

Educación virtual y presencial en biología celular y tisular: impacto en el aprendizaje significativo de estudiantes de medicina

Francisco GARIBAY-GONZÁLEZ, Adriana MARTÍNEZ-CUAZITL, Mónica M. MATA-MIRANDA, Gustavo J. VÁZQUEZ-ZAPIEN

Introducción. La educación virtual cobró protagonismo en la formación médica tras la pandemia de COVID-19, acelerando la transición a entornos digitales. En la enseñanza de biología celular y tisular enfrenta desafíos por la necesidad de interacción práctica y comprensión de estructuras microscópicas. Este estudio evalúa su impacto en el aprendizaje significativo de los estudiantes de medicina en comparación con la enseñanza presencial.

Sujetos y métodos. Se realizó un estudio cuasi experimental con enfoque mixto, evaluando a 80 estudiantes de la Escuela Militar de Medicina divididos en dos grupos: uno con enseñanza presencial y otro con educación virtual. Se aplicaron encuestas, observaciones, exámenes teóricos y prácticos, y herramientas digitales interactivas. Se utilizó la prueba *t* de Student para comparar el desempeño académico en ambas modalidades.

Resultados. Los estudiantes en modalidad presencial mostraron mejores resultados en evaluaciones prácticas y de identificación de tejidos ($p < 0,01$), lo que refleja un aprendizaje significativo más sólido. Asimismo, el grupo virtual presentó menor rendimiento en la resolución de casos clínicos y habilidades prácticas ($p < 0,05$), aunque mantuvo estabilidad en el aprendizaje memorístico. La dispersión de puntuaciones fue mayor en la resolución de casos clínicos y en la identificación de tejidos en el grupo virtual.

Conclusión. La educación virtual demostró ser efectiva para el aprendizaje teórico, pero presentó limitaciones en la formación de habilidades prácticas y asociativas. Se recomienda el desarrollo de modelos híbridos que integren actividades presenciales para fortalecer el aprendizaje significativo en disciplinas biomédicas.

Palabras clave. Aprendizaje. Biología celular. Educación a distancia. Educación médica. Histología. Tecnología educativa.

Escuela Militar de Medicina.
Universidad del Ejército y Fuerza
Aérea (U.D.E.F.A.). Ciudad
de México, México.

Correspondencia:

Dr. Francisco Garibay González.
Vicerrectoría de la U.D.E.F.A.
Calzada México-Tacuba, s/n.
Colonia Tacuba, Alcaldía Miguel
Hidalgo. C.P.: 11400, Cd. Méx.
México.

E-mail:

franciscogaribayglz@gmail.com,
pacog25@yahoo.com

Recibido:

11.02.25.

Aceptado:

14.03.25.

Conflicto de intereses:

Ninguno.

Competing interests:

None.

Cómo citar este artículo:

Garibay-González F, Martínez-
Cuazitl A, Mata-Miranda MM,
Vázquez-Zapien GJ. Educación
virtual y presencial en biología
celular y tisular: impacto en el
aprendizaje significativo de
estudiantes de medicina. FEM
2025; 28: 21-31. doi: 10.33588/
fem.281.1365.

© 2025 FEM

Virtual and in-person education in cellular and tissue biology: impact on meaningful learning in medical students

Introduction. Virtual education gained prominence in medical training following the COVID-19 pandemic, accelerating the transition to digital environments. In the teaching of Cellular and Tissue Biology, it faces challenges due to the need for practical interaction and the comprehension of microscopic structures. This study evaluates its impact on meaningful learning among medical students compared to face-to-face teaching.

Subjects and methods. A quasi-experimental study with a mixed-methods approach was conducted, evaluating 80 students from the Military Medical School, divided into two groups: one receiving face-to-face instruction and the other undergoing virtual education. Surveys, observations, theoretical and practical exams, and interactive digital tools were applied. The Student's *t*-test was used to compare academic performance between both modalities.

Results. Students in the face-to-face modality demonstrated better results in practical assessments and tissue identification ($p < 0.01$), reflecting stronger meaningful learning. Likewise, the virtual group exhibited lower performance in clinical case resolution and practical skills ($p < 0.05$), although they maintained stability in rote learning. Score dispersion was higher in clinical case resolution and tissue identification within the virtual group.

Conclusion. Virtual education proved effective for theoretical learning but showed limitations in the development of practical and associative skills. The development of hybrid models integrating face-to-face activities is recommended to enhance meaningful learning in biomedical disciplines.

Key words. Cell biology. Distance education. Educational technology. Histology. Learning. Medical education.



Artículo open access bajo la
licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ISSN: 2014-9832

ISSN (ed. digital): 2014-9840

Introducción

Educación virtual: ventajas, desventajas e impacto

La educación virtual ha demostrado ser una herramienta poderosa en la democratización del acceso al conocimiento. Entre sus beneficios se encuentra la flexibilidad horaria, la posibilidad de acceso desde cualquier ubicación geográfica y la adaptación a distintos estilos de aprendizaje [1,2]. Además, el uso de tecnologías interactivas ha promovido el desarrollo de habilidades digitales esenciales en la sociedad actual [3].

A nivel institucional, la educación virtual ha permitido la diversificación de modelos de enseñanza, facilitando la inclusión de estudiantes de diferentes contextos socioeconómicos. Los programas educativos en línea han logrado expandir su cobertura a nivel global, permitiendo a estudiantes de diversas regiones acceder a contenidos que antes estaban limitados a instituciones presenciales [4]. Sin embargo, la efectividad de estos programas depende de la calidad de los recursos didácticos y la preparación de los docentes en estrategias de enseñanza digital [5].

A pesar de estos beneficios, también existen inconvenientes que han sido objeto de análisis en diversos estudios. Entre los principales desafíos de la educación virtual se encuentran la falta de interacción directa entre docentes y alumnos, la dificultad para el aprendizaje colaborativo y la necesidad de una mayor autodisciplina por parte de los estudiantes [6]. Además, las brechas digitales han acentuado desigualdades en el acceso a la educación, ya que no todos los estudiantes cuentan con dispositivos tecnológicos adecuados o una conexión a Internet estable [7,8].

El impacto de la educación virtual ha sido significativo, al facilitar el acceso flexible al conocimiento y expandir las oportunidades de aprendizaje a nivel global. Sin embargo, su efectividad está determinada por la calidad de los recursos, la preparación docente y la infraestructura tecnológica. El desafío actual radica en optimizar estos aspectos para garantizar una formación equitativa y de alto nivel en entornos digitales.

Impacto de la pandemia de COVID-19 en la educación virtual

La pandemia de COVID-19 aceleró la transición hacia la educación virtual en todos los niveles educativos. Las instituciones académicas tuvieron que adoptar soluciones digitales de manera apresurada, lo que evidenció tanto las ventajas como las limita-

ciones de este modelo de enseñanza [9]. Durante este período, el acceso a plataformas de aprendizaje digital se incrementó exponencialmente, y la incorporación de recursos como aulas virtuales, laboratorios simulados y videoconferencias se convirtió en una norma [10].

Uno de los efectos más significativos de esta transición fue la reformulación de las estrategias pedagógicas para mantener la calidad del aprendizaje en entornos digitales. Los docentes tuvieron que adaptar sus metodologías tradicionales al uso de plataformas de gestión del aprendizaje, evaluaciones en línea y sistemas de retroalimentación digital [11]. Esta transformación educativa ha llevado a un replanteamiento sobre la permanencia de modelos híbridos en la enseñanza pospandemia, en la que la educación presencial y la virtual puedan complementarse de manera efectiva [12].

Sin embargo, también se identificaron deficiencias en la capacitación docente, ya que muchos profesores no contaban con las herramientas necesarias para una enseñanza efectiva en entornos virtuales. Además, la falta de preparación metodológica y la ausencia de interacción presencial afectaron a la calidad del aprendizaje en ciertas disciplinas, en particular las que tienen una fuerte carga práctica [13,14].

La emergencia sanitaria evidenció tanto las oportunidades como las carencias de la educación virtual, impulsando cambios rápidos en la enseñanza y el aprendizaje. La adopción de nuevas tecnologías transformó los métodos educativos, aunque también expuso desafíos en la capacitación docente y en la calidad del aprendizaje en áreas prácticas. Estos factores han motivado una reflexión sobre la integración de modelos híbridos que combinen lo mejor de la educación presencial y digital.

La enseñanza de biología celular y tisular en entornos virtuales

La biología celular y tisular es una disciplina esencial en la formación de los profesionales de la salud, ya que proporciona conocimientos fundamentales sobre la estructura y la función de los tejidos y células en el organismo humano [15]. Tradicionalmente, esta materia se ha enseñado mediante el uso de microscopios en laboratorios, permitiendo a los estudiantes examinar muestras biológicas en detalle y desarrollar habilidades prácticas esenciales [16].

El aprendizaje de la histología en entornos virtuales ha requerido la implementación de plataformas interactivas y herramientas tecnológicas avanzadas para suplir la falta de laboratorios físicos.

Microscopios virtuales con imágenes digitalizadas de alta resolución, modelos en 3D y entornos de realidad aumentada han permitido a los estudiantes visualizar estructuras microscópicas con un alto grado de detalle [17]. Adicionalmente, se han desarrollado metodologías de gamificación y aprendizaje basado en casos para fomentar la participación activa de los estudiantes en el proceso de enseñanza [18].

La adaptación de esta asignatura a un entorno virtual ha supuesto un reto significativo. Para mitigar las limitaciones de la enseñanza en línea, se han implementado estrategias como el uso de microscopios virtuales, simulaciones interactivas en 3D y bancos de imágenes histológicas [19,20]. Si bien estas herramientas han permitido mantener el aprendizaje teórico, la ausencia de práctica presencial ha generado preocupaciones sobre la adquisición de habilidades técnicas [21,22].

Fundamentación teórica y metodología del estudio

Este estudio se fundamenta en las teorías del aprendizaje significativo de David Ausubel, que enfatiza la importancia de relacionar nuevos conceptos con conocimientos previos para una mejor asimilación del contenido [23]. Asimismo, el constructivismo de Piaget y Vygotsky destaca la necesidad de la interacción activa con el entorno para la construcción del conocimiento [24].

Metodológicamente, este estudio analizará la efectividad de la educación virtual en biología celular y tisular mediante una comparación entre estudiantes que cursaron la materia en modalidad presencial y los que lo hicieron en modalidad virtual. Se evaluará su desempeño académico, la retención de conocimientos y la adquisición de habilidades prácticas a través de encuestas, pruebas de evaluación y análisis cualitativo.

Objetivo del estudio

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto de la educación virtual en el aprendizaje significativo de la biología celular y tisular en estudiantes de medicina. Se busca determinar si existen diferencias significativas en la adquisición de conocimientos y habilidades prácticas entre estudiantes que cursaron la materia en formato presencial y los que la realizaron en modalidad virtual. Además, se pretende analizar las estrategias pedagógicas que han sido más efectivas en el proceso de enseñanza-

aprendizaje, con el fin de proponer mejoras en los modelos educativos de esta disciplina.

Sujetos y métodos

Diseño del estudio

El estudio es de enfoque mixto, combinando metodologías cuantitativas y cualitativas para obtener un análisis integral. Se enmarca en un diseño cuasi experimental, ya que los grupos de estudio ya estaban conformados. Se realizó un comparativo antes y después de la intervención para evaluar el impacto de la educación virtual en el aprendizaje significativo de los estudiantes de medicina en la asignatura de biología celular y tisular.

Participantes y selección

La investigación contó con la participación de estudiantes de la carrera de Médico Cirujano Militar de la Escuela Militar de Medicina, pertenecientes a las generaciones 2018-2024 y 2019-2025. La muestra se seleccionó de manera no probabilística, mediante un muestreo casual o por accesibilidad, para formar dos grupos de 40 alumnos cada uno. El primer grupo, considerado como control, estuvo integrado por estudiantes que cursaron la asignatura de biología celular y tisular en modalidad presencial, mientras que el segundo grupo, el experimental, estuvo compuesto por los que recibieron la enseñanza en modalidad virtual.

Para la selección de los participantes se establecieron criterios de inclusión que contemplaban a los estudiantes que cursaron la asignatura de biología celular y tisular en alguna de las dos modalidades mencionadas y que, además, participaron en las evaluaciones de conocimientos y habilidades correspondientes. En contraste, se excluyó a los alumnos que no formaban parte de las generaciones específicas o que no tomaron parte en las evaluaciones requeridas para el estudio.

Hipótesis y operacionalización de variables

Este estudio plantea la hipótesis de que la educación virtual afecta negativamente el aprendizaje significativo en estudiantes de medicina en la asignatura de biología celular y tisular. Para analizar esta relación, se definieron dos variables principales: educación virtual como variable independiente y aprendizaje significativo como variable dependiente.

La educación virtual se concibió como el proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por herramientas digitales en modalidades síncrona y asíncro-

na. Su operacionalización incluyó dimensiones como planificación didáctica, accesibilidad a recursos, disponibilidad de plataformas interactivas y estrategias pedagógicas digitales, evaluadas mediante encuestas y observaciones estructuradas en clases virtuales.

El grupo de control recibió educación presencial, definida por la interacción directa docente-alumno, acceso a materiales físicos y prácticas en laboratorio. Se evaluaron dimensiones equivalentes a la educación virtual, como planificación didáctica, accesibilidad a recursos, uso de herramientas en aula y estrategias pedagógicas. Los datos fueron recolectados mediante encuestas y observaciones estructuradas en sesiones presenciales.

El aprendizaje significativo se definió como la integración de nuevos conocimientos con la estructura cognitiva previa, reflejado en participación activa, desempeño en exámenes, aplicación práctica y uso del microscopio. Su medición incluyó pruebas de conocimientos, rúbricas de desempeño y evaluaciones digitales interactivas.

De esta manera, la estructura metodológica permitió analizar la relación entre la educación virtual y el aprendizaje significativo, estableciendo mecanismos precisos para medir el impacto de la modalidad educativa en la formación de los futuros médicos cirujanos militares.

Instrumento de medición

Para garantizar la rigurosidad metodológica en la recolección de datos, se emplearon diversos instrumentos diseñados para evaluar la relación entre la educación virtual y el aprendizaje significativo en la asignatura de biología celular y tisular. Estos instrumentos se seleccionaron en función de su capacidad para proporcionar mediciones válidas, confiables y objetivas, permitiendo así un análisis integral de las variables del estudio.

- *Encuesta.* Se diseñó un cuestionario estructurado con preguntas cerradas utilizando una escala Likert de cinco puntos. Este instrumento permitió recopilar la percepción de los estudiantes sobre su aprendizaje y evaluar la eficacia de la educación virtual en comparación con la modalidad presencial.
- *Guía de observación.* Se aplicó durante las sesiones de clase para registrar la interacción de los estudiantes con los contenidos, su nivel de participación y el uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La observación se realizó mediante una lista de cotejo con criterios previamente establecidos para asegurar la objetividad de los datos.

- *Examen de conocimientos.* Se desarrolló una evaluación objetiva que incluyó preguntas de selección múltiple y preguntas abiertas. Este examen midió el dominio conceptual de los estudiantes en la asignatura, permitiendo comparar el rendimiento académico entre los grupos de estudio.
- *Rúbrica de práctica del uso del microscopio.* Para evaluar las habilidades técnicas de los estudiantes, se utilizó una rúbrica estructurada en dimensiones como el manejo del equipo, la identificación de estructuras celulares y tisulares, y la correcta aplicación de los procedimientos de laboratorio.
- *Aplicaciones interactivas en Educaplay [25].* Se utilizaron recursos de aprendizaje basado en el juego a través de la plataforma Educaplay, con el objetivo de medir conocimientos, habilidades y valores relacionados con el aprendizaje significativo. Estas herramientas proporcionaron una evaluación dinámica y complementaria a los métodos tradicionales de medición.

Cada uno de estos instrumentos fue sometido a un proceso de validación para garantizar su adecuación al estudio, asegurando que los datos obtenidos fueran precisos y relevantes para evaluar el impacto de la educación virtual en la formación de los estudiantes.

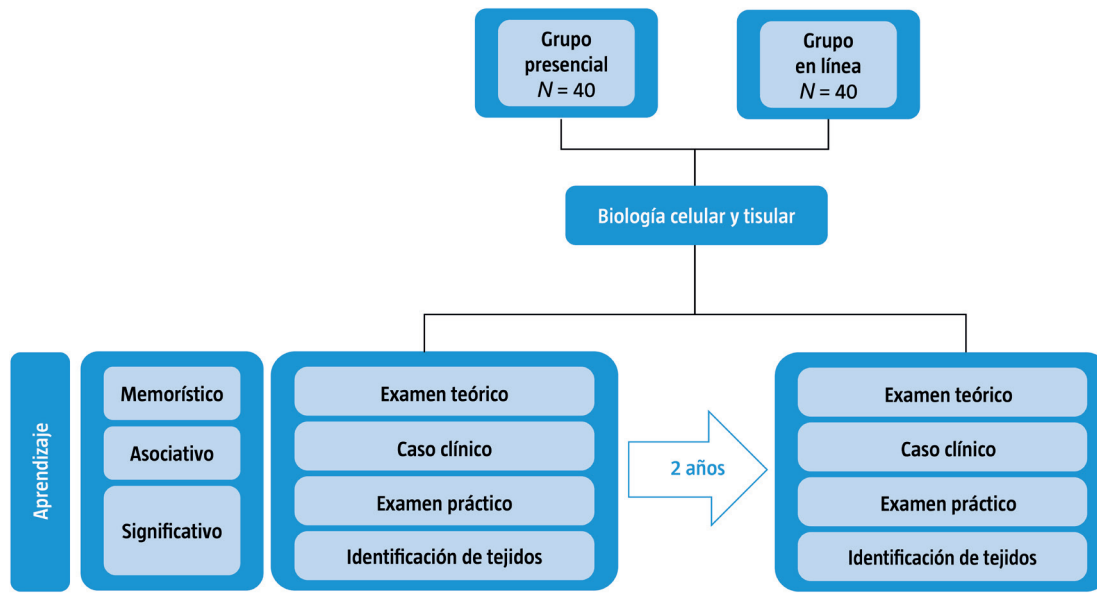
Se llevó a cabo una prueba piloto con una muestra de 20 estudiantes, distribuidos equitativamente entre educación virtual y presencial (10 por modalidad), seleccionados por compartir características con la población de estudio. Su objetivo fue evaluar la claridad y pertinencia de los instrumentos de medición, permitiendo realizar los ajustes necesarios antes de su aplicación definitiva.

Se aplicaron cuatro instrumentos para valorar el aprendizaje a dos grupos de estudiantes de medicina, uno que tomó la asignatura de manera presencial y otro en línea, esto durante el transcurso de la asignatura (corto plazo), y dos años después se aplicaron las mismas pruebas para evaluar el aprendizaje a largo plazo.

Se aplicó un examen de conocimientos teórico para valorar el aprendizaje memorístico, un caso clínico para el aprendizaje asociativo y un examen práctico, más uno de identificación de tejidos, para evaluar el aprendizaje significativo (Fig. 1).

Análisis de datos

Los datos recopilados mediante encuestas, observaciones y evaluaciones académicas fueron codifi-

Figura 1. Evaluación del aprendizaje memorístico, asociativo y significativo a corto plazo en estudiantes de la asignatura de biología celular y tisular.

cados y procesados utilizando el *software* estadístico SPSS, lo que permitió su organización y estructuración de manera sistemática. Para el análisis se emplearon técnicas de estadística descriptiva con el fin de sintetizar la información en tablas y gráficos que facilitaran la visualización de los resultados y la identificación de patrones en los datos. Además, se aplicó la prueba *t* de Student para comparar el desempeño académico entre los grupos de estudio y determinar si existían diferencias significativas entre ellos, asegurando un análisis riguroso de la relación entre las variables.

Para garantizar la validez de los instrumentos de medición y evitar sesgos en los datos, estos los revisaron y validaron dos expertos en la materia ajenos al grupo investigador. Esta evaluación independiente permitió confirmar que cada herramienta de medición cumplía con los criterios de confiabilidad y validez, asegurando que los resultados obtenidos reflejaran con precisión la relación entre la educación virtual y el aprendizaje significativo.

Resultados

Se presentan los resultados de las evaluaciones aplicadas a los estudiantes de los grupos presencial y en línea en cuatro tipos de pruebas: teórica, caso clínico, práctica e identificación de tejidos. Se comparan los valores previos y actuales, permitiendo evaluar la

evolución del desempeño académico en ambos grupos. La estadística descriptiva de las puntuaciones obtenidas se resume en las tablas I y II.

Los resultados de las evaluaciones (Tablas I y II) muestran diferencias en el desempeño de los grupos presencial y en línea. En el grupo presencial, la evaluación teórica disminuyó (de 8.415 a 7.045), mientras que las evaluaciones práctica (de 7.288 a 8.373) e identificación de tejidos (de 6.123 a 7.715) mejoraron, lo que sugiere un mayor desarrollo de habilidades procedimentales en detrimento del conocimiento teórico. En el grupo en línea, la evaluación teórica mostró un leve aumento (de 6.255 a 6.475), pero la de caso clínico disminuyó (de 6.978 a 5.845), lo que indica dificultades en la aplicación del conocimiento en escenarios clínicos.

La dispersión de las puntuaciones fue mayor en caso clínico en ambos grupos, lo que refleja variabilidad en la capacidad de integración del conocimiento. Mientras que en el grupo presencial la variabilidad se concentró en la práctica, en el grupo en línea fue más evidente en la identificación de tejidos. Estos hallazgos sugieren que cada modalidad de enseñanza impacta de manera diferenciada en el aprendizaje, resaltando la necesidad de estrategias equilibradas para fortalecer tanto la teoría como la aplicación práctica.

Los resultados obtenidos en el grupo presencial muestran diferencias significativas en el desempeño de los estudiantes en las evaluaciones previas y

Tabla I. Estadística descriptiva de los resultados de las evaluaciones del grupo presencial.

	Teórico		Caso clínico		Práctico		Identificación de tejidos	
	Previo	Actual	Previo	Actual	Previo	Actual	Previo	Actual
Tamaño (N)	40	40	40	40	40	40	40	40
Mínimo	3,5	4,5	0	2	3,3	3	1,25	2,2
Percentil del 25%	8	6,125	6,4	4	6,2	7,5	4,625	6,6
Mediana	8,75	7	8	6	7,5	9	6,05	7,7
Percentil del 75%	9,4	7,875	10	8	8,3	10	8	8,8
Máximo	9,7	9	10	10	10	10	9,75	10
Media	8,415	7,045	6,88	6,3	7,288	8,373	6,123	7,715
Desviación estándar	1,384	1,195	3,64	1,951	1,428	1,967	2,241	1,815
Error estándar de la media	0,2188	0,1889	0,5755	0,3084	0,2257	0,311	0,3543	0,287
IC < 95%	7,972	6,663	5,716	5,676	6,831	7,743	5,406	7,134
IC > 95%	8,858	7,427	8,044	6,924	7,744	9,002	6,839	8,296

IC: intervalo de confianza.

Tabla II. Estadística descriptiva de los resultados de las evaluaciones del grupo en línea.

	Teórico		Caso clínico		Práctico		Identificación de tejidos	
	Previo	Actual	Previo	Actual	Previo	Actual	Previo	Actual
Tamaño (N)	40	40	40	40	40	40	40	40
Mínimo	4	4,5	0	2	1	4,5	4,5	2
Percentil del 25%	5,6	6	6,7	4	5,65	6	7,225	5,5
Mediana	6,2	6,5	7,5	6	7	7,25	8,25	6,6
Percentil del 75%	7	7	8,75	8	7,7	9	9,5	7,925
Máximo	8,6	8,5	10	8,8	8,8	10	10	10
Media	6,255	6,475	6,978	5,845	6,518	7,325	8,17	6,68
Desviación estándar	1,133	1,031	2,782	1,917	1,772	1,799	1,447	2,095
Error estándar de la media	0,1792	0,1631	0,4399	0,3032	0,2801	0,2845	0,2288	0,3312
IC < 95%	5,893	6,145	6,088	5,232	5,951	6,75	7,707	6,01
IC > 95%	6,617	6,805	7,867	6,458	7,084	7,9	8,633	7,35

IC: intervalo de confianza.

rica se observó una disminución en la puntuación promedio final en comparación con la inicial (8,41 frente a 7,04; $p < 0,0001$), lo que podría indicar una reducción en la retención de conocimientos memorizados a lo largo del curso.

Por otro lado, en el aprendizaje significativo, reflejado en la evaluación práctica y en la identificación de tejidos, se registraron mejoras significativas en las calificaciones finales. En la evaluación práctica, la puntuación promedio aumentó de 7,28 a 8,37 ($p = 0,006$), mientras que, en la identificación de tejidos, el incremento fue de 6,12 a 7,71 ($p = 0,0008$). Estos hallazgos sugieren que el enfoque utilizado favoreció la adquisición y consolidación de habilidades prácticas y de reconocimiento estructural.

En contraste, el aprendizaje asociativo, evaluado a través del análisis de casos clínicos, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre la evaluación previa y final (6,88 frente a 6,3; $p = 0,3771$), lo que sugiere que esta estrategia no se vio sustancialmente fortalecida en el grupo analizado.

Estos resultados, representados en la figura 2, evidencian la importancia de emplear metodologías que fomenten el aprendizaje práctico y contextualizado, en contraste con el aprendizaje basado únicamente en la memorización.

Los resultados obtenidos en el grupo en línea muestran diferencias significativas en algunas dimensiones del aprendizaje, mientras que en otras no se observaron cambios relevantes. En cuanto al aprendizaje asociativo, evaluado a través del análisis de casos clínicos, se identificó una disminución en el desempeño de los estudiantes en la evaluación final en comparación con la previa (6,97 frente a 5,84; $p = 0,0372$). Asimismo, en la identificación de tejidos, que forma parte del aprendizaje significativo, se registró una reducción en las puntuaciones finales con respecto a las iniciales (8,17 frente a 6,68; $p = 0,0004$). Estos resultados sugieren que ciertos componentes del aprendizaje práctico y aplicado pueden verse afectados en un entorno virtual.

Por otro lado, en el aprendizaje significativo, específicamente en la evaluación práctica, se evidenció una mejora en las puntuaciones finales en comparación con las iniciales (6,51 frente a 7,32; $p = 0,0466$), lo que indica que los estudiantes fueron capaces de desarrollar habilidades prácticas en el formato en línea. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el aprendizaje memorístico, medido a través del examen teórico (6,25 frente a 6,47; $p = 0,3666$), lo que sugiere que el conocimiento basado en la memorización se mantuvo estable a lo largo del curso.

finales, lo que sugiere un impacto diferenciado en distintos tipos de aprendizaje. En la evaluación teó-

Estos hallazgos, representados en la figura 3, evidencian que el aprendizaje en entornos virtuales puede presentar retos particulares en la consolidación del aprendizaje asociativo y en la identificación de estructuras anatómicas, mientras que la práctica guiada puede mejorar a pesar de las limitaciones de la modalidad en línea.

Los resultados de las evaluaciones previas mostraron diferencias significativas entre el grupo presencial y el grupo en línea en diversas pruebas de desempeño académico. En la evaluación teórica, el grupo presencial obtuvo calificaciones significativamente más altas en comparación con el grupo en línea (8,41 frente a 6,25; $p < 0,0001$), lo que indica un mejor desempeño en el aprendizaje memorístico en este formato de enseñanza. De manera similar, en la evaluación práctica inicial, los estudiantes del grupo presencial alcanzaron un promedio superior en comparación con los del grupo en línea (7,28 frente a 6,51; $p = 0,0354$), lo que sugiere una ventaja en el desarrollo de habilidades prácticas bajo instrucción presencial.

En contraste, en la prueba de identificación de tejidos, el grupo en línea superó al grupo presencial con un promedio significativamente mayor (8,17 frente a 6,12; $p < 0,0001$). Esto sugiere que, para esta tarea específica, el aprendizaje en línea podría haber favorecido el desarrollo de habilidades de reconocimiento visual de estructuras anatómicas. No obstante, en la evaluación de casos clínicos no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos (6,88 frente a 6,97; $p = 0,8933$), lo que indica que el método de enseñanza no influyó de manera considerable en este tipo de prueba (Tabla III y Fig. 4).

Estos hallazgos resaltan cómo el formato de instrucción influye diferencialmente en distintos tipos de evaluaciones, favoreciendo el aprendizaje teórico y práctico en el entorno presencial, mientras que el formato en línea puede proporcionar ventajas en el reconocimiento de patrones visuales, como en la identificación de tejidos. Estos resultados deben considerarse en el diseño de estrategias de enseñanza en cursos que combinan metodologías presenciales y virtuales.

En la comparación de las evaluaciones finales entre los grupos presencial y en línea, se observaron diferencias significativas en la mayoría de las pruebas, con excepción de la evaluación de casos clínicos. Según los resultados de la prueba *t* (Tabla IV), el grupo presencial obtuvo puntuaciones promedio superiores en todas las evaluaciones analizadas. En particular, el examen teórico mostró una diferencia significativa entre ambos grupos (7,04 frente a 6,47; $p = 0,0251$), lo que indica una ventaja en el rendi-

Figura 2. Comparación de las evaluaciones previas frente a finales del grupo presencial.

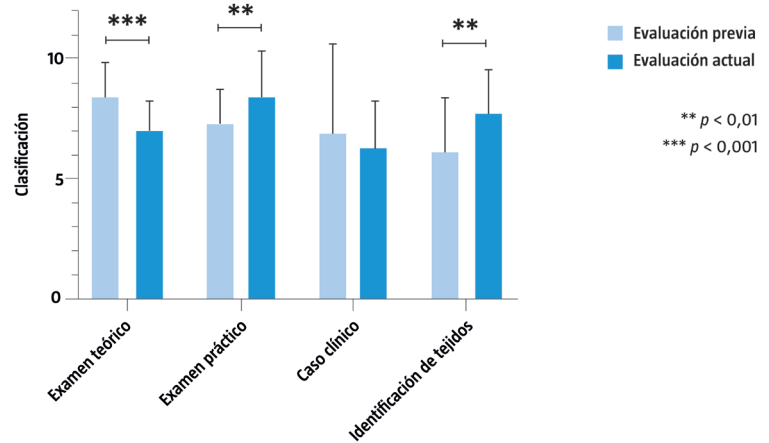
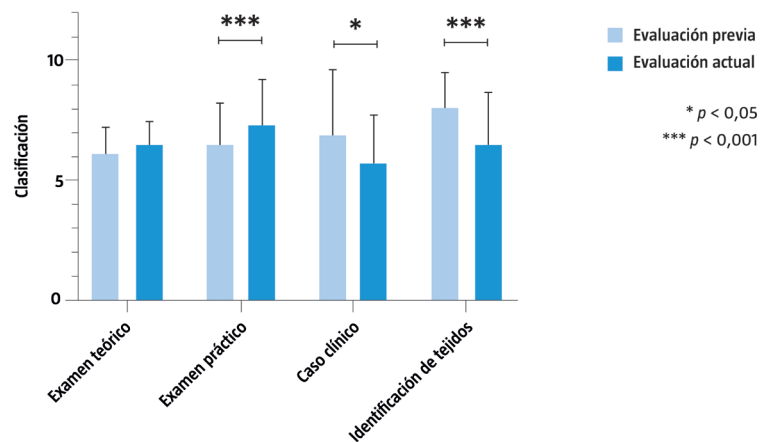


Figura 3. Comparación de las evaluaciones previas frente a finales del grupo en línea.

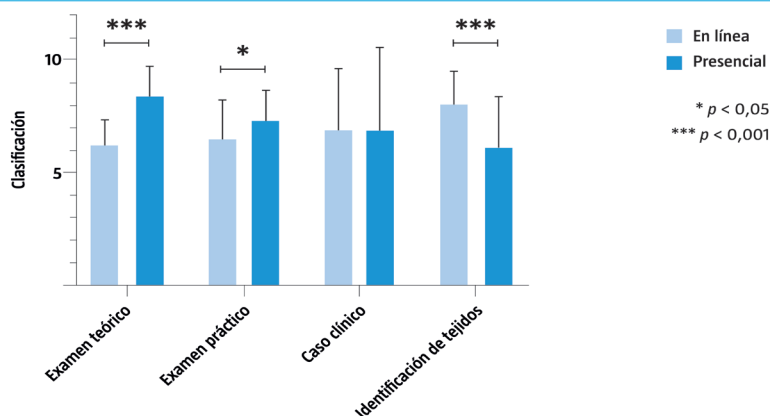


miento del grupo presencial. De manera similar, en la evaluación práctica, el grupo presencial presentó una puntuación promedio de 8,37 frente a 7,32 en el grupo en línea ($p = 0,0151$). Asimismo, en la identificación de tejidos, los participantes presenciales alcanzaron una media de 7,71 en comparación con 6,68 en el grupo en línea ($p = 0,0207$), lo que evidencia una diferencia estadísticamente significativa.

Por otro lado, la evaluación de casos clínicos no mostró diferencias significativas entre ambos grupos (6,3 frente a 5,85; $p = 0,296$), lo que sugiere que el aprendizaje basado en la resolución de casos no se vio afectado por el método de enseñanza (presencial o en línea). Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de

Tabla III. Prueba *t* en el grupo presencial frente a en línea en las evaluaciones previas.

	Evaluaciones previas			
	Teórico	Caso clínico	Práctico	Identificación de tejidos
Valor de <i>p</i>	<0,0001	0,8933	0,0354	<0,0001
Resumen del valor de <i>p</i>	***	ns	*	***
¿Diferencia significativa (<i>p</i> < 0,05)?	Sí	No	Sí	Sí
¿De una o dos colas?	Dos colas	Dos colas	Dos colas	Dos colas
<i>t</i> , gl	<i>t</i> = 7,637, gl = 78	<i>t</i> = 0,1346, gl = 78	<i>t</i> = 2,140, gl = 78	<i>t</i> = 4,855, gl = 78
Promedio presencial	8,415	6,88	7,288	6,123
Promedio en línea	6,255	6,978	6,518	8,17
Diferencia entre las medias ± EEM	-2,16 ± 0,2828	0,0975 ± 0,7243	-0,77 ± 0,3597	2,048 ± 0,4217
Intervalo de confianza al 95%	-2,723 a -1,597	-1,345 a 1,54	-1,486 a -0,05382	1,208 a 2,887
R ²	0,4278	0,0002322	0,05548	0,2321
N presencial	40	40	40	40
N en línea	40	40	40	40

EEM: error estándar de la media; gl: grados de libertad; ns: no significativo. * *p* < 0,05; *** *p* < 0,001.**Figura 4.** Grupo en línea frente a presencial en las evaluaciones previas.

que la modalidad presencial proporciona un entorno de aprendizaje más favorable para la adquisición de conocimientos teóricos y prácticos, mientras que la resolución de casos clínicos puede beneficiarse de otras estrategias pedagógicas independientes del formato de enseñanza. La figura 5 ilustra la comparación de las puntuaciones obtenidas en cada tipo de evaluación, confirmando visualmente las diferencias observadas en la prueba estadística.

El grupo presencial mostró un incremento significativo en el aprendizaje, que quedó reflejado en la mejora del desempeño en el examen práctico y en la identificación de tejidos, mientras que el aprendizaje memorístico disminuyó ligeramente y el asociativo se mantuvo estable. En contraste, los estudiantes en línea presentaron una reducción en la identificación de tejidos y en la resolución de casos clínicos, con un leve aumento en el aprendizaje significativo y sin cambios en el memorístico. En términos generales, el desempeño final del grupo presencial fue superior en el aprendizaje memorístico y significativo, sin diferencias en el asociativo (Tabla V).

El análisis cualitativo, basado en encuestas y una guía de observación, reveló que los estudiantes en línea contaban con dispositivos y acceso a Internet, que facilitaban el uso de Zoom y otros recursos digitales. Aunque consideraron la modalidad virtual accesible, expresaron preferencia por la presencialidad, debido a la naturaleza práctica de la asignatura, y recomendaron reforzar el aprendizaje con sesiones en laboratorio. La observación evidenció que la enseñanza en línea estuvo bien estructurada, con metodologías activas que fomentaron la participación y la entrega de productos de calidad. Sin embargo, se destaca la necesidad de incorporar prácticas presenciales para consolidar conocimientos en la formación biomédica.

Discusión

El presente estudio evaluó el impacto de la educación virtual en el aprendizaje significativo de los estudiantes de medicina en la asignatura de biología celular y tisular. A partir de los resultados obtenidos, se identificaron diferencias sustanciales entre los grupos analizados, lo que permite reflexionar sobre la eficacia de cada modalidad educativa y sus implicaciones en la formación de futuros profesionales de la salud.

Los hallazgos indican que los estudiantes del grupo presencial obtuvieron mejores resultados en la evaluación teórica y práctica en comparación con los del grupo en línea. Esto concuerda con estudios previos que han demostrado que la enseñanza presencial favorece la comprensión y aplicación del conocimiento, especialmente en disciplinas que requieren habilidades procedimentales y trabajo en laboratorio [26,27]. La interacción directa con los docentes y el acceso a materiales físicos parecen ser factores clave en la retención y aplicación del aprendizaje en este contexto [28].

Por otro lado, el grupo en línea mostró desempeños similares en el aprendizaje memorístico, pero una disminución en la resolución de casos clínicos y en la identificación de tejidos. Esto sugiere que, aunque la educación virtual puede ser efectiva para la adquisición de conocimiento teórico, presenta limitaciones en el desarrollo de competencias que requieren interacción práctica [29]. Investigaciones previas han demostrado que la falta de contacto directo con materiales y docentes puede afectar a la capacidad de los estudiantes para conectar la teoría con la práctica [30].

Un aspecto importante que hay que considerar es la adaptabilidad de los estudiantes y docentes a los entornos virtuales. Si bien el acceso a tecnología ha permitido la continuidad de la educación durante crisis como la pandemia de COVID-19, la transición abrupta a la virtualidad evidenció deficiencias en la infraestructura y en la preparación para el aprendizaje a distancia [27]. La percepción de los estudiantes respecto a la modalidad virtual refuerza la necesidad de complementar la educación en línea con actividades presenciales, especialmente en asignaturas biomédicas que requieren un enfoque práctico.

Otra variable relevante en la comprensión del impacto de la educación virtual es la interacción con el docente y los compañeros. Diversos estudios han indicado que la socialización dentro del entorno educativo desempeña un papel fundamental en la motivación del estudiante y en la profundización del aprendizaje [31,32]. La falta de interacción personal en la educación virtual puede afectar a la capacidad de los alumnos para generar conexiones significativas con el material de estudio, lo que impacta negativamente en su capacidad de retener y aplicar conocimientos. A esto se suma la falta de acceso a infraestructura tecnológica adecuada en ciertos sectores, lo que genera una brecha en el aprendizaje que puede acentuarse en cursos altamente especializados y con requerimientos técnicos, como biología celular y tisular.

Desde un punto de vista metodológico, el estudio presentó fortalezas, al incluir una comparación rigurosa de ambas modalidades a través de pruebas estandarizadas y encuestas estructuradas. Sin embargo, una posible limitación es el tamaño de la muestra y la selección no probabilística de los participantes, lo que podría influir en la generalización de los resultados. Además, la evaluación del aprendizaje a largo plazo podría enriquecerse con estudios longitudinales que analicen la retención del conocimiento y su aplicabilidad en el ejercicio profesional.

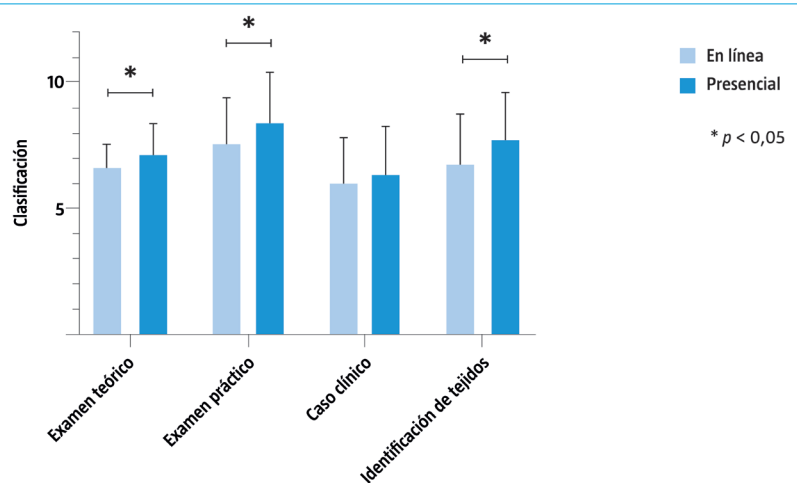
Futuras investigaciones podrían centrarse en la optimización de estrategias didácticas para la edu-

Tabla IV. Prueba *t* en el grupo presencial frente a en línea en las evaluaciones finales (actuales).

	Evaluaciones previas			
	Teórico	Caso clínico	Práctico	Identificación de tejidos
Valor de <i>p</i>	0,0251	0,296	0,0151	0,0207
Resumen del valor de <i>p</i>	*	ns	*	*
¿Diferencia significativa (<i>p</i> < 0,05)?	Sí	No	Sí	Sí
¿De una o dos colas?	Dos colas	Dos colas	Dos colas	Dos colas
<i>t</i> , gl	<i>t</i> = 2,284, gl = 78	<i>t</i> = 1,052, gl = 78	<i>t</i> = 2,485, gl = 78	<i>t</i> = 2,362, gl = 78
Promedio presencial	7,045	6,3	8,373	7,715
Promedio en línea	6,475	5,845	7,325	6,68
Diferencia entre las medias ± EEM	-0,57 ± 0,2495	-0,455 ± 0,4325	-1,048 ± 0,4215	-1,035 ± 0,4383
Intervalo de confianza al 95%	-1,067 a -0,07322	-1,316 a 0,406	-1,887 a -0,2084	-1,908 a -0,1625
<i>R</i> ²	0,0627	0,01399	0,07338	0,06673
<i>N</i> presencial	40	40	40	40
<i>N</i> en línea	40	40	40	40

EEM: error estándar de la media; gl: grados de libertad; ns: no significativo. * *p* < 0,05.

Figura 5. Grupo en línea frente a presencial en las evaluaciones finales.



cación virtual, explorando metodologías híbridas que combinen lo mejor de ambos entornos. La implementación de laboratorios virtuales, simulaciones interactivas y evaluaciones adaptativas podría mejorar la experiencia de aprendizaje en asignaturas biomédicas, cerrando la brecha entre la enseñanza en línea y la presencialidad.

Tabla V. Resumen de las evaluaciones iniciales y finales en el grupo presencial frente a en línea.

Aprendizaje	Memorístico	Asociativo	Significativo	
Evaluaciones	Examen teórico	Caso clínico	Examen práctico	Identificación de tejidos
Presencial Inicial/actual	↓	=	↑	↑
En línea Inicial/actual	=	↓	↑	↓
Presencial frente a en línea (inicial)	P > L	P = L	P > L	P < L
Presencial frente a en línea (actual)	P > L	P = L	P > L	P > L

L: en línea P: presencial.

Conclusiones

Los resultados de este estudio confirman que la educación virtual impacta de manera diferenciada en el aprendizaje significativo de los estudiantes de medicina en la asignatura de biología celular y tisular. Se corroboró parcialmente la hipótesis planteada, pues, aunque la enseñanza en línea demostró ser efectiva para el aprendizaje memorístico, presentó deficiencias en la resolución de casos clínicos y en la identificación de tejidos, aspectos fundamentales en la formación médica.

Los resultados evidenciaron que el aprendizaje significativo disminuye cuando la asignatura se desarrolla en modalidad virtual, debido a la ausencia de la observación directa y la falta de interacción con instrumentos fundamentales, como el microscopio. En contraste, los estudiantes que cursaron la materia de manera presencial mostraron un mejor desempeño en la comprensión y aplicación de conocimientos, reafirmando la importancia del componente práctico en la enseñanza de disciplinas biomédicas.

Las evidencias teóricas y empíricas indican que cursar biología celular y tisular en modalidad virtual tiene un impacto negativo en el aprendizaje significativo en comparación con la enseñanza presencial. Por ello, se recomienda diseñar modelos híbridos que integren elementos de ambas modalidades para potenciar la experiencia educativa.

Bibliografía

1. Cheng C, Papadakos J, Umakanthan B, Fazelzad R, Martimianakis MA, Ugas M, et al. On the advantages and disadvantages of virtual continuing medical education: a scoping review. *Can Med Educ J* 2023; 14: 41-74.

2. Alenezi M, Wardat S, Akour M. The need of integrating digital education in higher education: challenges and opportunities. *Sustainability* 2023; 15: 4782.

3. Martín-Sómer M, Casado C, Gómez-Pozuelo G. Utilising interactive applications as educational tools in higher education: perspectives from teachers and students, and an analysis of academic outcomes. *Educ Chem Eng* 2024; 46: 1-9.

4. Makda F. Digital education: mapping the landscape of virtual teaching in higher education –a bibliometric review. *Educ Inf Technol* 2025; 30: 2547-75.

5. Rahmani AM, Groot W, Rahmani H. Dropout in online higher education: a systematic literature review. *Int J Educ Technol High Educ* 2024; 21: 19.

6. Diab-Bahman R, Al-Enzi A, Sharafeddine W, Aftimos S. The effect of attendance on student performance: implications of using virtual learning on overall performance. *J Appl Res High Educ* 2022; 14: 1175-92.

7. Souza JF. UNESCO, World Bank, and OECD: global perspectives on the right to education and implications for the teaching profession. *Educar Rev* 2024; 40: e94756.

8. Topping KJ. Advantages and disadvantages of online and face-to-face peer learning in higher education: a review. *Educ Sci* 2023; 13: 326.

9. Constantia C, Christos P, Glykeria R, Anastasia AR, Aikaterini V. The impact of COVID-19 on the educational process: the role of the school principal. *J Educ* 2023; 203: 566-73.

10. Bozkurt A, Karakaya K, Turk M, Karakaya Ö, Castellanos-Reyes D. The impact of COVID-19 on education: a meta-narrative review. *TechTrends* 2022; 66: 883-96.

11. Mospan N. Trends in emergency higher education digital transformation during the COVID-19 pandemic. *J Univ Teach Learn Pract* 2023; 20: 50-68.

12. Imran R, Fatima A, Salem IE, Allil K. Teaching and learning delivery modes in higher education: looking back to move forward post-COVID-19 era. *Int J Manag Educ* 2023; 21: 100805.

13. Doyle K, Doyle Y, Everett T. Learning loss as seen through the decline in student lab skills due to COVID-19. *Educ J* 2023; 12: 258-61.

14. Aretio LG. COVID-19 y educación a distancia digital: preconfinamiento, confinamiento y posconfinamiento. *RIED* 2021; 24: 9-32.

15. Fiallos KZL, Morales Ramos GS. Biología celular evolutiva: integrando células y evolución. *Polo Conoc* 2024; 9: 2534-54.

16. Molina-Navarro MM, Cutillas S, García M, Domínguez R, Ballestín R, García-Fornier A, et al. A virtual microscope revolutionizing histology lessons. *ICERI2024 Proceedings* 2024; 10041-10045.

17. de Silva RS, de Lima P, Guedert DG, da CL Freire G, Cerqueira GS. The increasing inclusion of technologies in histology teaching: a systematic review. *Morphologie* 2024; 108: 100784.

18. Vieno-Corbett K, Deweyert AM. Celebrating student engagement in an undergraduate histology course: a showcase review. *Anat Sci Educ* 2025; [Online ahead of print].

19. Hortsch M. Transforming histology students from passive lecture listeners into active lecture learners. *Anat Sci Educ* 2024; 17: 1174-82.

20. Williams BJ. Practical guide to the use of digital slides in histopathology education. *J Clin Pathol* 2024; 77: 366-71.

21. Başer A, Büyüç B. Bridging the gap in medical education: comparing analysis of light microscopy and virtual microscopy in histology. *Peer J* 2024; 12: e17695.

22. Jaleel A, Iqbal SP, Cheema KM, Iftikhar S, Bashir MZ. Navigating undergraduate medical education: a comparative evaluation of a fully online versus a hybrid model. *BMC Med Educ* 2024; 24: 895.

23. Guamán MRC, Guayasamín LGS, Manzano CMC, Asitimbay MAC. Metodologías de enseñanza para el aprendizaje significativo de la fisiología. *Rev Imaginario Soc* 2024; 7: 305-16.

24. Nurhasnah NS, Kustati M. Learning theories according to constructivism theory. *J Int Inspire Educ Technol* 2024; 3: 19-30.
25. Educaplay. Herramientas de evaluación interactivas. Educaplay; 2024. URL: <https://www.educaplay.com>. Fecha última consulta: 10.02.2025.
26. Ferri F, Grifoni P, Guzzo T. Online learning and emergency remote teaching: opportunities and challenges in emergency situations. *Societies* 2020; 10: 86.
27. Sandars J, Correia R, Dankbaar M, de Jong P, Goh PS, Hege I, et al. Twelve tips for rapidly migrating to online learning during the COVID-19 pandemic. *MedEdPublish* 2020; 9: 82.
28. Rad RF, Sadrabad AZ, Nouraei R, Khatony A, Bashiri H, Bozorgomid A, et al. Comparative study of virtual and face-to-face training methods on the quality of healthcare services provided by Kermanshah pre-hospital emergency staff (EMS): randomized educational intervention trial. *BMC Med Educ* 2022; 22: 203.
29. Pei L, Wu H. Does online learning work better than offline learning in undergraduate medical education? A systematic review and meta-analysis. *Med Educ Online* 2019; 24: 1666538.
30. Wilcha RJ. Effectiveness of virtual medical teaching during the COVID-19 crisis: systematic review. *JMIR Med Educ* 2020; 6: e20963.
31. Pensier J, Benoist F, Deffontis L, Boulet N, Al Taweel B, Costa D, et al. Motivation and socialization during summer predict medical students' success: an artificial intelligence study. *Med Teach* 2024; 1-10. [Online ahead of print].
32. Huang L, Lee MH. A study on the relationship between socialization of blended learning and motivation regulation under sustainable development with teacher support as the moderating variable. *SAGE Open* 2023;13: 21582440231201374.