

## ACTUALIZACIÓN

# La evaluación clínica objetiva estructurada (ECOE): aspectos principales y papel de la radiología

A.V. Pérez Baena<sup>a,\*</sup> y F. Sendra Portero<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Comarcal de Antequera, Antequera, España

<sup>b</sup> Departamento de Radiología y Medicina Física, Facultad de Medicina, Málaga, España

Recibido el 21 de agosto de 2022; aceptado el 28 de septiembre de 2022  
Disponible en Internet el 3 de noviembre de 2022

## PALABRAS CLAVE

Educación médica;  
Radiología;  
Estudiantes de medicina;  
Realidad virtual;  
Habilidades clínicas;  
Educación de posgrado

## KEYWORDS

Medical education;  
Radiology;  
Medical students;  
Virtual reality;  
Clinical skills;  
Postgraduate education

**Resumen** La evaluación clínica objetiva estructurada (ECOE) es un formato de examen que permite evaluar habilidades clínicas del alumnado de forma fiable, objetiva, uniforme y estandarizada. Se desarrolla en diferentes estaciones clínicas que simulan escenarios y situaciones clínicas reales. Actualmente, se está utilizando como prueba final en el grado en Medicina en numerosas universidades, incluidas las españolas. Esta actualización presenta su organización, diseño y fundamentos, y propone que la radiología debe estar presente en las ECOE multidisciplinarias, en la medida en que lo está en la práctica clínica. Además, es interesante y oportuno introducir la ECOE en la formación radiológica, en pregrado y posgrado. Las plataformas online posibilitan realizar ECOE virtuales bidimensionales coste-efectivas en términos de personal, recursos y espacio físico, aunque con ciertas limitaciones. La tecnología de mundos virtuales permite reproducir estaciones ECOE en escenarios tridimensionales; experiencias recientes en radiología han mostrado gran aceptación, interés y motivación en los alumnos.

© 2022 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## The objective structured clinical examination (OSCE): main aspects and the role of imaging

**Abstract** The objective structured clinical examination (OSCE) is a format of examination that enables students to be evaluated in a uniform, standardized, reliable, and objective way. It is carried out in different clinical stations that simulate real clinical situations and scenarios. Numerous universities in Spain and other countries employ this approach for the final examination for medical school students. This update describes the organization, design, and fundamentals for the OSCE, proposing that radiology should form part of multidisciplinary OSCEs

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [alba.virtudes7@gmail.com](mailto:alba.virtudes7@gmail.com) (A.V. Pérez Baena).

to the extent that it forms part of clinical practice. Moreover, it is interesting and opportune to introduce the OSCE in undergraduate and postgraduate training in radiology. Online platforms enable bidimensional OSCEs that are cost-effective in terms of staff, resources, and physical space, although this approach has certain limitations. Virtual world technologies make it possible to reproduce OSCE stations in three-dimensional scenarios; recent experiences in radiology have shown that this approach interests and motivates students and is widely accepted by them. © 2022 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La evaluación clínica objetiva estructurada (ECO) es un formato de examen desarrollado en diferentes estaciones clínicas (que son el espacio físico donde se desarrolla la prueba y se evalúa al alumno, reproduciendo así escenarios y situaciones clínicas reales)<sup>1</sup>. Permite evaluar habilidades clínicas de los alumnos de forma fiable, objetiva, uniforme y estandarizada, utilizando como método de corrección listas de verificación. Además, se ha señalado que la ECO favorece una mayor autonomía, aprendizaje y percepción positiva en los estudiantes, lo que proporciona una mayor calidad de la atención sanitaria futura<sup>2</sup>.

La primera ECO fue realizada por Harden en 1972 en la Universidad de Dundee como una alternativa a los métodos de evaluación clínica tradicionales, consistentes en examinar al estudiante con algunos pacientes disponibles en el periodo de examen<sup>3</sup>. Las evaluaciones tradicionales tenían limitaciones de reproducibilidad, pues el resultado de cada alumno podía verse influido por la actuación del paciente o sesgos del examinador al utilizar una puntuación no estandarizada. El modelo ECO surgió con el objetivo de estandarizar el examen clínico y disminuir las variables y los sesgos que pudieran influir en la evaluación. El objetivo de la ECO es utilizar un entorno clínico simulado, donde el estudiante debe mostrar cómo resuelve las situaciones y las preguntas que encuentra, para evaluar las habilidades teóricas y prácticas, así como el liderazgo, la conciencia situacional, la gestión de recursos y el trabajo en equipo. En las últimas décadas, la ECO ha tenido un crecimiento exponencial en su uso en todo el mundo, tanto en pregrado como posgrado<sup>4</sup>. Por lo general, una prueba ECO se compone de 10 a 20 estaciones individuales que evalúan una amplia gama de competencias clínicas o prácticas, como muestra la [tabla 1](#)<sup>5</sup>. Desde su desarrollo original, las ECO se han convertido en uno de los principales métodos para evaluar la competencia clínica en la formación médica de pregrado<sup>6</sup>. Dada la importancia de la radiología en la medicina clínica actual, sería interesante conocer la frecuencia con la que se utilizan las imágenes radiológicas en las ECO y la variabilidad existente en las diferentes universidades<sup>7</sup>.

Este artículo tiene como objetivos definir el modelo ECO y explicar la importancia que tiene la implementación de estaciones radiológicas en esta prueba.

**Tabla 1** Habilidades clínicas que suelen medirse en una prueba ECO

Habilidades de comunicación y profesionalismo
Habilidades para realizar la historia clínica
Habilidades de exploración física
Habilidades prácticas/técnicas
Habilidades de razonamiento clínico
Interpretación de hallazgos (incluyendo pruebas de imagen) e investigaciones clínicas
Toma de decisiones clínicas, incluido el diagnóstico diferencial
Gestión de una situación clínica, incluido el tratamiento y la derivación
Habilidades para resolver problemas clínicos
Actuar de forma segura y adecuada en una situación clínica de urgencia
Pensamiento crítico en la gestión terapéutica
Educación del paciente
Promoción de la salud
Habilidades de equipo
Gestión interdisciplinar en la atención sanitaria

## Implementación de la ECO en España

En el curso académico 2011/2012 la Conferencia Nacional de Decanos de Medicina (CNDM) acordó que todas las facultades de Medicina de España debían realizar una evaluación final de competencias clínicas y de comunicación, de carácter eminentemente práctico, mediante una prueba ECO<sup>8</sup>. Como primer paso, se organizó un curso formativo sobre ECO en la universidad de Alcalá de Henares. Posteriormente, la CNDM estableció que todos los estudiantes de las 40 facultades de Medicina españolas que finalizasen sus estudios en el curso 2015/2016 deberían superar una prueba ECO que evaluase 8 competencias clínicas: anamnesis, exploración física, comunicación, habilidades técnicas, juicio clínico, manejo diagnóstico y tratamiento, prevención y promoción de la salud, relaciones interprofesionales y aspectos éticos y legales<sup>9</sup>. Las imágenes radiológicas se suelen incluir en el manejo diagnóstico, como parte de las pruebas complementarias, en estaciones no específicas de radiología en algunas universidades y con estaciones

específicas de radiología en otras. De esta manera, la prueba ECOE ha quedado integrada en nuestro país al final de los estudios de grado como un examen multidisciplinar que evalúa los conocimientos teórico-prácticos aprendidos y el manejo y gestión de estos.

## Organización, diseño y principios fundamentales de la ECOE

Los 2 principios fundamentales del modelo ECOE son la *objetividad* y la *estructura*<sup>4</sup>. La *objetividad* se consigue mediante modelos de examen estandarizados, actuación estandarizada de los actores/pacientes que intervengan (pacientes estandarizados) y un entrenamiento previo de los evaluadores para que realicen las mismas preguntas, evaluándolas de manera similar. La *estructura* se centra en el diseño de cada estación ECOE, que evalúa tareas clínicas específicas de manera estructurada y estandarizada, acordes con el plan de formación. Debido a esos 2 principios fundamentales, una ECOE bien diseñada ha demostrado ser una herramienta con alta fiabilidad, poco sesgo y gran validez interna<sup>4</sup>. Agarwal et al.<sup>10</sup> hicieron un interesante análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) del sistema ECOE, que se resume en la [tabla 2](#).

Los elementos fundamentales para el diseño de una ECOE son<sup>11,12</sup>:

- a. *El comité organizador*. Lo constituyen entre 6 y 12 profesionales clínicos con experiencia, conocimientos y habilidades acerca de esta prueba evaluadora, quienes definen aspectos fundamentales como la confidencialidad de los contenidos, el nivel de exigencia requerido, la evaluación de los resultados, la información que reciben los alumnos, el profesorado responsable de las diferentes estaciones y la emisión de los certificados correspondientes. Otras funciones del comité son establecer los requisitos del profesional evaluador, definir los criterios de ponderación de las pruebas y elaborar las situaciones clínicas, casos y elementos que formarán parte de las estaciones clínicas.
- b. *La tabla de especificaciones*. Es un documento fundamental que incluye el diseño global de la prueba. Está constituido por filas y columnas con la ubicación de las estaciones, los turnos de participación (ruedas o rondas) de los alumnos, las asignaturas a evaluar, los examinadores, los instrumentos evaluadores y el diseño de cada estación (véase material suplementario, anexo 1).
- c. *Las estaciones clínicas*. Son el espacio físico donde se desarrollan los casos y donde los examinadores evalúan a los alumnos. Cada estación clínica dispone de elementos y materiales concretos que deben ser especificados y chequeados previamente a la realización de la prueba<sup>10</sup>. Cada estación está identificada con un número. Su localización debe ser sencilla y el acceso a la siguiente estación debe ser fácil y rápido para evitar pérdidas de tiempo o concentración<sup>12</sup>. Por ello se organiza una rueda de estaciones correlativas, optimizando así los recursos y el tiempo ([fig. 1](#)). Es importante desarrollar y mantener un banco de estaciones ECOE de calidad garantizada y

revisadas por pares para usarlas en varias convocatorias de exámenes<sup>13</sup>.

- d. *Los casos*. Son el contenido primario fundamental de la ECOE y la base de las diferentes estaciones clínicas. Cada caso se compone habitualmente de una descripción con datos del paciente, anamnesis y exploración física, pruebas clínicas o radiológicas y examen con las diferentes preguntas a desarrollar ([fig. 2](#)), así como una lista de verificación para evaluar las competencias requeridas de forma objetiva, uniforme y estandarizada ([tabla 3](#)). Los casos deben incluir en la medida de lo posible las siguientes características: 1) *prevalencia*, deben recoger enfermedad frecuente; 2) *globalidad* o capacidad de evaluación de todas las competencias necesarias en cada caso; 3) *factibilidad* o posibilidad real de diseño de la estación con los recursos disponibles; y 4) *facilidad de evaluación*, mediante una lista de verificación. Además, sería interesante añadir modelos de simulación como parte de los casos-pacientes de la ECOE para poner en práctica habilidades vinculadas a las imágenes (como, por ejemplo, marcajes pleurales, biopsias guiadas por imagen o ecografía entre otras).
- e. *Selección y entrenamiento de pacientes estandarizados y de evaluadores*. Los pacientes estandarizados suelen ser actores entrenados para simular a un paciente, su historia clínica, exploración física, actitudes y características emocionales, en función del caso que se vaya a representar. Su actuación siempre ofrece la misma información, actuando de la misma manera frente a todos los alumnos. Los evaluadores deben ser personal cualificado y con experiencia, tanto en la situación clínica que se va a evaluar como en el funcionamiento y el desarrollo del sistema ECOE; así mismo, deben estar familiarizados previamente con el caso a examinar, los diferentes ítems que el alumno debe cumplimentar, los criterios de evaluación y las normas generales de la prueba.

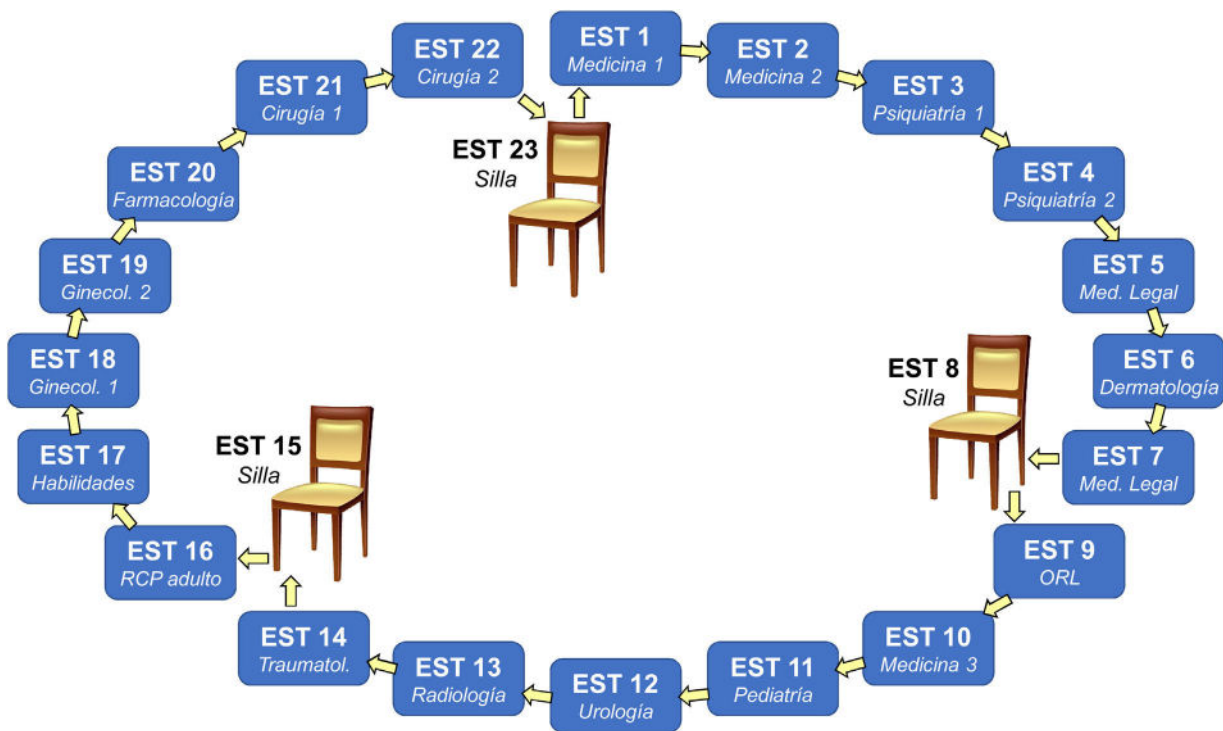
## ECOE formativa y sumativa

La evaluación sumativa es el método de evaluación tradicional, tiene como objetivo medir los resultados del aprendizaje para tomar decisiones de promoción (aprobar una materia, superar una titulación, acreditarse, etc.). La evaluación formativa evalúa el progreso y el conocimiento de los alumnos, y surge para diagnosticar las dificultades de los estudiantes, proporcionando información que permite mejorar la enseñanza y el aprendizaje<sup>14</sup>. La ECOE se utiliza en todo el mundo para la evaluación formativa y sumativa en la formación de las profesiones sanitarias<sup>4,15,16</sup>, aunque surgió inicialmente como un método de evaluación sumativa. Se ha descrito que la realización de una ECOE sumativa puede influir negativamente en el aprendizaje debido al estrés por la nota y puede estimular métodos de trampa y engaño para adquirir mejores puntuaciones en el examen, en detrimento del aprendizaje. Habitualmente, los estudiantes que realizan una ECOE formativa valoran la oportunidad de completarla como una experiencia de aprendizaje, aunque en ocasiones no identifican el carácter formativo de la misma<sup>17</sup>.

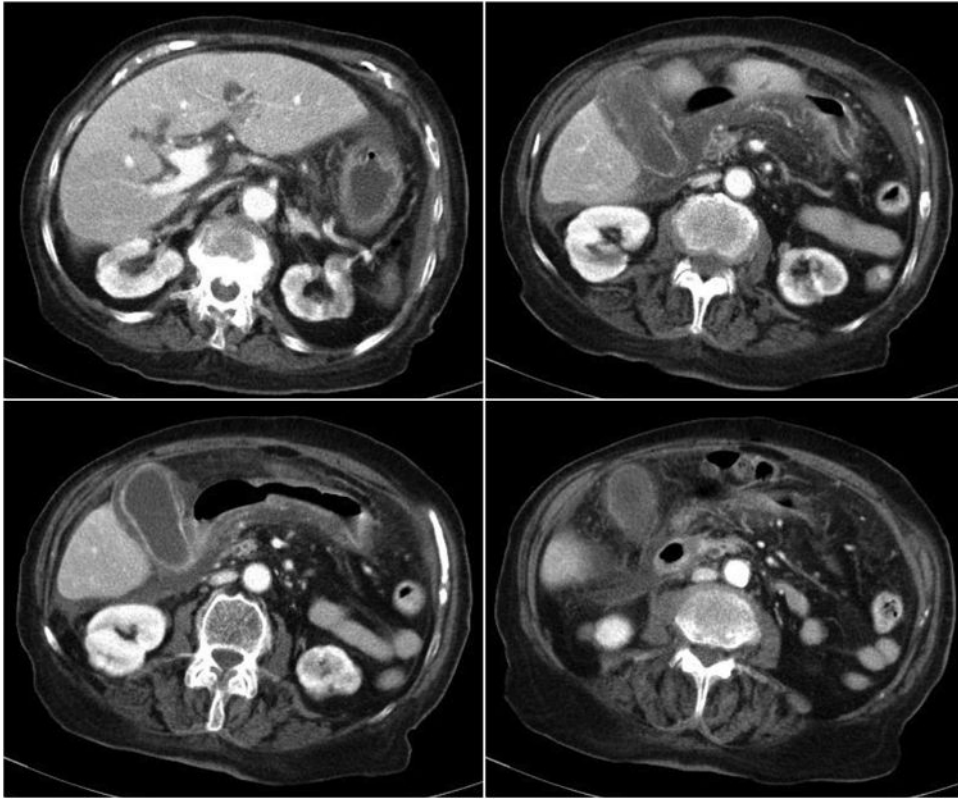
Las ECOE formativas a menudo incluyen comentarios inmediatos de pacientes estandarizados o proporcionan a los estudiantes acceso a datos de rendimiento, puntua-

**Tabla 2** Análisis debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) del sistema ECOE

Fortalezas	Debilidades
Objetividad	Costoso (tiempo/esfuerzo)
Autenticidad	Gran cantidad de tiempo para su preparación
Eficaz y con validez interna	Requiere un gran área para montar las diferentes estaciones ECOE
Feedback	
Evaluación en tiempo real	
Reduce sesgos respecto a la evaluación tradicional	
Amplía y desarrolla habilidades no tenidas en cuenta en exámenes tradicionales (ética, comunicación, trato al paciente, etc.)	
Oportunidades	Amenazas
Reemplazar el sistema de evaluación tradicional	Oposición al sistema de evaluación tradicional
Implementar la evaluación ECOE en todas las especialidades médicas	No participación activa e intercambio de ideas, necesarios para el sistema ECOE
Favorecer objetividad sobre subjetividad en la evaluación	Sensación de amenaza por parte del profesorado universitario ante el nuevo sistema



**Figura 1** Ejemplo de rueda de evaluación clínica objetiva estructurada (Ecoe) consistente en 20 estaciones clínicas (EST) y 3 puestos de descanso. Cada estudiante, del 1 al 23, comienza en una estación y al acabar el tiempo (habitualmente 10 min), debe pasar a la siguiente. El alumno al que le corresponda la silla descansará durante ese turno. Esta rueda de ECOE se utilizó en una universidad española en 2019. Nótese que se especifican las diferentes especialidades médicas de cada estación y que la número 13 correspondía a Radiología.



**Figura 2** Ejemplo de imágenes aportadas a un caso clínico en una estación ECOE, con la siguiente situación de partida: «Mujer de 55 años, que acude a Urgencias por dolor sordo en el hipocondrio derecho, náuseas, vómitos y fiebre de 38,5°C. Analítica: destaca hiperbilirrubinemia a expensas de la bilirrubina directa, elevación de transaminasas, PCR 89,2, leucocitosis con desviación izquierda. Se le realiza una prueba de imagen. Tiene 10 min para: establecer un juicio clínico de presunción, describir la técnica y los hallazgos radiológicos y prescribir el tratamiento».

**Tabla 3** Ejemplo de lista de verificación del caso clínico de la figura 2

Pregunta	Respuesta	Calificación
<i>Juicio clínico</i>		
1. Colecistitis aguda	S	3
<i>Hallazgos radiológicos</i>		
2. TC abdomen cortes axiales	S	1
3. Contraste IV fase venosa	S	2
4. Vesícula aumentada de tamaño	S	1
5. Pared vesicular realzada y edematosa	S	2
6. Aumento de atenuación de la grasa adyacente	S	1
7. Líquido libre intraabdominal	S	1
8. Dilatación de vías biliares intrahepáticas	S	1
<i>Tratamiento</i>		
9. Cirugía urgente	S	1
10. ATB intrahospitalaria	S	1

ciones, listas de verificación y grabaciones de vídeo para complementar la retroalimentación<sup>18</sup>. Esta retroalimentación muestra al estudiante sus fortalezas y debilidades en las diferentes competencias evaluadas, lo que estimula una mejora continua incluso después de la realización de la prueba. Por ello, la ECOE formativa puede ser de gran utilidad también durante la formación de posgrado<sup>17,19</sup>.

### La participación de Radiología en las pruebas ECOE

Las imágenes radiológicas están presentes con frecuencia en las pruebas ECOE, a veces como parte de una estación clínica de otra especialidad, otras como una estación propia de



Radiología. Se han encontrado diferencias significativas en el número de estaciones ECOE radiológicas utilizadas en las universidades. Aunque algunas no incluyen ninguna, según un estudio realizado en las universidades escocesas, el promedio es incluir una estación por prueba ECOE<sup>7</sup>. Por otro lado, las estaciones radiológicas incluidas en pruebas ECOE multidisciplinares permiten a los profesores evaluar competencias clínicas como resultado de actividades docentes sobre radiografía convencional<sup>20</sup>, mamografía<sup>21</sup>, tomografía computarizada, resonancia magnéticas o ecografía<sup>22,23</sup>.

La presencia de imágenes radiológicas en las pruebas ECOE refleja la importancia de la radiología como componente de la formación de los estudiantes de medicina. Los radiólogos debemos estar implicados en los comités que toman decisiones sobre las pruebas ECOE universitarias para garantizar la presencia de estaciones radiológicas y perfilar adecuadamente los objetivos, contenidos y el desarrollo de las pruebas.

Las estaciones ECOE radiológicas exploran frecuentemente habilidades interpretativas. Para ello, suelen incluir un caso clínico en el que se muestra una técnica de imagen determinada y el estudiante debe contestar preguntas relacionadas con su percepción de los hallazgos esenciales, su interpretación y juicio clínico<sup>24</sup>.

En una estación ECOE radiológica es fundamental enfocarse en los siguientes objetivos: *a)* comprender adecuadamente la historia clínica y de las indicaciones de las pruebas de imagen; *b)* describir adecuadamente los hallazgos radiológicos observados y la técnica empleada; *c)* proponer un diagnóstico diferencial, y *d)* conocer el manejo diagnóstico, terapéutico y los próximos pasos a seguir según la enfermedad mostrada. Se ha observado que el entrenamiento de los alumnos de Medicina en este tipo de estaciones ECOE favorece un mejor entendimiento de las diferentes enfermedades, una mejor comprensión de la anatomía y fisiología aplicadas al contexto real del paciente y una mejora en el entendimiento del manejo terapéutico, planificación quirúrgica y correlación radiopatológica de las diferentes enfermedades<sup>25</sup>. Otro punto importante de las estaciones ECOE radiológicas reside en evaluar la formación radiológica aplicada a casos clínicos reales, mediante contextos clínicos que emulan la realidad, enseñando a discernir cuándo es adecuado solicitar las pruebas radiológicas y qué técnica es la más adecuada según el diagnóstico de presunción, evitando una exposición innecesaria a radiaciones ionizantes.

Existe otro tipo de estaciones radiológicas que permite evaluar una habilidad técnica concreta, por ejemplo, la realización de una ecografía<sup>22,23,26</sup>, o bien habilidades éticas, interpersonales y de comunicación con el paciente (p. ej., gestionar diferencias de opinión entre colegas o informar a la paciente o el familiar del diagnóstico obtenido por una prueba de imagen)<sup>21,27</sup>. Como ejemplo de estaciones ECOE de radiología que evalúan habilidades técnicas, se ha utilizado una estación de examen ECOE de final de curso para demostrar el dominio de los objetivos de aprendizaje de un curso de ecografía toracoabdominal<sup>22</sup>. Los estudiantes debían demostrar su capacidad para realizar un examen ecográfico, obteniendo correctamente los planos anatómicos solicitados. De forma similar, en otro estudio<sup>23</sup> se evaluaron las habilidades realizando ecografía musculoesquelética. Se pidió a los participantes

que reprodujeran 3 planos seccionales estándar de hombro, e incluso se midió el tiempo desde que la sonda toca el hombro hasta que se creó una imagen fija del plano de sección final. Estaciones similares a las de estos estudios permitirían evaluar habilidades de intervencionismo guiado por ecografía, especialmente en la formación de residentes.

En las estaciones ECOE radiológicas se pueden evaluar habilidades de comunicación, habitualmente centradas en la explicación al paciente o familiares de los hallazgos radiológicos encontrados y del manejo radiológico-terapéutico recomendado<sup>25</sup>. Los pacientes estandarizados son esenciales para este tipo de estaciones ECOE, pues permiten evaluar habilidades interpersonales en situaciones clínicas reales como: *a)* informar de un diagnóstico equivocado; *b)* dar malas noticias; *c)* manifestar el desacuerdo con un colega; *d)* informar de un diagnóstico omitido; *e)* explicar una complicación del procedimiento, o *f)* informar y solicitar un consentimiento informado<sup>27</sup>. Yendo un paso más allá, Lown et al.<sup>21</sup> realizaron una interesante experiencia basada en 2 estaciones ECOE formativas para mejorar las habilidades de comunicación de residentes de radiodiagnóstico informando a las pacientes de los hallazgos de imagen mamaria. Para ello contaron con la colaboración de pacientes que se implicaron en el diseño de la prueba y en aportar retroalimentación basada en el papel interpretado y en sus experiencias reales.

## ECOE específicas de Radiología

La ECOE puede ser un método adecuado para probar la integración del conocimiento clínico y radiológico<sup>24</sup>. El modelo ECOE está siendo ampliamente utilizado, tanto en pregrado como posgrado, en la evaluación de competencias de diferentes especialidades médicas<sup>28-30</sup>. Las pruebas ECOE específicas de radiología se han utilizado con estudiantes de medicina<sup>1,24</sup>, residentes de radiodiagnóstico y estudiantes de técnica radiológica<sup>31,32</sup>.

Morag et al.<sup>24</sup> realizaron una prueba ECOE durante un rotatorio obligatorio de radiología, basada en 5 casos clínicos, en la que participaron 122 estudiantes. Concluyeron que la ECOE puede ser útil para descubrir deficiencias en individuos y grupos más allá de las detectadas en evaluaciones tradicionales y aportar orientación para remediarlas. Staziaki et al.<sup>1</sup> realizaron una prueba ECOE tras un rotatorio electivo de radiología, con 9 estaciones de Radiología convencional. Tras la participación de 184 estudiantes de Medicina, concluyeron que las ECOE radiológicas demostraron ser objetivas, estructuradas, reproducibles y de bajo costo, y señalaron la necesidad de un entrenamiento previo para mejorar la correlación entre evaluadores. Hofer et al.<sup>26</sup> realizaron y validaron una prueba ECOE con 11-14 estaciones específicas de ecografía abdominal para estudiantes de Medicina. La validación de los ítems incluidos les ha permitido utilizar el mismo diseño, modificando los valores de corte y la elección de casos, con residentes de radiodiagnóstico<sup>33</sup>.

Recientemente, se ha explorado la posibilidad de que estudiantes de años avanzados evalúen a estudiantes de cursos inferiores en una prueba ECOE de radiología con participación mínima del profesorado, atendiendo a un concepto de evaluación por «pares cercanos»<sup>32</sup>. Los autores encontraron en la ECOE una herramienta valiosa que ayuda

a los estudiantes a desarrollar un juicio evaluativo y, al mismo tiempo, proporciona una experiencia de aprendizaje auténtica e inmersiva. A nivel de posgrado, en la Universidad Pontificia Católica de Chile, se ha utilizado la ECOE formativa para evaluar las competencias de los residentes de Radiodiagnóstico antes de su incorporación autónoma a las guardias de Radiología, observando que el modelo ECOE muestra los déficits curriculares, fomenta la retroalimentación y mejora el diseño de la formación en la especialidad<sup>34,35</sup>. Puede que sea el momento de introducir la ECOE como una prueba práctica de radiología en las asignaturas de grado y en la formación de residentes. Esto requerirá varias medidas de colaboración<sup>10</sup>, como: a) participación de la comunidad académica de radiología y de facultativos de las principales instituciones docentes; b) organización de talleres y reuniones para conocer los fundamentos de la ECOE, y c) garantizar el proceso de validación, certificación y finalización antes de su uso.

## ECOE virtuales

La pandemia por COVID-19 ha revolucionado el impacto de la formación online en la enseñanza superior. Las restricciones de contacto y presencia física han conducido al desarrollo de las tecnologías y han habituado a profesores y alumnos a

utilizar recursos online<sup>36</sup>. Durante el confinamiento en 2020 se realizó la prueba ECOE virtual, con acceso online, como solución a estas restricciones<sup>37–39</sup>.

En España se desarrolló una prueba ECOE virtual, coordinada por la CNDM, que incluyó las competencias de: anamnesis, exploración, juicio clínico, aspectos éticos, relaciones interprofesionales y prevención y promoción de la salud. No se evaluaron habilidades técnicas ni de comunicación<sup>39</sup>. Esta ECOE virtual consistió en 10 estaciones de Ginecología, Pediatría, Psiquiatría, Cirugía y Traumatología, Medicina y Atención Primaria. Se organizaron 21 facultades de medicina españolas, participando 3.479 alumnos de sexto curso, con las plataformas de gestión de docencia de cada universidad (Moodle, Sakai, Blackboard y la plataforma de la Fundación Practicum-Script®). Los alumnos completaron una encuesta de satisfacción tras la prueba, en la que un 52% señaló haber percibido bastante nivel de estrés previo. A pesar de ello, la mayoría valoró como adecuada la información previa recibida (70%), la organización el día de la prueba (83%), los conocimientos previos adquiridos (88%) y el tipo de problemas médicos presentados (76%), y consideró la prueba como una buena experiencia del aprendizaje (75%). Esta experiencia innovadora integró las diferentes facultades en la preparación de una ECOE conjunta, evaluando un gran número de competencias necesarias y mostrando la utilidad de la aplicación

**Tabla 4** Consejos para la implementación de una adecuada ECOE en formato virtual

1	Pensar en la dimensión práctica de la prueba: qué habilidades se quiere evaluar, que objetivos se plantean, qué estaciones incluir o excluir, qué expectativas tienen estudiantes y profesores y qué recursos hay disponibles
2	Elegir un soporte tecnológico eficaz. Hay muchas plataformas virtuales, pero la mejor opción es aquella con la que profesorado y alumnos estén más familiarizados
3	Elegir a los anfitriones (administradores) cuidadosamente. Llevan el peso más importante de la ECOE, dirigiendo a alumnos y evaluadores, facilitando un buen soporte digital e informático en todo el proceso
4	Seleccionar y modificar las estaciones ECOE para adaptarlas a un desarrollo online. Las estaciones virtuales deben simular presencialidad de la forma más cercana posible, especialmente para la evaluación de habilidades prácticas
5	La creatividad desempeña un importante papel en las ECOE virtuales, por ejemplo, para evaluar un taller de sutura, puede enviarse al estudiante el material y ver por videograbación como se desenvuelve al llevarla a cabo
6	No revelar el contenido de las ECOE antes del desarrollo del examen. La privacidad del examen es fundamental
7	Proporcionar preparación extra en el modelo de ECOE virtual. Es fundamental que los alumnos y profesores estén familiarizados con la plataforma online donde se va a desarrollar la ECOE
8	No perder la concentración en el alumno. Cuando los profesores tienen paralelamente múltiples tareas pueden no centrarse plenamente en cómo se está desarrollando el examen, por ello, debe grabarse lo que está sucediendo para una correcta evaluación posterior
9	Optimización de lo mostrado en la pantalla de los alumnos. El alumno debe ver claramente las instrucciones de cada estación, los documentos adicionales, las imágenes aportadas y las preguntas a contestar
10	Hacer una simulación completa de la ECOE virtual previamente al día del examen. Es fundamental revisar todo el circuito y comprobar que la conectividad de los anfitriones y los profesores funciona adecuadamente
11	Utilizar un canal externo de comunicación privada entre los organizadores del ECOE y los profesores para solventar cualquier problema durante el examen
12	Promover una buena retroalimentación a todo el personal involucrado en el examen, para solventar posibles errores o fallos y mejorarlos en el futuro

virtual de este modelo de evaluación. Además, esta ECOE virtual se asemeja al paso 3 del examen de licenciatura médica de EE. UU. (Computer-based Case Simulation), lo que junto con la ECOE presencial podría promover la homologación futura de la titulación española con la de EE. UU.<sup>39</sup>. En junio del 2021 se repitió una ECOE virtual a nivel nacional, con características similares a la de 2020 y en 2022 se ha realizado una experiencia mixta, con 10 estaciones virtuales idénticas en un examen sincrónico para toda España y 10 estaciones presenciales, desarrolladas por el formato clásico en cada universidad.

Las ECOE virtuales han demostrado ser agradables, interactivas y fáciles para los alumnos, además de ser coste-efectivas en términos de personal y recursos necesarios, y eliminar la necesidad de amplios espacios para su realización<sup>10</sup>. Como inconvenientes no permiten demostrar en directo habilidades manuales y de comunicación sincrónica con pacientes estandarizados. Se han propuesto 12 consejos para la implementación de una adecuada ECOE en formato virtual que quedan reflejados en la [tabla 4](#)<sup>40</sup>.

### La prueba ECOE en entornos virtuales tridimensionales

Los mundos virtuales, también llamados entornos inmersivos o metaverso, son espacios virtuales tridimensionales generados por ordenador donde las personas se relacionan entre sí de forma remota. Los estudiantes de Medicina actuales utilizan la tecnología y los juegos virtuales para divertirse y relacionarse, por lo que usarlos como método de enseñanza

podría ser una forma eficaz de implicar a los alumnos en su aprendizaje<sup>41</sup>. Como inconvenientes, existen limitaciones técnicas ocasionales (de procesador, tarjeta gráfica o transmisión de datos en Internet), y hay que considerar costes de mantenimiento del espacio virtual y el tiempo de profesorado para preparar contenidos.

Se han desarrollado entornos de simulación clínica en mundos virtuales para entrenar competencias diversas, como realizar la anamnesis a pacientes virtuales<sup>42</sup>, resolver situaciones clínicas en una guardia de neumología<sup>43</sup>, entrenar la resucitación cardiopulmonar<sup>44</sup> o entrenar habilidades de comunicación con los pacientes<sup>45</sup>. Estos escenarios virtuales propician que se puedan realizar pruebas ECOE en las que el estudiante interactúa mediante su avatar con un escenario en un contexto clínico determinado, por ejemplo, los accidentes domésticos en Geriatria<sup>46</sup> o con otro avatar representando un paciente estandarizado<sup>47</sup>, suponiendo una alternativa práctica y aceptable a las ECOE tradicionales.

Uno de los mundos virtuales más ampliamente utilizados como recurso docente para profesionales sanitarios es Second Life<sup>®</sup><sup>48</sup>. Ha demostrado ser una herramienta útil de docencia y aprendizaje en actividades online, tanto sincrónicas como asincrónicas, para la enseñanza de Radiología<sup>49</sup>. Sus principales ventajas son la capacidad de acceso remoto, la importante sensación de presencialidad, el fácil acceso y su gratuidad. Ha sido descrito por los alumnos en diversos proyectos como un entorno lúdico, divertido, atractivo e interesante como herramienta formativa<sup>50-52</sup>. Todas estas ventajas de Second Life<sup>®</sup> refuerzan su utilidad como plataforma digital para la realización de pruebas ECOE, tanto



**Figura 3** Escenas del proyecto ECOE-RX de pregrado. Puede apreciarse el distribuidor de acceso a las habitaciones con las estaciones ECOE y varios grupos de alumnos trabajando las estaciones correspondientes, con casos de radiología de urgencias. Las estaciones muestran un escenario simulando una unidad de Radiología con la situación clínica descrita en un póster en la pared y una mesa de reuniones con uno o 2 monitores presentando las imágenes del caso.



sumativas como formativas, pues permite diseñar y recrear escenarios diversos para entrenar la toma de decisiones frente a casos clínicos<sup>53</sup> e interactuar con pacientes estandarizados virtuales<sup>47</sup>. Recientemente, se ha realizado una experiencia docente virtual sobre radiología de urgencias, en la que estudiantes de sexto de medicina debían resolver en grupos de 3-4 alumnos casos de radiología en urgencias en 7 estaciones ECOE virtuales (fig. 3). Los alumnos mostraron gran aceptación e interés por este sistema, valorando muy positivamente, el entorno, los casos ECOE y la utilidad formativa de la experiencia<sup>54</sup>. Sería interesante desarrollar e implementar ECOE radiológicas en entornos virtuales, tanto a nivel universitario como para la docencia MIR, pues permitiría la optimización de recursos y la realización de estudios multicéntricos.

La realidad virtual, utilizando gafas inmersivas y dispositivos manuales hápticos (que proporcionan la realimentación de fuerza al sujeto que los manipula), puede utilizarse para evaluar competencias de habilidades manuales. Hay experiencias descritas en la formación en radiología vascular intervencionista, evaluando técnicas de Seldinger, cateterización vascular, angiografía y angioplastia, que han demostrado mejorar las habilidades de los residentes de radiodiagnóstico, aunque con ciertas limitaciones ergonómicas<sup>55</sup>.

## Conclusiones

La ECOE es un modelo de evaluación estructurado, uniforme, sistemático, objetivo y estandarizado. Su implementación en pregrado está aumentado actualmente a nivel global dada la eficacia demostrada al evaluar diferentes competencias y habilidades del alumno. Es importante incluir estaciones ECOE radiológicas en las evaluaciones de los centros universitarios para equiparar el peso que tiene la radiología en la clínica. La ECOE es una técnica de evaluación que puede y debe incorporarse en la formación radiológica en pregrado, la residencia y la formación continuada. Las ECOE virtuales posibilitan la evaluación online mediante plataformas bidimensionales, aunque con ciertas limitaciones. La tecnología de realidad virtual permite reproducir escenarios diversos tridimensionales para estaciones ECOE. Es importante explorar estos recursos en el ámbito radiológico, pues experiencias recientes han mostrado gran aceptación, interés y motivación en los alumnos.

## Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio AVPB y FSP.
2. Concepción del estudio AVPB y FSP.
3. Diseño del estudio AVPB y FSP.
4. Búsqueda bibliográfica AVPB y FSP.
5. Redacción del trabajo: AVPB y FSP.
6. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: AVPB y FSP.
7. Aprobación de la versión final: AVPB y FSP.

## Financiación

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

## Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.rx.2022.09.010](https://doi.org/10.1016/j.rx.2022.09.010).

## Bibliografía

1. Staziaki PV, Sarangi R, Parikh U, Brooks JG, LeBedis CA, Shaffer K. An objective structured clinical examination for medical student Radiology clerkships: Reproducibility study. *JMIR Med Educ.* 2020;6:e15444, <http://dx.doi.org/10.2196/15444>.
2. Almodóvar Fernández I, González Moret R, Ibáñez Torres L, Sánchez Thevenet P. La evaluación clínica objetiva estructurada ECOE, una oportunidad para el aprendizaje en Enfermería. *Index de Enfermería.* 2021;30:1–2 [consultado 20 Ago 2022]. Disponible en: <http://ciberindex.com/index.php/ie/article/view/e13395/e13395>.
3. Harden RM, Stevenson M, Downie WW, Wilson GM. Assessment of clinical competence using objective structured examination. *Br Med J.* 1975;1:447–51, <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.1.5955.447>.
4. Khan KZ, Ramachandran S, Gaunt K, Pushkar P. The objective structured clinical examination (OSCE): AMEE Guide No. 81. Part I: An historical and theoretical perspective. *Med Teach.* 2013;35:1437–46, <http://dx.doi.org/10.3109/0142159X.2013.818634>.
5. Waghmare TKS, Waghmare LS. Evolution of objective structured clinical examination —actual to virtual. *J Clin Diagnostic Res.* 2021;15:JI01–4, <http://dx.doi.org/10.7860/JCDR/2020/46288.14593>.
6. Gormley G. Summative OSCEs in undergraduate medical education. *Ulster Med J.* 2011;80:127–32.
7. Chew C, O'Dwyer PJ, Jaap A, McDowall S, Remers OJL, Williams JJZ, et al. Medical student assessment s—frequency of radiological images used: A national study. *BJR Open.* 2020;2:1–5, <http://dx.doi.org/10.1259/bjro.20200047>.
8. García-Estañ López L. Prueba Nacional de Evaluación de Competencias Clínicas de la Conferencia Nacional de Decanos de Facultades de Medicina de España. *FEM.* 2013;16 Supl 3:59–62, <http://dx.doi.org/10.33588/fem.16S03.697>.
9. García-Puig J, Vara-Pinedo F, Vargas-Núñez JA. Implantación del examen clínico objetivo y estructurado en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid. *Educ Med.* 2018;19:178–87, <http://dx.doi.org/10.1016/j.edumed.2017.01.003>.
10. Agarwal A, Batra B, Sood AK, Ramakantan R, Bhargava SK, Chidambaranathan N, et al. Objective structured clinical examination in radiology. *Indian J Radiol Imaging.* 2010;20:83–8, <http://dx.doi.org/10.4103/0971-3026.63040>.
11. Serdio Romero E. ECOE: Evaluación Clínica Objetiva Estructurada. *Educación Med Fam (And).* 2002;3:127–32 [consultado 31 Jul 2022]. Disponible en: <https://www.samfyc.es/wp-content/uploads/2018/07/v3n2.pdf>.

12. Serdio Romero E. ECOE: Evaluación Clínica Objetiva Estructurada. (III). Montaje y desarrollo de una ECOE. *Med Fam (And)*. 2002;3:277–81 [consultado 31 Jul 2022]. Disponible en: <https://www.samfyc.es/wp-content/uploads/2018/07/v3n4.pdf>.
13. Khan KZ, Gaunt K, Ramachandran S, Pushkar P. The Objective Structured Clinical Examination (OSCE): AMEE Guide No. 81. Part II: Organization & administration. *Med Teach*. 2013;35:1447–63, <http://dx.doi.org/10.3109/0142159X.2013.818635>.
14. Dixon DD, Worrell FC. Formative and summative assessment in the classroom. *Theory Into Practice*. 2016;55:153–9, <http://dx.doi.org/10.1080/00405841.2016.1148989>.
15. Patrício MF, Juliao M, Fareleira F, Carneiro AV. Is the OSCE a feasible tool to assess competencies in undergraduate medical education? *Med Teach*. 2013;22:503–14, <http://dx.doi.org/10.3109/0142159X.2013.774330>.
16. Blamoun J, Hakemi A, Armstead T. A guide for medical students and residents preparing for formative, summative, and virtual Objective Structured Clinical Examination (OSCE): Twenty tips and pointers. *Adv Med Educ Pract*. 2021;12:973–8, <http://dx.doi.org/10.2147/AMEP.S326488>.
17. Pugh D, Desjardins I, Eva K. How do formative objective structured clinical examinations drive learning? Analysis of residents' perceptions. *Med Teach*. 2018;40:45–52, <http://dx.doi.org/10.1080/0142159X.2017.1388502>.
18. Bernard AW, Ceccolini G, Feinn R, Rockfeld J, Rosenberg I, Thomas L, Cassese T. Medical students review of formative OSCE scores, checklists, and videos improves with student-faculty debriefing meetings. *Med Educ Online*. 2017;22:1–5, <http://dx.doi.org/10.1080/10872981.2017.1324718>.
19. Lee MHM, Phua DH, Heng KWJ. The use of a formative OSCE to prepare emergency medicine residents for summative OSCEs: A mixed-methods cohort study. *Int J Emerg Med*. 2021;14:62, <http://dx.doi.org/10.1186/s12245-021-00383-4>.
20. Dettmer S, Schneidewind S, Fischer V, Derlin K, Schneider N, Wacker F, Afshar K. Structured chest X-ray imaging training with OSCE examination. Results of a feasibility study and follow-up survey. *Radiologe*. 2020;60:839–49, <http://dx.doi.org/10.1007/s00117-020-00684-4>.
21. Lown BA, Sasson JP, Hinrichs P. Patients as partners in radiology education: An innovative approach to teaching and assessing patient-centered communication. *Acad Radiol*. 2008;15:425–32, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2007.12.001>.
22. Altersberger M, Pavelka P, Sachs A, Weber M, Wagner-Menghin M, Prosch H. Student perceptions of instructional ultrasound videos as preparation for a practical assessment. *Ultrasound Int Open*. 2019;5:81–8, <http://dx.doi.org/10.1055/a-1024-4573>.
23. Cremerius C, Gradl-Dietsch G, Beeres FJP, Link B, Hitpaß L, Nebelung S, et al. Team-based learning for teaching musculoskeletal ultrasound skills: A prospective randomised trial. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2021;47:1189–99, <http://dx.doi.org/10.1007/s00068-019-01298-9>.
24. Morag E, Lieberman G, Volkan K, Shaffer K, Novelline R, Lang EV. Clinical competence assessment in radiology: Introduction of an objective structured clinical examination in the medical school curriculum. *Acad Radiol*. 2001;8:74–81, [http://dx.doi.org/10.1016/S1076-6332\(03\)80746-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1076-6332(03)80746-8).
25. Creagh S, Pigg N, Gordillo C, Banks J. Virtual medical student radiology clerkships during the COVID-19 pandemic: Distancing is not a barrier. *Clin Imaging*. 2021;80:420–3, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.08.024>.
26. Hofer M, Kamper L, Sadlo M, Sievers K, Heussen N. Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. *Ultraschall Med*. 2011;32:184–90, <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1246049>.
27. Nadeem N, Zafar AM, Zuberi RW, Ahmad MN. Faculty and patient evaluations of radiology residents' communication and interpersonal skills. *J Pak Med Assoc*. 2012;62:915–9 [consultado 20 Ago 2022]. Disponible en: <https://jpma.org.pk/PdfDownload/3673>.
28. Joshi MK, Srivastava AK, Ranjan P, Singhal M, Dhar A, Chumber S, et al. OSCE as a summative assessment tool for undergraduate students of Surgery—our experience. *Indian J Surg*. 2017;79:534–8, <http://dx.doi.org/10.1007/s12262-016-1521-y>.
29. Garabed LR, Almarzouq A, Hu J, Andonian S, El-Sherbiny M, Fahmy N. Objective structured clinical examinations (OSCE) performance among Quebec urology residents: A retrospective study from 2008-2019. *Can Urol Assoc J*. 2020;14:435–44, <http://dx.doi.org/10.5489/cuaj.6246>.
30. Carroll E, Nelson A, Kurzweil A, Zabar S, Lewis A. Using Objective Structured Clinical Exams (OSCE) to teach neurology residents to disclose prognosis after hypoxic ischemic brain injury. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2021;30:15846, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105846>.
31. Almohiy HM, Davidson R. Evaluating the clinical teaching of medical imaging students at Curtin University of Technology, Australia. *Biomed Imaging Interv J*. 2011;7:1–5, <http://dx.doi.org/10.2349/bijj.7.3.e20>.
32. Taylor D, Quick S. Students' perceptions of a near-peer Objective Structured Clinical Examination (OSCE) in medical Imaging. *Radiography (Lond)*. 2020;26:42–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.radi.2019.06.009>.
33. Hofer M, Kamper L, Heussen N, Martin O, Heverhagen J. Influence of clinical expertise between clinician-instructors versus student-instructors on the effectiveness of ultrasound courses. *Ultraschall Med*. 2022;43:58–63, <http://dx.doi.org/10.1055/a-1176-0622>.
34. Garrido CF, Triviño BX, Henríquez LH, Cicutovik MP, Arau UR, Huete GA. Evaluación de habilidades transversales de comunicación y colaboración a través de un examen clínico objetivo estructurado de radiología de urgencias para residentes de un programa universitario de especialidad en radiología. *Rev Chil Radiol*. 2019;25:35–41, <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082019000100035>.
35. Garrido Cisterna F, Henríquez Leighton H, Cikutovic Molina P, de Barbieri Magnone F, Burdiles Orellana A, Riquelme Pizarro C, et al. Resultados del examen clínico objetivo estructurado (ECO) en el Programa de Postítulo en Radiología UC para evaluar competencias en radiología de urgencias. *Inv Ed Med*. 2017;6:129, <http://dx.doi.org/10.1016/j.riem.2017.01.122>.
36. Ramírez-Hurtado JM, Hernández-Díaz AG, López-Sánchez AD, Pérez-León VE. Measuring online teaching service quality in higher education in the COVID-19 environment. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:1–14, <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18052403>.
37. Blythe J, Patel NSA, Spiring W, Easton G, Evans D, Meskevicius-Sadler E, et al. Undertaking a high stakes virtual OSCE ("VOSCE") during Covid-19. *BMC Med Educ*. 2021;21:1–7, <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-021-02660-5>.
38. Shorbagi S, Sulaiman N, Hasswan A, Kaouas M, al-Dijani MM, el-Hussein RA, et al. Assessing the utility and efficacy of e-OSCE among undergraduate medical students during the COVID-19 pandemic. *BMC Med Educ*. 2022;22:1–12, <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-022-03218-9>.
39. García-Seoane JJ, Ramos-Rincón JM, Lara-Muñoz JP. Changes in the Objective Structured Clinical Examination (OSCE) of University Schools of Medicine during COVID-19. Experience with a computer-based case simulation OSCE (CCS-OSCE). *Rev Clin Esp*. 2021;221:456–63, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rce.2021.01.004>.

40. Hopwood J, Myers G, Sturrock A. Twelve tips for conducting a virtual OSCE. *Med Teach*. 2021;43:633–6, <http://dx.doi.org/10.1080/0142159X.2020.1830961>.
41. Kron FW, Gjerde CL, Sen A, Fetters MD. Medical student attitudes toward video games and related new media technologies in medical education. *BMC Med Educ*. 2010;10:1–11, <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6920-10-50>.
42. Danforth DR, Procter M, Chen R, Johnson M, Heller R. Development of virtual patient simulations for medical education. *J Virtual Worlds Res*. 2009;2:1–11, <http://dx.doi.org/10.4101/jvwr.v2i2.707>.
43. Toro-Troconis M, Kamat A, Partridge MR. Design and development of a component-based system for virtual patients in the virtual world of Second Life®. *J Emerg Tech Web Intelligence*. 2011;3:308–16, <http://dx.doi.org/10.4304/jetwi.3.4.308-316>.
44. Creutzfeldt J, Hedman L, Felländer-Tsai L. Cardiopulmonary resuscitation training by avatars: A qualitative study of medical students' experiences using a multiplayer virtual world. *JMIR Serious Games*. 2016;4:e22, <http://dx.doi.org/10.2196/games.6448>.
45. Lee J, Kim H, Kim KH, Jung D, Jowsey T, Webster CS. Effective virtual patient simulators for medical communication training: A systematic review. *Med Educ*. 2020;54:786–95, <http://dx.doi.org/10.1111/medu.14152>.
46. Andrade AD, Cifuentes P, Oliveira MC, Anam R, Roos BA, Ruiz JG. Avatar-mediated home safety assessments: Piloting a virtual objective structured clinical examination station. *J Grad Med Educ*. 2011;3:541–5, <http://dx.doi.org/10.4300/JGME-D-11-00236.1>.
47. Kava BR, Andrade AD, Marcovich R, Idress T, Ruiz JG. Communication skills assessment using human avatars: Piloting a virtual world objective structured clinical examination. *Urol Pract*. 2017;4:76–84, <http://dx.doi.org/10.1016/j.urpr.2016.01.006>.
48. Liaw SY, Carpio GA, Lau Y, Tan SC, Lim WS, Goh PS. Multiuser virtual worlds in healthcare education: A systematic review. *Nurse Educ Today*. 2018;65:136–49, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nurse.2018.01.006>.
49. Lorenzo Álvarez R, Pavía Molina J, Sendra Portero F. Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la formación en radiología. *Radiología*. 2018;60:273–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>.
50. Lorenzo Álvarez R, Pavía Molina J, Sendra Portero F. Exploring the potential of undergraduate Radiology education in the virtual world Second Life with first-cycle and second-cycle medical students. *Acad Radiol*. 2018;25:1087–96, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2018.02.026>.
51. Lorenzo-Alvarez R, Ruiz-Gomez MJ, Sendra-Portero F. Medical students' and family physicians' attitudes and perceptions toward radiology learning in the Second Life virtual world. *AJR Am J Roentgenol*. 2019;12:1295–302, <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.18.20381>.
52. Lorenzo Álvarez R, Rudolphi Solero T, Ruiz Gomez MJ, Sendra Portero F. Medical student education for abdominal radiographs in a 3D virtual classroom versus traditional classroom: A randomized controlled trial. *AJR Am J Radiol*. 2019;213:644–50, <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.19.21131>.
53. Jivram T, Kavia S, Poulton E, Hernandez AS, Woodham LA, Poulton T. The development of a virtual world problem-based learning tutorial and comparison with interactive text-based tutorials. *Front Digit Health*. 2021;20:1–13, <http://dx.doi.org/10.3389/fdgth.2021.611813>.
54. Pérez Baena AV, Lorenzo Álvarez R, Sendra Portero F. ECOE-RX: gamificación y aprendizaje basado en casos para aprender radiología clínica en pregrado. *SERAM [Internet]*. 26 Myo 2022 [consultado 29 Jul 2022]. Disponible en: <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/8394>.
55. Gelmini AYP, Duarte ML, de Assis AM, Guimarães junior JB, Carnevale FC. Virtual reality in interventional radiology education: A systematic review. *Radiol Bras*. 2021;54:254–60, <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2020.0162>.