



Revista Colombiana de Anestesiología

Colombian Journal of Anesthesiology

www.revcolanest.com.co



Investigación científica y tecnológica

Efecto del Aula Invertida Extendida a simulación clínica para la resucitación del paciente traumatizado: estudio piloto de las percepciones estudiantiles sobre el aprendizaje



Luis Carlos Domínguez^{a,*}, Diego Sierra^a, Juan José Pepín^a, Gonzalo Moros^a y Angélica Villarraga^b

^a Departamento de Cirugía, Universidad de la Sabana, Chía, Colombia

^b IMS - Simulación Clínica, Universidad de la Sabana, Chía, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 9 de junio de 2017

Aceptado el 25 de julio de 2017

On-line el 16 de noviembre de 2017

Palabras clave:

Heridas y lesiones

Colombia

Aprendizaje

Simulación

Reanimación cardiopulmonar

R E S U M E N

Introducción: El aula invertida es un modelo de enseñanza interactiva con resultados promisorios en cirugía. La evidencia de este modelo involucrando componentes de simulación clínica es insuficiente.

Objetivo: Presentar un modelo de «aula invertida extendida» (AIE), que incorpora simulación de baja y mediana fidelidad, y describir su efecto sobre las percepciones de aprendizaje estudiantil.

Métodos: Se diseñó una AIE para la enseñanza de habilidades clínicas para el manejo y resucitación del paciente traumatizado dirigida a estudiantes de medicina. Las percepciones de aprendizaje pre y postintervención fueron evaluadas mediante el «Flipped Classroom Perception Instrument», el cual fue validado en idioma español. Las comparaciones se realizaron con pruebas de Mann-Whitney y t-test ($p < 0,05$) y el tamaño del efecto de la intervención se calculó con la prueba d de Cohen. Como desenlaces secundarios se calcularon el rendimiento académico y la satisfacción estudiantil.

Resultados: Un total de 75 estudiantes participaron en el estudio. La percepción global de aprendizaje fue $3,98 \pm 0,58$ (1,5-5,0) (pre-test) versus $4,24 \pm 0,64$ (1,38-5,0) (post-test) ($p < 0,05$). El tamaño del efecto fue $d = 0,42$ (IC 95%: 0,094-0,75). Se identificó alto rendimiento académico y satisfacción estudiantil.

Conclusiones: El modelo de AIE involucrando simulación clínica para el manejo del paciente traumatizado tiene un efecto positivo sobre las percepciones de aprendizaje estudiantil en el corto plazo. Se requieren nuevos estudios para evaluar este modelo en otros escenarios de resucitación, cuidado crítico y emergencias, así como mediciones de su efecto en el aprendizaje de largo plazo.

© 2017 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia. Kilómetro 7, Autopista Norte. Campus Universitario Puente del Común, Facultad de Medicina, Departamento de Cirugía, Edificio H, Universidad de la Sabana. Chía, Colombia.

Correo electrónico: carlosdot@unisabana.edu.co (L.C. Domínguez).

<https://doi.org/10.1016/j.rca.2017.07.011>

0120-3347/© 2017 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Effect of the Extended Inverted Classroom on clinical simulation for the resuscitation of trauma patients: Pilot study of student perceptions of learning

A B S T R A C T

Keywords:

Wounds and injuries
Colombia
Learning
Simulation
Cardiopulmonary resuscitation

Introduction: The inverted classroom is an interactive teaching model with promising results in surgery. Evidence of this model involving components of clinical simulation is scant.

Objective: To present a model of “extended inverted classroom” (EIC) involving low and medium fidelity simulation, and to describe its effect on student perceptions of learning.

Methods: An EIC was designed for teaching medical students the clinical skills for the management and resuscitation of trauma patients. The pre- and post-interventional perceptions of learning were assessed using the “Flipped Classroom Perception Instrument” validated in the Spanish language. The Mann-Whitney test and the t-test ($P < .05$) were used for comparisons and Cohen’s d was used for calculating the effect size of the intervention. Secondary outcomes were academic performance and student satisfaction.

Results: A total of 75 students participated in the study. Global perception of learning was 3.98 ± 0.58 (1.5-5.0) (pre-test) versus 4.24 ± 0.64 (1.38-5.0) (post-test) ($P < .05$). The effect size was $d = 0.42$ (95% CI: 0.094-0.75). High academic achievement and student satisfaction were identified.

Conclusions: The EIC model involving clinical simulation for the resuscitation of trauma patients has a positive effect on student perceptions of learning in the short term. Further studies are required to evaluate this model in other scenarios of resuscitation, critical care and emergencies, as well as to measure their effect on long-term learning.

© 2017 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El trauma y las enfermedades no comunicables continúan siendo las principales causas de muerte en Colombia¹. Se requieren mayores esfuerzos del Estado en diferentes niveles para reducir la carga de la enfermedad, y al mismo tiempo optimización de los procesos educativos y desarrollo de protocolos estandarizados^{2,3}. En cuanto a los últimos, el Programa Avanzado de Apoyo Vital en Trauma para Médicos (ATLS) del Colegio Americano de Cirujanos ha mejorado el conocimiento y las habilidades de los profesionales de la salud en el corto y mediano plazo, pero su impacto en la reducción de la morbilidad, la mortalidad y la discapacidad es aún desconocido^{4,5}. El problema es aún más grave, pues aunque existen protocolos como el ATLS, el currículo que ofrecen las facultades de medicina es pobre, en especial y paradójicamente en países como Colombia, en el que las lesiones traumáticas son altamente prevalentes⁶. La situación empeora, pues estos currículos se desarrollan principalmente bajo un diseño instruccional centrado en la transmisión unidireccional de información. Este diseño tiene lugar en clases magistrales, en las que se enfatizan los principios teóricos del ATLS y, en menor proporción, el desarrollo de habilidades prácticas. Las consecuencias de un modelo fragmentado, en el que lo teórico se concentra en la capacidad de memorizar en vez de analizar y evaluar, y en el que la teoría está disociada de la práctica, es que la retención de conocimiento a largo plazo es inferior, e incluso nula, cuando se presentan situaciones reales en la práctica diaria⁷. Un diseño instruccional integral que evite la fragmentación,

que promueva la interactividad y que emplee la simulación de diversos grados de fidelidad puede ayudar a resolver estos desafíos⁸. Sin embargo, la evidencia disponible es limitada.

Una forma de entregar a los estudiantes el diseño instruccional en un formato interactivo es el aula invertida. Mediante esta estrategia, los componentes tradicionales de una clase se invierten y se ponen a disposición de los estudiantes para el estudio independiente, en forma de videos, documentos u otros materiales, usualmente en plataformas virtuales, y luego el tiempo tradicional de la clase se emplea para la enseñanza interactiva mediante la discusión de casos. La discusión de casos puede promover habilidades cognitivas superiores de tipo analítico y evaluativo. Sin embargo, una de las limitaciones de este enfoque clásico de aula invertida tiene que ver con la forma de integrar las habilidades prácticas y el uso de simulación clínica. La simulación aplicada a la resucitación ofrece la posibilidad de promover habilidades clínicas y no técnicas como el liderazgo, trabajo en equipo y comunicación que derivan en la seguridad del paciente⁹. Algunas experiencias recientes han incorporado la simulación al aula invertida con resultados promisorios, especialmente en cirugía, urgencias y reanimación¹⁰⁻¹³. No obstante, estos estudios no han evaluado las percepciones que tienen los estudiantes sobre su aprendizaje. Tampoco han evaluado la retención y la aplicación del conocimiento a largo plazo. El presente estudio contribuye a llenar el primero de estos vacíos. Para este fin hemos denominado «aula invertida extendida» (AIE) a un modelo interactivo de enseñanza/aprendizaje que involucra no solo las actividades fuera del aula y las actividades convencionales en clase del enfoque clásico del aula invertida, sino

que también incorpora o «extiende el aula» hasta los escenarios controlados en el laboratorio de simulación. El objetivo de este estudio piloto es medir las percepciones de aprendizaje que tienen los estudiantes de pregrado con este modelo desarrollado para la atención del paciente adulto traumatizado.

Materiales y métodos

Diseño y participantes

Este es un estudio pre-experimental pre y post-test diseñado para medir el efecto de un curso para el manejo del paciente traumatizado, desarrollado a través de un modelo de AIE, sobre las percepciones de aprendizaje estudiantil. Durante los meses de febrero y marzo de 2017 se invitó a participar a 75 estudiantes de cuarto año de medicina de una universidad privada en Colombia. El estudio fue aprobado en sus aspectos éticos por la Comisión de Educación Médica (Facultad de Medicina, Universidad de la Sabana). Todos los participantes dieron autorización verbal para ser incluidos en el presente estudio. Los autores garantizaron que toda la información obtenida de los participantes fuese anónima y confidencial.

Intervención: diseño del aula invertida extendida

El curso para el manejo del paciente traumatizado se diseñó entre agosto y diciembre de 2016 bajo el enfoque conceptual integral de 4C/ID (cuatro componentes del diseño instruccional), que incluye el diseño de tareas de aprendizaje, información de soporte, información procedimental y tareas prácticas¹⁴. Estos componentes se desarrollaron en congruencia con la 9.ª edición del ATLS¹⁵. En general, las tareas de aprendizaje se enunciaron como «resultados esperados de aprendizaje» (REA), y metodológicamente el diseño instruccional se planeó a través de un modelo de enseñanza/aprendizaje de AIE, el cual se ejecuta en varias fases durante 5 semanas (fig. 1).

Fases del aula invertida extendida

La primera fase consiste en actividades de autoaprendizaje fuera del aula (2 semanas). Las tareas de aprendizaje se centran en la revisión y estudio individual de información de soporte (videos y referencias bibliográficas) siguiendo listas de chequeo para el autoestudio. Estos materiales son alojados en una plataforma virtual institucional para el apoyo al trabajo independiente, en la cual se habilita un foro de discusión.

Posteriormente, en la segunda fase se desarrollan tareas de aprendizaje en el aula. Para estas actividades los estudiantes cuentan con información procedimental relevante y guías prácticas de simulación. Inicialmente esta fase incluye actividades de simulación de baja fidelidad «en clase» durante sesiones de 6 h, en la que los estudiantes revisan interactivamente 8 casos clínicos en pequeños grupos, facilitados por un tutor. Luego cada caso es analizado en una plenaria y sintetizado en mapas conceptuales. Finalmente, las actividades en el aula se extienden a actividades de simulación de mediana fidelidad «en laboratorio» con el fin de complementar

las tareas de aprendizaje y ofrecer familiaridad y autenticidad con la atención del paciente traumatizado (mediante el uso de modelos, maniquíes e imágenes). Las tareas prácticas son desarrolladas en estaciones de trabajo de 6 h, enfocadas en la revisión primaria y resucitación, manejo de vía aérea, retiro de casco e inmovilización de la columna cervical, manejo de las lesiones torácicas, manejo del shock y punción venosa, abordaje sistemático para la lectura de radiografías básicas de tórax, cervical, pelvis y tomografía de cráneo en el paciente traumatizado, e inserción de sonda urinaria y nasogástrica.

En coherencia con los REA, en la tercera fase (última semana del curso) se evalúa el desempeño estudiantil con fines sumativos y formativos, en los niveles de «saber cómo» (*know how*) y «demostrar cómo» (*show how*). Con este propósito, se realiza una prueba escrita de selección múltiple centrada en el análisis de casos clínicos, y una prueba basada en la metodología de «examen clínico objetivo estructurado» (ECOE) para la evaluación de habilidades prácticas. Para este último se diseñan diferentes escenarios con problemas clínicos que son evaluados por observadores independientes en varias estaciones mediante el uso de escalas globales y listas de chequeo previamente diseñados. La evaluación finaliza con un proceso de retroalimentación bidireccional (entre profesores y estudiantes). Finalmente, el diseño instruccional cuenta con un proceso de garantía de calidad transversal al curso.

Desenlaces, instrumentos y recolección de información

El desenlace primario fue el impacto del AIE en la percepción de aprendizaje estudiantil, evaluado mediante el cuestionario *Flipped Classroom Perception Instrument* (FCPI)¹⁶, desarrollado a partir de instrumentos previamente diseñados^{17,18}, el cual fue traducido al idioma español y adaptado para los propósitos de la presente investigación. El cuestionario consta de 8 preguntas calificadas mediante una escala de Likert (1: totalmente en desacuerdo; 5: totalmente de acuerdo) distribuidas en 2 subescalas (actividades «pre-clase»: ítems 1-3; actividades «en clase»: ítems 4-8). La consistencia interna del cuestionario (alfa de Cronbach) en su versión original es de 0,81¹⁶. Los desenlaces secundarios fueron el rendimiento académico y la satisfacción estudiantil con la evaluación. El rendimiento fue determinado mediante los puntajes obtenidos en la prueba teórica y práctica tipo ECOE (ver «Análisis estadístico»). La satisfacción estudiantil se evaluó mediante un cuestionario institucional genérico previamente diseñado para evaluar la pertinencia, coherencia y contribución de la evaluación a la formación del estudiante. El cuestionario consta de 5 preguntas calificadas mediante una escala de Likert (1: malo; 5: excelente).

Para la recolección de la información fue preparado un cuestionario en papel. Luego de realizar una prueba piloto, el instrumento fue administrado de forma anónima, voluntaria y confidencial 2 semanas antes del inicio del curso. La evaluación postintervención fue realizada 2 semanas después de finalizar el curso. Considerando la duración de la intervención, las evaluaciones pre y post-test fueron realizadas con una diferencia de 9 semanas. La evaluación de satisfacción estudiantil con la evaluación fue realizada al finalizar la prueba práctica. Los resultados fueron tabulados y almacenados en una base de datos.

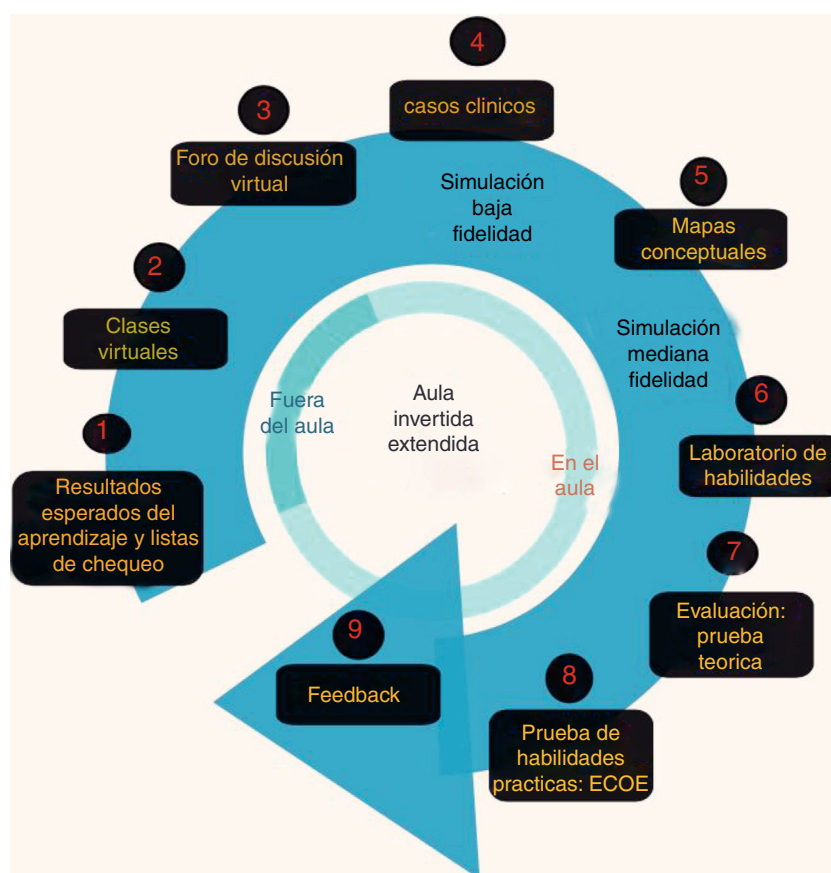


Figura 1 – Modelo del aula invertida extendida a simulación clínica.

Fuente: Autores.

Análisis estadístico

Validez de constructo y confiabilidad del cuestionario

Para este propósito se realizó un análisis factorial exploratorio (AFE). La adecuación de la muestra fue determinada con el criterio de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (satisfactorio si $> 0,80$)¹⁹. El AFE se realizó mediante el método de máxima verosimilitud (MV), el cual permitió obtener los valores propios de cada factor (*eigenvalues*) y su proporción de la varianza total. Una vez determinado el número de factores se realizó una rotación oblicua (*promax*). El criterio propuesto para retener un ítem al factor correspondiente fue $\geq 0,30$ ²⁰. La consistencia interna de la escala se determinó mediante el coeficiente alfa de Cronbach (adecuado si $> 0,70$)²¹.

Comparaciones pre y postintervención

Para este objetivo se calcularon las medias, desviaciones estándar (DE) y medianas del cuestionario, así como de sus subescalas e ítems en los dos tiempos. De acuerdo a la simetría de las distribuciones se realizaron comparaciones entre los resultados pre y postintervención mediante las pruebas de la *t* de Student y Mann-Whitney (significativa si $p < 0,05$). Se calculó la prueba *d* de Cohen para indicar el tamaño del efecto entre las medias de cada ítem, subescala y puntaje global (intervalo de confianza al 95% [IC95%]). Los criterios de referencia para interpretar el tamaño del efecto fueron: efecto

pequeño $d = \pm 0,20$, efecto medio $d = \pm 0,50$ y efecto grande $d = \pm 0,80$ ²².

Rendimiento académico y satisfacción estudiantil

El rendimiento académico fue calculado como el promedio de los puntajes obtenidos en la prueba escrita y ECOE (rango 0-5), en donde el punto de corte para la aprobación fue 3,0. El rendimiento académico fue dividido en cuartiles (desde el 25% de los estudiantes con los resultados más bajos, hasta el 25% con los resultados más altos). Finalmente se calcularon las estadísticas descriptivas (medias, DE, IC95% y rangos) para los ítems relacionados con las medidas de satisfacción estudiantil con la evaluación. El análisis estadístico se realizó en la versión 14 del programa Stata (Stata Corp., EE. UU.).

Resultados

La tasa de respuesta en el pre-test fue del 93,3% (70 estudiantes), y del 100% en el post-test y en la evaluación de satisfacción (75 estudiantes). La edad promedio de los participantes fue de $21,92 \pm 1,45$ años (20-27) (60% del género femenino).

Validez de constructo y confiabilidad del instrumento

Este análisis se realizó sobre la totalidad de observaciones, incluidas las pre y postintervención ($n = 145$). El valor de la

Tabla 1 – Cargas factoriales tras el análisis factorial exploratorio y rotación oblicua

Ítems	Factor 1	Factor 2
Ítem 1	0,8809	0,0003
Ítem 2	0,4176	0,3945
Ítem 3	0,7071	0,0599
Ítem 4	0,1893	0,6763
Ítem 5	0,0070	0,6462
Ítem 6	0,0320	0,7854
Ítem 7	-0,0101	0,8299
Ítem 8	-0,0346	0,4103

Fuente: Autores.

prueba KMO fue 0,84. El AFE permitió identificar dos factores que explicaron el 83% de la varianza total (valores propios de 3,01 y 1,99, respectivamente). Tras la rotación oblicua, la solución factorial permitió identificar una estructura similar a la versión original, en la cual las cargas factoriales del factor 1 estuvieron ocupadas por los ítems 1-3, y las del factor 2, por los ítems 4-8. Las cargas factoriales se presentan en la [tabla 1](#). En esta investigación el factor 1 fue denominado «actividades fuera del aula» y el factor 2, «actividades en el aula y laboratorio de simulación». La consistencia interna de la escala (alfa de Cronbach) fue 0,85.

Comparaciones pre y postintervención

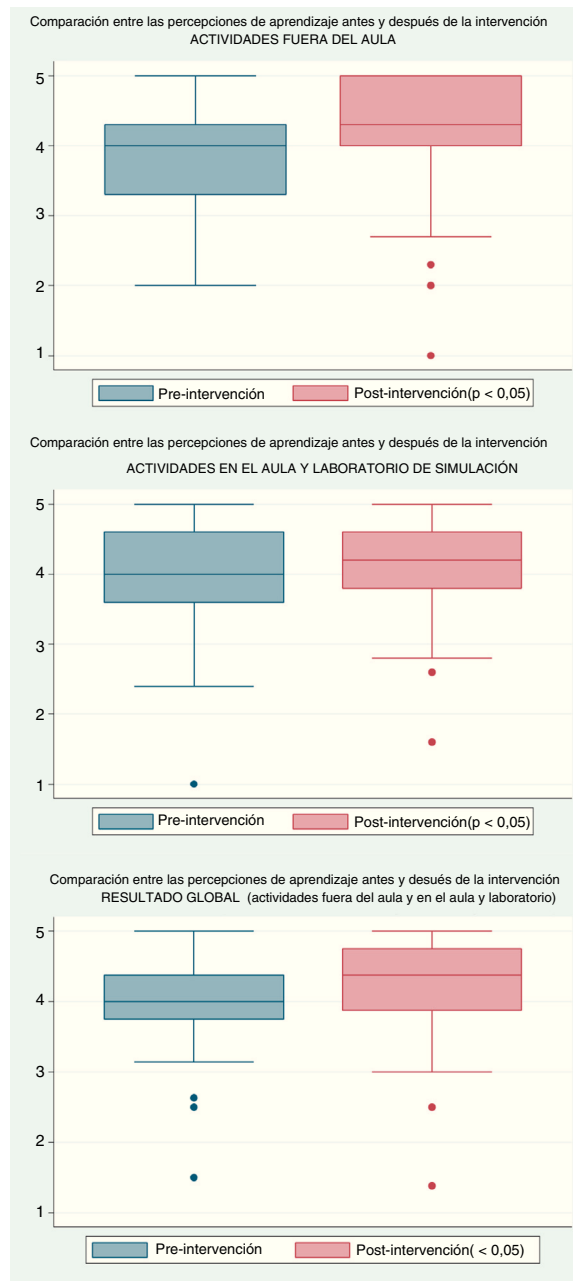
La media, la DE y el rango para la percepción global de aprendizaje fueron $3,98 \pm 0,58$ (1,5-5,0) (pre-test) versus $4,24 \pm 0,64$ (1,38-5,0) (post-test) ($p < 0,05$). El tamaño del efecto fue $d=0,42$ (IC 95%: 0,094-0,75). Las percepciones de aprendizaje durante las «actividades fuera del aula» (subescala 1) fueron $3,90 \pm 0,72$ (2,0-5,0) (pre-test) versus $4,27 \pm 0,80$ (1,0-5,0) (post-test) ($p < 0,05$). El tamaño del efecto fue $d=0,48$ (IC 95%: 0,15-0,81). Finalmente, las percepciones de aprendizaje durante las «actividades en el aula y laboratorio de simulación» fueron $4,02 \pm 0,64$ (1,0-5,0) (pre-test) versus $4,22 \pm 0,63$ (1,6-5,0) (post-test) ($p < 0,05$). El tamaño del efecto fue $d=0,31$ (IC 95%: -0,013-0,64). Estas comparaciones se encuentran graficadas en la [figura 2](#). En la [tabla 2](#) se encuentran las estadísticas descriptivas y el tamaño del efecto por cada ítem del cuestionario.

Rendimiento académico y satisfacción estudiantil

El promedio del rendimiento académico, a partir del resultado de la prueba escrita y ECOE, fue $3,95 \pm 0,47$ (2,6-4,9). La distribución de los estudiantes por cuartiles (Q) del rendimiento académico fue: Q1: $< 3,6$ (25,33% de los estudiantes), Q2: $3,7-3,9$ (25,33%); Q3: $4,0-4,3$ (26,67%); Q4: $> 4,4$ (22,67%). Todos los ítems de la satisfacción estudiantil con la evaluación, en cuanto a su pertinencia, coherencia y contribución a la formación integral, fueron superiores a 4,0 ([tabla 3](#)).

Discusión

Los hallazgos del presente estudio indican que el modelo de AIE en estudiantes de medicina, diseñado para el manejo del paciente traumatizado, tuvo un efecto positivo en las

**Figura 2 – Comparación entre percepciones de aprendizaje estudiantil pre y postintervención.**

Fuente: Autores.

percepciones globales de aprendizaje estudiantil y en sus componentes fuera del aula y en el aula. Igualmente se evidenciaron un rendimiento académico adecuado y una alta satisfacción estudiantil, resultantes de la pertinencia y coherencia entre los temas incluidos en el currículo y la evaluación de desempeño.

Estos hallazgos pueden ser explicados por el diseño de un modelo instruccional que incorpora aspectos de simulación de baja y mediana fidelidad, de forma integrada a un currículo centrado en resultados de aprendizaje claramente definidos para el nivel de desempeño del médico general. La literatura disponible informa los beneficios de este tipo

Tabla 2 – Comparaciones pre y postintervención, diferencias estadísticas y tamaño del efecto

Ítems, subescalas y puntaje global		Preintervención (n = 70)			Postintervención (n = 75)			P	Tamaño del efecto	
		Media	DE	Mediana	M	SD	Mediana		d	IC 95%
Ítem 1	Los módulos ONLINE mejoran mi aprendizaje	3,57	1,12	4	4,10	0,93	4	0,0008	0,51	0,18-0,84
Ítem 2	El aprendizaje del contenido clave antes de las actividades de clase y laboratorio de simulación mejoran mi aprendizaje	3,95	0,85	4	4,34	0,79	4	0,00045	0,47	0,14-0,80
Ítem 3	La combinación de módulos ONLINE con sesiones de aplicación del conocimiento mejora mi aprendizaje	4,21	0,74	4	4,36	0,92	5	0,05	0,17	-0,14-0,50
Total subescala 1		3,90	0,72	4	4,27	0,80	4,33	0,002**	0,48	0,15-0,39
Ítem 4	Las actividades interactivas y aplicadas en clase y laboratorio de simulación mejoran mi aprendizaje	4,34	0,84	5	4,50	0,74	5	0,12	0,20	-0,12-0,52
Ítem 5	Participo y me engancha en las actividades de clase y laboratorio de simulación	3,60	0,93	4	3,93	0,93	4	0,06	0,35	0,02-0,68
Ítem 6	La aplicación en clase y laboratorio de simulación del contenido principal mejora mi aprendizaje	4,34	0,69	4	4,28	0,72	4	1	-0,85	-0,41-0,24
Ítem 7	El debate en clase sobre el contenido principal mejora mi aprendizaje	4,14	0,80	4	4,36	0,81	4	0,05	0,27	-0,054-0,60
Ítem 8	Trabajar en un equipo mejora mi aprendizaje	3,68	1,07	4	4,02	0,92	4	0,002**	0,34	0,012-0,66
Total subescala-2		4,02	0,64	4	4,22	0,63	4,20	0,008	0,31	-0,013-0,64
Global		3,98	0,58	4	4,24	0,64	4,31	0,0005	0,42	0,094-0,75

DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza; Subescala 1: ítems 1-3; Subescala 2: ítems 4-8.

** Diferencias estadísticas calculadas a partir de t-test. Las demás fueron calculadas a partir de la prueba de Mann-Whitney.

Fuente: Autores.

Tabla 3 – Satisfacción estudiantil con la evaluación (n = 75)

Ítem	Media	DE	IC 95%
Los temas evaluados/tratados fueron pertinentes	4,51	0,08	4,33-4,69
Coherencia de los objetivos formulados en la evaluación	4,21	0,10	4,00-4,43
Pertinencia y actualización del tema que se evaluó/trató	4,33	0,09	4,15-4,52
Contribución a la formación integral del estudiante/participante	4,47	0,09	4,28-4,65
Ejemplos y experiencias reales aprovechadas en el desarrollo de la evaluación	4,14	0,12	3,89-4,40

DE: desviación estándar; IC: intervalo de confianza.

Fuente: Autores.

de integración curricular, como un diseño longitudinal que demuestra coherencia y pertinencia con las competencias clínicas^{10,23}. En el fondo, la razón de ser de la metodología del aula invertida es aumentar el compromiso de los estudiantes con el contenido, optimizar el tiempo de contacto de los profesores con los estudiantes y mejorar el aprendizaje^{24,25}. Sin embargo, esta racionalidad aún requiere evidencia empírica. Nuestro estudio aporta información en varias de estas direcciones, en particular en la forma en que los estudiantes perciben los efectos de dicho diseño sobre su aprendizaje. Un elemento fundamental tiene que ver con los aspectos que se ocultan tras el aprendizaje autorregulado e independiente

fuera del aula. Una vez concluida la intervención, todas las percepciones globales de las actividades fuera del aula dieron cuenta de cambios significativos que ayudan a explicar el efecto moderado de este tipo de diseños sobre la motivación y el estudio independiente. Igualmente, la magnitud del efecto sobre las actividades en el aula indicó que el estímulo al trabajo interactivo y colaborativo, así como la aplicación del contenido teórico a situaciones prácticas mediante el debate y la simulación clínica, resultante del AIE, cambiaron de forma positiva una vez concluyó la intervención. Estos efectos positivos se complementan con una evaluación de satisfacción estudiantil que indicó coherencia y pertinencia de lo que se

pretendía, lo que se hizo y lo que se evaluó, y que han sido reconocidos como elementos centrales para la promoción de la autodeterminación en la educación para profesiones de la salud²⁶.

Este estudio tiene varias fortalezas y limitaciones. En cuanto a las primeras, se encuentra el diseño de una intervención educativa que cuenta con una metodología válida para diseño instruccional, que integra la teoría y la práctica (4C/ID)¹⁴, y que a la vez incorpora simulación clínica con un grado apropiado de fidelidad para el nivel de competencia del estudiante. También es una fortaleza la adecuación de instrumentos de medición (FCPI) mediante procedimientos estadísticos (AFE) que dan cuenta de su validez de constructo y confiabilidad. No obstante, este es un estudio piloto en una sola institución. Esto puede limitar generalización de resultados. Igualmente, este estudio no contó con un grupo control que permitiera la comparación de resultados con otras estrategias de enseñanza. Invitamos a realizar investigaciones con diseño experimental y cuasi-experimental que puedan ayudar a llenar estos nuevos vacíos.

Este estudio tiene implicaciones para la práctica. Una de ellas es que aporta evidencia sobre diseño instruccional interactivo que puede ayudar a transformar paradigmas de educación médica tradicional. Al respecto tiene implicaciones en el desarrollo profesoral (*faculty development*). Otra implicación práctica tiene que ver con la inclusión de tecnología en la educación, que fortalece el componente en el aula, el más importante a nuestro juicio, mediante enseñanza interactiva. Finalmente, representa una forma de conectar la simulación clínica al componente teórico del currículo, incorporando simulación de diversos grados de fidelidad, tanto en el proceso de aprendizaje como en la evaluación. También consideramos que este estudio abre la posibilidad a nuevas preguntas y futuras investigaciones, aparte de las mencionadas. ¿Cómo conectar el modelo AIE con escenarios reales (alta fidelidad)? ¿Cómo trasladar el AIE a la rotación práctica en hospitales? ¿Cuál es el efecto entre el modelo AIE y el aprendizaje a largo plazo (medición secuencial en el tiempo para evaluar capacidad de retención de conocimiento a largo plazo)? ¿Cuál es la relación entre el modelo AIE y el desempeño en el nivel superior de la pirámide Miller en situaciones prácticas y con contacto con pacientes simulados y posteriormente reales? Estas preguntas requieren estudios con diferentes diseños metodológicos y aproximaciones teóricas.

En conclusión, hemos presentado el diseño de un modelo de AIE que involucra escenarios de simulación para el manejo del paciente traumatizado, el cual es percibido positivamente por los estudiantes para su aprendizaje, tiene implicaciones para la práctica y abre oportunidades de investigación futura.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación

Facultad de Medicina, Universidad de la Sabana, Colombia.

Conflicto de intereses

Ninguno reportado.

REFERENCIAS

1. Arroyave I, Burdorf A, Cardona D, Avendano M. Socioeconomic inequalities in premature mortality in Colombia, 1998-2007: The double burden of non-communicable diseases and injuries. *Prev Med*. 2014;64:41-7.
2. Kesinger MR, Puyana JC, Rubiano AM. Improving trauma care in low- and middle-income countries by implementing a standardized trauma protocol. *World J Surg*. 2014;38:1869-74.
3. Ordóñez CA, Pino LF, Tejada JW, Badiel M, Loaiza JH, Mata LV, et al. Experience of two first level hospitals in the southwest region of Colombia on the implementation of the Panamerican Trauma Society International Trauma Registry. *Rev Col Bras Cir*. 2012;39:255-62.
4. Mohammad A, Branicki F, Abu-Zidan FM. Educational and clinical impact of Advanced Trauma Life Support (ATLS) courses: A systematic review. *World J Surg*. 2014;38:322-9.
5. Jayaraman S, Sethi D, Chinnock P, Wong R. Advanced trauma life support training for hospital staff. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014. CD004173.
6. Villaveces A, Kammeyer JA, Bencevic H. Injury prevention education in medical schools: An international survey of medical students. *Inj Prev*. 2005;11:343-7.
7. Custers EJ. Long-term retention of basic science knowledge: A review study. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 2010;15:109-28.
8. Vandewaetere M, Manhaeve D, Aertgeerts B, Clarebout G, van Merriënboer JJ, Roex A. 4C/ID in medical education: How to design an educational program based on whole-task learning: AMEE Guide No. 93. *Med Teach*. 2015;37:4-20.
9. Maestre JM, Manuel-Palazuelos JC, del Moral I, Simon R. La simulación clínica como herramienta para facilitar el cambio de cultura en las organizaciones de salud: aplicación práctica de la teoría avanzada del aprendizaje. *Rev Colomb Anestesiología*. 2014;42:124-8.
10. Liebert CA, Mazer L, Berecknye Merrell S, Lin DT, Lau JN. Student perceptions of a simulation-based flipped classroom for the surgery clerkship: A mixed-methods study. *Surgery*. 2016;160:591-8.
11. Boysen-Osborn M, Anderson CL, Navarro R, Yanuck J, Strom S, McCoy CE, et al. Flipping the advanced cardiac life support classroom with team-based learning: Comparison of cognitive testing performance for medical students at the University of California, Irvine, United States. *J Educ Eval Health Prof*. 2016;13, 11.
12. Morgan H, Marzano D, Lanham M, Stein T, Curran D, Hammoud M. Preparing medical students for obstetrics and gynecology milestone level one: A description of a pilot curriculum. *Med Educ Online*. 2014;6, 25746.
13. Rose E, Claudius I, Tabatabai R, Kearl L, Behar S, Jhun P. The flipped classroom in emergency medicine using online videos

- with interpolated questions. *J Emerg Med.* 2016;51, 284.e1-291.e1.
14. Van Merriënboer JJG, Kirschner PA. *Ten Steps to Complex Learning: A Systematic Approach to Four-Component Instructional Design.* 2nd edition Routledge; 2012.
 15. *Advanced Trauma Life Support for Doctors. Student Manual.* 9th edition Chicago: American College of Surgeons Committee on Trauma; 2012.
 16. Bonnes SL, Ratelle JT, Halvorsen AJ, Carter KJ, Hafdahl LT, Wang AT, et al. Flipping the quality improvement classroom in residency education. *Acad Med.* 2017;92:101-7.
 17. McLaughlin JE, Roth MT, Glatt DM, Davidson CA, Esserman DA. The flipped classroom: A course redesign to foster learning and engagement in a health professions school. *Acad Med.* 2014;89:236-43.
 18. Pierce R, Fox J. Vodcasts and active-learning exercises in a “flipped classroom” model of a renal pharmacotherapy module. *Am J Pharm Educ.* 2012;76:196.
 19. Lloret-Segura S, Ferreres-Traver A, Hernández-Baeza A, Tomás-Marco I. El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anal Psicol.* 2014;30:1151-69.
 20. Hatcher L. *Advanced Statistics in Research.* USA: Shadow Finch Media; 2013.
 21. Cronbach LJ, Warrington WG. Time-limit tests: Estimating their reliability and degree of speeding. *Psychometrika.* 1951;16:167-88.
 22. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences.* 2nd edition Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1998.
 23. Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high-fidelity simulation — a continuum of medical education? *Medical Education.* 2013;37 Suppl. 1:22-8.
 24. Rotellar C, Cain J. Research, perspectives, and recommendations on implementing the flipped classroom. *Am J Pharm Educ.* 2016;80, 34.
 25. Liu Q, Peng W, Zhang F, Hu R, Li Y, Yan W. The effectiveness of blended learning in health professions: Systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res.* 2016;18, e2.
 26. Orsini C, Binnie VI, Wilson SL. Determinants and outcomes of motivation in health professions education: A systematic review based on self-determination theory. *J Educ Eval Health Prof.* 2016;13, 19.