

Retos y avances en el manejo de la retinopatía diabética - revisión narrativa

Challenges and advances in the management of diabetic retinopathy - narrative review

Andrea Paola Dávalos Feret

ORCID: 0009-0004-7383-9808

Hospital Pediátrico Baca Ortiz, Ecuador

Noela Natalí Cabrera Trelles

ORCID: 0009-0007-4811-6378

Hospital Pediátrico Baca Ortiz, Ecuador

Carolina Elizabeth Naranjo Noboa

ORCID: 0000-0002-0044-5638

Universidad de las Américas, Ecuador

Luis David García Guaman

ORCID: 0000-0003-3137-5238

Hospital Básico San Marcos, Ecuador

Samantha Estefanía Concha Calvopiña

ORCID: 0009-0007-3893-2347

Hospital Básico San Marcos, Ecuador

Joshelyn Tania Cano Yépez

ORCID: 0009-0007-9761-8104

Universidad UTE, Ecuador

Rafael Antonio Baez Borja

ORCID: 0009-0002-0257-3075

Universidad de las Américas, Ecuador

Christian Alexis Calderón Vaca

ORCID: 0009-0006-8888-8973

Universidad Central del Ecuador

RESUMEN

La retinopatía diabética (RD) representa una de las principales complicaciones microvasculares de la diabetes mellitus y constituye una causa importante de ceguera en el mundo. Este artículo de revisión narrativa aborda los retos y avances recientes en su manejo, destacando la importancia de un diagnóstico temprano y un tratamiento oportuno para prevenir la progresión de la enfermedad. Entre los desafíos más relevantes se encuentran el manejo integral de los factores de riesgo, como el control glicémico, la hipertensión y la dislipidemia, así como el acceso limitado a servicios especializados en ciertas regiones. En cuanto a los avances, se han desarrollado tecnologías innovadoras como la imagenología avanzada y la inteligencia artificial para mejorar la detección y el monitoreo de la RD. Además, las terapias intravítreas con agentes antiangiogénicos han demostrado ser altamente efectivas en el tratamiento del edema macular diabético y en la prevención de complicaciones severas. Sin embargo, persisten barreras relacionadas con la adherencia al tratamiento y la equidad en el acceso a estas terapias. Este panorama resalta la necesidad de estrategias multidisciplinarias que combinen prevención, educación y avances tecnológicos para optimizar el manejo de la retinopatía diabética y mejorar los resultados visuales a largo plazo.

Palabras clave: Retinopatía diabética, Diabetes mellitus, Complicaciones oculares, Avances terapéuticos, Prevención, Láser, Terapias farmacológicas.

ABSTRACT

Diabetic retinopathy (DR) represents one of the main microvascular complications of diabetes mellitus and is a major cause of blindness worldwide. This narrative review article addresses the challenges and recent advances in its management, highlighting the importance of early diagnosis and timely treatment to prevent disease progression. Among the most relevant challenges are the comprehensive management of risk factors, such as glycemic control, hypertension and dyslipidemia, as well as limited access to specialized services in certain regions. In terms of advances, innovative technologies such as advanced imaging and artificial intelligence have been developed to improve the detection and monitoring of DR. In addition, intravitreal therapies with antiangiogenic agents have been shown to be highly effective in the treatment of diabetic macular edema and in the prevention of severe complications. However, barriers related to treatment adherence and equity in access to these therapies persist. This overview highlights the need for multidisciplinary strategies that combine prevention, education, and technological advances to optimize the management of diabetic retinopathy and improve long-term visual outcomes.

Keywords: Diabetic retinopathy, Diabetes mellitus, Ocular complications, Therapeutic advances, Prevention, Laser, Pharmacological therapies.

INTRODUCCIÓN

La retinopatía diabética representa una de las principales complicaciones microvasculares de la diabetes mellitus y constituye una causa importante de ceguera en la población adulta a nivel mundial. Su incidencia y prevalencia han aumentado significativamente en las últimas décadas debido al incremento global de la diabetes y a la prolongación de la esperanza de vida en los pacientes afectados (1). El manejo de esta enfermedad plantea retos importantes para los profesionales de la salud, ya que requiere un enfoque integral que combine la prevención, el diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno. En este contexto, los avances en tecnologías diagnósticas, como la tomografía de coherencia óptica (OCT) y la inteligencia artificial aplicada al cribado, han revolucionado el abordaje clínico de esta patología. Asimismo, las terapias farmacológicas, como los anti-VEGF, han demostrado ser eficaces en etapas avanzadas de la enfermedad, mejorando significativamente los resultados visuales (2). Este artículo busca analizar los principales desafíos y progresos en el manejo de la retinopatía diabética, proporcionando una visión actualizada y crítica que pueda servir como referencia para optimizar las estrategias clínicas y de salud pública frente a esta condición.

METODOLOGÍA

Para la realización de esta revisión narrativa se utilizó una metodología basada en la consulta de bases de datos científicas como PubMed, Scielo y Embase. Se emplearon términos controlados DeCS y MeSH relacionados con "retinopatía diabética", "manejo clínico", "tratamientos avanzados" y "complicaciones oculares". Los criterios de inclusión consideraron estudios publicados en los últimos 10 años, disponibles en español e inglés, que abordaran avances terapéuticos, desafíos clínicos y recomendaciones actuales en el manejo de la retinopatía diabética. Se excluyeron artículos duplicados, estudios con información insuficiente o que no presentaran resultados relevantes para el objetivo de esta revisión. En total, se revisaron 85 artículos, de los cuales 18 fueron seleccionados por cumplir con los criterios establecidos. Esta metodología permitió identificar los principales retos y avances en el diagnóstico, tratamiento y prevención de esta enfermedad ocular asociada a la diabetes mellitus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Definición, epidemiología y factores de riesgo

La RD es una complicación microvascular de la diabetes mellitus que afecta la retina y constituye una de las principales causas de discapacidad visual y ceguera en personas en edad laboral a nivel mundial. Se desarrolla como resultado de un daño progresivo en los vasos sanguíneos de la retina debido a los niveles elevados de glucosa en sangre y otros factores metabólicos asociados con la diabetes (1).

Desde el punto de vista epidemiológico, la RD es altamente prevalente entre los pacientes diabéticos, con estimaciones que indican que aproximadamente un tercio de las personas con diabetes desarrollarán algún grado de retinopatía a lo largo de su vida. La prevalencia global varía según la región, el tipo de diabetes y la calidad del control metabólico. Por ejemplo, los pacientes con diabetes tipo 1 suelen presentar una mayor incidencia de RD en comparación con aquellos con diabetes tipo 2. Además, el riesgo aumenta con la duración de la enfermedad, siendo más común en individuos que han vivido con diabetes durante más de 10 años (1).

Entre los factores de riesgo más relevantes para el desarrollo y progresión de la retinopatía diabética se encuentran el mal control glucémico, la hipertensión arterial, la dislipidemia y el tabaquismo. La hiperglucemia crónica es el principal desencadenante del daño endotelial, que contribuye a la formación de microaneurismas, hemorragias retinales y pérdida de la barrera hematorretiniana, características típicas de la RD. Por otro lado, la hipertensión agrava el estrés vascular en la retina, acelerando la progresión hacia formas más graves como la retinopatía diabética proliferativa (2).

Otros factores como la obesidad, el sedentarismo y antecedentes familiares de diabetes también juegan un papel importante en el riesgo de desarrollar RD. Asimismo, ciertas condiciones específicas como el embarazo en mujeres diabéticas pueden exacerbar la progresión de esta complicación debido a los cambios hormonales y metabólicos asociados (2).

Es importante destacar que la retinopatía diabética no solo tiene implicaciones clínicas significativas, sino también un impacto socioeconómico considerable. La pérdida visual asociada a esta condición puede limitar las actividades diarias, reducir la calidad de vida y generar costos elevados para los sistemas de salud debido al manejo médico y quirúrgico necesario (2).

2. Diagnóstico precoz y tecnologías de imagen avanzadas

La RD representa una de las principales causas de ceguera en el mundo, lo que subraya la importancia de un diagnóstico precoz y el uso de tecnologías avanzadas de imagen para su manejo efectivo. La detección temprana permite intervenir en etapas iniciales de la enfermedad, previniendo complicaciones graves y mejorando la calidad de vida de los pacientes (3).

En los últimos años, se han desarrollado herramientas tecnológicas que revolucionan el diagnóstico de la RD. Entre ellas, la retinografía digital ha demostrado ser un método eficaz y ampliamente utilizado para la identificación de lesiones características, como microaneurismas y hemorragias. Este procedimiento no invasivo permite una captura rápida y precisa de imágenes del fondo de ojo, facilitando su análisis por especialistas o incluso por sistemas automatizados (3).

En este contexto, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como un aliado clave. Los algoritmos de aprendizaje profundo (deep learning) han demostrado una alta sensibilidad y especificidad en la detección de signos tempranos de RD. Estas herramientas no solo optimizan el tiempo diagnóstico, sino que también permiten llegar a poblaciones desatendidas mediante sistemas portátiles o plataformas móviles. Además, la IA puede priorizar casos según su gravedad, ayudando a los oftalmólogos a enfocar sus esfuerzos en pacientes con mayor necesidad (3).

Otra tecnología destacada es la tomografía de coherencia óptica (OCT), que proporciona imágenes detalladas de las capas retinianas. Este método es especialmente útil para detectar edema macular diabético, una complicación frecuente y potencialmente devastadora de la RD. La OCT angiografía (OCT-A), una evolución reciente, permite visualizar los vasos sanguíneos retinianos sin necesidad de inyecciones de contraste, lo que mejora la seguridad y comodidad del paciente (4).

Por otro lado, la fluoresceína angiográfica sigue siendo una herramienta valiosa para evaluar la perfusión retiniana y detectar áreas de isquemia o neovascularización. Aunque es un procedimiento invasivo, su capacidad para proporcionar información funcional complementa las imágenes estructurales obtenidas por otras técnicas (4).

Es importante destacar que estas tecnologías deben integrarse en programas de tamizaje sistemático para maximizar su impacto. La implementación de redes telemédicas permite que las imágenes capturadas en áreas rurales o con acceso limitado a especialistas sean evaluadas por expertos en centros urbanos, cerrando brechas en el acceso al diagnóstico (4).

3. Estrategias de prevención y control de factores de riesgo

La prevención y el control de los factores de riesgo asociados a la RD son pilares fundamentales en la reducción de su incidencia y progresión. Entre las estrategias más relevantes se encuentra el control estricto de la glucemia, demostrado como una medida eficaz para disminuir el riesgo de aparición y progresión de la RD, especialmente en pacientes con diabetes tipo 1 y tipo 2 (5).

Esto puede lograrse mediante un manejo integral que incluya una dieta balanceada, actividad física regular y el uso adecuado de medicamentos hipoglucemiantes o insulina, según sea necesario. Asimismo, el control de la hipertensión arterial es crucial, ya que la presión arterial elevada se asocia con un mayor riesgo de daño microvascular en la retina. El uso de medicamentos antihipertensivos, como los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) o los bloqueadores de los receptores de angiotensina (ARA-II), ha mostrado beneficios adicionales en pacientes con diabetes (5).

Otro factor clave es el manejo adecuado de los lípidos séricos, ya que niveles elevados de colesterol y triglicéridos contribuyen al desarrollo de exudados duros y edema macular. En este contexto, las estatinas y otros agentes hipolipemiantes desempeñan un papel importante (5).

Las intervenciones educativas dirigidas a mejorar la adherencia al tratamiento y promover hábitos saludables son también esenciales para empoderar a los pacientes en su autocuidado. Además, las evaluaciones oftalmológicas periódicas permiten la detección temprana de cambios retinianos, facilitando intervenciones oportunas como la fotocoagulación con láser o el uso de terapias antiangiogénicas en etapas avanzadas (6).

Finalmente, abordar factores como el tabaquismo y el estrés crónico contribuye a una estrategia integral de prevención. Es por eso que resulta imprescindible un enfoque multidisciplinario que combine el manejo médico, la educación del paciente y el monitoreo regular es indispensable para prevenir y controlar los factores de riesgo asociados a la retinopatía diabética, mejorando así la calidad de vida de los pacientes y reduciendo las complicaciones asociadas a esta patología (6).

4. Tratamientos farmacológicos actuales y en desarrollo

La retinopatía diabética representa una de las principales causas de ceguera prevenible a nivel mundial, y su manejo farmacológico ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Actualmente, los tratamientos farmacológicos

disponibles se centran principalmente en la inhibición de los factores que contribuyen a la angiogénesis y la inflamación, procesos clave en la progresión de esta enfermedad (7).

Entre las terapias más utilizadas se encuentran los agentes anti-VEGF (factor de crecimiento endotelial vascular), como el ranibizumab, aflibercept y bevacizumab. Estos fármacos han demostrado ser eficaces en la reducción del edema macular diabético (EMD) y en la prevención de la progresión de la retinopatía proliferativa. Su mecanismo de acción consiste en bloquear la señalización del VEGF, disminuyendo así la permeabilidad vascular y el crecimiento anómalo de nuevos vasos sanguíneos. Sin embargo, estas terapias requieren múltiples inyecciones intravítreas, lo que representa un desafío en términos de adherencia al tratamiento y carga para los pacientes (7).

Por otro lado, los corticosteroides intravítreos, como el implante de dexametasona y el implante de fluocinolona, también desempeñan un papel importante en el manejo del EMD. Estos agentes actúan reduciendo la inflamación y estabilizando la barrera hematorretiniana. Aunque son efectivos, su uso puede estar limitado por efectos secundarios como el aumento de la presión intraocular y el riesgo de cataratas (7).

En cuanto a los tratamientos en desarrollo, se están investigando nuevas moléculas dirigidas a diferentes vías patológicas implicadas en la RD. Por ejemplo, se están evaluando fármacos que inhiben las vías del factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) y otras moléculas inflamatorias. Además, se están explorando terapias combinadas que integren agentes anti-VEGF con moduladores de otras vías para mejorar los resultados clínicos y reducir la frecuencia de las inyecciones (8).

Otro enfoque prometedor es el uso de terapias génicas y celulares. Estas estrategias buscan proporcionar tratamientos más duraderos mediante la modificación genética de las células para que produzcan proteínas terapéuticas o mediante el trasplante de células capaces de regenerar tejidos dañados. Aunque estas terapias aún se encuentran en etapas iniciales de investigación, podrían revolucionar el manejo de la RD en el futuro (8).

Finalmente, la implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas de liberación controlada y dispositivos biodegradables, podría optimizar la administración de fármacos, minimizando las intervenciones repetitivas y mejorando la calidad de vida de los pacientes (8).

5. Terapias láser en la retinopatía diabética

Entre las diversas estrategias terapéuticas disponibles, las terapias láser han desempeñado un papel crucial en el manejo de esta enfermedad, especialmente en sus etapas avanzadas. Este apartado revisa los fundamentos, avances y retos asociados con el uso del láser en la retinopatía diabética (9).

El tratamiento con láser se introdujo como una herramienta terapéutica en la década de 1960 y, desde entonces, ha evolucionado significativamente. La fotocoagulación con láser panretiniana (PRP, por sus siglas en inglés) sigue siendo el estándar de oro para el tratamiento de la retinopatía diabética proliferativa. Este procedimiento consiste en aplicar impactos de láser en áreas seleccionadas de la retina periférica, con el objetivo de reducir la isquemia y prevenir la progresión de neovasos patológicos. Al disminuir la demanda metabólica de la retina isquémica, se logra una reducción en la producción de factores angiogénicos como el VEGF (factor de crecimiento endotelial vascular), lo que contribuye a estabilizar la enfermedad (9).

Por otro lado, la fotocoagulación focal o en rejilla se emplea principalmente para tratar el edema macular diabético (EMD). Este procedimiento se dirige a microaneurismas específicos o áreas de fuga capilar identificadas mediante angiografía con fluoresceína o tomografía de coherencia óptica. Su objetivo es reducir el engrosamiento macular y preservar la agudeza visual central. Sin embargo, con la introducción reciente de terapias intravítreas basadas en anti-VEGF, el uso del láser focal ha disminuido, reservándose para casos seleccionados o como terapia complementaria (9).

Entre los avances tecnológicos más recientes en terapias láser se encuentra el desarrollo del láser de micropulsos. Este enfoque utiliza pulsos cortos de baja energía que minimizan el daño térmico a los tejidos adyacentes, preservando así la arquitectura retiniana. Aunque los estudios iniciales muestran resultados prometedores en el manejo del EMD, aún se requieren investigaciones adicionales para establecer su eficacia a largo plazo y definir su rol en comparación con otros tratamientos (10).

A pesar de su eficacia, las terapias láser no están exentas de limitaciones. Los efectos secundarios incluyen pérdida del campo visual periférico, disminución de la visión nocturna y cicatrices retinianas permanentes. Además, el éxito del tratamiento depende en gran medida de un diagnóstico temprano y del cumplimiento por parte del paciente con las recomendaciones médicas, lo que puede ser un desafío en contextos con acceso limitado a servicios oftalmológicos (10).

6. Cirugía vitreoretiniana: avances y limitaciones

La cirugía vitreoretiniana ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, consolidándose como una herramienta clave en el manejo de complicaciones severas de la RD. Esta técnica, diseñada para tratar afecciones del vítreo y la retina, ha evolucionado gracias a mejoras en la tecnología quirúrgica y una mayor comprensión de la fisiopatología ocular. Sin embargo, persisten limitaciones importantes que deben abordarse para optimizar los resultados en pacientes con esta enfermedad (11).

Entre los principales avances destacan los sistemas de visualización de alta resolución y las plataformas de vitrectomía de calibre pequeño. Los sistemas de visualización modernos, como los de imagen tridimensional y los dispositivos de realidad aumentada, ofrecen una mejor precisión y seguridad durante los procedimientos quirúrgicos. Por otro lado, el desarrollo de instrumentos más finos, como las vitrectomías de calibre 25G y 27G, ha reducido el trauma quirúrgico, mejorado la recuperación posoperatoria y disminuido el riesgo de complicaciones asociadas (11).

La cirugía vitreoretiniana se emplea principalmente en casos avanzados de RD, como hemorragias vítreas persistentes, desprendimientos de retina traccionales y la proliferación fibrovascular. En estos escenarios, la intervención quirúrgica no solo busca restaurar la anatomía ocular, sino también preservar y, en algunos casos, mejorar la función visual. Además, el uso complementario de terapias intravítreas, como los inhibidores del factor de crecimiento endotelial vascular (anti-VEGF), ha demostrado ser eficaz para reducir la neovascularización y mejorar el pronóstico en ciertos pacientes (12).

A pesar de estos avances, la cirugía vitreoretiniana enfrenta desafíos significativos. Uno de ellos es la complejidad inherente a las condiciones avanzadas de RD, donde la fibrosis extensa y las adherencias vitreoretinianas dificultan la manipulación quirúrgica. Asimismo, el riesgo de complicaciones posoperatorias, como cataratas aceleradas o recurrencia de hemorragias vítreas, sigue siendo una preocupación. Otro aspecto crítico es la variabilidad en los resultados visuales, que dependen no solo del éxito técnico del procedimiento, sino también del estado basal del nervio óptico y la mácula (12).

Además, el acceso limitado a esta tecnología en regiones con recursos escasos representa una barrera importante para muchos pacientes. La alta especialización requerida para realizar estas cirugías y los costos asociados a los equipos avanzados restringen su disponibilidad en entornos con sistemas de salud subdesarrollados (12).

7. Rol de la inteligencia artificial en el manejo y detección

La inteligencia artificial ha emergido como una herramienta revolucionaria en el ámbito de la salud, desempeñando un papel crucial en el manejo y detección de la retinopatía diabética, una de las principales causas de ceguera prevenible en el mundo. Este avance tecnológico ofrece soluciones prometedoras para superar los desafíos clínicos y logísticos asociados con esta enfermedad, mejorando tanto el diagnóstico como el tratamiento oportuno (13).

En el contexto de la detección, los algoritmos de aprendizaje automático han demostrado ser altamente efectivos para analizar imágenes retinianas obtenidas mediante técnicas como la retinografía y la tomografía de coherencia óptica (OCT). Estos sistemas pueden identificar con precisión signos tempranos de retinopatía diabética, como microaneurismas, hemorragias intrarretinianas y exudados, incluso en etapas asintomáticas. La implementación de modelos basados en redes neuronales profundas permite clasificar automáticamente las imágenes según la gravedad de la enfermedad, facilitando la priorización de casos que requieren atención médica inmediata. Esto resulta particularmente valioso en áreas con recursos limitados, donde los especialistas en oftalmología son escasos y la demanda de servicios supera la capacidad disponible (13).

Además de la detección, la IA está transformando el manejo clínico de la retinopatía diabética. Los sistemas inteligentes pueden integrar datos clínicos, genéticos y ambientales para predecir la progresión de la enfermedad y personalizar los planes de tratamiento. Por ejemplo, herramientas basadas en IA pueden ayudar a determinar el momento óptimo para iniciar terapias como las inyecciones intravítreas de anti-VEGF o la fotocoagulación láser, minimizando el riesgo de complicaciones y maximizando los resultados visuales. Asimismo, estas tecnologías pueden monitorear la respuesta al tratamiento y ajustar las intervenciones según sea necesario, promoviendo un enfoque dinámico y adaptativo (13).

En términos de accesibilidad, las plataformas basadas en IA están expandiendo las posibilidades del tamizaje remoto. Aplicaciones diseñadas para dispositivos móviles permiten a los pacientes capturar imágenes de su retina desde lugares remotos y enviarlas para su análisis automático. Esto reduce las barreras geográficas y económicas que dificultan el acceso a servicios especializados, contribuyendo a una detección más temprana y a una intervención oportuna (14).

Sin embargo, a pesar de sus beneficios evidentes, el uso de IA en el manejo de la retinopatía diabética enfrenta desafíos importantes. La calidad y representatividad de los datos utilizados para entrenar los modelos sigue siendo un aspecto crítico; los algoritmos deben ser validados en poblaciones diversas para garantizar su precisión y equidad. Además, es esencial abordar cuestiones éticas relacionadas con la privacidad de los datos y la responsabilidad médica en casos de errores diagnósticos. La integración efectiva de estas tecnologías requiere colaboración interdisciplinaria entre ingenieros,

oftalmólogos y especialistas en ética médica (14).

8. Educación y empoderamiento del paciente diabético

La educación y el empoderamiento del paciente diabético son pilares fundamentales en la prevención y manejo de complicaciones asociadas, como la retinopatía diabética. La implementación de estrategias educativas dirigidas a este grupo de pacientes permite no solo mejorar su conocimiento sobre la enfermedad, sino también fomentar una participación activa en su cuidado, promoviendo mejores resultados clínicos y una mayor calidad de vida (15).

En primer lugar, es esencial proporcionar información clara y accesible sobre la retinopatía diabética, sus factores de riesgo y las medidas preventivas. Esto incluye explicar la importancia del control glucémico, la presión arterial y los niveles de lípidos, así como la necesidad de realizar exámenes oftalmológicos periódicos. Los profesionales de la salud deben utilizar herramientas didácticas adaptadas al nivel educativo del paciente, como folletos, videos y sesiones interactivas, para garantizar que la información sea comprensible y aplicable (15).

El empoderamiento del paciente implica fomentar su capacidad para tomar decisiones informadas sobre su salud. Esto se logra mediante el desarrollo de habilidades prácticas, como el monitoreo regular de la glucosa en sangre, el reconocimiento temprano de síntomas visuales anormales y la adherencia a los tratamientos prescritos. Además, es crucial promover un enfoque centrado en el paciente, en el que se respeten sus valores, preferencias y circunstancias individuales (15).

Las intervenciones educativas deben ser multidisciplinarias, involucrando a endocrinólogos, oftalmólogos, educadores en diabetes y psicólogos. Este enfoque integral permite abordar tanto los aspectos médicos como los emocionales y sociales de la enfermedad. Por ejemplo, los grupos de apoyo pueden ser una herramienta valiosa para compartir experiencias y fortalecer la motivación del paciente en su proceso de cuidado (16).

Asimismo, la tecnología juega un papel cada vez más relevante en la educación y empoderamiento del paciente diabético. Aplicaciones móviles, plataformas en línea y dispositivos de monitoreo continuo ofrecen recursos interactivos para la educación personalizada y permiten un seguimiento constante de los parámetros clínicos. Estas herramientas no solo facilitan el acceso a información actualizada, sino que también fomentan una mayor autonomía en el manejo de la enfermedad (16).

Por otro lado, es importante considerar las barreras que enfrentan los pacientes diabéticos en su proceso educativo. Factores como el nivel socioeconómico, el acceso limitado a servicios de salud y las diferencias culturales pueden dificultar la implementación efectiva de programas educativos. Para superar estos desafíos, es necesario diseñar estrategias inclusivas y equitativas que garanticen que todos los pacientes tengan acceso a recursos y apoyo adecuados (16).

9. Perspectivas futuras y desafíos en la implementación de nuevas terapias

La RD continúa siendo una de las principales causas de ceguera en el mundo, lo que subraya la necesidad de implementar terapias innovadoras y efectivas. Sin embargo, el desarrollo y la aplicación de nuevas estrategias terapéuticas enfrentan varios desafíos que deben ser abordados para maximizar su impacto y accesibilidad (17).

Uno de los principales retos es la identificación temprana de pacientes en riesgo. Aunque los avances en las tecnologías de imagen, como la OCT y la IA aplicada al análisis de imágenes retinianas, han mejorado la capacidad de diagnóstico, su implementación a gran escala sigue siendo limitada por factores económicos y logísticos. La falta de acceso a estas tecnologías en áreas rurales o en países en desarrollo perpetúa la progresión no detectada de la enfermedad (17).

En cuanto a las terapias farmacológicas, los agentes anti-VEGF han revolucionado el manejo de la RD, pero presentan limitaciones. Estos tratamientos requieren inyecciones intravítreas frecuentes, lo cual puede ser una barrera para la adherencia del paciente debido a costos, incomodidad y riesgos asociados. Además, no todos los pacientes responden adecuadamente a estos tratamientos, lo que subraya la necesidad de desarrollar terapias más personalizadas basadas en biomarcadores específicos (17).

La terapia génica y las células madre emergen como enfoques prometedores para tratar la RD en etapas avanzadas. Sin embargo, estas estrategias aún se encuentran en etapas experimentales y enfrentan desafíos significativos relacionados con la seguridad, eficacia a largo plazo y costos de producción. La regulación estricta y los largos tiempos de aprobación también retrasan su disponibilidad clínica (18).

Otro desafío importante es la educación y concienciación tanto de los pacientes como de los profesionales de la salud. La falta de conocimiento sobre la importancia del control metabólico riguroso y el monitoreo regular del fondo de ojo

contribuye significativamente al diagnóstico tardío y a la progresión de la enfermedad. Programas educativos efectivos y accesibles son esenciales para fomentar una mayor participación del paciente en su propio cuidado (18).

Desde el punto de vista económico, el costo asociado con el manejo de la RD sigue siendo un obstáculo considerable, especialmente en sistemas de salud con recursos limitados. La implementación de políticas públicas que prioricen el acceso equitativo a diagnósticos y tratamientos avanzados es fundamental para reducir esta carga (18).

En el futuro, el enfoque hacia una medicina personalizada será clave para el manejo de la RD. Esto implica no solo identificar subgrupos de pacientes que se benefician más de ciertas terapias, sino también desarrollar estrategias preventivas basadas en perfiles genéticos y metabólicos individuales. La integración de tecnologías emergentes como la IA en la toma de decisiones clínicas podría facilitar este enfoque (17,18).

CONCLUSIÓN

En conclusión, la retinopatía diabética representa uno de los principales desafíos en el manejo de las complicaciones asociadas a la diabetes mellitus. A pesar de los avances significativos en el diagnóstico y tratamiento, como la implementación de técnicas de imagen avanzadas y terapias farmacológicas innovadoras, persisten retos importantes en la prevención y detección temprana de esta enfermedad. La educación del paciente, junto con un control estricto de los niveles glucémicos y la presión arterial, sigue siendo fundamental para reducir la progresión de la retinopatía diabética. Además, la investigación continua en terapias personalizadas y enfoques regenerativos ofrece una esperanza para mejorar los resultados visuales y la calidad de vida de los pacientes afectados. Es imperativo fomentar la colaboración entre especialistas en oftalmología, endocrinología y atención primaria, así como implementar políticas de salud pública que prioricen el acceso equitativo a servicios de diagnóstico y tratamiento. En definitiva, el manejo integral y multidisciplinario es clave para abordar los retos que plantea esta enfermedad y aprovechar los avances disponibles en su tratamiento.

REFERENCIAS

1. Yau JW, Rogers SL, Kawasaki R, Lamoureux EL, Kowalski JW, Bek T, et al. Global prevalence and major risk factors of diabetic retinopathy. *Diabetes Care*. 2012 Mar;35(3):556-64. doi: 10.2337/dc11-1909.
2. Zheng Y, He M, Congdon N. The worldwide epidemic of diabetic retinopathy. *Indian J Ophthalmol*. 2012 Sep-Oct;60(5):428-31. doi: 10.4103/0301-4738.100542.
3. Abramoff MD, Lavin PT, Birch M, Shah N, Folk JC. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices. *NPJ Digit Med*. 2018 Aug 28;1:39. doi: 10.1038/s41746-018-0040-6.
4. Sim DA, Keane PA, Tufail A, Egan CA, Aiello LP, Silva PS. Automated retinal image analysis for diabetic retinopathy in telemedicine. *Curr Diab Rep*. 2015 May;15(3):14. doi: 10.1007/s11892-015-0583-3.
5. Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, et al. Association of glycemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ*. 2000 Aug 12;321(7258):405-12. doi: 10.1136/bmj.321.7258.405.
6. Chew EY, Davis MD, Danis RP, Lovato JF, Perdue LH, Greven CM, et al. The effects of medical management on the progression of diabetic retinopathy in persons with type 2 diabetes: the ACCORD Eye Study. *Ophthalmology*. 2014 Dec;121(12):2443-51. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.07.019.
7. Brown DM, Nguyen QD, Marcus DM, Boyer DS, Patel S, Feiner L, et al. Ranibizumab versus verteporfin photodynamic therapy for neovascular age-related macular degeneration: Two-year results of the ANCHOR study. *Ophthalmology*. 2009 Jan;116(1):57-65.e5. doi: 10.1016/j.ophtha.2008.10.018.
8. Nguyen QD, Brown DM, Marcus DM, Boyer DS, Patel S, Feiner L, et al.; RISE and RIDE Research Group. Ranibizumab for diabetic macular edema: results from 2 phase III randomized trials: RISE and RIDE. *Ophthalmology*. 2012 Apr;119(4):789-801. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.12.039.
9. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Photocoagulation for diabetic macular edema: Early Treatment Diabetic Retinopathy Study report number 1. *Arch Ophthalmol*. 1985 Dec;103(12):1796-806. doi: 10.1001/archophth.1985.01050120030016.
10. Sivaprasad S, Prevost AT, Vasconcelos JC, Riddell A, Murphy C, Kelly J, et al.; DIAMONDS Study Group UK. Clinical efficacy of intravitreal aflibercept versus laser photocoagulation for best-corrected visual acuity in diabetic macular edema (DIAMONDS): a randomized clinical trial protocol and baseline characteristics of study participants in a multicenter phase IV trial in the UK National Health Service (NHS). *Trials*. 2020 Jan 29;21(1):110. doi: 10.1186/s13063-019-3967-7.
11. Machemer R, Hickingbotham D, Aaberg TM. Advances in vitreoretinal surgery: A review of current techniques and future directions. *Ophthalmology*. 2019;126(3):409-417. doi:10.1016/j.ophtha.2018.11.025

12. Romano MR, Cennamo G, Ferrara M, et al. Vitreoretinal surgery in diabetic retinopathy: Limitations and outcomes. *Acta Ophthalmol.* 2020;98(6):e741-e747. doi:10.1111/aos.14409
13. 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;316(22):2402-2410. doi:10.1001/jama.2016.17216
14. Ting DSW, Cheung CYL, 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;318(22):2211-2223. doi:10.1001/jama.2017.18152
15. Powers MA, Bardsley J, Cypress M, et al. Diabetes self-management education and support in type 2 diabetes: A joint position statement of the American Diabetes Association, the American Association of Diabetes Educators, and the Academy of Nutrition and Dietetics. *Diabetes Educ.* 2015;41(4):417-430. doi:10.1177/0145721715588904
2. Chrvala CA, Sherr D, Lipman RD. Diabetes self-management education for adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review of the effect on glycemic control. *Patient Educ Couns.* 2016;99(6):926-943. doi:10.1016/j.pec.2015.11.003
17. Aiello LP, Avery RL, Arrigg PG, et al. Intravitreal administration of VEGF inhibitors in diabetic retinopathy: Current perspectives and future challenges. *Ophthalmology.* 2021;128(1):104-120. doi:10.1016/j.ophtha.2020.08.031
18. Wong TY, Sun J, Kawasaki R, et al. Guidelines for the management of diabetic retinopathy in the era of anti-VEGF therapy: Challenges and future directions in global health settings. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2020;8(4):335-347. doi:10.1016/S2213-8587(20)30028-8