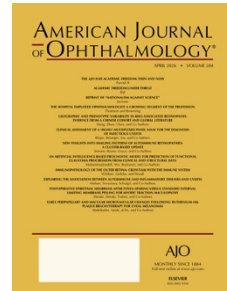




An Artificial Intelligence-Based Prognostic Model for Prediction of Functional Glaucoma Progression From Clinical and Structural Data

Vahid Mohammadzadeh, Sean Wu, Sajad Besharati, Mahshad Rafiee, Yasamin Banaei, Arthur Martinyan, Jane Zou, Evelyn Kung, Kiumars Edalati, Esteban Morales, Fabien Scalzo, Joseph Caprioli, Kouros Nouri-Mahdavi



OBJETIVO

El objetivo de este estudio es integrar por primera vez diversas fuentes de información incluyendo datos **clínicos, pruebas estructurales y funcionales** para la predicción de la progresión de la enfermedad bajo el diseño de un modelo pronóstico basado en *deep learning* y comparar su rendimiento con especialistas. Anteriormente ya existían modelos pronósticos incluyendo datos estructurales y funcionales basales y longitudinales con un rendimiento clínicamente relevante.

Sin duda un hito, que nos permitirá ajustar el seguimiento de nuestros pacientes y adaptar el tratamiento acorde a sus necesidades con la mayor precisión.

Hasta la fecha los datos clínicos y demográficos, junto con mediciones funcionales y estructurales, se han utilizado en estudios para predecir la progresión de glaucoma, como el *Ocular Hypertension Treatment Study*, el *Early Manifest Glaucoma Trial (EMGT)* y el *Collaborative Normal-Tension Glaucoma Study (CNTGS)*, entre otros que llegaron posteriormente, incluyendo la importancia de:

- Mayor edad
- Relación excavación/disco vertical y horizontal
- Menos grosor corneal central (CCT)
- Mayor PIO
- Mayor PSD
- Síndrome pseudoexfoliativo
- Enfermedad bilateral
- Peor MD perimétrica basal
- Hemorragias de disco
- Atrofia peripapilar en zona beta

Recientemente, se ha creado una clasificación en cuanto a riesgo poligénico que abrirá horizontes hacia el diagnóstico precoz del inicio de glaucoma.

MÉTODOS

Es un estudio retrospectivo, comparativo de cohortes, de precisión pronóstica.

Se incluyeron 1599 ojos (908 pacientes) con glaucoma definitivo o sospechado con ≥ 5 campos visuales 24-2 (VF) y 3 o más años de seguimiento.

Las tasas de cambio de la desviación media (MD) del campo visual se estimaron mediante regresión lineal univariable. La progresión del campo visual se definió cuando se observaron cuatro pendientes negativas consecutivas estadísticamente significativas de MD, y, además, mostraba una pendiente negativa estadísticamente significativa a lo largo de todo el período de seguimiento. La progresión rápida se definió con una pendiente de MD inferior a $-1,0$ dB/año.

Se diseñó una red neuronal pre-entrenada en ImageNet para predecir la progresión del campo visual utilizando datos clínicos y demográficos basales, fotografías del disco óptico y mediciones del grosor de la capa de fibras nerviosas retinianas y del grosor macular obtenidas mediante tomografía de coherencia óptica.

Los primeros combinaban datos demográficos y clínicos con una de las siguientes modalidades: ODP, OCT de RNFL o OCT macular. Posteriormente, combinaciones de datos demográficos/clínicos con distintas combinaciones de ODP, RNFL y OCT macular. Y los más complejos les supuso la combinación de datos demográficos/clínicos con todos los datos estructurales.

RESULTADOS del estudio

La desviación media basal (DE) y el número de campos visuales fueron $-3,5$ (4,9) dB y $10,1$ (4,7), respectivamente.

399 ojos (25%) empeoraron. El modelo con mejor rendimiento incorporó fotografías basales del disco óptico y el grosor de la capa de fibras nerviosas retinianas y macular: AUC: $0,839$ ($0,771-0,906$), precisión: $76,0\%$ ($62,0\%-85,0\%$), y área bajo la curva de precisión-recall: $0,558$ ($0,385-0,733$).

El modelo de *deep learning* superó significativamente a los evaluadores clínicos (AUC: $0,629$ [$0,531-0,738$], $P < 0,001$ y $0,680$ [$0,584-0,776$], $P = 0,001$, respectivamente).

El rendimiento del modelo fue similar en la cohorte de validación (AUC: $0,754$ [$0,671-0,837$] y precisión: 77% [$71\%-82\%$], $P = 0,122$).

El modelo mostró buen rendimiento al predecir progresión rápida, definida como tasa de MD $< -1,0$ dB/año (AUC: $0,869$ [$0,792-0,947$]).

CONCLUSIONES

El trabajo demuestra que un modelo de deep learning que integra datos clínicos, demográficos y estructurales (fotografía papila, RNFL y OCT macular) es capaz de **predecir la progresión funcional del glaucoma con una precisión clínicamente significativa**, alcanzando un AUC de aproximadamente $0,84$, superior al de los propios especialistas. Esto sugiere que la predicción de progresión tiene componente subjetivo y la IA nos puede aportar consistencia y estandarización, siendo una herramienta más en nuestra práctica clínica habitual complementaria pero no sustitutiva.

Uno de los mensajes más potentes es que la combinación multimodal (no una sola prueba) es lo que realmente aporta valor y mejora claramente. Algo que ya intuimos en nuestra práctica, donde una prueba aislada no suele ser suficiente.

Este modelo presenta una alta sensibilidad, lo que lo haría una herramienta de screening muy útil.

Todo esto apunta hacia un futuro de **estratificación de riesgo personalizada y seguimiento más proactivo**.

Mohammadzadeh V, Wu S, Besharati S, Rafiee M, Banaei Y, Martinyan A, et al.

An artificial intelligence-based prognostic model for prediction of functional glaucoma progression from clinical and structural data. *Am J Ophthalmol.* 2026;284:43-55. doi:10.1016/j.ajo.2025.12.026

Comentario realizado por Dra. Teresa Laborda Guirao, Hospital Arruzafa Córdoba.