

# Teleoftalmología y su aplicación para la detección temprana de Retinopatía Diabética: un artículo de revisión

Karen Elizabeth Madrid Robles

Obstetra, Directora técnica de telemedicina  
Email: kemr\_15@hotmail.com

Katherin Ayde Calle Morales

Comunicadora Social, miembro del equipo de Telemedicina  
Email: kcale@minsa.gob.pe

Tania Melba Herrera Dionisio

Abogada, miembro del equipo de Telemedicina e  
Email: therrera@minsa.gob.pe

Alan Barreto Vences Natalia

Obstetra, Coordinador de telesalud en Sullana Hospital  
Email: alan.barreto.vences@gmail.com

Natalia Chiquilin Paico

Obstetra, Tarapoto Hospital  
Email: nara100507@hotmail.com

Edgardo Ulises Contreras Balbin

Ingeniero Informático, equipo técnico de la Dirección de Telemedicina  
Email: contreras@minsa.gob.pe

Fecha de presentacion: Febrero, 13, 2020 | Fecha de aprobacón: Septiembre, 16, 2020

## Resumen

**Introducción:** En el Perú así como a nivel mundial la morbilidad tanto de Diabetes Mellitus como de Retinopatía Diabética es de relevancia, así como en muchos países, sobre todo aquellos en vías de desarrollo, la carencia en la oferta de oftalmólogos y más aún de sub especialistas en retina hace que herramientas como la telemedicina se consideren una alternativa estratégica y viable para la detección temprana de Retinopatía Diabética. **Método:** El presente artículo describe la revisión de estudios científicos relacionados a la aplicación de teleoftalmología en patologías de Diabetes Mellitus para la detección temprana de Retinopatía Diabética. **Resultados y Discusión:** En los artículos revisados se plantea el uso de celulares inteligentes o smartphones para la adquisición de imágenes de fondo de ojo, lo que generó una expectativa positiva considerando la proliferación de este tipo de equipos, así mismo la posibilidad de complementarlo con soluciones de inteligencia artificial para la optimización del procedimiento de tamizaje o screening.

**Palabras-clave:** Teleoftalmología; Retinopatía Diabética; Inteligencia Artificial, Diagnóstico Precoz; Telemedicina.

## Abstract

**Teleophthalmology and its application for the early detection of Diabetic Retinopathy: a review article.**

**Introduction:** In Peru as well as worldwide the morbidity of both Diabetes Mellitus and Diabetic Retinopathy is of relevance, As well as in many countries, especially those in the developing world, the lack of ophthalmologists and even more so of retinal sub-specialists means that tools such as telemedicine are considered a strategic and viable alternative for the early detection of diabetic retinopathy. **Method:** The present article describes the review of scientific studies related to the application of tele-ophthalmology in pathologies of Diabetes Mellitus for the early detection of Diabetic Retinopathy. **Results and discussion:** In the articles reviewed, the use of intelligent cellular phones or smartphones for the acquisition of images of the fundus of the eye is proposed, which generated a positive expectation considering the proliferation of this type of equipment, as well as the possibility of complementing it with artificial intelligence solutions for the optimization of the screening procedure.

**Keywords:** Teleophthalmology; Diabetic Retinopathy; Artificial Intelligence; Early Diagnosis; Telemedicine.

## Resumo

**Teleoftalmologia e sua aplicação na detecção precoce de Retinopatia Diabética: um estudo de revisão.**

**Introdução:** No Peru, bem como em todo o mundo, a morbilidade tanto da Diabetes Mellitus quanto da Retinopatia Diabética é relevante, assim como em muitos países, especialmente nos países em desenvolvimento, a falta de suprimento de oftalmologistas e, mais ainda, de subespecialistas da retina significa que ferramentas como a telemedicina são consideradas uma alternativa estratégica e viável para a detecção precoce da Retinopatia Diabética. **Método:** Este artigo descreve a revisão de estudos científicos relacionados à aplicação da teleoftalmologia nas patologias do Diabetes Mellitus para a detecção precoce da Retinopatia Diabética. **Resultados e Discussão:** Nos artigos revisados, propõe-se o uso de smartphones ou smartphones para a aquisição de imagens de fundo, o que gerou uma expectativa positiva considerando a proliferação desse tipo de equipamento, bem como a possibilidade de complementá-lo com soluções de inteligência artificial para otimização da triagem ou procedimento de triagem.

**Palavras-chave:** Teleoftalmologia; Retinopatia Diabética; Inteligência Artificial; Diagnóstico Precoce; Telemedicina.

## INTRODUCCIÓN

La Diabetes Mellitus (DM), es un importante problema de salud pública a nivel mundial y se ve con preocupación el aumento del número de pacientes en las próximas décadas debido al envejecimiento de la población y a los cambios en los estilos de vida<sup>1,2</sup>. El término DM, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), engloba las alteraciones metabólicas de múltiples etiologías caracterizadas por hiperglucemia crónica y trastornos en el metabolismo de los carbohidratos, las grasas y las proteínas, resultado de defectos en la secreción de insulina, en su acción o en ambas<sup>1,2</sup>.

La Organización Mundial de la Salud estima que más de 346 millones de personas en todo el mundo tienen diabetes y que 552 millones de personas se verán afectadas en 2030<sup>3</sup>.

La Retinopatía Diabética (RD) es la segunda causa de ceguera a nivel mundial y la primera en personas en edad reproductiva en países en vías de desarrollo. Así mismo es la primera causa en personas de edad laboral en países industrializados; siendo el riesgo de ceguera 25 veces mayor con relación a la población general.

La RD es la complicación micro vascular más común de la diabetes y la principal causa de pérdida de visión en adultos en edad laboral de 20 a 74 años en los Estados Unidos, y representa el 12% de los casos nuevos anualmente<sup>3</sup>. En los Estados Unidos no reciben la evaluación anual recomendada para la RD, y las poblaciones vulnerables con menos acceso a atención médica especializada tienen una tasa de detección estimada de entre 10% y 20 % por año<sup>3</sup>.

En Perú las últimas cifras sobre la prevalencia de la DM, han sido reportadas por Seclén y Col. en 1997, quienes encontraron 7.6% para Lima; 6.7% para Piura; 4.4% para Tarapoto y 1.3% en Huaraz<sup>2</sup>.

Se determinó la prevalencia y factores de riesgo de retinopatía diabética en pacientes con diabetes tipo 2 (DM2), en el Hospital Nacional Dos de Mayo (HNDM), entre 1991-1994, mediante un estudio clínico prospectivo. 427 pacientes fueron divididos en 2 grupos, de manera aleatoria según edad y sexo: I) No retinopatía diabética (No RD, n = 180) y II) retinopatía diabética, (RD, n = 247). Obteniendo como resultados: La prevalencia fue, No RD: 42,38 % y RD: 57,62%, las prevalencias para RDNP (no proliferativa) y RDP (proliferativa), fueron: 47.29% y 10.33%, respectivamente. El tiempo de DM (10 años) fue el único factor de riesgo significativo asociado a la aparición de RD, se encontró ceguera en 12.19% de RD<sup>1</sup>.

La prevalencia de RD es semejante a la hallada en estudios a nivel mundial y nacional. El tiempo de enfermedad diabética, fue el factor de riesgo asociado estadísticamente a la aparición de RD. En esta población se encontró un elevado riesgo de ceguera, dada la alta prevalencia de RD<sup>1</sup>.

## METODO

El presente artículo describe la revisión de estudios científicos relacionados a la aplicación de teleoftalmología en patologías de Diabetes Mellitus para la detección temprana de Retinopatía Diabética.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La alta prevalencia de RD en el Perú supone la implementación de una estrategia de su detección temprana mediante procedimientos de despistaje/tamizaje o screening. El despistaje o tamizaje de RD es un aspecto importante del manejo de la DM en todo el mundo. Según el Consejo Internacional de Oftalmología (ICO), incluso si un número adecuado de oftalmólogos estuviera disponible, utilizar oftalmólogos o sub-especialistas de retina para examinar a todas las personas con DM es un uso ineficiente de recursos. En el Perú como en las regiones de latinoamérica existe un déficit de especialistas oftalmólogos, los que hay se encuentran trabajando en grandes zonas urbanas, el déficit es mayor aún si se trata de subespecialistas en retina.

Este escenario de falta de especialistas en zonas menos urbanas y rurales, en los que la afectación de la diabetes también es importante y en el que se requiere detectar lo más temprano posibles casos de RD, la implementación de estrategias de telemedicina, específicamente teleoftalmología cobran relevancia, en el Perú aún no se ha implementado una estrategia de este tipo, si existen iniciativas a nivel de planteamientos como los del Instituto Nacional de Oftalmología (INO), sin embargo aún no se han implementado, en este artículo se han revisado algunos estudios relacionados a teleoftalmología enfocados a la detección temprana de RD, los que se procederán a describir.

En el artículo "A Smartphone-Based Tool for Rapid, Portable, and Automated Wide-Field Retinal Imaging"<sup>3</sup> se plantea el uso del smartphone o teléfono inteligente para obtener imágenes retinianas de campo amplio, de manera rápida, portátil y automatizada. De acuerdo al artículo las imágenes o fotografías de la retina se pueden usar para ayudar con el diagnóstico y monitoreo de enfermedades retinianas. Sin embargo, el acceso a las cámaras de retina tradicionales está limitado por su alto costo y la necesidad de operadores calificados. Los enfoques de imágenes convencionales requieren la cooperación del paciente en una posición estabilizada y vertical de la cabeza, lo que puede ser difícil entre pacientes enfermos, en silla de ruedas e inmovilizados, así como también para los niños.

Los oftalmoscopios portátiles con captura de imágenes digitales ofrecen una alternativa, sin embargo su adquisición y operación en establecimientos de salud de primer nivel sería una limitante, se han descrito enfoques de imágenes retinianas basadas en teléfonos inteligentes para aprovechar la cámara de alta resolución y capacidad de transferencia

de datos de manera inalámbrica para capturar imágenes de diagnóstico en tiempo real (síncrono) o remoto (asíncrono), con bajos costos. Estas investigaciones demuestran el potencial creciente de las imágenes de teléfonos inteligentes para ampliar la accesibilidad de la atención oftálmica y la detección fotográfica de enfermedades que amenazan la visión.

Existe un gran interés en la validación e integración de la fotografía de retina basada en teléfonos inteligentes en los programas de detección de enfermedades de la comunidad, como el glaucoma y la retinopatía diabética (RD).

Los oftalmólogos reconocen que la telemedicina de la RD a través de la fotografía retiniana en el entorno de atención primaria, con la consulta remota de un oftalmólogo, es un mecanismo para mejorar el acceso y, por lo tanto, mejorar los resultados de una manera rentable<sup>3</sup>.

El "goldstandard" para la técnica de detección fotográfica de RD es la fotografía retiniana de sobremesa midriática de siete campos y 30, en la que se evalúan 14 imágenes por ojo de siete campos estándar que comprenden los 90° posteriores de la retina para determinar el riesgo de pérdida de visión y retinopatía. Es importante destacar que las imágenes realizadas por operadores no expertos pueden afectar la calidad de la imagen y es una consideración importante para los esfuerzos de detección.

El artículo<sup>3</sup> plantea el desarrollo de Ocular CellScope, un dispositivo de imagen integrado en un teléfono inteligente y portátil capaz de capturar imágenes de alta calidad de la retina en un campo amplio. A partir de extensas pruebas de campo con ese dispositivo, se identifican varios desafíos que enfrentan el rendimiento y el uso de ese dispositivo en particular y la fotografía de retina basada en teléfonos inteligentes en general.

Primero, examinar regiones amplias de la retina con un dispositivo portátil y requiere una amplia experiencia del operador para obtener imágenes completas de la retina periférica. En segundo lugar, los niveles sostenidos de iluminación de luz blanca brillante para imágenes de alta resolución de la retina pueden ser incómodos para los pacientes, lo que resulta en una localización deficiente de la imagen causada por los cambios de la mirada y la disminución de la calidad de la imagen de los artefactos de movimiento. En tercer lugar, los enfoques de imágenes de teléfonos inteligentes generalmente requieren operación con las dos manos y son asimétricos, con diferente orientación para el ojo derecho e izquierdo, lo que aumenta la inestabilidad y el movimiento del operador. Cuarto, la falta de una gestión de datos optimizada para la adquisición, visualización y almacenamiento de imágenes ralentiza el flujo de trabajo y aumenta el tiempo de examen.

En dicho estudio<sup>3</sup> se utilizó un sistema de imágenes de retina, mediante CellScope Retina, que aborda los problemas antes mencionados e incorpora la automatización para mejorar la calidad y la confiabilidad de la imagen. El sistema planteado utiliza el campo de 100°, que se eligió

para garantizar que una porción más grande de la retina se muestre con Retina CellScope que la técnica de detección del Estudio de Retinopatía Diabética de Tratamiento Temprano (ETDRS), que evalúa los 90° posteriores utilizando siete imágenes de campo individuales de 30°.

Además, las imágenes de Retina CellScope tienen una resolución de 52.3 píxeles por grado retiniano, superando el requisito de resolución mínima de 30 píxeles por grado descrito por el Servicio Nacional de Salud para la RD. El artículo refiere que Retina CellScope es la primera demostración de un sistema automatizado basado en un teléfono inteligente capaz de generar imágenes, unir y revisar un montaje de retina de campo amplio en una plataforma totalmente portátil sin necesidad de una computadora externa<sup>3</sup>.

El artículo "Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence"<sup>4</sup>, trata la detección automatizada de RD a través de procedimientos de fondo de ojo mediante teléfonos inteligentes e inteligencia artificial. En dicho estudio se plantea la necesidad de realizar una evaluación periódica de la retina para todas las personas con diabetes, necesidad insatisfecha en la mayoría de los países, especialmente en los países en vías de desarrollo.

Tal como lo planteaba el anterior artículo científico, el uso de fotografías de retina para la clasificación e interpretación por oftalmólogos-especialistas en retina es ampliamente aceptado para la detección de RD. Sin embargo, la disponibilidad de especialistas en retina son una limitación importante en la mayoría de los países, incluso cuando esté disponible, podría haber tiempos de espera importantes para la calificación o asesoramiento en DR debido a su alta demanda. Esto conduce a la consideración de la inteligencia artificial y su "aprendizaje continuo y automático" para la detección de DR, que ocurre al proporcionar y procesar miles de imágenes retinianas de diferentes grados de DR para su sistema de aprendizaje.

En este estudio se utiliza un software de inteligencia artificial denominado "EyeArt" que de acuerdo al artículo pudo calificar imágenes para detección temprana de RD con una sensibilidad del 99.1% y especificidad del 80.4%. Los resultados informados en dicho artículo están al nivel de comparación de calificación realizadas por oftalmólogos mediante imágenes retinianas utilizando cámaras especializadas de fondo midriático.

El uso de IA para analizar imágenes de la retina es atractivo, ya que encaja con la tendencia actual de Teleoftalmología y Telemedicina en general. El software automatizado de clasificación de RD tiene beneficios potenciales de eficiencia, reproducibilidad y detección temprana de RD.

Otros estudios realizados recientemente han demostrado que la Inteligencia Artificial (IA) podría usarse para calificar imágenes de la retina tomado con las cámaras de fondo de ojo convencionales y determinar qué pacientes con RD

necesitan derivación al oftalmólogo. El estudio en cuestión<sup>4</sup> agrega el uso de la inteligencia artificial (IA) en las imágenes de fondo de ojo realizada en teléfonos inteligentes.

La inteligencia artificial como un conjunto de tecnologías que sirven para emular características exclusivas del intelecto humano implementa la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas, especialmente sistemas informáticos. Estos procesos incluyen el aprendizaje (la adquisición de información y reglas para el uso de la información), el razonamiento (usando las reglas para llegar a conclusiones aproximadas o definitivas) y la autocorrección.

El aprendizaje profundo, ha sido principalmente aplicado al análisis de imágenes médicas, en el aprendizaje profundo los sistemas han demostrado un desempeño diagnóstico en la detección de diversas condiciones médicas, incluyendo tuberculosis por radiografía de tórax, metástasis ganglionares secundarias al cáncer de mama de secciones de tejido. Así se ha identificado que el aprendizaje profundo ha permitido la detección de retinopatía diabética.

Un beneficio en oftalmología podría ser la detección, como para RD, Retinopatía de la prematuridad, para lo cual existen pautas bien establecidas. El uso del aprendizaje profundo acopiado con Telemedicina, puede ser una solución a largo plazo para evaluar y monitorear pacientes para el cuidado de los ojos. No obstante, los programas se enfrentan a problemas relacionados con implementación, disponibilidad de evaluadores humanos y sostenibilidad financiera a largo plazo.

Finalmente, en el estudio "Implementation of a diabetic retinopathy referral network, Peru"<sup>5</sup> o Implementación de una Red de Referencia de Retinopatía Diabética, describe como se logró examinar a 11,849 pacientes en un periodo de 4 años; aumentando en un 138.1% el número de revisiones de retinopatía diabética con respecto al año anterior. Para dicho fin se implementó un red de referencia que brindó tratamiento efectivo y oportuno para los pacientes con retinopatía diabética, articulando factores como la educación, la detección y la atención; luego de integrar a 12 establecimientos de salud de los tres niveles de atención: 9 centros de salud, 2 hospitales y el Instituto Regional de Oftalmología de Trujillo, ubicados en la región La Libertad, donde se desarrolló el estudio.

De acuerdo al artículo<sup>5</sup> la efectividad de este modelo de referencia podría ser mayor si se usa la Telesalud para las diferentes fases; a través de la telegestión, se puede articular con todos los establecimientos de primer nivel de las 12 provincias que comprende la región de estudio y solo con los centros más cercanos al instituto -como lo hizo la red- ; con telemedicina por ejemplo se podría atender los casos de todos los establecimientos de primer nivel, evitando las referencias innecesarias al hospital (segundo nivel de atención) y finalmente con las telecapacitaciones se puede orientar al personal y socializar la guía de procesos. En ese sentido, se contribuiría a que esta estrategia aumente su cobertura si se genere un sistema de atenciones de usuarios con retinopatía diabética eficiente en el país.

## CONCLUSION

De acuerdo a la morbilidad de DM a nivel mundial y en el Perú y sus otros posibles efectos como la RD como segunda causa a nivel mundial de ceguera, estrategias de detección temprana de RD son de alta relevancia no sólo en términos de la salud ocular de las personas afectadas si no también del efecto en la economía del sistema de salud. La telemedicina en el Perú es una herramienta que se viene implementando e impulsando desde hace unos pocos años atrás, especialmente en la forma de consultas a profesionales de la salud especialistas de manera síncrona, así como experiencias de telediagnóstico en forma asíncrona específicamente en teleradiología, telemamografía, no hay mucha documentación de experiencias en teleoftalmología, posiblemente a nivel académico en el sector privado existan experiencias pero una de las limitaciones que se identifican para una implementación con establecimientos de salud del Estado es que no se cuentan con equipamiento especializado como cámaras de retinografía digital o similares, es por eso que el planteamiento del uso de celulares inteligentes o smartphones resulta atractivo.

De acuerdo a los artículos revisados, los resultados obtenidos con imágenes obtenidas desde celulares inteligentes, como cámaras de buena resolución son promisorias para fines de detección temprana, o tamizajes con el objetivo de identificar lo más temprano posibles casos que ameriten ser evaluados integralmente por un oftalmólogo que finalmente realice el diagnóstico de RD. Posiblemente uno de los retos en su implementación, más allá del uso de la tecnología es tener un protocolo definido para llevar a cabo la captura de imágenes que permitan hacer este tamizaje de la manera mas eficaz posible, esto a su vez conlleva a la necesidad de capacitar a las personas que llevarían a cabo este procedimiento principalmente en los establecimientos de salud de primer nivel.

Un siguiente paso consistiría en la implementación de soluciones de inteligencia artificial que de manera automática, y ayudado de la base de datos de imágenes adquiridas y base de datos de referencia, permita llevar a cabo un tamizaje de RD con una mayor sensibilidad y especificidad.

## REFERENCIAS

1. Yañez B, Murillo JP, Arbañil H. Revista Médica Carrionica. Obtenido de RETINOPATÍA DIABÉTICA: PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO. 2016;3(1). Disponible en: [cuerpomedico.hdosdemayo.gob.pe](http://cuerpomedico.hdosdemayo.gob.pe)
2. Luna JA, González RV, Rodríguez GV, Palacios FM, Castañeda M, Flores J. Boletín de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. Obtenido de Retinopatía diabética en la población piurana: Prevalencia y asociación con otras complicaciones de la diabetes mellitus. 1999;12(1). Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v12n1/retinopatia\\_diabetica.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v12n1/retinopatia_diabetica.htm)

3. Kim TN, Myers F, Reber C, Lory PJ, Loumou P, Webster D, Echanique C, Li P, Davila JR, Maamari RN, Switz NA, Keenan J, Woodard MA, Paulus YM, Margolis T, Fletcher DA. A smartphone-based tool for rapid, portable, and automated wide-field retinal imaging. *Translational vision science & technology*. 2018;7(5):21-21. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30280006>
4. Rajalakshmi R, Subashini, R, Anjana RM, Mohan V. Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence. *Eye*. 2018;32(6):1138. Available in: [https://www.researchgate.net/publication/323664500\\_Automated\\_diabetic\\_retinopathy\\_detection\\_in\\_smartphone-based\\_fundus\\_photography\\_using\\_artificial\\_intelligence](https://www.researchgate.net/publication/323664500_Automated_diabetic_retinopathy_detection_in_smartphone-based_fundus_photography_using_artificial_intelligence)
5. Salamanca O, Geary A, Suárez N, Benavent S, Gonzalez M. Implementation of a diabetic retinopathy referral network, Peru. *Bulletin of the World Health Organization*. 2018;96(10):674.