



Inteligencia artificial y sus aplicaciones diagnósticas en Oftalmología

Fernando J. Huelin

Hospital Universitario Ramón y Cajal (Madrid)

Introducción

¿Reemplazará la inteligencia artificial (IA) a los oftalmólogos del futuro? Esta pregunta se planteaba Korot et al. en un reciente artículo (1). A lo largo de la presente ponencia trataremos de responderla realizando un repaso de las principales aplicaciones de la IA hoy en día y sus direcciones futuras.

Screening

El primer ejemplo de estrategias basadas en IA para su aplicación en Oftalmología lo encontramos en los softwares diseñados para el screening de la retinopatía diabética (RD). Esta enfermedad constituye una epidemia global y su detección precoz mediante programas de screening resulta esencial para conseguir un buen pronóstico visual en estos pacientes.

El primer software basado en Deep Learning (DL) diseñado para esta indicación fue el diseñado por Abramoff et al. en 2016 mostrando un alto rendimiento diagnóstico con un área bajo la curva (AUC) de 0.98 (2). Igualmente, Gulshan et al. (investigadores del programa "Google AI Healthcare") recibieron la aprobación para el empleo de su software en el screening de la RD debido a los altos valores de sensibilidad (97.5%) y especificidad (93.4%) demostrados en su estudio (3). Posteriormente, otros grupos diseñaron programas igualmente efectivos (3).

A pesar de haber sido demostrada su alta eficacia, en muchos países todavía existía la incógnita de si este tipo de programas serían coste-eficientes en comparación con sistemas basados en "graders" humanos. De este modo, distintos grupos han tratado de valorar el rendimiento de estos programas en escenarios más próximos a la práctica clínica real. Recientemente el subgrupo de investigación en IA de Singapur realizó un análisis de coste-beneficio tras obtener la aprobación de su software basado en DL y demostró que tanto un sistema semi-automatizado como el completamente basado en IA suponen un ahorro del 19.5% y 14.3%, respectivamente, en comparación con el sistema tradicional (4). No obstante, debe tenerse en cuenta que algunos de estos programas están basados en dobles o triples "graders" y que algunos programas en otros países se limitan a un solo grader, por lo que posiblemente en estos casos el empleo de softwares basados en IA siga siendo más costoso. Igualmente, estos softwares basados en DL son sensibles a cambios en variables tipo edad, raza, método de obtención y calidad de las imágenes utilizadas, por lo que la generalización de los resultados de otros estudios debe realizarse con precaución.

Retina

Las imágenes de retinografía también se han utilizado para la detección de DMAE con buenos resultados. El primer grupo capaz de diseñar un software para la detección de "DMAE derivable" (entendiendo como tal DMAE intermedia o avanzada) fue el grupo de Singapur utilizando su mues-



tra de pacientes con RD (5). Otros grupos han diseñado algoritmos de DL validados específicamente en muestras de pacientes con DMAE como las del estudio AREDS, obteniendo un alto rendimiento con AUC de 0.94-0.96 (6).

No obstante, las enfermedades de la retina ofrecen la posibilidad adicional de analizar otras formas de imagen, entre las que cabe destacar la OCT. Un cubo macular de OCT contiene una cantidad de información mucho mayor que la almacenada en una retinografía. De este modo, el procesamiento de estos datos a través de redes neuronales convolucionales permitiría crear algoritmos diagnósticos basados en IA con resultados prometedores. Cabe citar como ejemplo de tecnologías de IA basadas en OCT la experiencia del hospital Moorfields en Reino Unido con el algoritmo "DeepMind" (7). En una primera fase, una red neuronal realizaba una correcta segmentación de las imágenes de OCT. Posteriormente, los resultados eran transferidos a otra red neuronal que clasificaba a los pacientes en cuatro categorías (urgente, semiurgente, valoración de rutina u observación) y además era capaz de reconocer 10 patrones diferentes de enfermedad. El rendimiento de este sistema fue comparado con el de un panel de expertos en OCT obteniendo resultados similares. De este modo, Reino Unido ya está estudiando la aplicación de este tipo de programas en centros de atención al público general, de manera que una simple OCT permitiría la realización de un cribado altamente efectivo de la comunidad.

Glaucoma

La prevalencia del glaucoma, así como la importancia de su diagnóstico precoz, hacen de esta patología un candidato ideal para la aplicación de programas de cribado basados en IA. No obstante, el empleo de softwares mediante retinografías tiene la limitación de que no existe un valor de corte concreto para la excavación del disco que permita el diagnóstico de glaucoma. Esta variabilidad en la presentación limita el rendimiento de estos programas. Se han diseñado algunos tomando como valor de referencia excavaciones comprendidas entre 0.7 y 0.8 (8).

A este respecto, el diseño de softwares basados en OCT de capa de fibras también puede aportar más información en el caso del glaucoma, habiéndose diseñado algoritmos capaces de diferenciar patrones de pérdida de fibras específicos de glaucoma frente a pacientes sin patología (9). Igualmente, se han diseñado otros programas capaces de detectar defectos precoces en el campo visual de forma efectiva y además clasificar el tipo de defecto, permitiendo un diagnóstico de esta enfermedad en estadios más precoces (10). La IA también abre el camino a una mejor correlación estructura-función y una mejor valoración y predicción de la progresión en estos pacientes, permitiendo un manejo terapéutico más preciso y personalizado para cada paciente (11).

Córnea y cirugía refractiva

La IA también ha sido estudiada para numerosas aplicaciones en la subespecialidad de córnea, entre las que cabe destacar: diagnóstico y detección de progresión en el queratocono mediante el análisis de la tomografía corneal, predicción de los resultados refractivos de los segmentos corneales intraestromales, cálculo del riesgo de desarrollo de ectasia post-cirugía corneal refractiva, o diagnóstico de queratitis fúngicas (12). No obstante, es en el campo de la cirugía de cataratas donde la IA ha demostrado tener resultados más prometedores en términos de cálculo de lente intraocular. Entre los pioneros dentro de este campo cabe destacar la fórmula "Hill-RBF calculator 2.0", la cual ha sido el predecesor de otras muchas fórmulas que han permitido superar a los resultados obteni-



dos incluso con fórmulas convencionales de última generación. No obstante, del mismo modo que ocurría con otras entidades, la aplicación de estas fórmulas en distintas poblaciones repercutirá en su rendimiento.

Conclusiones

El empleo de la IA ya es una realidad en la Oftalmología. Cabría estudiar el empleo de estas tecnologías en condiciones de vida real para analizar el impacto que su incorporación puede tener en los sistemas sanitarios del futuro. No obstante, los programas de IA no están exentos de limitaciones, más allá de las inherentes a su diseño. Condicionar el manejo de pacientes a los resultados de estos softwares genera un conflicto ético dado que muchas veces se atribuye a estos programas una cualidad de "caja negra" en la que el procesamiento de los datos y su razonamiento nos es desconocido. Sin embargo, cada vez más grupos están incorporando mapas de calor a las imágenes de estos softwares de modo que se pueda contextualizar y adaptar de forma más consciente el análisis de sus resultados.

De este modo, como respuesta a la pregunta inicial de nuestra ponencia, cabría contestar que la IA no constituye ninguna amenaza a nuestra profesión, sino más bien una herramienta que va a facilitar la toma de decisiones en nuestro día a día y aumentar el rendimiento de nuestra sanidad. Debemos adoptar una postura activa como colectivo a la hora de decidir qué papel queremos que juegue la IA en la Oftalmología del futuro.

Bibliografía

1. Korot E, Wagner SK, Faes L, et al. Will AI Replace Ophthalmologists? *Transl Vis Sci Technol.* 2020 Jan 29;9(2):2. doi: 10.1167/tvst.9.2.2. Erratum in: *Transl Vis Sci Technol.* 2021 Jul 1;10(8):6.
2. Abràmoff MD, Lou Y, Erginay A, et al. Improved Automated Detection of Diabetic Retinopathy on a Publicly Available Dataset Through Integration of Deep Learning. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016 Oct 1;57(13):5200-5206.
3. Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA.* 2016 Dec 13;316(22):2402-2410.
4. Xie Y, Nguyen QD, Hamzah H, et al. Artificial intelligence for teleophthalmology-based diabetic retinopathy screening in a national programme: an economic analysis modelling study. *Lancet Digit Health.* 2020 May;2(5):e240-e249.
5. Ting DSW, Cheung CY, Lim G, et al. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes. *JAMA.* 2017 Dec 12;318(22):2211-2223.
6. Burlina PM, Joshi N, Pekala M, et al. Automated Grading of Age-Related Macular Degeneration From Color Fundus Images Using Deep Convolutional Neural Networks. *JAMA Ophthalmol.* 2017 Nov 1;135(11):1170-1176.
7. De Fauw J, Ledsam JR, Romera-Paredes B, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nat Med.* 2018 Sep;24(9):1342-1350.
8. Li Z, He Y, Keel S, et al. Efficacy of a Deep Learning System for Detecting Glaucomatous Optic Neuropathy Based on Color Fundus Photographs. *Ophthalmology.* 2018 Aug;125(8):1199-1206.
9. Christopher M, Belghith A, Weinreb RN, et al. Retinal Nerve Fiber Layer Features Identified by Unsupervised Machine Learning on Optical Coherence Tomography Scans Predict Glaucoma Progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2018 Jun 1;59(7):2748-2756.
10. Elze T, Pasquale LR, Shen LQ, et al. Patterns of functional vision loss in glaucoma determined with archetypal analysis. *J R Soc Interface.* 2015 Feb 6;12(103):20141118.
11. Kazemian P, Lavieri MS, Van Oyen MP, et al. Personalized Prediction of Glaucoma Progression Under Different Target Intraocular Pressure Levels Using Filtered Forecasting Methods. *Ophthalmology.* 2018 Apr;125(4):569-577.
12. Rampat R, Deshmukh R, Chen X, et al. Artificial Intelligence in Cornea, Refractive Surgery, and Cataract: Basic Principles, Clinical Applications, and Future Directions. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2021 Jul 1;10(3):268-281.