

# Curvas de Aprendizagem e Simulação no Ensino das Ciências da Saúde

## *Learning Curves and Simulation in Health Sciences Education*

Bruno M. Silva<sup>1\*</sup>, Pedro Garcia<sup>2</sup>

\*Autor Correspondente/Corresponding Author:

Bruno Miguel Silva [miguelsilvamed@gmail.com]

Rua Conselheiro José Silvestre Ribeiro N° 4, 1600-431 Lisboa, Portugal

ORCID iD: 0000-0001-6154-8019

### RESUMO

O treino por simulação tem vindo a ser implementado no ensino das Ciências da Saúde, em resposta a limitações da prática clínica. Através do treino e ensino por simulação é possível criar um ambiente de aprendizagem seguro, onde as condições do modelo da prática deliberada podem ser implementadas. Porém, existem vários desafios associados à emergência destes recursos pedagógicos que necessitam de resposta, como a definição das melhores estratégias para sua integração curricular, a otimização da gestão de recursos e tempo de treino e métodos para avaliação destas novas técnicas.

As curvas de aprendizagem são representações da relação entre o treino e o nível de desempenho que permitem a inspeção longitudinal do processo de aprendizagem.

Este artigo pretende rever o conceito de curvas de aprendizagem e descrever potenciais benefícios da sua utilização no ensino e treino dos profissionais de saúde e na simulação biomédica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curva de Aprendizagem; Educação Médica; Simulação por Computador; Treino por Simulação

### ABSTRACT

Simulation has been implemented in Health Sciences education in response to limitations of daily clinical practice. Through simulation it is possible to create a safe learning environment, where the conditions of the deliberate practice model can be implemented. However, there are several challenges associated with the emergence of these teaching resources that should be addressed, such as the best strategies for the curricular integration of simulation programmes, the optimization of resources and training time, and methods to evaluate new practices.

Learning curves are representations of the relationship between training and the performance level, which allows the longitudinal inspection of the learning process.

This article aims to review the concept of learning curves and describe potential benefits of its use in Health Sciences education and biomedical simulation.

**KEYWORDS:** Computer Simulation; Education, Medical; Learning Curve; Simulation Training

1. Centro Hospitalar Universitário Lisboa Norte, EPE (CHLN), Lisboa, Portugal. NOVA Medical School | Faculdade de Ciências Médicas da Universidade NOVA de Lisboa, Lisboa, Portugal. 2. Unidade de Cuidados Intensivos Neonatais, Hospital Dona Estefânia, Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisboa, Portugal. NOVA Medical School | Faculdade de Ciências Médicas da Universidade NOVA de Lisboa, Centro de Simulação Materno-Infantil, Lisboa, Portugal. Centro de Simulação | CUF Academic Center, Lisboa, Portugal.

Recebido/Received: 23/07/2021 - Aceite/Accepted: 25/03/2022 - Publicado online/Published online: 24/05/2022 - Publicado/Published: 30/06/2022

© Autor (es) (ou seu (s) empregador (es)) e Gazeta Médica 2022. Reutilização permitida de acordo com CC BY-NC. Nenhuma reutilização comercial. © Author(s) (or their employer(s)) and Gazeta Médica 2022. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use.

## INTRODUÇÃO

Empiricamente, observa-se que a prática contínua, sistematizada e repetitiva de uma determinada tarefa permite o seu aperfeiçoamento. Esta é a base do modelo de otimização de *performance* denominado de Prática Deliberada. Este método descrito por Ericsson assenta na existência de quatro componentes: (1) motivação para aprender, (2) objetivos bem definidos, (3) oportunidades de treino por repetição e (4) *feedback* construtivo e imediato.<sup>1</sup>

A prática clínica diária raramente proporciona momentos em que estão reunidas todas as condições descritas por Ericsson. Nas Ciências da Saúde, o treino e ensino por simulação responde a essa limitação, criando um ambiente de aprendizagem onde determinadas condições clínicas podem ser reproduzidas com um grau de fidelidade variável e adaptado às necessidades de aprendizagem, o treino por repetição é possível e o *feedback* pode ser imediatamente fornecido, com a vantagem adicional de se tratar de um ambiente seguro, livre dos riscos associados ao verdadeiro ambiente clínico.<sup>2</sup> Vários estudos descreveram o treino e ensino por simulação como um método eficaz de aprendizagem e otimização da *performance* na execução de técnicas e procedimentos, como a colocação de acessos venosos centrais, toracotomia, punção lombar, ecografia e cirurgia laparoscópica, bem como em competências não-técnicas, como a liderança e comunicação.<sup>3-8</sup> Porém, as estratégias e o tempo de contacto necessários para atingir determina-

do nível de desempenho variam e nem sempre ocorre transferência do conhecimento para a prática clínica. É necessário adequar as metodologias de ensino aos objetivos educacionais e, por vezes, a simulação pode não representar a melhor escolha. A utilização de medidas objetivas que demonstrem o valor de um programa de simulação dirigido a determinado objetivo é essencial.

As curvas de aprendizagem são representações da relação entre o treino e o nível de desempenho que permitem a inspeção longitudinal do processo de aprendizagem.<sup>9</sup> Este artigo pretende rever o conceito de curvas de aprendizagem e descrever potenciais benefícios da sua utilização no ensino e treino dos profissionais de saúde.

## CURVAS DE APRENDIZAGEM

Wright, um engenheiro aeronáutico, aplicou o conceito de curva de aprendizagem à construção de aeronaves, tendo observado que a quantidade de recursos e tempo necessários para a sua construção diminuía em função do número de aeronaves construídas e atribuiu este fenómeno à aquisição de experiência (aprendizagem) da equipa.<sup>10</sup> Este conceito foi mais tarde aplicado a outras ciências, incluindo as Ciências da Saúde. Nas áreas cirúrgicas, o conceito de curva de aprendizagem tem particular importância devido à necessidade contínua de avaliar novas tecnologias e técnicas.<sup>11</sup> Muitos dos conceitos utilizados podem ser adaptados para o ensino e treino por simulação.

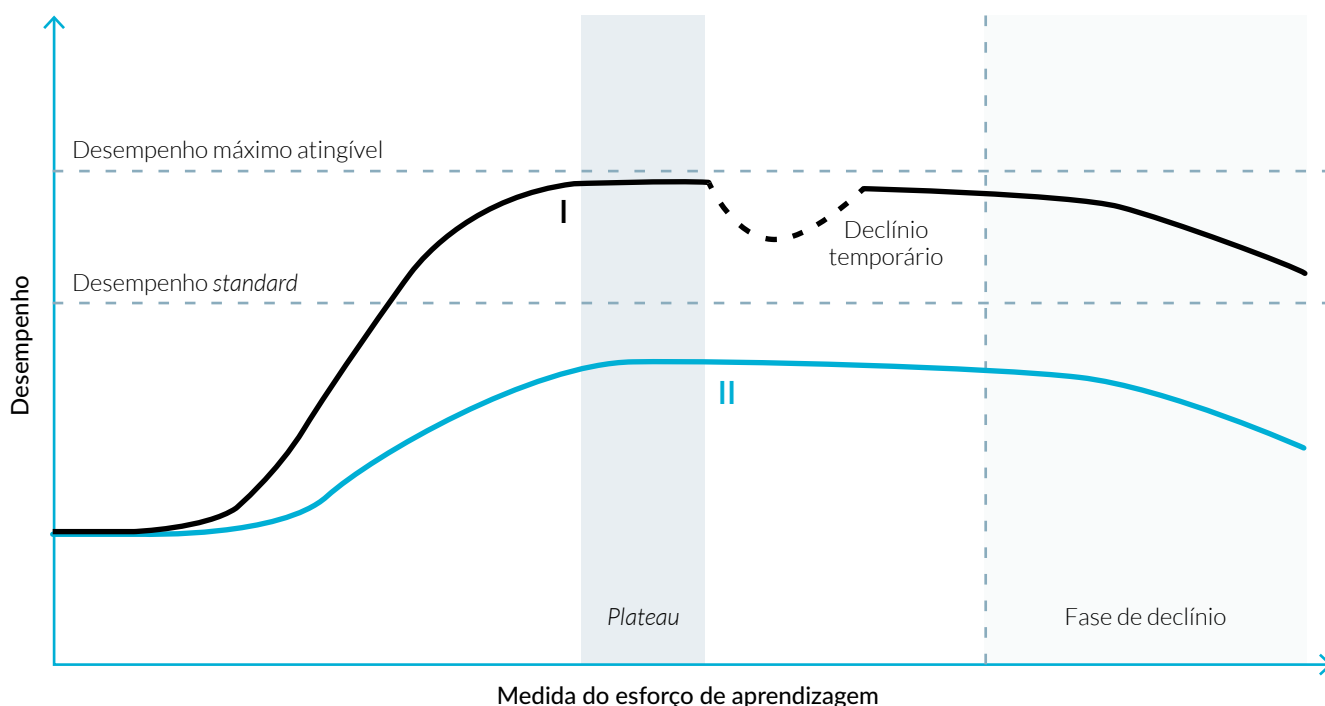


FIGURA 1. Exemplos de curvas de aprendizagem.

Enquanto representações gráficas da relação entre o nível de desempenho e uma medida do esforço de aprendizagem, as curvas de aprendizagem são normalmente desenhadas em função do número de repetições ou do tempo consumido no treino. Embora a aprendizagem seja uma função complexa, classicamente, é representada por uma curva sigmoide, o que traduz a não linearidade da relação.<sup>11</sup> A taxa de aprendizagem é dada pelo declive da curva e varia ao longo do processo de treino.<sup>9</sup>

O nível de desempenho basal pode não ser nulo porque a experiência anterior do indivíduo poderá permitir, nalguns casos, o correto desempenho da tarefa em análise.<sup>12</sup> Por isso, de forma a permitir a comparação futura com outras curvas de aprendizagem, é fundamental avaliar e descrever a experiência prévia dos indivíduos cujo desempenho está a ser avaliado, devendo isso refletir-se na representação do eixo do desempenho e na posterior análise da curva de aprendizagem. A curva I da Fig. 1 representa um exemplo de um processo de aprendizagem através da prática deliberada, em condições ideais. Normalmente, este processo inicia-se com uma fase de aprendizagem lenta, que corresponde à aquisição de conhecimento sobre os elementos básicos necessários ao desempenho correto da tarefa em análise.<sup>13</sup> Segue-se uma fase de aumento rápido do nível de desempenho, onde a taxa de aprendizagem é máxima. Essa taxa eventualmente abranda, porque alguns elementos necessários para a aquisição de proficiência na tarefa em análise exigem um maior número de repetições ou exigem experiência em casos pouco frequentes.<sup>13</sup> Por último, a curva forma um planalto, e aproxima-se do nível de desempenho máximo atingível - '*expert plateau*'.<sup>13</sup>

É importante notar que a existência de um *plateau* nem sempre é sinónimo de que o indivíduo atingiu o nível de desempenho máximo atingível, conforme representado pela curva II da Fig. 1. A existência de um *plateau* apenas indica que a partir de determinado esforço, a taxa de aprendizagem é reduzida ou nula. Nos casos em que isto se verifica, pode ser necessário utilizar estratégias de ensino e treino alternativas ou complementares.

É igualmente importante considerar que atingir o desempenho máximo atingível poderá não corresponder à aquisição de competência, uma vez que este conceito integra vários domínios e não se centra apenas no desempenho técnico.<sup>14</sup> Em vez disso, determinado nível de desempenho poderá ser considerado o critério mínimo para a execução do procedimento na vida real e, paralelamente, o desenvolvimento dos restantes domínios deve ser estimulado e avaliado, de forma a promover a melhoria e aperfeiçoamento da competência.

Por vezes, pode existir um declínio temporário do desempenho após o atingimento do *expert plateau*, por exemplo, porque o indivíduo se dedica à resolução de casos mais difíceis.<sup>15</sup>

Algumas tarefas são tão bem sistematizadas durante a formação, ou tão frequentemente aplicadas durante a prática clínica, que o desempenho não se irá alterar ao longo do tempo. Outras, em especial quando o nível de complexidade é elevado ou a aplicação clínica não é frequente, irão sofrer um declínio do desempenho.<sup>16</sup> Este declínio ocorre após algum tempo e uma estratégia para ultrapassar esta limitação é o desenvolvimento de programas formativos de atualização, com novas oportunidades de treino. Contudo, parte do fenómeno de declínio do desempenho pode também dever-se a alterações fisiológicas associadas ao envelhecimento, por diminuição das capacidades motoras e cognitivas.<sup>17</sup> O estudo deste padrão de declínio pode conduzir à criação de programas de treino adaptados ou à adoção de outras estratégias que assegurem a segurança dos doentes e a qualidade dos cuidados prestados.

## VARIÁVEIS, CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE CURVAS DE APRENDIZAGEM

A construção de curvas de aprendizagem requer a identificação de: (1) uma medida do desempenho ou aprendizagem (eixo vertical), (2) uma medida do esforço de aprendizagem (eixo horizontal) e (3) uma função que as relacione.<sup>13</sup>

No momento de seleção das variáveis deve ter-se especial atenção à validade das mesmas, que deve ser tratada como uma hipótese e baseada em evidência.<sup>18</sup>

Na prática clínica, existem dois principais tipos de medida de desempenho: medidas do processo e medidas de resultado.<sup>19</sup>

As medidas de processo incluem variáveis como o sucesso da intervenção, o tempo necessário para completar a tarefa ou a confiança do indivíduo. As medidas de resultado incluem variáveis como a existência de complicações ou a mortalidade.<sup>15</sup> Nos estudos sobre ensino e treino por simulação, as medidas de processo são as mais utilizadas e referem-se ao momento do treino, sendo mais fáceis de medir. Porém, há um crescente interesse na avaliação do impacto do ensino e treino por simulação nos indicadores da prática clínica, onde a utilização de medidas de resultado poderá ser de interesse. Idealmente, a construção, análise e aplicabilidade prática das curvas de aprendizagem deverão, sempre que possível, considerar uma combinação de medidas de resultado e de processo.

As medidas de desempenho devem ser apropriadas para o procedimento ou técnica em análise. Por exemplo, numa técnica com muito baixo risco, a mortalidade não é o melhor indicador de desempenho. A avaliação da morbidade ou da satisfação do doente são alternativas possíveis.<sup>15</sup>

A medida do esforço de aprendizagem, geralmente, corresponde ao número de repetições da tarefa em análise ou a uma medida de tempo.<sup>13</sup> Na construção de curvas de aprendizagem, se escolhida uma medida de tempo, esta deve refletir de forma precisa o tempo aplicado no treino e não um intervalo vago, como a duração total de um programa de formação que inclui momentos pontuais de treino. Por outro lado, intervalos de tempo podem ser úteis na avaliação do declínio do desempenho.

Uma das principais limitações dos estudos com curvas de aprendizagem é a discrepância de definições da mesma variável, cuja descrição nem sempre é detalhada.<sup>19</sup> Por exemplo, dois estudos podem contabilizar o tempo total de uma tarefa ou definir o sucesso da intervenção de forma diferente. Estas diferenças dificultam a comparação de curvas de aprendizagem entre estudos e comprometem potenciais conclusões. É fundamental definir detalhadamente as variáveis em uso, de forma a assegurar a sua reprodutibilidade e comparação futura.

Em simulação, os cenários e o ambiente são controlados, o que permite minimizar alguns fatores de confundimento presentes nos estudos de curvas de aprendizagem em contexto de prática clínica, como a diferente complexidade dos casos abordados (*case mix*) ou fatores organizacionais.<sup>19</sup> Porém, outros ainda devem ser tidos em conta, como a experiência prévia, a motivação ou os estados emocionais.

As variáveis de ambos os eixos relacionam-se através de uma função matemática. A escolha de uma função é feita através do teste de “funções-modelo”, em *software* estatístico, de forma a encontrar a que melhor se ajusta à curva.<sup>20</sup>

Porém, a simples análise descritiva da curva já fornece informações importantes sobre o processo de aprendizagem e permite ajustes nas estratégias de aprendizagem.

As curvas de aprendizagem podem representar o processo de treino de um indivíduo ou de um grupo de indivíduos. As curvas de grupo podem permitir inferir dados importantes para o desenho de programas de formação, como o nível de desempenho basal médio ou o número médio de repetições necessárias para atingir o ‘*expert plateau*’.<sup>13</sup>

## RELEVÂNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA SAÚDE

A otimização dos currículos da formação pré-graduada dos cursos de Saúde e a integração do ensino por simulação é desafiante. Por permitirem a inspeção longitudinal do processo de aprendizagem, o estudo e comparação de curvas de aprendizagem referentes a diferentes estratégias de ensino podem permitir a otimização das metodologias implementadas nos diferentes programas de formação em Ciências da Saúde, o que poderá contribuir para a melhoria da qualidade e segurança dos cuidados prestados pelos futuros profissionais de saúde.

A análise de curvas de aprendizagem pode permitir adequar os recursos e tempo alocados ao treino de determinadas competências. Estas são, geralmente, grandes limitações à integração do ensino e treino por simulação de forma mais alargada no ensino pré-graduado. O estudo das curvas de aprendizagem poderá esclarecer dúvidas quanto ao tempo a alocar ao tempo de treino necessário por estudante ou revelar a necessidade de introduzir outras estratégias, como “ginásios de simulação”, onde o estudante pode procurar aperfeiçoar determinada competência no seu tempo livre.<sup>21</sup>

Outro potencial benefício da utilização das curvas de aprendizagem é a validação de novas tecnologias enquanto ferramentas de ensino. Os simuladores disponíveis são cada vez mais variados e complexos e a sua aquisição representa uma despesa considerável para as instituições que oferecem ensino e treino por simulação. O estudo das curvas de aprendizagem poderá ajudar as instituições a escolher as melhores ferramentas, por exemplo, através da comparação de curvas de aprendizagem obtidas utilizando duas soluções educacionais diferentes dedicadas à mesma finalidade. Por outro lado, pode também ajudar a dirigir os esforços de investigação e inovação da indústria da simulação, através da melhor caracterização da variação do desempenho dos formandos face a novas funcionalidades desenvolvidas ou à alteração de características de soluções previamente desenvolvidas, o que pode ter interesse pedagógico e económico.

A nível do processo de aprendizagem individual, quando estudadas para uma determinada competência ou procedimento, as curvas de aprendizagem podem permitir a análise da adequação das estratégias de aprendizagem, podendo ajudar a prever quais os indivíduos que não irão atingir os objetivos e permitir a introdução de estratégias de ensino complementares. Podem ainda constituir uma fonte adicional de *feedback*, funcionando como instrumento de auto-monitorização.<sup>22</sup>

A nível da formação contínua dos profissionais de saúde e no acompanhamento da evolução da tecnologia, as curvas de aprendizagem podem ser utilizadas para a monitorização dos níveis de desempenho e estudo de padrões de declínio. A identificação e caracterização destes padrões poderá permitir desenhar programas formativos de atualização e definir a sua periodicidade ou o desenvolvimento de outras estratégias que visem manter a segurança e qualidade dos cuidados prestados.

Independentemente da finalidade, para que possam ser retiradas conclusões válidas, é fundamental planear cuidadosamente a implementação de estudos de curvas de aprendizagem e considerar a sua própria relação de custo-benefício nos diferentes contextos de aprendizagem.

## CONCLUSÃO

A saúde e a educação de profissionais de saúde partilham vários desafios, entre os quais, a contingência de recursos e exigência crescente na vertente da qualidade. A definição das melhores estratégias pedagógicas requer a navegação pelas opções disponíveis, através de um processo eficaz de tomada de decisão, preferencialmente, baseado em dados objetivos.

As curvas de aprendizagem, enquanto representações objetivas da relação entre o treino e o nível de desempenho, poderão desempenhar um papel importante na otimização da formação em Saúde e, em particular, na adoção do ensino por simulação. Contudo, a produção de evidência com recurso a estas ferramentas ainda é limitada.

A análise da relação de custo-benefício da implementação destes estudos deve ser considerada e novos estudos devem ser cuidadosamente planeados e executados.

## CONTRIBUIÇÃO AUTURAL/ AUTHORS CONTRIBUTION

**BMS e PG:** Pesquisa e análise de artigos científicos, preparação e revisão crítica do manuscrito, aprovação final do artigo

**BMS and PG:** Research and analysis of scientific articles, preparation and critical review of the manuscript, final approval of the article

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**CONFLITOS DE INTERESSE:** Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

**SUPORTE FINANCEIRO:** O presente trabalho não foi su-

portado por nenhum subsídio ou bolsa.

**PROVENIÊNCIA E REVISÃO POR PARES:** Não comissionado; revisão externa por pares.

## ETHICAL DISCLOSURES

**CONFLICTS OF INTEREST:** The authors have no conflicts of interest to declare.

**FINANCIAL SUPPORT:** This work has not received any contribution grant or scholarship.

**PROVENANCE AND PEER REVIEW:** Not commissioned; externally peer reviewed.

## REFERÊNCIAS

1. Anders Ericsson, K. Deliberate Practice and Acquisition of Expert Performance: A General Overview. *Acad Emerg Med.* 2008;15:988-94. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x.
2. Barry Issenberg S, McGaghie W, Petrusa E, Lee Gordon D, Scalese R. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach.* 2005;27:10-28. doi: 10.1080/01421590500046924.
3. Barsuk J, McGaghie W, Cohen E, Balachandran J, Wayne D. Use of simulation-based mastery learning to improve the quality of central venous catheter placement in a medical intensive care unit. *J Hosp Med.* 2009;4:397-403. doi: 10.1002/jhm.468.
4. Wayne D, Barsuk J, O'Leary K, Fudala M, McGaghie W. Mastery learning of thoracentesis skills by internal medicine residents using simulation technology and deliberate practice. *J Hosp Med.* 2008;3:48-54. doi: 10.1002/jhm.268.
5. Kessler D, Auerbach M, Pusic, M, Tunik M, Foltin J. A Randomized Trial of Simulation-Based Deliberate Practice for Infant Lumbar Puncture Skills. *Simul Healthc.* 2011;6:197-203. doi: 10.1097/SIH.0b013e318216bfc1.
6. Hayward M, Chan T, Healey A. Dedicated time for deliberate practice: one emergency medicine program's approach to point-of-care ultrasound (PoCUS) training. *CJEM.* 2015;17:558-61. doi: 10.1017/cem.2015.24.
7. Hashimoto D, Sirimanna P, Gomez E, Beyer-Berjot L, Ericsson K, Williams N, Darzi A, et al. Deliberate practice enhances quality of laparoscopic surgical performance in a randomized controlled trial: from arrested development to expert performance. *Surg Endosc.* 2014;29:3154-62. doi: 10.1007/s00464-014-4042-4.
8. Burden A, Pukenas E, Deal E, Coursin D, Dodson G, Staman G, et al. Using Simulation Education with Deliberate Practice to Teach Leadership and Resource Management Skills to Senior Resident Code Leaders. *J Grad Med Educ.* 2014;6:463-9. doi: 10.4300/JGME-D-13-00271.1.
9. Thurstone LL. The learning curve equation. *Psychol Rev.* 1919;34:278-86.
10. Wright T. Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the Aeronautical Sciences.* 1936;3:122-8. doi: 10.2514/8.155.
11. Sarpong N, Herndon C, Held M, Neuwirth A, Hickernell T, Geller J, et al. What Is the Learning Curve for New Technologies in Total Joint Arthroplasty? A Review. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020;13:675-9. doi: 10.1007/s12178-020-09671-7.
12. Pusic M, Pecaric M, Boutis K. How Much Practice Is Enough?

- Using Learning Curves to Assess the Deliberate Practice of Radiograph Interpretation. *Acad Med.* 2011;86:731-6. doi: 10.1097/ACM.0b013e3182178c3c.
13. Pusic M, Boutis K, Hatala R, Cook DA. Learning Curves in Health Professions Education. *Acad Med.* 2015;90:1034-42. doi: 10.1097/acm.0000000000000681.
14. Swing SR. The ACGME outcome project: retrospective and prospective. *Med Teach.* 2007;29:648-54. doi: 10.1080/01421590701392903.
15. Hopper A, Jamison M, Lewis W. Learning curves in surgical practice. *Postgrad Med J.* 2007;83:777-9. doi: 10.1136/pgmj.2007.057190.
16. Pusic M, Kessler D, Szyld D, Kalet A, Pecaric M, Boutis K. Experience Curves as an Organizing Framework for Deliberate Practice in Emergency Medicine Learning. *Acad Emerg Med.* 2012;19:1476-80. doi: 10.1111/acem.12043.
17. Hedden T, Gabrieli J. Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nat Rev Neurosci.* 2004;5:87-96. doi: 10.1038/nrn1323.
18. Downing SM. Validity: on the meaningful interpretation of assessment data. *Medical Education.* 2003;37:830-7. doi: 10.1046/j.1365-2923.2003.01594.x.
19. Khan N, Abboudi H, Khan MS, Dasgupta P, Ahmed K. Measuring the surgical "learning curve": methods, variables and competency. *BJU Int.* 2013;113:504-8. doi: 10.1111/bju.12197.
20. Ramsay CR, Grant AM, Wallace SA, Garthwaite PH, Monk AF, Russell IT. Statistical assessment of the learning curves of health technologies. *Health Technol Assess.* 2001;5:1-79. doi: 10.3310/hta5120. PMID: 11319991.
21. Gordon JA, Pawlowski, J. Education On-demand. *Acad Med.* 2002;77:751-2. doi: 10.1097/00001888-200207000-00042.
22. Brydges R, Butler D. A reflective analysis of medical education research on self-regulation in learning and practice. *Medical Education.* 2011;46:71-9. doi: 10.1111/j.1365-2923.2011.04100.x.