

ORIGINAL

Percepciones de estudiantes de Medicina sobre el impacto de la inteligencia artificial en radiología

G. Caparrós Galán y F. Sendra Portero*



Departamento de Radiología y Medicina Física, Facultad de Medicina, Málaga, España

Recibido el 7 de enero de 2021; aceptado el 17 de marzo de 2021

Disponibile en Internet el 29 de abril de 2021

PALABRAS CLAVE

Inteligencia artificial;
Radiología;
Especialidad;
Estudiantes de
Medicina;
Encuesta

Resumen

Objetivos: Analizar la percepción de alumnos de Medicina sobre el impacto de la inteligencia artificial (IA) en radiología.

Material y Métodos: Se distribuyó una encuesta estructurada en 28 ítems, organizados en seis secciones, entre estudiantes de Medicina españoles durante diciembre de 2019.

Resultados: Respondieron 341 estudiantes, de los que 27 (7,9%) incluyeron la radiología entre sus tres opciones principales para elegir especialidad; el 51,9% consideró que entendía bien qué es la inteligencia artificial. La tasa de acierto global en preguntas objetivas verdadero/falso sobre inteligencia artificial fue del 70,7%, y un 75,9% expresó su desacuerdo con la hipótesis de un reemplazo futuro del radiólogo, mientras que el desacuerdo con una hipotética reducción de la demanda de radiólogos fue menor (41,9%). Solamente el 36,7% mostró preocupación por la inteligencia artificial a la hora de elegir radiología como especialidad. Los estudiantes de cursos inferiores se mostraron más de acuerdo con que los radiólogos acepten los cambios tecnológicos de la inteligencia artificial y trabajen con la industria para su aplicación y con la necesidad de incluir formación básica sobre inteligencia artificial en el currículo de medicina.

Conclusiones: Los estudiantes encuestados son conscientes del impacto de la inteligencia artificial en la vida diaria, pero desconocen el debate actual sobre sus potenciales aplicaciones en radiología. En general, piensan que la inteligencia artificial revolucionará la radiología, pero sin un impacto alarmante en la empleabilidad de los radiólogos. Los alumnos encuestados opinan que es necesario proporcionar formación básica sobre inteligencia artificial en pregrado.

© 2021 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: sendra@uma.es (F. Sendra Portero).

<https://doi.org/10.1016/j.rx.2021.03.006>

0033-8338/© 2021 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Artificial intelligence;
Radiology;
Specialty;
Medical students;
Survey

Medical students' perceptions of the impact of artificial intelligence in radiology**Abstract**

Objectives: To analyze medical students' perceptions of the impact of artificial intelligence in radiology.

Material and methods: A structured questionnaire comprising 28 items organized into six sections was distributed to students of medicine in Spain in December 2019.

Results: A total of 341 students responded. Of these, 27 (7.9%) included radiology among their three main choices for specialization, and 51.9% considered that they clearly understood what artificial intelligence is. The overall rate of correct answers to the objective true-or-false questions about artificial intelligence was 70.7%. Whereas 75.9% expressed their disagreement with the hypothesis that artificial intelligence would replace radiologists, only 41.9% disagreed with the hypothesis that the demand for radiologists would decrease in the future. Only 36.7% expressed concerns about the role of artificial intelligence related to choosing radiology as a specialty. A greater proportion of students in the early years of medical school agreed with statements that radiologists accept artificial-intelligence-related technological changes and work with the industry to apply them as well as with statements about the need to include basic training about artificial intelligence in the medical school curriculum.

Conclusions: The students surveyed are aware of the impact of artificial intelligence in daily life, but not of the current debate about its potential applications in radiology. In general, they think that artificial intelligence will revolutionize radiology without having an alarming effect on the employability of radiologists. The students surveyed think that it is necessary to provide basic training about artificial intelligence in undergraduate medical school programs.

© 2021 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) es la intervención de sistemas computarizados avanzados capaces de realizar tareas que normalmente requerirían del intelecto humano, como reconocimiento del habla, traducción, percepción visual, detección de patrones o incluso toma de decisiones^{1,2}. Esta nueva tecnología ha aportado un nuevo glosario de términos, de uso cada vez más frecuente en medicina y radiología^{1,3}, como: "machine learning", el desarrollo de algoritmos y modelos matemáticos que permiten al ordenador aprender automáticamente a realizar con eficacia una tarea específica; "deep learning", técnicas basadas en redes neuronales artificiales, capaces de procesar datos y reconocer automáticamente patrones de imágenes biomédicas; o "radiomics", la extracción de propiedades cuantitativas de imágenes radiológicas, indetectables para el radiólogo, que proporcionan información útil para la detección, evaluación y seguimiento de enfermedades. Estas técnicas de IA incorporan herramientas de diagnóstico asistido por ordenador o CAD (*computer aided diagnosis*), desarrolladas para detectar, segmentar y clasificar lesiones o patrones complejos en imágenes radiológicas, que han obtenido resultados prometedores al integrarlas con técnicas de *deep learning* (CAD-DL), aportando al radiólogo características cuantitativas de imágenes de interés diagnóstico^{4,5}. Sin embargo, recientemente se ha extendido la opinión de que la IA puede analizar la información clínica (y radiológica) de los pacientes y emitir un diagnóstico con más precisión que los propios

médicos⁶. En relación con esto último, se abrió un debate en la opinión pública y en la esfera académica acerca del futuro de la radiología en general y del radiólogo en particular. Aunque la IA ha demostrado realizar con mayor eficacia algunas tareas concretas, los especialistas tienden a estar de acuerdo en que el trabajo del radiólogo a nivel global está muy lejos de ser sustituido⁷. Más bien, se cree que el modelo a corto-medio plazo será la utilización de la IA como apoyo al radiólogo^{8,9}, ya que esta presenta actualmente numerosas limitaciones técnicas, e incluso ciertas amenazas, como la imposibilidad de definir el "proceso de pensamiento" subyacente en estos sistemas tan complejos, con las consecuentes implicaciones ético-legales^{3,10}.

Se ha explorado recientemente la opinión de radiólogos y residentes respecto a la IA, que en general encuentran interesantes ventajas prácticas en su aplicación y no creen que vaya a sustituirlos, aunque podría empeorar sus expectativas de trabajo^{11–14}. Es importante, además, conocer la actitud de los estudiantes de medicina respecto a la IA, pues ellos la utilizarán de manera efectiva en su práctica clínica¹⁵. En algunos estudios, los estudiantes manifestaron preocupación por el hecho de que la IA pueda reducir la empleabilidad del radiólogo en un futuro cercano^{6,16–18}; en cambio, en otros no mostraron excesiva preocupación por la sustitución del radiólogo por la IA^{19,20}. El objetivo de este estudio es analizar la percepción de los alumnos de Medicina de España sobre el impacto de la IA en radiología y, adicionalmente, comparar los resultados con estudios similares realizados en otros países^{16–20}.

Material y métodos

Diseño de la encuesta

La encuesta ([v. Anexo](#)) se realizó a partir de la revisión de varios artículos relativos a la opinión de estudiantes de Medicina sobre las aplicaciones potenciales de la IA, el impacto sobre la radiología y la medicina y las preferencias de especialización^{16,19}. Se estructuró en veintiocho ítems organizados en seis secciones:

1. Información personal: se preguntaban datos demográficos como sexo, edad, facultad de medicina, curso y preferencia de especialidad del encuestado.
2. Conocimiento previo del tema: incluía preguntas multirrespuesta sobre el conocimiento de las aplicaciones actuales de la IA y del debate actual que hay en torno a ella, una pregunta de escala Likert 1-5 (1: muy en desacuerdo, 2: algo en desacuerdo, 3: ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4: algo de acuerdo, 5 muy de acuerdo) sobre su percepción subjetiva de entender el concepto de IA y cuatro preguntas verdadero/falso para evaluar el grado de conocimiento objetivo sobre la IA.
3. Percepción sobre las posibles aplicaciones de la IA en radiología: integrada por tres preguntas de escala Likert 1-5 sobre el grado de acuerdo con potenciales aplicaciones de la IA en radiología.
4. Percepción del impacto de la IA en la especialidad de radiología: integrada por nueve preguntas de escala Likert 1-5 evaluando el grado de acuerdo sobre el potencial impacto que puede tener la IA en el sector y la actitud que deberían adoptar los principales agentes implicados.
5. Impacto de la IA en la elección de radiología como especialidad: incluía dos preguntas de escala Likert 1-5 sobre la preocupación por la IA a la hora de elegir radiología como especialidad y si la IA hacía la medicina o la radiología más interesantes para el encuestado. Después se repetía la pregunta de la sección 1 sobre la preferencia del encuestado al elegir radiología como especialidad, para comprobar si la exposición a este tema había cambiado su parecer.
6. Comentario abierto: espacio para valorar el cuestionario o hacer sugerencias sobre él.

Distribución de la encuesta

La encuesta estaba dirigida a estudiantes de Medicina, especialmente de los últimos cursos. Se creó una versión digital mediante Google Forms (Google LLC, Menlo Park, CA), que estuvo activa del 4 al 16 de diciembre de 2019. Se difundió mediante correo electrónico y aplicaciones de mensajería a una red de estudiantes de intercambio integrada por 30 alumnos de sexto curso de ocho facultades de medicina españolas, quienes la distribuyeron entre sus contactos. Además, se imprimió una encuesta idéntica y se repartió el 14 de diciembre de 2019 durante las clases de preparación al examen MIR en dos academias de Málaga, en las que estaban inscritos numerosos alumnos de sexto curso. Todos los datos recogidos se registraron de forma anónima y el con-

sentimiento para la participación en el estudio se constató con la cumplimentación de la encuesta ([v. Anexo](#)).

Análisis de los datos y método estadístico

Inicialmente, se organizaron los datos en una hoja de cálculo Excel 2007 (Microsoft Inc., Redmond, WA) y después se exportaron al programa estadístico SPSS v25 (IBM Corp., Armonk, NY) en el que se obtuvieron tablas de frecuencias y se calcularon estadísticos descriptivos (medias, medianas, varianzas, mínimos y máximos). Para comparar los resultados de las preguntas con escala Likert con estudios previos, se agruparon las respuestas 5 "muy de acuerdo" y 4 "algo de acuerdo" para expresar acuerdo, y las respuestas 1 "muy en desacuerdo" y 2 "algo en desacuerdo" para expresar desacuerdo. La respuesta 3 "ni de acuerdo ni en desacuerdo" se reservó para expresar neutralidad. Se compararon los datos de varios subgrupos de encuestados atendiendo a cuatro características dicotómicas: a) mujer versus hombre, b) estudiantes de la Universidad de Málaga versus de otras universidades, c) alumnos de primer ciclo (1.^{er}-3.^{er} curso) versus segundo ciclo (4.^o-6.^o curso) y d) alumnos de sexto curso versus resto de alumnos. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar la respuesta de grupos poblacionales dicotómicos en las preguntas respondidas mediante datos no paramétricos (escala Likert 1-5) y el análisis de varianza ANOVA para comparar la respuesta de los tres subgrupos de preferencias de la especialidad con la pregunta "Este tema me preocupa a la hora de elegir radiología como potencial carrera profesional". Una probabilidad de error $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativa.

Resultados

Se obtuvieron 341 cuestionarios correctamente cumplimentados, 232 procedentes del formulario *online* y 109 de la encuesta impresa. Respondieron 229 (67,2%) mujeres y 112 (32,8%) hombres, con $23,2 \pm 3,0$ años (media \pm desviación estándar). Doscientos siete (60,7%) estudiaban en la Universidad de Málaga; 130 (38,1%) estudiaban en otras 20 universidades españolas y 4 (1,2%) eran estudiantes Erasmus en España. Cincuenta y seis alumnos (16,4%) estudiaban primer ciclo y 285 (83,6%) segundo ciclo, de los que 176 (51,6%) eran alumnos de sexto curso. Veintisiete alumnos (7,9%) incluyeron la radiología entre sus tres principales opciones de especialidad médica, 141 (41,4%) la consideraban, pero no entre sus tres primeras opciones y 173 (50,7%) respondieron no tener interés alguno en elegir radiología como especialidad. Las [tablas 1 y 2](#) muestran con más detalle estos datos sobre información personal.

Conocimiento previo de la inteligencia artificial

Se preguntó a los estudiantes si eran conscientes de que muchas aplicaciones que utilizamos en el día a día ya emplean la IA, a lo que 317 (93,0%) estudiantes respondieron afirmativamente; 22 (6,5%), negativamente y 2 (0,6%) NS/NC. Asimismo, se les preguntó si conocían el debate actual acerca de la IA y sus potenciales aplicaciones en

Tabla 1 Datos demográficos y preferencia de especialidad de los encuestados

Sexo	
Mujeres	229 (67,2%)
Hombres	112 (32,8%)
Edad	23,2 ± 3,0 (mín/máx: 18/45)
Curso	
Primero	0 (0%)
Segundo	3 (0,9%)
Tercero	53 (15,5%)
Cuarto	57 (16,7%)
Quinto	52 (15,3%)
Sexto	176 (51,6%)
Preferencias de especialidad	
Radiología entre las tres principales opciones	27 (7,9%)
Interés en la radiología, pero no entre sus tres principales opciones	141 (41,4%)
Sin interés por la radiología como especialidad	173 (50,7%)

Tabla 2 Universidades de los encuestados

Málaga	207	60,7%
Alfonso X El Sabio	31	9,1%
Santiago de Compostela	24	7,0%
Miguel Hernández	17	5,0%
Francisco de Vitoria	16	4,7%
Rey Juan Carlos	12	3,5%
Cádiz	7	2,1%
Valencia	7	2,1%
Erasmus	4	1,2%
País Vasco	3	0,9%
CLM Ciudad Real	2	0,6%
Autónoma de Madrid	1	0,3%
Barcelona	1	0,3%
CEU Cardenal Herrera	1	0,3%
CEU San Pablo	1	0,3%
Córdoba	1	0,3%
Extremadura	1	0,3%
Granada	1	0,3%
La Laguna	1	0,3%
Murcia	1	0,3%
Sevilla	1	0,3%
Zaragoza	1	0,3%
Total	341	100%

radiología; 67 (19,7%) estudiantes respondieron afirmativamente, 262 (76,8%), negativamente y 12 (3,5%) NS/NC.

En la segunda parte de esta sección (tabla 3) se pidió a los estudiantes que indicasen el grado de conformidad con la siguiente afirmación: “Entiendo bien lo que es la IA”. Ciento setenta y siete encuestados (51,9%) estuvieron de acuerdo con la misma. La puntuación media en esta pregunta fue $3,35 \pm 1,03$. Solo hubo diferencias significativas entre el subgrupo de mujeres y el de hombres ($3,19 \pm 1,00$

Tabla 3 Autovaloración y evaluación objetiva del conocimiento de la inteligencia artificial y el *deep learning*

Entiendo bien lo que es la inteligencia artificial (IA)	Encuestados (n = 341)
Muy de acuerdo	35 (10,3%)
Algo de acuerdo	142 (41,6%)
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	85 (24,9%)
Algo en desacuerdo	66 (19,4%)
Muy en desacuerdo	13 (3,8%)
Afirmaciones sobre la IA (preguntas Verdadero/Falso)	Tasa de aciertos
El <i>deep learning</i> es un conjunto de métodos de reconocimiento automático de patrones que ha sido aplicado con éxito en varios dominios del conocimiento, incluyendo el análisis de imágenes biomédicas	89,4%
La aplicación del <i>deep learning</i> en radiología requiere de grandes bases de datos de imágenes médicas etiquetadas	83,9%
Los sistemas de <i>deep learning</i> son bastante opacos: puede ser muy difícil definir el “proceso de pensamiento” subyacente	47,2%
La tecnología de <i>deep learning</i> existente puede conseguir un reconocimiento de patrones muy bueno, pero no puede hacer razonamientos deductivos	62,2%
Tasa media de acierto	70,7%

versus $3,69 \pm 0,99$, respectivamente; $p < 0,001$). La tasa de acierto global en las preguntas verdadero/falso para evaluar el conocimiento objetivo de los encuestados fue $0,71 \pm 0,22$. No hubo diferencias estadísticamente significativas (prueba U de Mann-Whitney) entre ninguno de los subgrupos estudiados excepto en la pregunta número 4: “La tecnología del *deep learning* existente puede conseguir un reconocimiento de patrones muy bueno pero no puede hacer razonamientos deductivos”, en la que la tasa media de aciertos de los alumnos de sexto curso fue significativamente inferior a la del resto de alumnos ($0,57 \pm 0,50$ versus $0,68 \pm 0,47$; $p = 0,036$).

Percepción sobre las posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en radiología

Esta sección (fig. 1) valoraba el grado de conformidad del encuestado con tres afirmaciones sobre potenciales aplicaciones de la IA en el ámbito radiológico. La afirmación que más conformidad registró (83,0%) fue “La detección automatizada de patologías en imágenes radiológicas”, seguida de “El diagnóstico automatizado a partir de imágenes radiológicas” (58,4%) y “La indicación automatizada de las pruebas radiológicas correspondientes” (55,7%). No hubo diferencias significativas entre ninguno de los subgrupos estudiados, salvo en esta última afirmación, en la que los alumnos de primer ciclo mostraron un mayor grado de acuerdo que los de segundo ciclo ($3,79 \pm 1,11$ versus $3,36 \pm 1,15$; $p = 0,009$).

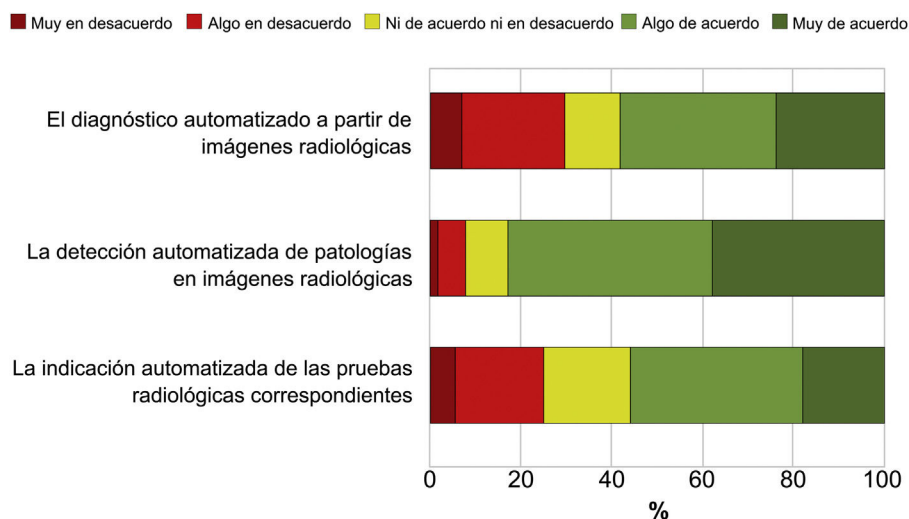


Figura 1 Distribución del porcentaje de acuerdo de los estudiantes encuestados con las afirmaciones sobre posibles aplicaciones de la inteligencia artificial en radiología.

Percepción del impacto de la inteligencia artificial en la especialidad de radiología

Doscientos setenta y siete encuestados (81,2%) estuvieron de acuerdo con la afirmación “La IA va a revolucionar el campo de la Radiología”. Se preguntó por el impacto potencial de la IA sobre la empleabilidad de los futuros radiólogos. Solo un 5,6% (19 estudiantes) expresó su acuerdo con la afirmación “En un futuro cercano la IA sustituirá completamente a la figura del radiólogo”; mientras que el acuerdo con la afirmación “En un futuro cercano la IA reducirá la demanda de radiólogos” fue de un 12,0% (41 estudiantes) (figura 2). No se encontraron diferencias significativas en estas tres preguntas en ninguno de los subgrupos estudiados.

Seguidamente, se exploró la opinión de los encuestados respecto a la relación futura del radiólogo con la IA por medio de las dos siguientes afirmaciones:

- “Los avances en IA mejorarán la capacidad de carga de trabajo y la eficiencia de los radiólogos, constituyendo un complemento bastante útil en su trabajo”. Expresaron su acuerdo 299 (87,7%) encuestados. Solo los alumnos de sexto curso mostraron un menor grado de acuerdo que el resto ($4,20 \pm 0,88$ versus $4,43 \pm 0,67$; $p=0,022$).
- “Los radiólogos deberían aceptar estos cambios y trabajar con la industria informática para su aplicación”. Expresaron su acuerdo 263 (77,1%) encuestados. Los alumnos de sexto mostraron un menor grado de acuerdo que el resto ($3,93 \pm 0,95$ versus $4,18 \pm 0,83$; $p=0,014$) y los de segundo ciclo un menor grado de acuerdo que los de primer ciclo ($4,00 \pm 0,92$ versus $4,32 \pm 0,74$; $p=0,014$).

Por último, se formuló la siguiente afirmación: “Se debería incluir una formación básica sobre IA en el currículo de medicina”, con la cual se mostraron de acuerdo 211 (61,9%) estudiantes. De manera similar a la pregunta anterior, los alumnos de sexto curso mostraron menos acuerdo que los restantes ($3,59 \pm 1,10$ versus $3,87 \pm 1,10$; $p=0,006$) y los de segundo ciclo menos que los de primer ciclo ($3,67 \pm 1,09$

versus $4,00 \pm 1,20$; $p=0,011$). No hubo otras diferencias significativas entre los restantes subgrupos.

Impacto de la inteligencia artificial en la elección de radiología como especialidad médica

Ciento veinticinco estudiantes (36,7%) estaban de acuerdo con la afirmación “Estos avances hacen la medicina en general y la radiología en particular más atractivas o interesantes para mí” y 94 (27,6%) estaban en desacuerdo. Las mujeres mostraron un menor grado de acuerdo que los hombres en esta pregunta ($2,93 \pm 1,12$ versus $3,24 \pm 1,13$; $p=0,009$). No hubo diferencias significativas en el resto de los subgrupos estudiados.

A continuación, se preguntó el grado de conformidad con la siguiente frase: “Este tema me preocupa a la hora de elegir radiología como potencial carrera profesional”. Un 40,8% estaba en desacuerdo con dicha afirmación, mientras que un 23,8% estaba de acuerdo. No hubo diferencias significativas entre los subgrupos estudiados. Como ilustra la figura 3, los alumnos que más de acuerdo se mostraron con esta afirmación fueron los que tenían radiología entre sus tres principales opciones de especialidad (15/27; 55,6%), seguidos por los que consideraban la radiología como especialidad, pero no entre sus tres principales opciones (36/141; 25,5%) y los que no tenían interés en radiología como especialidad (30/173, un 17,3%). La diferencia entre el primer y último grupo fue estadísticamente significativa ($p<0,001$; ANOVA de una vía).

Finalmente, se les pidió que volvieran a especificar sus preferencias de especialidad después de haber sido expuestos a esta problemática. Los resultados comparados con la preferencia de especialidad inicial se modificaron ligeramente. Veinticinco (2 estudiantes menos; 0,58%) eligieron la opción “La radiología está en mi top 3 a la hora de elegir especialidad”, 149 (6 más; 2,3%) eligieron la opción “La radiología está por debajo de mi top 3” y 167 (6 menos;

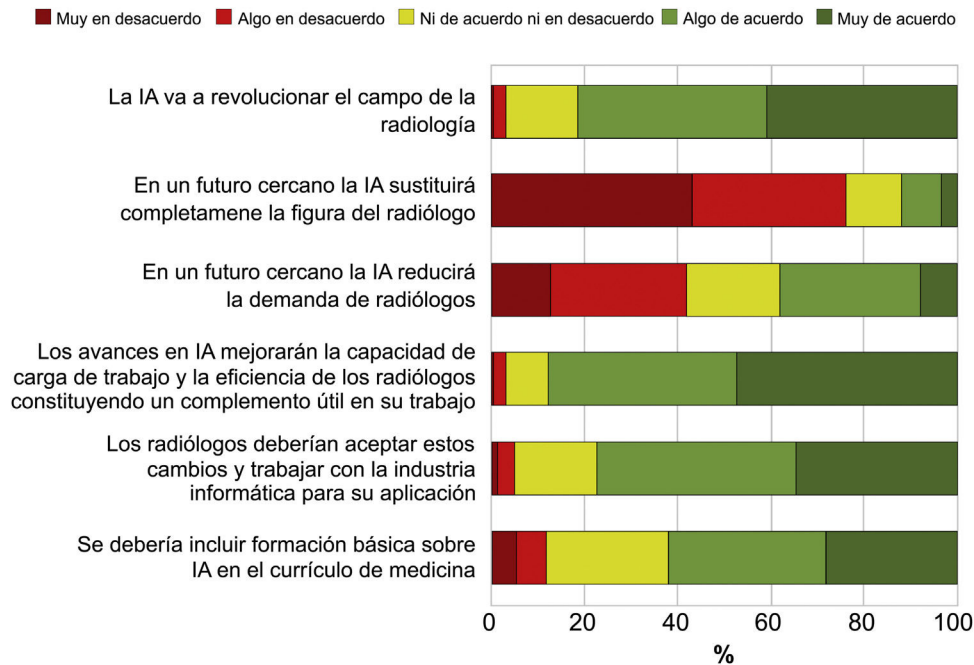


Figura 2 Distribución del porcentaje de acuerdo de los estudiantes encuestados con las afirmaciones sobre el impacto de la inteligencia artificial en radiología.

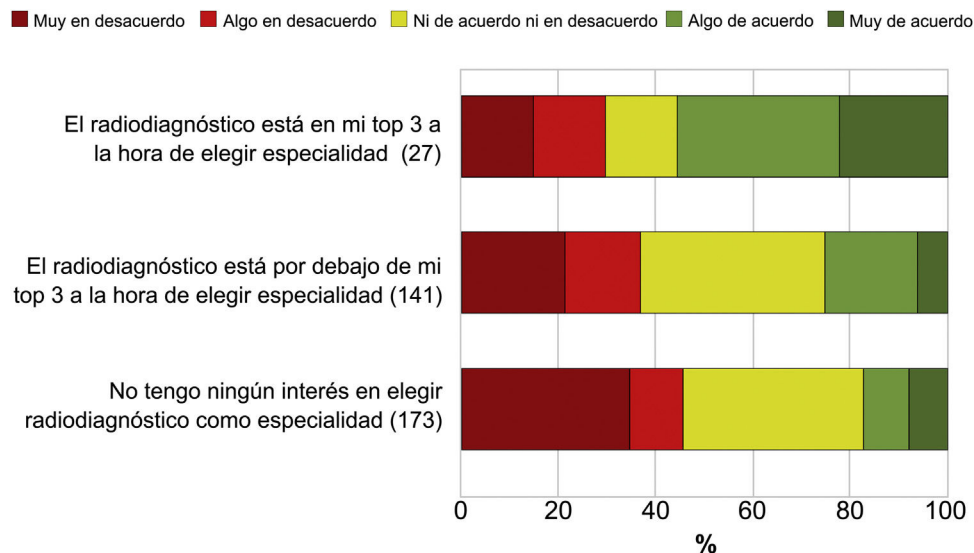


Figura 3 Distribución del porcentaje de acuerdo de los estudiantes encuestados con la afirmación "Este tema me preocupa a la hora de elegir radiología como carrera profesional", según la preferencia de elegir radiodiagnóstico como especialidad. Número de encuestados de cada subgrupo entre paréntesis.

1,7%) en la opción "No tengo ningún interés en elegir radiología como especialidad".

Discusión

La fortaleza actual de la IA en radiología radica en aplicaciones que han demostrado su utilidad clínica en la detección, segmentación y clasificación de lesiones. Las expectativas se centran en mejorar las técnicas de aprendizaje automático existentes, que supone una gran oportunidad para reducir la intervención humana, especialmente en tareas

de imágenes convencionales que consumen mucho tiempo³. En nuestro conocimiento, este estudio incluye la primera encuesta sobre IA realizada a estudiantes de Medicina en España. Los encuestados desconocen el debate actual sobre la IA y sus potenciales aplicaciones en radiología. En cambio, algo más de la mitad de los estudiantes alemanes del estudio de Pinto dos Santos et al.¹⁹ sí eran conscientes de este debate. Un 51,6% de los estudiantes de nuestra cohorte consideraron entender bien el concepto de IA. Estuvieron de acuerdo con esta afirmación el 30,8% de los estudiantes alemanes¹⁹, el 44,4% de estudiantes británicos del estudio

de Sit et al.¹⁷, el 50,0% de estudiantes saudíes del de Bin Dah-mask et al.²⁰ y el 78,9% de estudiantes canadienses del de Gong et al.¹⁶. Para contrastar esta percepción subjetiva con datos más objetivos, se realizaron cuatro preguntas sobre IA, las cuales obtuvieron una tasa de acierto global del 71,0%, superior al 45,2% obtenido en el estudio canadiense¹⁶, con 3/5 preguntas idénticas a 3/4 del presente estudio.

Un 83,3% de los encuestados consideró que en un futuro la IA sería capaz de detectar patologías en imágenes radiológicas de forma automatizada, sustituyendo así al radiólogo en la parte más técnica de su trabajo. Pero el grado de acuerdo con que la IA pudiera emitir diagnósticos automatizados a partir de las imágenes radiológicas o indicar las pruebas radiológicas que necesitaría cada paciente fue menor (58,4% y 55,7%, respectivamente). En esta sección se obtuvieron datos muy similares al estudio alemán¹⁹, cuyas cifras de conformidad con estas tres afirmaciones fueron del 83,7%, 42,2% y 56,7%, respectivamente. Los estudiantes ven más factible a medio plazo el avance relativamente continuista de las aplicaciones actuales de la IA en radiología que sustituir funciones del radiólogo como realizar diagnósticos o indicar pruebas, para lo cual la IA debe contar con una capacidad de procesamiento y abstracción superior a la actual.

Estudios recientes encuestando a radiólogos europeos^{11,21} han puesto de manifiesto cierto clima general de incertidumbre en cuanto al potencial impacto de la IA en la profesión radiológica. Los estudiantes encuestados en este estudio no prevén tanto un reemplazo del radiólogo como una reducción de la demanda de este. La mayoría (81,2%) estuvo de acuerdo con que la IA revolucionará la radiología, cambiando el modelo de trabajo de la especialidad, pero sin un impacto alarmante en la empleabilidad de los radiólogos. En sintonía con los datos encontrados entre estudiantes alemanes¹⁹, el 76,0% de los encuestados negó la hipótesis del reemplazo del radiólogo por la IA y más del 40% manifestó su disconformidad con una supuesta reducción de la demanda de radiólogos. La mayoría de los radiólogos europeos opina que la IA permitirá ahorrar tiempo para mejorar la interacción con otros clínicos y con pacientes, que deben tener un rol decisivo en el desarrollo y validación de las aplicaciones de IA en radiodiagnóstico y trabajar junto a ingenieros, informáticos y otros profesionales en el desarrollo de estos sistemas¹¹. Los estudiantes españoles encuestados han expresado opiniones similares, pues más del 87% mostró su acuerdo con que la IA será un complemento muy útil para el trabajo diario de los radiólogos, mejorando su eficiencia y capacidad de trabajo, y más del 77% que los radiólogos deberían adaptarse a los cambios venideros, trabajando con la industria para su aplicación. Se ha señalado la necesidad de formar radiólogos y residentes en el uso clínico y aspectos técnicos de las aplicaciones de IA¹¹. Pero, considerando la rapidez de la aplicación de los avances tecnológicos a la clínica, es necesario incluir formación básica sobre IA en el currículo de pregrado, lo cual ha sido indicado por una mayoría de estudiantes en el presente estudio y otros similares¹⁶⁻²⁰.

El impacto de la IA en la elección de radiodiagnóstico como especialidad es el objetivo principal de estudios similares a este^{16-18,20}. En general, el radiodiagnóstico es una especialidad poco conocida en todo su potencial clínico entre los estudiantes de Medicina²². En España, esto

puede deberse en parte a que la enseñanza de radiología es heterogénea y en algunas universidades se considera una asignatura "menor"²³. Lo cierto es que la especialidad de radiodiagnóstico ocupa la posición 16 entre las 47 especialidades médicas elegidas en el examen MIR²⁴. En el presente estudio, el porcentaje de estudiantes que elegirían radiología como especialidad entre las primeras opciones (7,9%) está dentro del rango del observado en otros países (entre el 3,3% y el 8,0%)²⁵⁻²⁷.

El estudio canadiense¹⁶ demostró que una sexta parte de los estudiantes que elegirían radiología como especialidad, preocupados por una posible reducción de puestos de trabajo como radiólogos debido a la IA, reconsiderarán su elección. Los resultados de Sit et al.¹⁷ proporcionan evidencia de que el avance de la IA está teniendo un efecto perjudicial entre los estudiantes del Reino Unido que consideran el radiodiagnóstico como posible especialidad. Los resultados del presente estudio son más similares a los del realizado en Alemania¹⁹, solo el 36,7% de los encuestados consideró que los avances en IA hacen la medicina o la radiología más interesantes para ellos (30,8-44,5% en la cohorte alemana). Menos del 25% de los encuestados manifestaron sentirse preocupados por la IA al elegir radiología como especialidad, aumentando este porcentaje hasta el 55% cuanto más interés tenían por escogerla, en discordancia con los estudios canadiense¹⁶ y saudí²⁰, donde los estudiantes preocupados por la IA superaban el 55% y el 60% respectivamente, porcentaje que disminuía conforme aumentaba el interés por radiología como especialidad. No se obtuvieron cambios relevantes cuando los estudiantes volvieron a especificar su preferencia de especialidad al final de la encuesta, posiblemente por la limitada exposición de los alumnos a la IA.

Diferencias de percepción entre subgrupos

En el presente estudio, la proporción mujeres/hombres ha sido 2/1. A diferencia de otros estudios¹⁹, se han encontrado escasas diferencias entre ambos subgrupos. Las mujeres están menos de acuerdo con la afirmación "Entiendo bien lo que es la IA", lo cual no indica peor conocimiento de la IA, sino que refleja el contexto de diferente autopercepción del conocimiento entre mujeres y hombres²⁸; de hecho, no hubo diferencias en la tasa de aciertos en las afirmaciones sobre conocimiento objetivo de la IA. También mostraron menor grado de acuerdo que los hombres en la afirmación "Estos avances hacen la medicina en general y la radiología en particular más interesantes para mí". Esta diferencia puede obedecer a la priorización de otras motivaciones no tecnológicas sobre la atracción de la medicina y la radiología entre las mujeres²⁹.

Se han encontrado diversas diferencias significativas según el curso que estudiaban los encuestados. Los alumnos de sexto curso mostraron menor acuerdo con que la IA vaya a mejorar la capacidad de trabajo y eficiencia de los radiólogos. En una subpoblación más preocupada por el inmediato final de la carrera, esto puede denotar cierto grado de escepticismo respecto a que se vayan a producir cambios inmediatos en la práctica médica. Hay otros dos aspectos reseñables, pues se repiten diferencias en el

mismo sentido tanto entre alumnos de sexto curso y el resto como entre los de segundo y primer ciclo. Los estudiantes más jóvenes mostraron más acuerdo con que los radiólogos acepten los cambios tecnológicos de la IA y trabajen con la industria para su aplicación y con la necesidad de incluir formación básica sobre IA en el currículo de medicina.

Limitaciones y perspectivas futuras

Este estudio tiene algunas limitaciones a considerar que se exponen a continuación. Aunque el tamaño muestral es similar al de otros estudios^{16–20}, es solo un 0,8% del número de estudiantes de Medicina españoles, aproximadamente 42000 (7000 por año)³⁰. No se trata de un estudio nacional. No están representadas las 44 facultades de medicina de España, ni tienen el mismo peso en la distribución otras universidades que la de Universidad de Málaga (tabla 2). Esto es debido a un sesgo de selección relacionado con la metodología de distribución de la encuesta. No ha habido diferencias significativas en ninguno de los apartados estudiados entre los estudiantes de la Universidad de Málaga (60,7%) y el resto (39,3%), pero esto puede obedecer a un potencial sesgo de respuesta (responder a la encuesta o no hacerlo puede haber supuesto una predisposición y una opinión previa sobre el tema). Existe también un sesgo de información previa. En general, el nivel de información sobre IA entre los estudiantes de medicina es bajo¹⁹ y proviene más de los medios de comunicación que de la Universidad³¹. Solo comprendiendo los fundamentos y funcionamiento de la IA se puede tener una opinión más formada de su impacto en la práctica radiológica del futuro.

Consideramos necesario realizar un nuevo estudio, con una muestra mayor, más representativa de los estudiantes de pregrado, tomando el actual como punto de partida, pero incluyendo nuevos interrogantes sobre aspectos prácticos, clínicos, éticos y legales. Paralelamente, es necesario incluir formación sobre IA en el pregrado médico para una mejor comprensión de esta materia y ayuda potencial a la elección de radiodiagnóstico como especialidad²⁰. Existen problemas estratégicos en un currículo que a veces no dispone de espacio para contenidos básicos de radiología³², aunque una alternativa podría ser proporcionar formación extracurricular *online* y, por qué no, vinculada a una nueva encuesta.

Conclusión

Los estudiantes encuestados son conscientes del impacto de la IA en la vida diaria, pero desconocen el debate actual sobre sus potenciales aplicaciones en radiología. En general piensan que la IA revolucionará la radiología, pero sin un impacto alarmante en la empleabilidad de los radiólogos. Solo una cuarta parte manifiesta sentirse preocupado por la IA al elegir especialidad, proporción que asciende a algo más de la mitad entre los que tienen radiodiagnóstico entre sus primeras tres opciones. Los estudiantes encuestados opinan que es necesario proporcionar formación básica sobre IA en pregrado.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: GCG, FSP.
2. Concepción del estudio: FSP.
3. Diseño del estudio: GCG, FSP.
4. Obtención de los datos: GCG.
5. Análisis e interpretación de los datos: GCG, FSP.
6. Tratamiento estadístico GCG, FSP.
7. Búsqueda bibliográfica: GCG, FSP.
8. Redacción del trabajo: GCG, FSP.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: GCG, FSP.
10. Aprobación de la versión final: GCG, FSP.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a los estudiantes que han participado voluntariamente en este estudio.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.rx.2021.03.006](https://doi.org/10.1016/j.rx.2021.03.006).

Bibliografía

1. Pakdemirli E. A preliminary glossary of artificial intelligence in radiology. *Acta Radiol Open*. 2019;8:1–2, <http://dx.doi.org/10.1177/2058460119863379>.
2. King BF. Guest editorial: discovery and artificial intelligence. *AJR Am J Roentgenol*. 2017;209:1189–90, <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.17.19178>.
3. Martín Noguerol T, Paulano-Godino F, Martín-Valdivia MT, Menias CO, Luna A. Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats Analysis of Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Radiology. *J Am Coll Radiol*. 2019;16:1239–47, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2019.05.047>.
4. Choy G, Khalilzadeh O, Michalski M, Do S, Samir AE, Panykh OS, et al. Current applications and future impact of machine learning in radiology. *Radiology*. 2018;288:318–28, <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2018171820>.
5. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer*. 2018;18:500–10, <http://dx.doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>.
6. Park SH, Do KH, Kim S, Park JH, Lim YS. What should medical students know about artificial intelligence in medicine? *J Educ Eval Health Prof*. 2019;16:18, <http://dx.doi.org/10.3352/jeehp.2019.16.18>.
7. Mazurowski MA. Artificial Intelligence May Cause a Significant Disruption to the Radiology Workforce. *J Am Coll Radiol*. 2019;16:1077–82, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2019.01.026>.
8. Liew C. The future of radiology augmented with Artificial Intelligence: A strategy for success. *Eur J Radiol*. 2018;102:152–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.03.019>.

9. Tajmir SH, Alkasab TK. Toward Augmented Radiologists: Changes in Radiology Education in the Era of Machine Learning and Artificial Intelligence. *Acad Radiol.* 2018;25:747–50, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2018.03.007>.
10. Ranschaert ER, Morozov S, Algra PR. Artificial intelligence in medical imaging: Opportunities, applications and risks. Cham: Springer; 2019, <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-94878-2>.
11. European Society of Radiology (ESR). Impact of artificial intelligence on radiology: a EuroAIM survey among members of the European Society of Radiology. *Insights Imaging.* 2019;10:105. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0798-3>.
12. Waymel Q, Badr S, Demondion X, Cotten A, Jacques T. Impact of the rise of artificial intelligence in radiology: What do radiologists think? *Diagn Interv Imaging.* 2019;100:327–36, <http://dx.doi.org/10.1016/j.diii.2019.03.015>.
13. Ooi SKG, Makmur A, Soon AYQ, Fook-Chong S, Liew C, Sia SY, et al. Attitudes toward artificial intelligence in radiology with learner needs assessment within radiology residency programmes: a national multiprogramme survey. *Singapore Med J.* 2019;1–22, <http://dx.doi.org/10.11622/smedj.2019141>.
14. Collado-Mesa F, Alvarez E, Arheart K. The Role of Artificial Intelligence in Diagnostic Radiology: A Survey at a Single Radiology Residency Training Program. *J Am Coll Radiol.* 2018;15:1753–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2017.12.021>.
15. Oh S, Kim JH, Choi SW, Lee HJ, Hong J, Kwon SH. Physician confidence in artificial intelligence: An online mobile survey. *J Med Internet Res.* 2019;21:e12422, <http://dx.doi.org/10.2196/12422>.
16. Gong B, Nugent JP, Guest W, Parker W, Chang PJ, Khosa F, et al. Influence of Artificial Intelligence on Canadian Medical Students' Preference for Radiology. *Acad Radiol.* 2019;26:566–77, <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2018.10.007>.
17. Sit C, Srinivasan R, Amlani A, Muthuswamy K, Azam A, Monzon L, et al. Attitudes and perceptions of UK medical students towards artificial intelligence and radiology: a multicentre survey. *Insights Imaging.* 2020;11:14, <http://dx.doi.org/10.1186/s13244-019-0830-7>.
18. Garcia Brandes GI, D'Ippolito G, Gusatti Azzolini A, Meirrelles G. Impact of artificial intelligence on the choice of radiology as a specialty by medical students from the city of São Paulo. *Radiol Bras.* 2020;53:167–70, <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0101>.
19. Pinto dos Santos D, Giese D, Brodehl S, Chon SH, Staab W, Kleinert R, et al. Medical students' attitude towards artificial intelligence: a multicentre survey. *Eur Radiol.* 2019;29:1640–6, <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-018-5601-1>.
20. Bin Dahmash A, Alabdulkareem M, Alfutais A, Kamel AM, Alkholaiwi F, Alsheri S, et al. Artificial intelligence in radiology: does it impact medical students preference for radiology as their future career? *Br J Radiol Open.* 2020;2, <http://dx.doi.org/10.1259/bjro.20200037>, 20200037.
21. van Hoek J, Huber A, Leichtle A, Härmä K, Hilt D, von Tengg-Kobligk H, et al. A survey on the future of radiology among radiologists, medical students and surgeons: Students and surgeons tend to be more skeptical about artificial intelligence and radiologists may fear that other disciplines take over. *Eur J Radiol.* 2019;121:108742, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.108742>.
22. Oliver HC, Hudson BJ, Oliver CF, Oliver MC. UK undergraduate aspirations and attitudes survey: do we have a perception problem in clinical radiology? *Clinical Radiology.* 2020;75:158, <http://dx.doi.org/10.1016/j.crad.2019.10.002>, e15-158.e24.
23. del Cura Rodríguez JL, Martínez Noguera A, Sendra Portero F, Rodríguez González R, Puig Domingo J, Alguersuari Cabiscol A. La enseñanza de la Radiología en los estudios de la licenciatura de Medicina en España. Informe de la Comisión de Formación de la SERAM. *Radiología.* 2008;50:177–82, [http://dx.doi.org/10.1016/S0033-8338\(08\)71963-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0033-8338(08)71963-5).
24. Murias Quintana E, Sánchez Lasheras F, Fernández-Somoano A, Romeo Ladrero JM, Costilla García SM, Cadenas Rodríguez M, et al. Análisis de la elección de la especialidad de radiodiagnóstico en el examen MIR desde el año 2006 hasta 2015. *Radiología.* 2017;59:232–46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2017.03.001>.
25. Arleo EK, Bluth E, Francavilla M, Straus CM, Reddy S, Recht M. Surveying Fourth-Year Medical Students Regarding the Choice of Diagnostic Radiology as a Specialty. *J Am Coll Radiol.* 2016;13:188–95, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacr.2015.08.005>.
26. Kawamoto R, Ninomiya D, Kasai Y, Kusunoki T, Ohtsuka N, Kumagi T, et al. Gender difference in preference of specialty as a career choice among Japanese medical students. *BMC Medical Education.* 2016;16:288, <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-016-0811-1>.
27. Kim Y-Y, Kim U-N, Kim YS, Lee J-S. Factors associated with the specialty choice of Korean medical students: a cross-sectional survey. *Human Resources for Health.* 2016;14:45, <http://dx.doi.org/10.1186/s12960-016-0141-8>.
28. Workman L. Self-Perception of Intelligence in Male and Female Undergraduates in Old and New Welsh Universities. *Psychology Learning & Teaching.* 2005;4:22–6, <http://dx.doi.org/10.2304/plat.2004.4.1.22>.
29. Heiligers PJ. Gender differences in medical students' motives and career choice. *BMC Med Educ.* 2012;23:82, <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6920-12-82>.
30. García-Estañ J. Studying Medicine and being a doctor in Spain. *MedEdPublish.* 2018;7:55, <http://dx.doi.org/10.15694/mep.2018.0000276.1>.
31. Gallix B, Chong J. Artificial intelligence in radiology: who's afraid of the big bad wolf? *Eur Radiol.* 2019;29:1637–9, <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-018-5995-9>.
32. Chan KS, Zary N. Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. *JMIR Med Educ.* 2019;5, <http://dx.doi.org/10.2196/13930>, e13930.