robotics. *Bull Am Coll Surg*. 2007;92(3):13-9.
 15. McDougall EM. Validation of surgical simulators. *J Endourol*. 2007;21(3):244-7. doi:10.1089/end.2007.9985.
 16. Dau L, Almeida PA, Milcent PAA, Rosa FM, Kulcheski AL, Stieven Filho E. Shoulder arthroscopy – creating an affordable training model. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*. 2021;57(4):702-8. doi:10.1055/s-0040-1722577.
 17. Alvand A, Khan T, Al-Ali S, Jackson WF, Price AJ, Rees JL. Simple visual parameters for objective assessment of arthroscopic skill. *J Bone Joint Surg Am*. 2012;94(13):e97. doi:10.2106/JBJS.K.01437.
 18. Coelho G, Vieira T. História da simulação cirúrgica e sua aplicação em Neurocirurgia. *Sci Med*. 2018;28(1):29688. doi:10.15448/1980-6108.2018.1.29688.
 19. Chen CC, Green IC, Colbert-Getz JM, et al. Warm-up on a simulator improves residents' performance in laparoscopic surgery: a randomized trial. *Int Urogynecol J*. 2013;24(10):1615-22. doi:10.1007/s00192-013-2066-2.
 20. Plerhoples TA, Zak Y, Hernandez-Boussard T, Lau J. Another use of the mobile device: warm-up for laparoscopic surgery. *J Surg Res*. 2011;170(2):185-8. doi:10.1016/j.jss.2011.03.015.
 21. Ghobrial GM, Hamade YJ, Bendok BR, Harrop JS. Technology and simulation to improve patient safety. *Neurosurg Clin N Am*. 2015;26(2):239-43. doi:10.1016/j.nec.2014.11.002.
 22. Liu JK, Page PS, Brooks NP. Development and validation of a low-cost endoscopic spine surgery simulator. *Cureus*. 2021;13(7):e16541. doi:10.7759/cureus.16541.
 23. Shahrezaei A, Sohani M, Taherkhani S, Zarghami SY. The impact of surgical simulation and training technologies on general surgery education. *BMC Med Educ*. 2024;24(1):1297. doi:10.1186/s12909-024-06299-w.
 24. Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. *Am J Surg*. 2005;190(1):107-13. doi:10.1016/j.amjsurg.2005.04.004.
 25. Morgan M, Aydin A, Salih A, Robati S, Ahmed K. Current status of simulation-based training tools in orthopedic surgery: a systematic review. *J Surg Educ*. 2017;74(4):698-716. doi:10.1016/j.jsurg.2017.01.005.
 26. Harrop J, Rezai AR, Hoh DJ, Ghobrial GM, Sharan A. Neurosurgical training with a novel cervical spine simulator: posterior foraminotomy and laminectomy. *Neurosurgery*. 2013;73(Suppl 1):94-9. doi:10.1227/NEU.0000000000000103.
 27. Moura-Júnior LG, Ramos A, Campos JM, Ferraz AA, Rocha HÂL, Costa GO. Teaching model for evaluation of the ability and competence progress in endosuture in surgical skill laboratory. *Arq Bras Cir Dig*. 2017;30(4):256-9. doi:10.1590/0102-6720201700040007.
 28. Atesok K, Hurwitz S, Anderson DD, et al. Advancing simulation-based orthopaedic surgical skills training: an analysis of the challenges to implementation. *Adv Orthop*. 2019;2019:2586034. doi:10.1155/2019/2586034.
 29. Cunha CMQD, Lima DMF, Menezes FJC. Low-cost simulator assembly for 3-dimensional videosurgery training. *Arq Bras Cir Dig*. 2018;31(3):e1384. doi:10.1590/0102-672020180001e1384.
 30. Seil R, Hoeltgen C, Thomazeau H, Anetzberger H, Becker R. Surgical simulation training should become a mandatory part of orthopaedic education. *J Exp Orthop*. 2022;9(1):22. doi:10.1186/s40634-022-00455-1.
 31. Malavolta EA, Demange MK, Gobbi RG, Imamura

M, Fregni F. Randomized controlled clinical trials in orthopedics: difficulties and limitations. Rev Bras

Ortop. 2015;46(4):452-9. doi:10.1016/S2255-4971(15)30261-5.

Disponibilidade e compartilhamento de Dados

Os dados que suportam os achados deste estudo estão disponíveis com o autor correspondente mediante solicitação.

Recebido em: 13/11/2025

Aceito para publicação em: 09/12/2025

Conflito de interesses: não.

Fonte de financiamento: nenhuma.

Editor

Daniel Cacione

Endereço para correspondência:

Állynson Larocca Kulcheski

E-mail: alylarocca@gmail.com

