




Validação de constructo e experiência de uso de um simulador de artroscopia de ombro de baixo custo

Construct Validity and Experience of Using a Low-cost Arthroscopic Shoulder Surgery Simulator

Leonardo Dau¹  Paula Adamo Almeida² Alynson Larocca Kulcheski³ Paul Andre Milcent³ Edmar Stieven Filho⁴

¹ Chefe do Grupo de Cirurgia de Ombro e Cotovelo, Hospital Universitário Evangélico Mackenzie (HUEM), Curitiba, PR, Brasil

² Acadêmica do Curso de Medicina da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

³ Mestrando do curso de pós graduação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

⁴ Professor do Departamento de Cirurgia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Endereço para correspondência Leonardo Dau, Rua Padre Jose Kentenich 900–Casa 02, Curitiba, Paraná, Brazil (e-mail: leonardodau@yahoo.com.br).

Rev Bras Ortop 2023;58(5):e790–e797.

Resumo

Objetivo Validar o modelo de baixo custo para treinamento em artroscopia e analisar a aceitação e utilidade do simulador desenvolvido no ensino e treinamento médico.

Método Dez acadêmicos do curso de medicina, dez residentes do terceiro ano em ortopedia e dez cirurgiões de ombro realizaram tarefas pré determinadas em um simulador de ombro duas vezes. Os parâmetros utilizados foram o tempo para completar as tarefas, quantidade de olhares para as mãos, escore de GOALS (Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills) e comparados entre os grupos e intragrupos. Uma escala de Likert adaptada foi aplicada abordando as impressões dos indivíduos acerca do simulador e de sua aplicabilidade.

Resultados Na comparação intergrupos, os cirurgiões de ombro tiveram melhores escores e tempos que os demais grupos. Quando as tarefas foram repetidas, o grupo de cirurgiões, teve uma melhora de 59% no tempo ($p < 0,05$), assim como no grupo de acadêmicos. No escore de GOALS os cirurgiões de ombro apresentaram escores consistentemente melhores que os demais grupos. E quando avaliamos a evolução do primeiro para o segundo teste, o grupo de cirurgiões e o grupo de acadêmicos tiveram melhora estatisticamente significativa ($p < 0,05$). No quesito de lookdowns houve diminuição em todos os grupos. Houve consenso em que o simulador é útil no treinamento.

Palavras-chave

- ▶ artroscopia
- ▶ treinamento por simulação
- ▶ ombro
- ▶ técnica de treinamento

Trabalho desenvolvido no Hospital de Clínicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil.

recebido

27 de Maio de 2022

aceito

27 de Outubro de 2022

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-1771003>.
ISSN 0102-3616.

© 2023. Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. All rights reserved.

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Conclusão O simulador desenvolvido permitiu a diferenciação entre indivíduos com diferentes níveis de treinamento em cirurgia artroscópica. Foi aceito por 100% dos participantes como uma ferramenta útil no treinamento cirúrgico artroscópico do ombro.

Abstract

Objective To validate the low-cost model for arthroscopy training and analyze the acceptance and usefulness of the developed simulator in medical teaching and training.

Method Ten medical students, ten third-year orthopedic residents, and ten shoulder surgeons performed predetermined tasks on a shoulder simulator twice. The parameters used were time to complete the tasks, number of looks at the hands, GOALS score (Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills) and comparison between groups and within groups. An adapted Likert scale was applied addressing the individuals' impressions about the simulator and its applicability.

Results In the intergroup comparison, the shoulder surgeons had better scores and times than the other groups. When the tasks were repeated, the group of surgeons had a 59% improvement in time ($p < 0.05$), as did the group of medical students. In the GOALS score, shoulder surgeons had consistently better scores than the other groups. And when we evaluated the evolution from the first to the second test, the group of surgeons and the group of academics had a statistically significant improvement ($p < 0.05$). In terms of lookdowns, there was a decrease in all groups. There was consensus that the simulator is useful in training.

Conclusion The simulator developed allowed the differentiation between individuals with different levels of training in arthroscopic surgery. It was accepted by 100% of the participants as a useful tool in arthroscopic shoulder surgical training.

Keywords

- ▶ arthroscopy
- ▶ simulation training
- ▶ shoulder
- ▶ training technique

Introdução

Ensinar residentes na sala de cirurgia é didático, mas pode aumentar o custo, a morbidade e mortalidade dos pacientes.¹⁻⁵ Scott e Dunnington⁶ em uma revisão do currículo cirúrgico nos EUA, recomendaram em seu artigo “*Move the Learning Curve out of the Operating Room*”, que o treinamento cirúrgico deveria se tornar mais eficiente se apoiando em simulações, retorno de aprendizado e formas objetivas de avaliação de ganho de habilidades.

O desenvolvimento de habilidades artroscópicas pode ser particularmente difícil para alguns cirurgiões.⁷ O simulador provê oportunidades ilimitadas para treino, porém com custo que pode passar de 80 mil dólares tornando inviável para várias instituições de ensino.^{4,8}

Modelos secos podem ser fáceis de construir, baratos, e despertam interesse nos treinandos e demonstram eficiência similar aos de realidade virtual,⁸⁻¹³ o modelo aqui estudado, foi desenvolvido com este formato e conceito de usar materiais de baixo custo. O passo a passo de materiais e montagem do modelo já foi publicado,¹⁴ e o presente estudo propõe a validação deste modelo (► Fig. 1).

Material e Método

Estudo experimental transversal aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital do Trabalhador/SESA/PR com parecer nº 1.994.655.

Projeto consiste na validação do modelo de artroscopia de ombro pela metodologia de constructo comparando entre grupos de diferentes níveis de treinamento (cirurgiões, residentes e acadêmicos de medicina). O método de constructo de validação tem o foco verificar se o modelo demonstra a diferença na destreza e velocidade na realização de diferentes atividades padronizadas, e avaliando se há melhora nos escores e velocidade com a repetição dos exercícios propostos.

Neste estudo foi utilizado um total de 30 indivíduos divididos nos seguintes grupos: Dez acadêmicos de medicina do sexto ano da Universidade Federal do Paraná. (sorteados pelo número de matrícula e convidados a participar). Dez residentes de ortopedia do terceiro ano e dez cirurgiões de ombro do Hospital de Clínicas / Hospital do Trabalhador (não randomizados pois eram o universo total)

Todos indivíduos convidados assinaram o Termo de Concordância Livre e Esclarecido e, independente do grau de treinamento, foram instruídos no funcionamento do modelo com um vídeo de cerca de três minutos.

Todos os testes foram filmados e analisados pelos autores.

O artroscópio era inserido por um portal clássico de visualização, e um portal padrão pelo intervalo rotador pré-confecionado e colocado um *probe*. O indivíduo era orientado a tocar pontos marcados na articulação com números de forma sequencial.

A segunda atividade foi utilizar o *probe* para engatar no orifício do elástico ali montado e tracionar até a linha

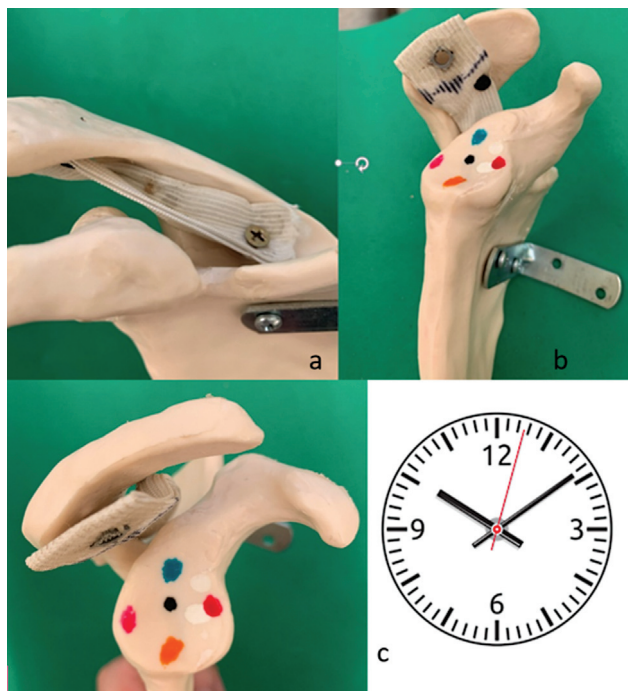


Fig. 1 (a) Fixação da fita de simulação de manguito rotador, (b) Demonstração das posições das estruturas, (c) Posicionamento dos pontos de referência da glenóide. Fonte: Autor (2021).

desenhada no elástico coincidir com o rebordo do acrômio do modelo (► Fig. 2).

O procedimento era reproduzido duas vezes por cada um dos indivíduos, sendo 600 segundos (10 minutos) o tempo limite para completar cada teste. Após o término foi solicitado a todos os participantes o preenchimento de um questionário de Likert.

Os critérios analisados foram tempo para cumprir as tarefas, contagem do número de vezes de olhares para baixo (“lookdowns”), comparação do escore de GOALS. Todos os parâmetros foram avaliados em ambos os testes tanto inter quanto intra grupos. As mensurações de tempo foram realizadas em segundos, e os parâmetros segundo o escore de GOALS foi desenvolvido com quesitos que atribuem notas 1, 3 e 5 para cada item de performance sendo cinco a nota máxima e um a mínima.^{15,16}

Adaptação do escore de GOALS

Quesito 1 - Percepção de profundidade

1. Constantemente passa do alvo, movimentos muito amplos, demora para corrigir
3. Um pouco de exagero no movimento ou perda do alvo, rápido para correção
5. Posiciona os instrumentos no plano correto para atingir o alvo

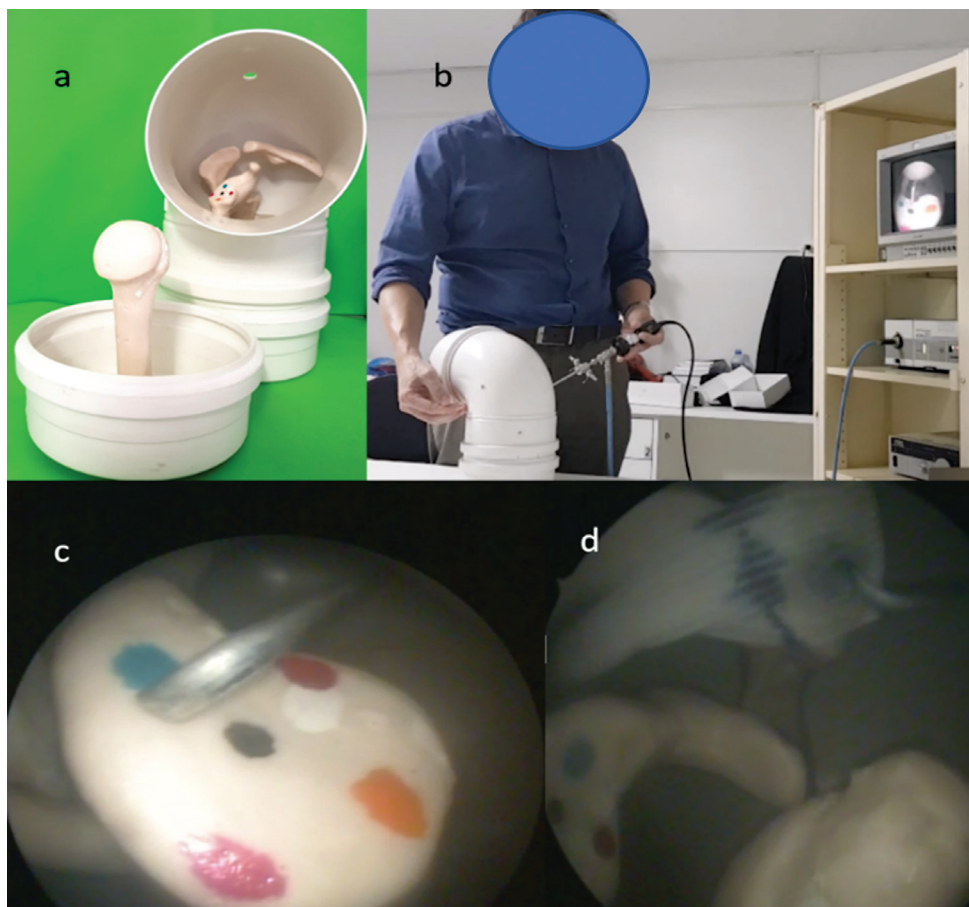


Fig. 2 Demonstração do uso do modelo (a) Modelo de treinamento em artroscopia de ombro pronto; (b) modelo em uso com artroscópio; (c) exercício de triangulação com “probe” em decúbito lateral; (d) exercício de manipulação de tecido por tração do elástico (supra espinhal) em cadeira de praia. Fonte: Autor (2021).

Utilizamos o tempo de triangulação. Até nove segundos cinco pontos, de dez a vinte segundos três pontos e mais de vinte segundos um ponto.

Quesito 2 - Dextricidade bimanual

1. Usa apenas uma mão, ignora a mão não dominante, coordenação ruim entre as mãos
3. Usa ambas mãos, mas não otimiza interação entre elas
5. Usa ambas as mãos de forma complementar, de maneira a otimizar a atividade

Utilizamos o tempo de tempo para introduzir o *probe* no orifício. Até nove segundos cinco pontos, de dez a vinte segundos, três pontos e mais de vinte segundos um ponto.

Quesito 3 - Eficiência

1. Ineficiente nos esforços: muitas tentativas de movimento; constantemente mudando foco ou persistindo sem progresso
3. Lento, mas movimentos planejados são razoavelmente organizados
5. Confiante, eficiente e seguro; mantém foco na tarefa até que se resolva

Utilizamos o número de tentativas até o *probe* ser adequadamente posicionado no orifício para tracionar o elástico. Uma tentativa cinco pontos, duas a cinco tentativas três pontos, mais de cinco tentativas um ponto.

Quesito 4 - Manipulação de tecidos

1. Movimentos grosseiros, rasga os tecidos, lesa os tecidos adjacentes, controle ruim do “grasper”, o “grasper” frequentemente solta o tecido
3. Manipula o tecido de forma razoável, pouco trauma nos tecidos adjacentes
5. Manipula bem os tecidos, aplica tração apropriada, lesão mínima aos tecidos adjacentes

Utilizamos o tempo para puxar a fita do manguito. Até cinco segundos cinco pontos, de seis a dez segundos três pontos e mais de dez segundos um ponto.

Quesito 5 - Autonomia

1. Inapto a completar a tarefa, mesmo com orientação verbal
3. Apto a completar a tarefa com moderada orientação
5. Apto a completar a tarefa sem orientação

Utilizamos a quantidade de orientações. Nenhuma orientação cinco pontos, se completou com orientações três pontos e se não completou um ponto.

Ao final dos testes, os participantes foram solicitados a preencher uma Escala de Likert (modificada para este estudo).

Todos os testes estatísticos foram realizados no programa livre R studios®.

Para a comparação entre os valores da primeira e segunda tentativas o teste de Wilcoxon foi utilizado. Na comparação pareada intergrupos foi aplicado o teste de Mann-Whitney e entre os três grupos foi utilizado teste de Kruskal-Wallis.

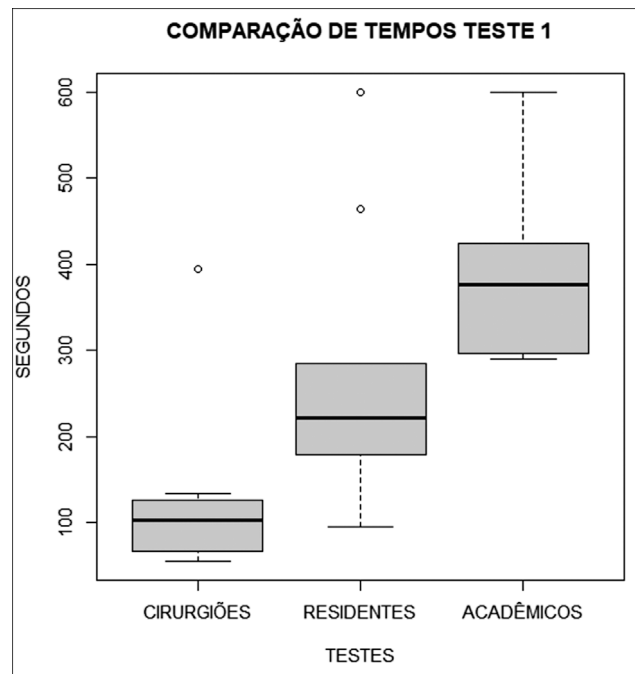


Fig. 3 Comparação tempos intergrupos primeira tentativa. Fonte: O Autor (2021).

Resultados

Do grupo de acadêmicos quatro eram do sexo masculino e seis do sexo feminino com idade média de 23,5 anos. Dos residentes nove eram do sexo masculino e 1 do sexo feminino com média de 29,3 anos. Nos cirurgiões, todos do sexo masculino com idade média de 36,1 anos.

Na comparação intergrupos, o tempo médio para o primeiro teste, no grupo de cirurgiões, foi de 102,59 segundos, contra 221 segundos no grupo de residentes e 265 segundos no grupo de alunos, demonstrando diferença estatística. Assim como quando cirurgiões e residentes, cirurgiões e alunos foram pareados, mas não entre residentes e alunos. No segundo teste, houve diferença média de 59 segundos no grupo de cirurgiões, 86 segundos no grupo de residentes e 146 segundos entre os alunos, e novamente não foi encontrada diferença estatística apenas na comparação entre o grupo de residentes e alunos (► Figs. 3 e 4).

Na comparação intragrupo, entre o primeiro e o segundo teste, o grupo cirurgiões apresentou diferença média estatisticamente significativa de 102,59 segundos para 59 segundos. No grupo de residentes, o tempo médio diminuiu de 265,9 para 184,7, mas sem diferença estatística $p=0,08$. No grupo de alunos, a diminuição do tempo foi de 376,5 no primeiro teste para 146 no segundo teste ($p=0,0039$).

Para a comparação entre os três grupos, observou-se diferença significativa no primeiro ($p=0,00037$) e no segundo teste ($p=0,0048$).

O escore GOALS no grupo de cirurgiões apresentou aumento médio de 20,2 para 22,4 do primeiro para o segundo teste ($p=0,05$); no grupo de residentes, o passou de 13,4 para 15,8 ($p=0,16$); e o grupo de alunos de 9,4 para 15,6 ($p=0,009$).

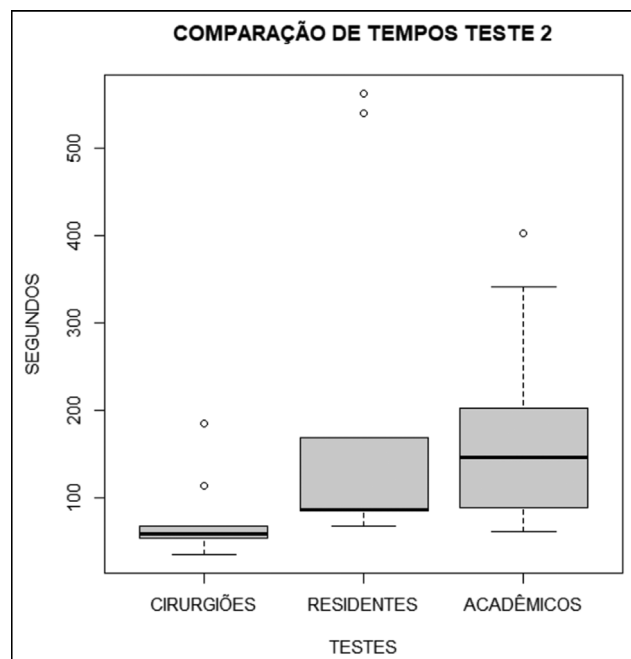


Fig. 4 Comparação tempos intergrupos segunda tentativa. Fonte: O Autor (2021).

A comparação dos escores do GOALS no primeiro teste entre cirurgiões e residentes, cirurgiões e alunos e residentes e alunos mostrou que houve diferença estatística ($p = 0,0035$, $p = 0,0002$, $p = 0,012$, respectivamente). No segundo teste, manteve-se a diferença entre cirurgiões e residentes e cirurgiões e alunos ($p = 0,011$, $p = 0,0045$). Entretanto, entre o grupo de residentes e estudantes não foi observada diferença ($p = 0,73$) (►Fig. 5).

O grupo cirurgiões apresentou uma diminuição média no número de *lookdowns* de 2,6 para 1,2 do primeiro para o segundo teste, respectivamente ($p = 0,29$). No grupo de residentes, observamos uma diminuição média de 10 *lookdowns* no primeiro teste para 4,2 no segundo teste ($p = 0,05$), e no grupo de alunos, de 8,6 para 3,6 comparando a primeira e a segunda tentativa ($p = 0,009$).

A resposta a escala de Likert foi de que o simulador era um item de utilidade tanto no treinamento dos cirurgiões quanto um item de que seria útil, e poderia substituir simuladores virtuais. O simulador apenas não foi bem aceito como um substituto adequado para treino em cadáveres (►Tabela 1).

Discussão

Para validar um dispositivo de simulação cirúrgica, um dos principais métodos é a diferenciação de proficiência, ou seja, se o mesmo modelo for testado por grupos de indivíduos com diferentes níveis de aprendizado, o desempenho deve ser diferente tal metodologia se baseia no desenho de constructo. Neste método, o modelo deve demonstrar diferença entre grupos de diferentes níveis de habilidades assim como evolução nas habilidades com a repetição de tarefas.¹⁷⁻²³ Em nossa comparação entre os três grupos, tanto o primeiro quanto o segundo teste mostraram diferença nos parâmetros, distinção que se manteve na comparação pareada dos grupos, exceto entre residentes e estudantes. Em outro estudo, um experimento utilizando um modelo laparoscópico com uma caixa de papelão e tablet montado na parte superior demonstrou que o grupo de cirurgiões foi consistentemente mais rápido do que o grupo de residentes seniores e juniores, resultados compatíveis com os nossos.²⁴

Quando comparamos o desempenho de residentes e alunos em nosso estudo, não foi observada diferença. Percebemos, no entanto, que, diferentemente do grupo de cirurgiões, o grupo de residentes apresentou grande variação nos parâmetros estudados, incluindo dois outliers com tempo muito maior, fato que pode estar relacionado ao treinamento não ser uniforme neste grupo.

Para determinar se o modelo proporciona a melhoria das habilidades, o desempenho deve melhorar com o treinamento.^{19,22,25-27} Na repetição das tarefas, o grupo de cirurgiões e o de alunos teve uma diminuição significativa no tempo. Embora o grupo de residentes tenha conseguido diminuir cerca de 70% das vezes, não houve melhora estatística ($p = 0,08$). Entretanto, um participante aumentou

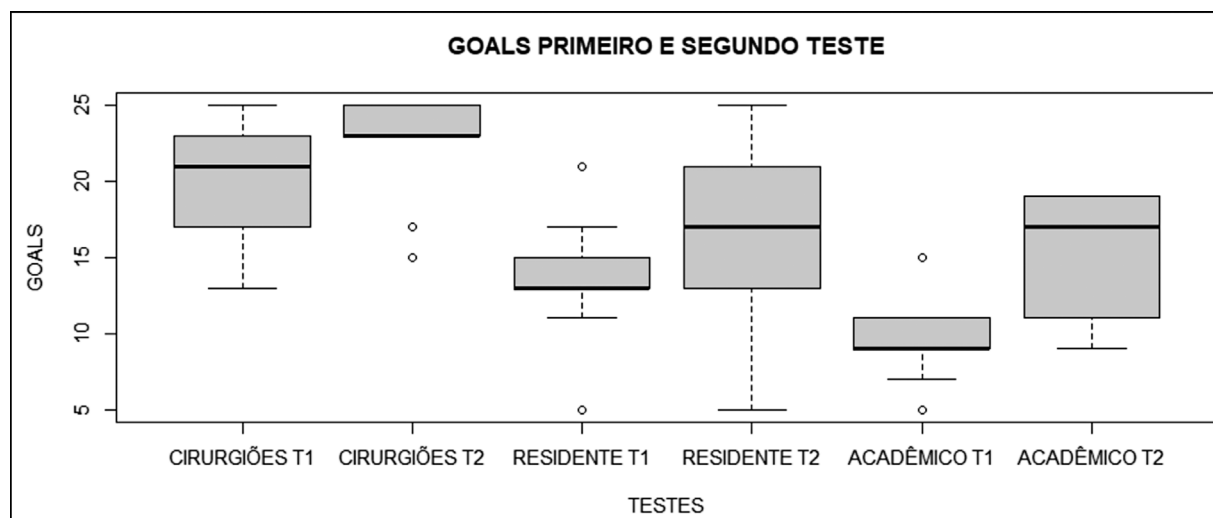


Fig. 5 Variação escore GOALS entre o primeiro e segundo teste. Fonte: O Autor (2021).

Tabela 1 Escala de Likert

	Questão	Discordo Fortemente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Fortemente
		%	%	%	%	%
CIRURGIÕES	1. O simulador tem utilidade no treinamento de cirurgiões iniciantes na área de artroscopia?				10	90
	2. O treinamento em simulador é uma atividade motivante/prazerosa?				20	80
	3. O simulador de baixo custo pode substituir um simulador virtual?			20	30	50
	4. A implementação do treinamento em simulador no programa de residência médica pode melhorar a formação em artroscopia?					100
	5. O simulador de baixo custo pode substituir o treinamento em cadáver?		30	20	40	10
Residentes	1. O simulador tem utilidade no treinamento de cirurgiões iniciantes na área de artroscopia?					100
	2. O treinamento em simulador é uma atividade motivante/prazerosa?			10	10	80
	3. O simulador de baixo custo pode substituir um simulador virtual?				40	60
	4. A implementação do treinamento em simulador no programa de residência médica pode melhorar a formação em artroscopia?					100
	5. O simulador de baixo custo pode substituir o treinamento em cadáver?	10	20	30	30	10
Acadêmicos	1. O simulador tem utilidade no treinamento de cirurgiões iniciantes na área de artroscopia?				30	70
	2. O treinamento em simulador é uma atividade motivante/prazerosa?			10	30	60
	3. O simulador de baixo custo pode substituir um simulador virtual?			30	60	10
	4. A implementação do treinamento em simulador no programa de residência médica pode melhorar a formação em artroscopia?				20	80
	5. O simulador de baixo custo pode substituir o treinamento em cadáver?		20	40	30	10

Fonte: O Autor (2021).

o tempo em quatro vezes, caracterizamos esse indivíduo como outlier e removendo este resultado houve diferença. Esta melhora no desempenho demonstra que o simulador pode ter a capacidade de melhorar as habilidades artroscópicas.

Em um estudo de validação semelhante ao nosso, mas com modelo de caixa, foram avaliados cirurgiões, residentes e estudantes realizando procedimentos seis vezes e o progresso no tempo foi analisado. Os residentes e alunos foram, respectivamente, 56% e 127% mais lentos que os cirurgiões para concluir as tarefas propostas, e mantendo essa diferença até o último teste, corroborando o presente estudo.²²

Ao analisar a evolução do tempo para realização das tarefas, o grupo de cirurgiões teve uma melhora de 44%, residentes 39% e alunos 45% sendo significativo para todos os grupos, achados consistentes com os nossos, mas que diferiram no grupo de residentes, fato que pode ter ocorrido devido ao nível de treinamento irregular entre nossos residentes, conforme já mencionado.²²

Para uma avaliação mais objetiva dos resultados, optou-se por utilizar o escore GOALS, que, apesar de ter sido criado para avaliação de cirurgias laparoscópicas,¹⁸ já havia sido utilizado na avaliação de um simulador de artroscopia de ombro e um modelo de treinamento em flavectomia

endoscópica.^{15,28} Para ser o mais objetivo possível, criamos uma escala de tempo ou número de tentativas para realizar tarefas específicas e a correlacionamos com cada item do escore GOALS e na comparação intergrupos observamos diferença entre todos os grupos no primeiro teste. Os mesmos resultados foram observados no segundo teste comparando cirurgiões e residentes, mas não residentes e estudantes.

No estudo de flavectomia endoscópica já citado, comparando cirurgiões e estudantes com o escore de GOALS, demonstrou diferenças entre os grupos, corroborando os achados deste estudo.²⁸ Em um modelo de joelho, semelhante ao nosso e utilizando o escore ASSET, estudantes e cirurgiões foram comparados e mostraram diferença estatística, confirmando novamente a hipótese de que o construto permite a diferenciação entre indivíduos com diferentes níveis de experiência.¹³ Para o ombro encontramos um único estudo que utilizou o escore GOALS que avaliou estudantes de medicina do primeiro ano e sua evolução com o uso do dispositivo e os autores apresentaram melhora significativa como em nosso estudo.¹⁵

Outro parâmetro visual objetivo adotado foi o número de lookdowns.^{29,30} No grupo de cirurgiões, houve apenas uma pequena diferença de 2,6 a 1,2 ($p=0,29$) na evolução do primeiro para o segundo teste, que pode ser explicado pelo fato de os sujeitos já estarem acostumados a realizar cirurgias artroscópicas, diferente dos grupos de residentes que apresentou uma diminuição média de 10 lookdowns do primeiro teste para 4,2 no segundo ($p=0,05$) e no grupo de alunos, de 8,6 para 3,6 do ($p=0,009$). Na validação de um simulador de joelho, os autores encontraram uma média de 47 lookdowns no grupo de estudantes, contra 16,9 no grupo de cirurgiões, maior proporção e diferença em relação ao presente estudo. Por se tratar de uma proposta semelhante, a discrepância nas observações pode ser explicada por ser apenas um teste por indivíduo, sem chance de aprendizado no grupo de alunos e o procedimento mais complexo de menissectomia, que pode justificar o maior número de olhares dos cirurgiões.³⁰

Um ponto fundamental para que um simulador funcione bem é o nível de aceitação por parte de quem vai utilizar.³¹ Utilizamos a escala Likert, e os participantes foram unânimes em afirmar que o simulador é útil na formação de cirurgiões e também que foi uma atividade agradável. Resultado semelhante no estudo da flavectomia e no modelo de.^{28,30} Avaliando modelo de caixa para artroscopia os autores observaram que 90% dos participantes inexperientes concordaram. No entanto, no grupo, apenas 58% dos indivíduos acharam válido. O modelo utilizado por esses autores não era um anatômico, mas uma caixa com furos, e as tarefas não eram correlacionadas a cirurgias. Assim, apesar de melhorar a coordenação motora para atividades sem visão direta, provavelmente não transmitiu a sensação de estar com um paciente real.²¹

O item com maior discordância foi se o simulador poderia substituir o treinamento em cadáveres com, 30% de discordância entre os cirurgiões e residentes, enquanto 20% dos estudantes discordaram, correspondendo aos achados de outros autores.^{28,30} O cadáver continua sendo o padrão-ouro para simulação, proporcionando anatomia idêntica,

sensação tátil semelhante, limitada apenas pela falta de sangramento e contração muscular ativa.

Concordamos com McDougal¹⁹ que diz que a simulação cirúrgica não substituirá a necessidade de aprendizagem curricular habitual, com tutores e experiência prática, mas que deve permitir a obtenção de habilidades básicas, deixando a interação com os pacientes para melhorar essas habilidades.

O presente estudo apresenta limitações, o número de cirurgiões e residentes treinados foi limitado pelo número de indivíduos disponíveis na instituição. A validade não foi comparada com outro tipo de simulador já estabelecido, e não avaliamos se as habilidades adquiridas podem ser transplantadas para uma situação real de cirurgia. O simulador foi criado o mais semelhante possível a um ombro, porém, a falta de tecidos moles e sangramento o torna menos confiável. Futuramente, a impressão tridimensional utilizando materiais com diferentes texturas poderá ser utilizada para melhor reproduzir um ambiente cirúrgico real.

Conclusões

Este estudo concluiu que o simulador desenvolvido permitiu a diferenciação entre indivíduos com diferentes níveis de treinamento em cirurgia artroscópica. Permitiu que os participantes aprimorassem suas habilidades dos indivíduos à medida que repetiam as tarefas propostas. Todos os participantes consideraram o simulador uma ferramenta útil no treinamento de cirurgia artroscópica do ombro.

Suporte Financeiro

Não foi recebida qualquer fonte de financiamento suscetível de influenciar os resultados.

Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- 1 Bridges M, Diamond DL. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg* 1999;177(01):28–32
- 2 Scott DJ, Bergen PC, Rege RV, et al. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg* 2000;191(03):272–283
- 3 Vincent C, Moorthy K, Sarker SK, Chang A, Darzi AW. Systems approaches to surgical quality and safety: from concept to measurement. *Ann Surg* 2004;239(04):475–482
- 4 Fried GM, Feldman LS, Vassiliou MC, et al. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. *Ann Surg* 2004;240(03):518–525, discussion 525–528
- 5 Canbeyli İD, Çırpar M, Oktaş B, Keskinçilic Sİ Comparison of bench-top simulation versus traditional training models in diagnostic arthroscopic skills training. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi* 2018; 29(03):130–138
- 6 Scott DJ, Dunnington GL. The new ACS/APDS Skills Curriculum: moving the learning curve out of the operating room. *J Gastrointest Surg* 2008;12(02):213–221
- 7 Pedowitz RA, Esch J, Snyder S. Evaluation of a virtual reality simulator for arthroscopy skills development. *Arthroscopy* 2002; 18(06):E29
- 8 Aslam A, Nason GJ, Giri SK. Homemade laparoscopic surgical simulator: a cost-effective solution to the challenge of acquiring laparoscopic skills? *Ir J Med Sci* 2016;185(04):791–796

- 9 Anastakis DJ, Regehr G, Reznick RK, et al. Assessment of technical skills transfer from the bench training model to the human model. *Am J Surg* 1999;177(02):167–170
- 10 Arealis G, Holton J, Rodrigues JB, et al. How to Build Your Simple and Cost-effective Arthroscopic Skills Simulator. *Arthrosc Tech* 2016;5(05):e1039–e1047
- 11 Travassos TDC, Schneider-Monteiro ED, Santos AMD, Reis LO. Homemade laparoscopic simulator. *Acta Cir Bras* 2019;34(10):e201901006
- 12 Nunes CP, Kulcheski AL, Almeida PA, Stieven Filho E, Graells XS. Creation of a lo-cost endoscopic flavectomy training model. *Coluna/Columna* 2020;19(03):223–227
- 13 Milcent PAA, Coelho ARR, Rosa SP, et al. Um simulador de artroscopia de joelho acessível. *Rev Bras Educ Med* 2020;44(01):e038
- 14 Dau L, Almeida PA, Milcent PAA, Rosa FM, Kulcheski AL, Stieven Filho E. Artroscopia do ombro – Criação de um modelo de treinamento acessível. *Rev Bras Ortop* 2022;57(04):702–708
- 15 Henn RF III, Shah N, Warner JJ, Gomoll AH. Shoulder arthroscopy simulator training improves shoulder arthroscopy performance in a cadaveric model. *Arthroscopy* 2013;29(06):982–985
- 16 Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. *Am J Surg* 2005;190(01):107–113
- 17 Atesok K, Mabrey JD, Jazrawi LM, Egol KA. Surgical simulation in orthopaedic skills training. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20(07):410–422
- 18 Carter FJ, Schijven MP, Aggarwal R, et al; Work Group for Evaluation and Implementation of Simulators and Skills Training Programmes. Consensus guidelines for validation of virtual reality surgical simulators. *Surg Endosc* 2005;19(12):1523–1532
- 19 McDougall EM. Validation of surgical simulators. *J Endourol* 2007;21(03):244–247
- 20 Braman JP, Sweet RM, Hananel DM, Ludewig PM, Van Heest AE. Development and validation of a basic arthroscopy skills simulator. *Arthroscopy* 2015;31(01):104–112
- 21 Bouaicha S, Jentzsch T, Scheurer F, Rahm S. Validation of an Arthroscopic Training Device. *Arthroscopy* 2017;33(03):651–658.e1
- 22 Colaco HB, Hughes K, Pearse E, Arnander M, Tennent D. Construct Validity, Assessment of the Learning Curve, and Experience of Using a Low-Cost Arthroscopic Surgical Simulator. *J Surg Educ* 2017;74(01):47–54
- 23 Lopez G, Martin DF, Wright R, et al. Construct Validity for a Cost-effective Arthroscopic Surgery Simulator for Resident Education. *J Am Acad Orthop Surg* 2016;24(12):886–894
- 24 Ruparel RK, Brahmabhatt RD, Dove JC, et al. “iTrainers”–novel and inexpensive alternatives to traditional laparoscopic box trainers. *Urology* 2014;83(01):116–120
- 25 Rosenthal R, Gantert WA, Scheidegger D, Oertli D. Can skills assessment on a virtual reality trainer predict a surgical trainee's talent in laparoscopic surgery? *Surg Endosc* 2006;20(08):1286–1290
- 26 Gomoll AH, O'Toole RV, Czarnecki J, Warner JJ. Surgical experience correlates with performance on a virtual reality simulator for shoulder arthroscopy. *Am J Sports Med* 2007;35(06):883–888
- 27 Dal Molin FF, Mothes FC, Feder MG. Effectiveness of the videoarthroscopy learning process in synthetic shoulder models. *Rev Bras Ortop* 2015;47(01):83–91
- 28 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
- 29 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
- 30 Milcent PAA, Kulcheski AL, Rosa FM, Dau L, Stieven Filho E. Construct validity and experience of using a low-cost arthroscopic knee surgery simulator. *J Surg Educ* 2021;78(01):292–301
- 31 Tuijthof GJ, Visser P, Sierevelt IN, Van Dijk CN, Kerkhoffs GM. Does perception of usefulness of arthroscopic simulators differ with levels of experience? *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(06):1701–1708