



BUAP

Benemérita Universidad Autónoma De Puebla

Hospital Universitario De Puebla

Título:

“Utilidad diagnóstica del ultrasonido Doppler oftálmico para retinopatía proliferativa en pacientes diabéticos en el Hospital Universitario de Puebla”

Tesis para obtener el diploma de especialidad en:

Imagenología diagnóstica y terapéutica

Presenta:

Dra. Ana María Hernández Rodríguez

Asesor experto:

Dr. Jovanny Zempoalteca Mendoza

Asesor metodológico:

MC. Alonso Antonio Collantes Gutiérrez



H. Puebla de Z., a 04 de enero de 2024



BUAP

Benemérita Universidad Autónoma De Puebla
Hospital Universitario De Puebla

Título:

“Utilidad diagnóstica del ultrasonido Doppler oftálmico para retinopatía proliferativa en pacientes diabéticos en el Hospital Universitario de Puebla”

Tesis para obtener el diploma de especialidad en:

Imagenología diagnóstica y terapéutica

Presenta:

Dra. Ana María Hernández Rodríguez

Asesor experto:

Dr. Jovanny Zempoalteca Mendoza

Asesor metodológico:

MC. Alonso Antonio Collantes Gutiérrez

hup

H. Puebla de Z., a 04 de enero de 2024

AGRADECIMIENTOS

El ser agradecido es una cualidad que pocas personas tienen, pero en mi caso debo decir que no puedo estar más en deuda con la vida por todo lo que me ha dado.

Gracias, hermano por el apoyo familiar que tuviste este último año de mi residencia, sin ti sé que las cosas hubieran sido muy diferentes.

Gracias a mis médicos asesores que confiaron en mí, que con paciencia y conocimiento hicieron posible esta investigación.

Gracias a mis médicos adscritos que en estos años me dieron las herramientas necesarias para mi formación y orientaron mis pasos hasta el día de hoy, que a lo largo de este camino poco a poco formaron parte del apoyo que necesitaba para culminar mis estudios.

Gracias al Hospital Universitario de Puebla y a la BUAP por la oportunidad de formar parte de su comunidad, permitirme crecer como médico y especializarme en algo que amo.

DEDICATORIA

Para mi madre, la Dra. Graciela Rodríguez Álvarez, quien es la figura de respeto y amor más grande que tengo. Este cierre de mi especialización para muestra que todos los sacrificios que las dos hemos tomado rindieron un fruto. Te amo madre.

Índice

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	11
ANTECEDENTES GENERALES	12
<i>Diabetes mellitus</i>	12
<i>Retinopatía diabética</i>	14
<i>Ultrasonido</i>	24
<i>Ultrasonido Doppler espectral</i>	25
<i>Ultrasonido oftálmico</i>	28
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS	34
JUSTIFICACIÓN	39
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	41
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	41
HIPÓTESIS	42
HIPÓTESIS ALTERNATIVA	42
HIPÓTESIS NULA	42
OBJETIVOS	43
GENERAL	43
ESPECIFICO	43
MATERIAL Y MÉTODOS	44
DISEÑO DEL ESTUDIO	44
UBICACIÓN ESPACIOTEMPORAL	44
ESTRATEGIA DE TRABAJO	44
MUESTREO	46
Población del estudio	46

Selección de la muestra	46
Criterios de selección	47
Criterios de inclusión	47
Criterios de exclusión	47
Criterios de eliminación	47
Diseño y tipo de muestreo	47
Tamaño de la muestra	48
DEFINICIÓN Y OPERALIZACIÓN DE VARIABLES	49
MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	52
TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	53
Técnica ecográfica para la realización de Doppler oftálmico bilateral	53
ANÁLISIS DE DATOS	54
DISEÑO ESTADÍSTICO	55
Hipótesis estadística.....	55
Pruebas estadísticas	55
LOGÍSTICA	56
RECURSOS HUMANOS	56
RECURSOS MATERIALES	56
RECURSOS FINANCIEROS	56
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	57
Grafica de Gantt	57
ASPECTOS ÉTICOS	58
RESULTADOS	61
DISCUSIÓN	74
CONCLUSIÓN	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	82

Índice de tablas

Tabla 1	61
Tabla 2	62
Tabla 3	63
Tabla 4	64
Tabla 5	64
Tabla 6	65
Tabla 7	68
Tabla 8	69
Tabla 9	70
Tabla 10	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11	71
Tabla 12	72
Tabla 13	73

Índice de gráficas

Gráfica 1	61
: Gráfica 2	62
: Gráfica 3	65
: Gráfica 4	66
: Gráfica 5	69
: Gráfica 6	70
: Gráfica 7	¡Error! Marcador no definido.
: Gráfica 8	71
: Gráfica 9	72

ABREVIATURAS

AMM Asociación Médica Mundial

AO Arteria oftálmica

ACR Arteria central de la retina

BMU Biomicroscopia ultrasónica

DM Diabetes mellitus

DM1 Diabetes mellitus tipo 1

DM2 Diabetes mellitus tipo 2

EMD Edema macular diabético

EDTRS Estudio de tratamiento temprano de la retinopatía diabética

FPG Glucosa plasmática en ayunas

GDRPG Global diabetic retinopathy proyect group

HbA1c Hemoglobina glucosilada

IP Índice de pulsatilidad

IR Índice de resistencia

OGTT Prueba de tolerancia a la glucosa oral

RDP Retinopatía diabética proliferativa

RDNP-M Retinopatía diabética no proliferativa moderada

VEFG Factor de crecimiento endotelial vascular

VDF Velocidad diastólica final

VPS Velocidad pico sistólica

UBM Ultrabiomicroscópico

US Ultrasonido

RESUMEN

Introducción. La diabetes mellitus se considera una enfermedad crónica que padecen millones de mexicanos. La retinopatía diabética se clasifica en dos grandes grupos, no proliferativa y proliferativa, subdividiéndose la primera en leve, moderada y severa. El ultrasonido Doppler oftálmico ofrece una alternativa en la valoración y diagnóstico en pacientes con retinopatía diabética proliferativa.

Objetivo. Establecer la técnica por medio de ultrasonido Doppler oftálmico para el diagnóstico de la retina para retinopatía diabética proliferativa, identificando los valores del índice de resistencia, índice de pulsatilidad, velocidad pico sistólica y velocidad al final de la diástole.

Hipótesis. En pacientes diabéticos con retinopatía diabética proliferativa los valores de la velocidad pico sistólica y velocidad diastólica final serán bajos, mientras que el índice de resistencia y el índice de pulsatilidad aumentara, estos en la arteria oftálmica.

Material y métodos. Estudio descriptivo, prospectivo, prolectivo y transversal en el Hospital Universitario de Puebla en pacientes de 30 a 90 años, femeninos y masculinos, diagnosticados con retinopatía diabética proliferativa, utilizando técnica de ultrasonido Doppler oftálmico con Ecógrafo de gabinete Samsung con transductor lineal de alta resolución multifrecuencia. El análisis estadístico avanzado por medio del software IBM® SPSS® v29.0.

Resultados. Fueron analizados 30 pacientes sanos y 30 diagnosticados con retinopatía diabética proliferativa. El 36.7% de los pacientes tiene de 60 a 70 años. El índice de resistencia con rango mínimo fue de 0.76 y el rango máximo de 0.97, la media de .88. Existe un mayor riesgo en los pacientes de 60 a 70 años, seguidos de los 70-80 años y de 50-60 años, con mayor probabilidad de desarrollar la enfermedad.

Discusión. En los estudios de Solís (2018) y el presente estudio se observaron bajos índices de resistencia, mientras que Ruíz (2021) menciona índices

de resistencia altos en pacientes sanos. Sanguil LI. et al (2012) concluye que los pacientes que presentaban retinopatía diabética proliferativa tenían aumento del IR al igual que el presente estudio.

Conclusión. Los rangos diagnósticos de los pacientes para determinar retinopatía diabética proliferativa de la arteria oftálmica, por medio de ultrasonido Doppler son de 0.76 a 0.97. En los índices de pulsatilidad se obtuvieron rangos de 1.2 a 2.1. En la velocidad pico sistólica valores en rango de 21.8 cm/s a 44.8 cm/s. En la velocidad al final de la diástole los rangos fueron de 4.5 cm/s a 19.8 cm/s.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus se considera una enfermedad crónica que padecen millones de mexicanos y se caracteriza por un alta en la glucemia. Los criterios diagnósticos que actualmente usamos en la práctica clínica están dados por la asociación americana de la diabetes (ADA). Tiene un impacto en la sociedad debido a que sus complicaciones afectan a varios órganos, entre los principales nervios, ojos y corazón.

Una de las grandes complicaciones de esta es la retinopatía diabética, la cual condiciona deterioro en la calidad de vida del paciente, condicionando ceguera y posteriormente complicaciones como caídas y traumatismos, que en su mayoría ocurren en adultos mayores. La retinopatía diabética se clasifica en dos grandes grupos, no proliferativa y proliferativa, subdividiéndose la primera en leve, moderada y severa.

Las valoraciones del avance de la enfermedad son con la valoración de fondo de ojo, que respecto a los hallazgos encontrados se clasificara. Sin embargo, el ultrasonido Doppler oftalmológico ofrece una alternativa en la valoración de pacientes con retinopatía diabética, además de aportar al abordaje del paciente, la descripción anatómica por medio de ultrasonido.

ANTECEDENTES GENERALES

Diabetes mellitus

Se considera una enfermedad crónica que padecen millones de mexicanos actualmente y se caracteriza por un alta en la glucemia. La etiología de esta es variada, pero una de las principales es el defecto en la secreción de insulina o también en la acción de esta, pudiendo ocurrir al mismo tiempo ambas. (Rivera & Campos, 2017). Al estar presenta una hiperglucemia crónica el daño a los diferentes órganos a largo plazo debe ser prioritario monitorear, que entre los principales son los ojos, corazón, riñones, vasos sanguíneos de pequeño y gran calibre, así como los nervios. (García, 2017)

La diabetes mellitus se clasifica en cuatro grupos generales, donde se incluye diabetes mellitus tipo 1, diabetes mellitus tipo 2, tipos específicos de diabetes mellitus y diabetes mellitus gestacional. (Elsayed et al., 2023)

La diabetes mellitus tipo 1 se desarrolla por la destrucción autoinmune de las células beta, lo cual conduce a una deficiencia completa de insulina, y en esta se incluye la diabetes autoinmune latente. La diabetes mellitus tipo 2 es por una perdida progresiva no autoinmune de la secreción correcta de la insulina de las células beta, que esto se da en un contexto de resistencia a la insulina y del síndrome metabólico. (Elsayed et al., 2023)

Los criterios diagnósticos para las pruebas de diabetes son valores determinados, las pruebas son la glucosa plasmática, glucosa plasmática en ayunas (FPG), el valor de la glucosa plasmática de 2 horas durante una prueba de tolerancia a la glucosa oral (OGTT) de 75 gramos o también por medio de los criterios de la hemoglobina glucosilada (HbA1c). (Elsayed et al., 2023)

Los valores diagnósticos de la glucosa plasmática en ayunas son igual o más de 126 mg/dl y se entiende por ayuno aquel que es la ausencia de ingesta de

calorías durante al menos 8 horas. Los valores diagnósticos de la HbA1c son igual o más de 6.5% (48mmol/mol). Así mismo en la prueba de la tolerancia a la glucosa oral a las 2 horas los valores diagnósticos son igual o mayor a 200 mg/dl de glucosa. Además, debe considerarse como diagnóstico los valores de glucosa plasmática aleatoria igual o mayor a 200 mg/dl en un paciente con síntomas clásicos de hiperglucemia. (Elsayed et al., 2023)

Para la conclusión del diagnóstico se requiere realizar las pruebas previamente referidas en dos ocasiones, estas sean de la misma muestra o de muestras por ensayos separados. En el paciente se pueden realizar dos pruebas diferentes, mientras estas pasen el umbral diagnóstico, esto confirma el diagnóstico. (Elsayed et al., 2023)

En la diabetes tipo 1 y 2 la retinopatía diabética es una complicación vascular con una prevalencia estrechamente relacionada con la duración y los niveles de glucosa. En los países en desarrollo la retinopatía diabética es la causa más frecuente de ceguera en pacientes dentro del rango de 10 a 74 años. En estudios prospectivos aleatorios se ha observado que al alcanzar valores cercanos a la normoglucemia se previene y/o retrasa la progresión y aparición de retinopatía diabética, que con esto se reduce procedimientos quirúrgicos oculares y mejora la función visual. (Elsayed et al., 2023)

Retinopatía diabética

Dicha patología se considera una enfermedad microvascular, ya que su principal característica es la neovascularización, además presenta degeneración de las neuronas de la retina.(Vargas Ávila et al., 2022)

“Afecta selectivamente a las arteriolas, los capilares y las vénulas precapilares retinianas, aunque también pueden afectarse los vasos principales de la retina”.(González Gutiérrez et al., 2013)

Es una de las principales complicaciones de la DM2, esta se posiciona en el tercer lugar de causas de ceguera irreversible en el mundo, pero siendo la primera en pacientes de edad productiva, que oscilan en un rango de 16 a 64 años en países en vías de desarrollo como es México. (Muñoz de Escalona-Rojas et al., 2016)

Epidemiología

A nivel mundial la diabetes mellitus es una enfermedad crónica con alta mortalidad y morbilidad. Estos pacientes tienen el riesgo de padecer RD y evolucionar a la ceguera. Reportes mencionan que uno de cada tres pacientes con DM, tiene algún grado de RD.(Vivas-Giraldo & Bravo-Acosta, 2021)

El boletín de septiembre 2021 emitido por The international agency of the prevention of blindness menciona que los pacientes con DM1 después de 20 años padecerán algún grado de RD hasta el 90% y tipo 2 hasta en un 60%. (Bueno García et al., 2021).

Fisiopatología

En la actualidad aún no se conocen por completo los mecanismos patogénicos que condicionan el desarrollo de la enfermedad, sin embargo, las distintas lesiones observadas en el examen de fondo de ojo son el resultado de las alteraciones metabólicas por la presencia de hiperglucemia crónica, que condiciona cambios en las distintas funciones fisiológicas del cuerpo. (López Gálvez & Ríos, 2019)

Las lesiones microangiopáticas necesitan un periodo de 5 a 10 años con rangos de glucosa elevada mantenida para manifestarse. Se demostró que el grado de control metabólico influye directamente en el desarrollo de estas. Sin embargo, no se tiene claro el porqué de la lesión en los vasos de la retina por hiperglucemia crónica. La hiperglucemia mantenida condiciona alteraciones bioquímicas, que provocan acumulo en los distintos tejidos de polioles, productos de la glicación avanzada, radicales libres y activación de proteincinasa C. (López Gálvez & Ríos, 2019)

Uno de los factores más importantes en el desarrollo de la enfermedad es la pérdida de pericitos, que condiciona alteraciones en la membrana basal capilar y posteriormente ocasiona la rotura de la barrera hematorretiniana interna con aumento de su permeabilidad. Además, estas alteraciones se asocian a la hipoxia y la liberación de mediadores como el factor de crecimiento endotelial vascular (VEFG). (López Gálvez & Ríos, 2019).

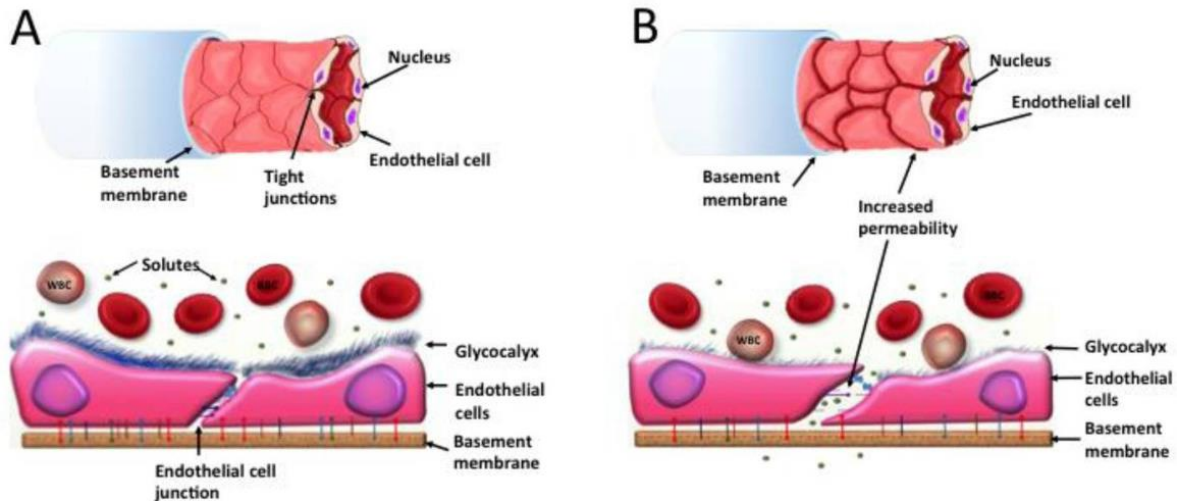


Figura 1. A) glucocáliz intacto y uniones estrechas. B) mayor permeabilidad y perdida parcial del glucocáliz.(Eshaq et al., 2017).

Las alteraciones previamente referidas, no son la única causa de la progresión e instauración de la RD, las anomalías hematológicas como el aumento de eritrocitos de la agregación plaquetaria, así como deformidad del eritrocito y la fibrinólisis defectuosa están asociadas. Estos cambios hematológicos contribuyen al incremento de la resistencia vascular periférica. (Rivera Escobio et al., 2022).

Ya mencionado algunas posibles causas de la patología, es importante tener en cuenta que estas no son independientes unas con otras. Los mecanismos más importantes son “la vía de los polioles, la glicación no enzimática, la activación de la proteína quinasa C (PKC), los factores genéticos, la inflamación y el estrés oxidativo”. (Eshaq et al., 2017). En la figura 2 se resumen alguno de estos mecanismos.

Incremento del flujo y permeabilidad vascular (multifactorial)
Incremento de la proteína C Kinasa (regulación de factor de crecimiento vascular endotelial)
Estrés oxidativo con aumento de productos reactivos al oxígeno
Muerte celular aumentada (factor nuclear kappa beta)
Infiltración de macrófagos y activación de la microglía
Aumento de adhesión leucocitaria (ICAM-1) en el endotelio retiniano
Aumento de expresión de citocinas (IGF-I, IL-1beta-caspasas, TNF alfa, otros)
Incremento de productos del óxido nítrico, sobreproducción de COX-2
Neovascularización y proliferación de células gliales

Figura 2. Mecanismos patogénicos propuestos para la RD.(Tenorio & Ramírez Sánchez, 2010)

Factores de riesgo

Los principales factores de riesgo para la progresión y desarrollo de la retinopatía diabética es el tiempo de evolución de la diabetes mellitus y el control glucémico. Además, existen otros factores de riesgo asociados como la dislipidemia, el sobrepeso, hipertensión arterial, embarazo, anemia y la presencia de otras complicaciones microvasculares.(Vargas Ávila et al., 2022)

Existen factores genéticos que se relacionan con el desarrollo y progresión, los pacientes con HLA-DR4 presentan mayor prevalencia para RD.(Tenorio & Ramírez Sánchez, 2010).

Hallazgos en la exploración de fondo de ojo

Las lesiones que se encuentran en la exploración de fondo de ojo son los microaneurismas, hemorragias, exudados duros, exudados algodinosos, anomalías vasculares, anomalías vasculares intrarretinianas y neovascularización (figura 3). (López Gálvez & Ríos, 2019).

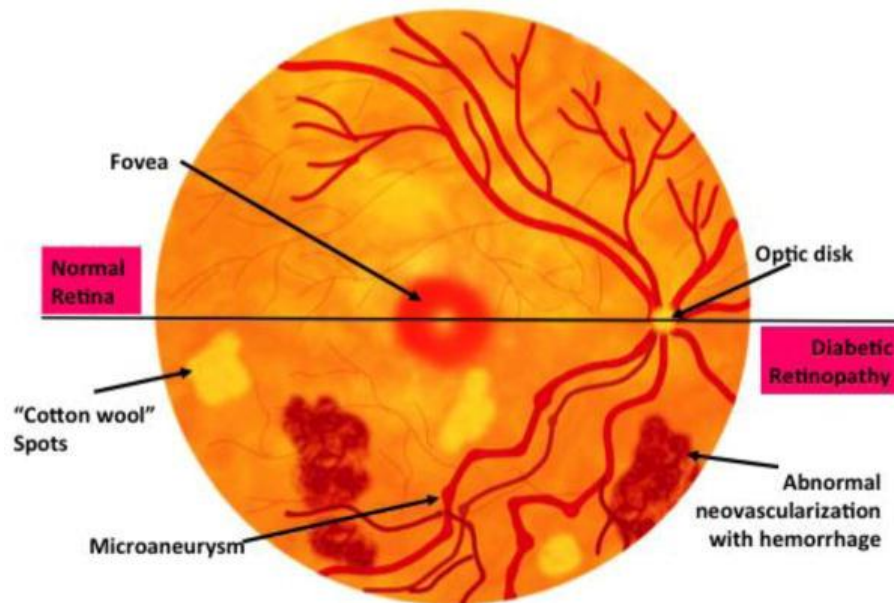


Figura 3. Esquema de los hallazgos en la retinopatía diabética. (Eshaq et al., 2017)

Clasificación

La retinopatía diabética clásicamente se divide en dos grupos, la retinopatía diabética no proliferativa y en la retinopatía diabética proliferativa, esto acorde a los hallazgos encontrados en el análisis de fondo de ojo, que debe realizarlo el oftalmólogo preferentemente. Existe distintas clasificaciones para la estadificación de la gravedad. Las más conocidas son la propuesta por el Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) y la clasificación internacional de retinopatía diabética,

las cuales evalúan de forma separada el edema macular diabético (EMD). Actualmente la más utilizada es la clasificación internacional propuesta por expertos del Global Diabetic Retinopathy Project Group (GDRPG) en el 2002 (figura 4), que tomo como base los resultados de ETDRS. (Tenorio & Ramírez Sánchez, 2010).

Clasificación Internacional de Retinopatía Diabética†	
Retinopatía Diabética	Hallazgos observables con oftalmoscopia dilatada
RD no aparente	No hay anomalías
RDNP leve	Solamente microaneurismas
RDNP moderada	Microaneurismas y otros signos (por ejemplo, hemorragias en manchas, exudados duros, manchas algodonosas), pero menos que en RDNP severa
RDNP severa	RDNP moderada con cualquiera de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Hemorragias intrarretinianas (≥ 20 en cada cuadrante) • Rosarios venosos definidos (en 2 cuadrantes) • Anomalías microvasculares intrarretinianas (en 1 cuadrante) • Sin signos de retinopatía proliferativa
RD proliferativa	RDNP severa y 1 o más de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Neovascularización • Hemorragia vítrea/preretiniana

† Fuente: ICO Guidelines for Diabetic Eye Care 2018

Figura 4. Clasificación Internacional de Retinopatía Diabética. (Cáceres del Carpio et al., 2020)

La clasificación del Early Treatment Diabetic Retinopathy Study es la preferentemente usada en la clínica ya que evalúa la aparición de lesiones en los 7 cuadrantes fotográficos de la retina (Figura 5). (López Gálvez & Ríos, 2019).

En el paciente sin retinopatía no se observan alteraciones en el examen de fondo de ojo y corresponde a nivel 10 de la EDTRS. La retinopatía diabética no proliferativa leve se caracteriza por algunas lesiones como microneurismas o hemorragias, con un nivel de 20 a 34. El grado moderado de la RDNP en niveles 35 a 46 presenta exudados blandos, hemorragias o microaneurismas mayores que los presentados en la fotografía estándar 2A o anomalías venosas. La afectación en los cuatro cuadrantes por microaneurismas o hemorragias, en dos cuadrantes o más por anomalías venosas y en al menos un cuadrante por anomalías vasculares interretinianas se clasifica como RDNP grave (regla 4:2:1; niveles 47 a 52), teniendo un alto riesgo de progresión a la retinopatía diabética proliferativa. (López Gálvez & Ríos, 2019)

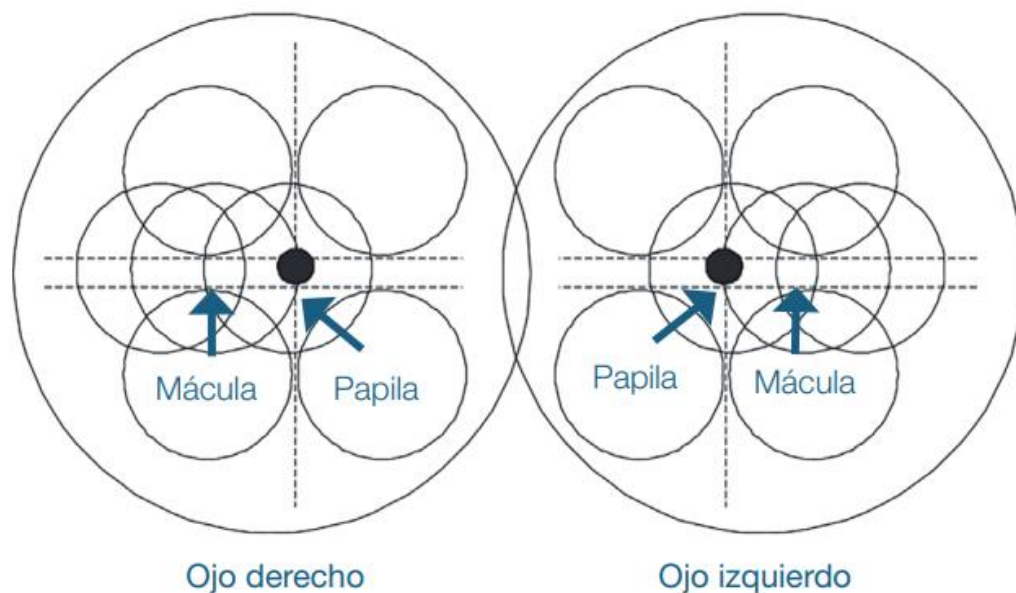


Figura 5. Campos de la retina para establecer el estadiaje de la RD. (Romero Aroca & Barrot, 2015)

El edema macular es la causa más frecuente de discapacidad visual en pacientes con DM, se caracteriza por el aumento en la permeabilidad vascular, lo que condiciona acumulación de líquido tipo exudativo en la macula y por se edema

macular.(González Gutiérrez et al., 2013). “El aumento en el grosor de la retina en la macula puede ser focal, multifocal, difuso, isquémico y cistoide”. (Tenorio & Ramírez Sánchez, 2010b)

“El EMD afecta al 3% de los ojos con RDNP leve, el 38% de los ojos con RDNP moderado a severo y el 71% de los ojos con RDP”.(Cáceres del Carpio et al., 2020)

La importancia de clasificar el EMD es establecer el manejo del paciente.

Clasificación Internacional de Edema Macular Diabético†	
Edema Macular Diabético	Hallazgos observables con oftalmoscopia dilatada
Sin EMD	Sin engrosamiento de retina o exudados duros en la mácula
EMD sin compromiso central	Engrosamiento de la retina en la mácula sin compromiso de la zona subcampo central que es de 1 mm de diámetro.
EMD con compromiso central	Engrosamiento de la retina en la mácula con compromiso de la zona subcampo central que es de 1 mm de diámetro.

† Fuente: ICO Guidelines for Diabetic Eye Care 2018

Figura 6. Clasificación Internacional de Retinopatía Diabética. (Cáceres del Carpio et al., 2020)

Tratamiento

El tratamiento será individualizado y dependiendo de la clasificación de gravedad. El principal fin del tratamiento es la preservación y mejora de la visión del paciente. La International Council of Ophthalmology (ICO) presenta una guía actualizada en 2017 para el cuidado de los ojos del diabético, puntualizando el momento adecuado para el uso antifactor de crecimiento endotelial vascular o panfotocoagulación.(Cáceres del Carpio et al., 2020).

Sin embargo, el tratamiento no solo consta de la terapéutica previamente dicha. El paciente debe tener un control glucémico adecuado, en caso de ser hipertenso, mantener cifras dentro rangos normales, implementar cambios en el estilo de vida y realizar ejercicio complementado con alimentación sana, la prevención siempre será la mejor opción. (Tenorio & Ramírez Sánchez, 2010)

El manejo con panfotocoagulación con láser se empleará en pacientes con RDNP severa que sean de riesgo y en pacientes con RDP. El seguimiento dependerá de la gravedad de la enfermedad (figura 7). (Cáceres del Carpio et al., 2020)

Evaluaciones oftalmológicas de control en personas con Retinopatía Diabética†	
Retinopatía Diabética	Periodicidad de control
RDNP leve	6 a 12 meses
RDNP moderada	3 a 6 meses
RDNP severa	< 3 meses
RDP	< 1 mes

† Fuente: ICO Guidelines for Diabetic Eye Care 2018

Figura 7. Evaluaciones oftalmológicas de seguimiento. (Cáceres del Carpio et al., 2020)

El manejo del paciente se inicia desde su diagnóstico de diabetes mellitus, se ha propuesto un flujograma para el abordaje y manejo de los pacientes con retinopatía diabética.

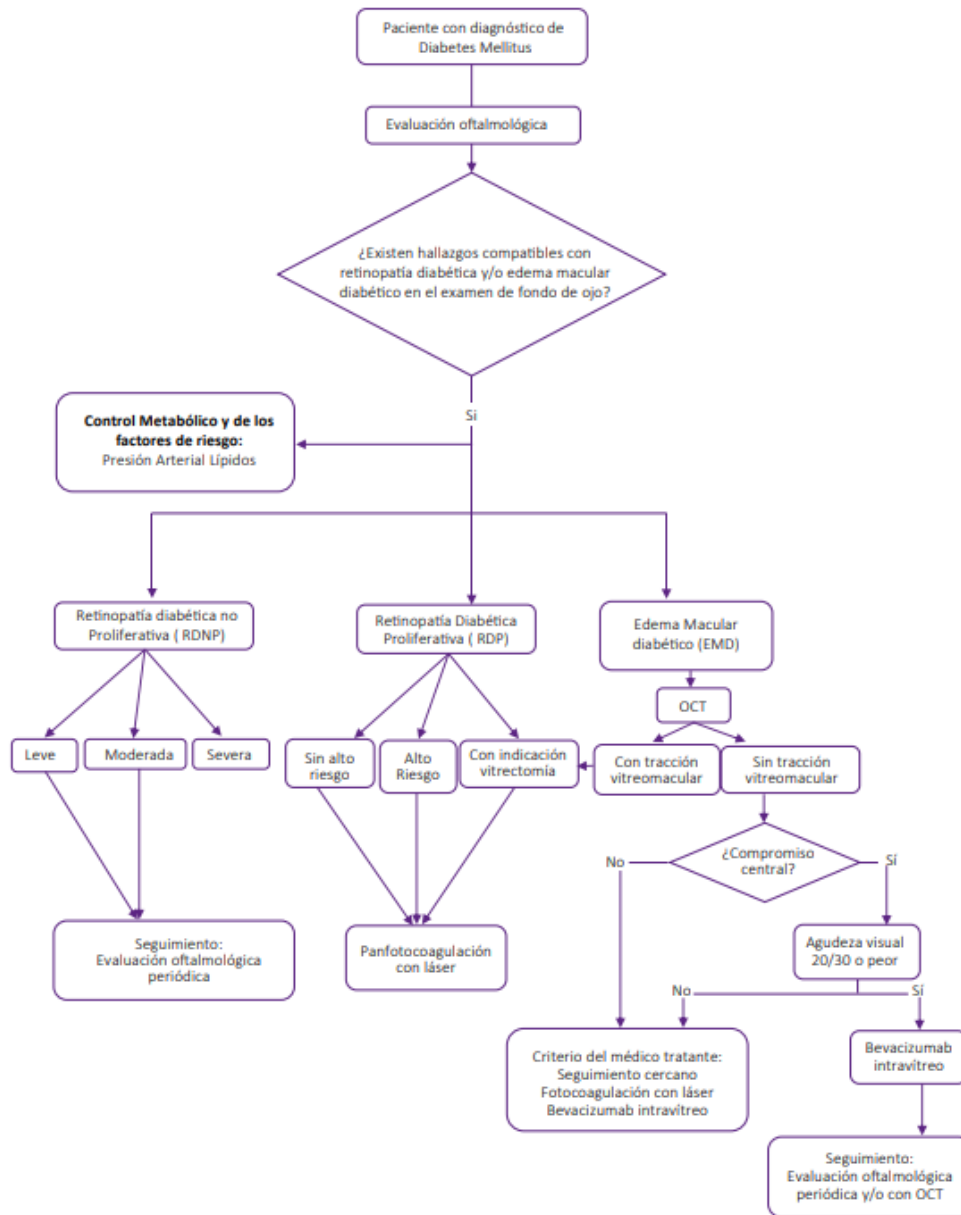


Figura 8. Flujograma del manejo de la retinopatía diabética y edema macular diabético. (Cáceres del Carpio et al., 2020)

Ultrasonido

También conocido como ecografía, el ultrasonido no se debe considerar un invento, sino un evento físico, el cual ha estado presente. Tiene como ventaja sobre otros métodos imagenológicos su menor costo, mayor accesibilidad, menor tiempo en la adquisición de imágenes y al no ser invasivo para el paciente, sin embargo, cuenta con una desventaja notable, es operador dependiente. (Madyaret et al., 2019)

Durante el siglo XVIII, Lazzaro Spallanzani en Italia, demostró que los murciélagos son animales sin visión y se mueven en la oscuridad usando los sonidos inaudibles, esto con el concepto de la ecolocalización, debido a esto el “Padre del ultrasonido” es Spallanzani.(Dávila et al., 2017)

Cabe mencionar que, durante la primera guerra mundial, Paul Langevin, desarrollo un dispositivo el cual podía detectar submarinos enemigos, lo que se realizaba por medio de ultrasonido, esto constituyó la base del sistema SONAR. En 1929, Sokolov, usó un método para la detección de placas de metal, usando sonido reflejado y después en 1942, Floyd Firestone, quien era ingeniero americano, aplico estas tecnologías en para la detención de placas de metal. Estos avances permitieron la aplicación en el campo medico por Karl Dussil en Australia, quien la denomino “hipersonografía”, con la cual pudo detectar tumores cerebrales en varios pacientes. (Dávila et al., 2017)

La historia del ultrasonido se remonta desde antes del desarrollo de equipos diagnósticos en medicina al finalizar la segunda guerra mundial, sin embargo, durante este tiempo varios grupos de investigadores trabajaban en la fabricación de dichos equipos, los cuales eran prototipos con modo A y modo B con imagen analógica. Durante los siguientes años distintos autores describieron su uso en la rama médica. Uno de los más relevantes sucedió en 1959 por Satomura quien informo el uso del ultrasonido Doppler en la valoración del flujo de las arterias

periférica, que posteriormente en 1982 Aloka implemento en Doppler color en imágenes bidimensionales. Este último avance progreso en 1983 al introducir al mercado un equipo ecográfico con Doppler color, que permitía visualizar el flujo sanguíneo en tiempo real y color. (Madyaret et al., 2019)

La valoración del ojo por medio de ultrasonido se realizó por la firma austriaca Kretztechnik y el oftalmólogo Dr. Werner Buschmann en 1965, los cuales fabricaron un transductor de 10 elementos. (Madyaret et al., 2019)

El ultrasonido como método diagnóstico ha tomado mayor importancia a través de los años, además es participe en la decisión de un mejor tratamiento individualizado para cada paciente. Nuevas prácticas incluyen la valoración del paciente en cama, esto con el fin de determinar rápidamente una respuesta a preguntas binominales. Esta práctica se ha llamado ecografía enfocada o en alguna bibliografía puede encontrarse como “point-of-care ultrasonography” (POCUS) (Vázquez Reyes et al., 2020).

Ultrasonido Doppler espectral

La técnica del ultrasonido Doppler se describió en 1979 y permite visualizar el flujo sanguíneo y todas sus características en tiempo real y de manera dinámica. (Verdugo Unigarro et al., 2021)

En 1846, Johann Christian Doppler, matemático y físico, presento su teoría sobre los cambios de frecuencia que se producen cuando una fuente de sonido se desplaza respecto a un observador estacionario. Posteriormente Armand Hippolyte L. Fizeau, que fue un físico francés, uso el trabajo de Doppler para explicar que los cuerpos celestes que se alejan del planeta tierra son visualizados de color rojo y aquellos que se acercan se ven de color azul. Sin embargo, estos avances se aplicaron en el campo de la medicina hasta el siglo XX e influyeron en el ultrasonido.(Paola Paolinelli, 2013)

Se define como efecto Doppler cuando un emisor produce una onda la cual presenta determinada frecuencia, ésta viaja libremente, pero el emisor y/o el receptor se mueven, acercándose o alejándose, mientras dicha onda viaja a la misma velocidad, esta se expande o se comprime, por lo que la frecuencia recibida por el receptor es distinta a la emitida. Si no existe movimiento, no hay cambios en la frecuencia, por lo que no existe el efecto Doppler. (Paola Paolinelli, 2013)

El ultrasonido Doppler se aplica en la práctica clínica, al valorar a los glóbulos rojos en movimiento, los cuales actúan como reflectores ya que revuelven el sonido como un eco. El transductor se considera el emisor estacionario, el cual emite una frecuencia de sonido, esta es recibida por el receptor que es el glóbulo rojo en movimiento. Posteriormente el glóbulo rojo devuelve otra frecuencia hacia el transductor, efectuándose un segundo efecto Doppler.

La fórmula que define matemáticamente este fenómeno es $F_d = 2F_t V \cos O / C$, donde F_d es el desplazamiento de frecuencias, F_t frecuencia transmitida, C es la velocidad de propagación del sonido, 1540cm/s, 2 es el factor por el doble efecto Doppler, V la velocidad de los glóbulos rojos y $\cos O$ es el coseno del ángulo de incidencia. (Paola Paolinelli, 2013)

El ángulo de insonación formado entre la estructura en movimiento y el haz del ultrasonido influye en la ecuación Doppler, este debe estar en un rango entre 45° y 60°. Si el ángulo de insonación es de 90° no existirá cambio en la frecuencia, ya que el coseno de 90° es 0, entonces la imagen obtenida es de ausencia de flujo. Además, si existen pequeños cambios en el ángulo, más de 60°, este producirá grandes cambios en el coseno y por ende en el cálculo de la velocidad. Para que una velocidad medida sea confiable, el ángulo debe encontrarse en 45° y 60°. (Aragoncillo & Caldés, 2023)

El Doppler espectral obtiene registro de la onda de pulso del vaso evaluado, uno de los parámetros importantes es la velocidad pico sistólica, la cual se considera como la velocidad máxima de la sangre durante la sístole.(Aragoncillo & Caldés, 2023)

“El índice de resistencia (IR) es un marcador indirecto de impedancia que refleja la resistencia del lecho vascular situado distalmente al punto de insonación”. Esta medida es más confiable debido a que es independiente al ángulo Doppler. (Rivera Escobio et al., 2022)

Ultrasonido oftálmico

El ultrasonido oftálmico consta de la evaluación Doppler triplex, la cual consta de una valoración inicial en modo B, también conocida como escala de grises, modo Doppler color y con modo Doppler espectral, dando así un panorama completo del estado morfológico y vascular del globo ocular.

Preparación previa al ultrasonido Doppler oftálmico

Se deben tomar en cuenta múltiples factores intrínsecos del paciente que pueden modificar los resultados, siendo los principales parámetros para evaluar el índice de resistencia y la velocidad pico sistólica. Una de las indicaciones es suspender el tabaco, el alcohol y la cafeína mínimo 12 horas previo al estudio (Modrzejewska, 2019).

Técnica para la realización del ultrasonido Doppler oftálmico

La técnica cuenta con una duración aproximada de 10 a 15 min (Peñata Ruiz, 2013).

Existen distintas formas de valorar al globo ocular, ya que en la actualidad se cuentan con herramientas más específicas para este estudio. Sin embargo, en países en vías de desarrollo no siempre se cuenta con estos. La realización del ultrasonido oftálmico puede ser con transductor lineal o por medio del estudio ultrabiomicroscópico (UBM).

El examen ultrasonográfico con abordaje transpalpebral se realiza con transductor lineal de alta frecuencia, que va de los 7 a 9 MHz. (Sánchez et al., 2016). De igual forma se puede emplear el uso de sonda sectorial de 4 a 10 MHz para las estructuras más superficiales. Se inicia con modo B para la diferenciación

de las estructuras y se aplica armónicos para el análisis de la cámara vítrea y su fluido.(Sánchez Torres et al., 2014)

El paciente debe encontrarse en decúbito supino con el cabezal incorporado a unos 45° y los ojos cerrados. En caso de que el paciente use lentes de contacto, se le pedirá retirárselos previamente. Se aplicará gel conductor en abundante cantidad con el ojo cerrado y sin ejercer presión para evitar colapsar la cámara anterior.(Sánchez Torres et al., 2014).

Se obtendrán imágenes en eje longitudinal y transversal en modo B, estas serán evaluadas al final del estudio de forma bilateral y comparativa. Las porciones anatómicas que se identifican son la capsula anterior y posterior del cristalino como hiperecogenicidades curvilíneas, además se realiza la medición del globo ocular del borde anterior de la córnea hasta la retina, con un diámetro norma de 23 a 25 mm.(Sánchez Torres et al., 2014).



Figura 9. Medición del globo ocular. (Sánchez Torres et al., 2014)

Posteriormente se realizará la valoración con Doppler color y espectral. la localización de la arteria y vena oftálmica es en la zona medial al nervio óptico a 15 mm posterior al globo, una vez localizada, se aplica el modo Doppler color para la identificación del flujo, por lo que es importante colocar adecuadamente los parámetros del PRF y las ganancias. A la aplicación de Doppler espectral se observa una morfología de onda típica de una arteria con IR alto, sin embargo, como se comentará más adelante los valores oscilan menos del 0.75, presenta un pico sistólico alto y relativamente un flujo diastólico corto. (Sánchez Torres et al., 2014)

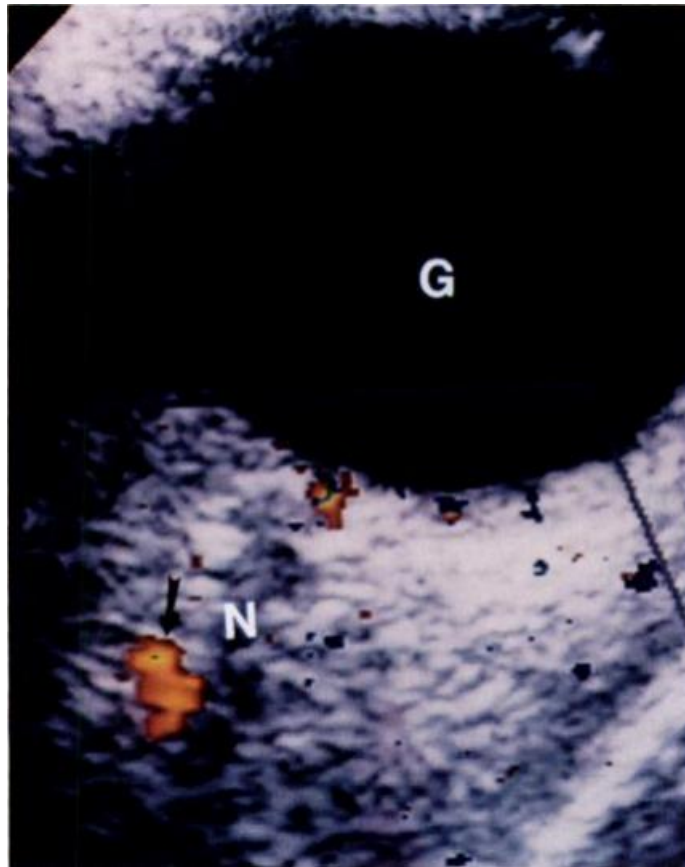


Figura 10. Ultrasonido orbitario con Doppler color, donde se observa la localización medial de la arteria oftálmica respecto al nervio óptico. (Belden et al., 1995)

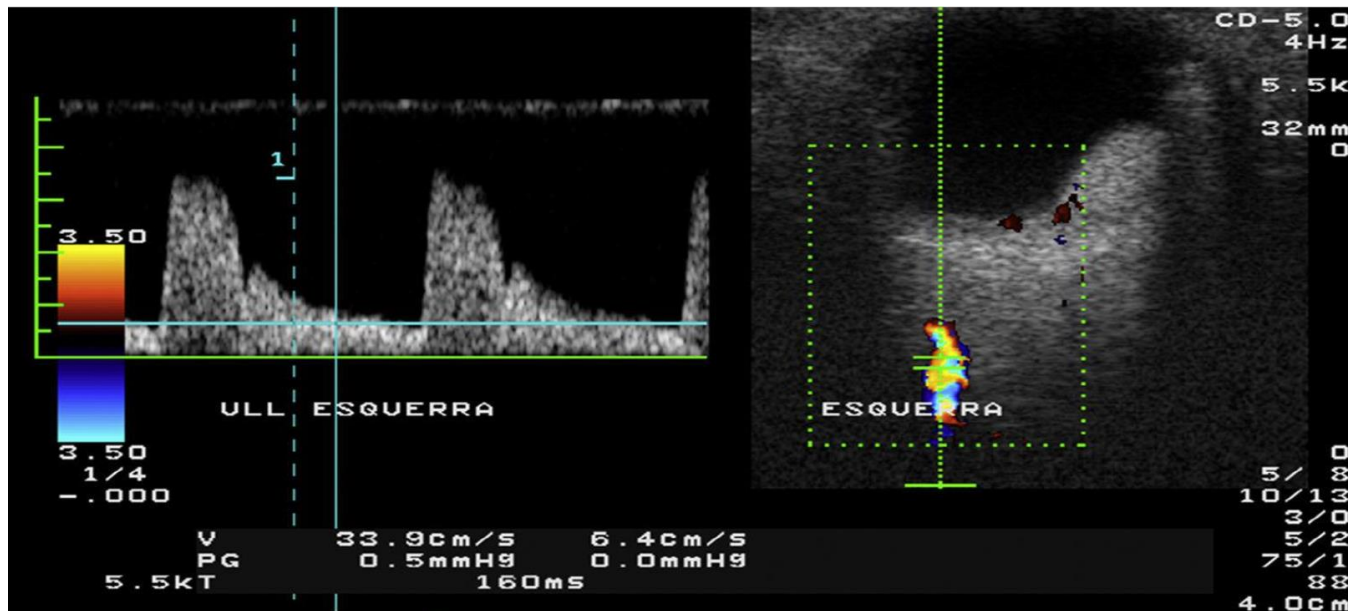


Figura 11. Morfología de onda espectral de la arteria oftálmica. (Sánchez Torres et al., 2014)

Los parámetros de normalidad de la arteria oftálmica son un índice de resistencia menor de 0.75 y velocidad pico sistólica (VPS) de 37 ± 7 cm/s, de igual forma la arteria central de la retina (ACR) presenta un IR bajo (menor de 0.72) con VPS de 9.5 ± 1.5 . Las arterias ciliares posteriores largas presentan un valor menor en el IR que la ACR, de 0.68, con la VPS normal de 11.3 ± 2.2 . (Sánchez et al., 2016).

El estudio ultrabiomicroscópico tiene la ventaja que no produce daños al paciente, aunque su sonda es de muy alta frecuencia, ya que cuenta con rangos de 35 a 60 MHz, esto permite que la resolución de la imagen obtenida sea mucho mayor en comparación con sondas de 12 MHz, sin embargo, tiene como limitante el rango que es de 8 a 10 mm. (Kosmala et al., 2018). De igual forma, no solo se encuentran las sondas de muy alta frecuencia, también se identifican según su la trayectoria de movimiento del convertidor, estas son las sondas lineales y sectoriales (figura 12). (Kosmala et al., 2018).

Para este tipo de valoración oftálmica se pueden emplear dos tipos de técnicas, la transocular y la paraocular. (Karolczak-Kulesza et al., 2018)



Figura 12. Técnica para transocular y paraocular. (Karolczak-Kulesza et al., 2018) .

Para la técnica transocular se necesita parpados abiertos, se coloca primero anestesia local en gotas sobre la córnea y esclera, posterior con mínimo gel conductor se posiciona el transductor directamente sobre el globo ocular. La exploración del ojo por esta técnica nos permite no solo la valoración del globo ocular, sino también de los músculos extraoculares y porciones del nervio óptico que se ubica en el cono ocular. (Karolczak-Kulesza et al., 2018)

A diferencia de la técnica transocular, la técnica paraocular enfoca la valoración en la anatomía después del cono ocular. (Karolczak-Kulesza et al., 2018)

El estudio ultrabiomicroscopico nos dará un mejor análisis del segmento anterior del globo ocular, para discernir entre patología cancerígena, cuerpos extraños entre otras. (Kosmala et al., 2018)

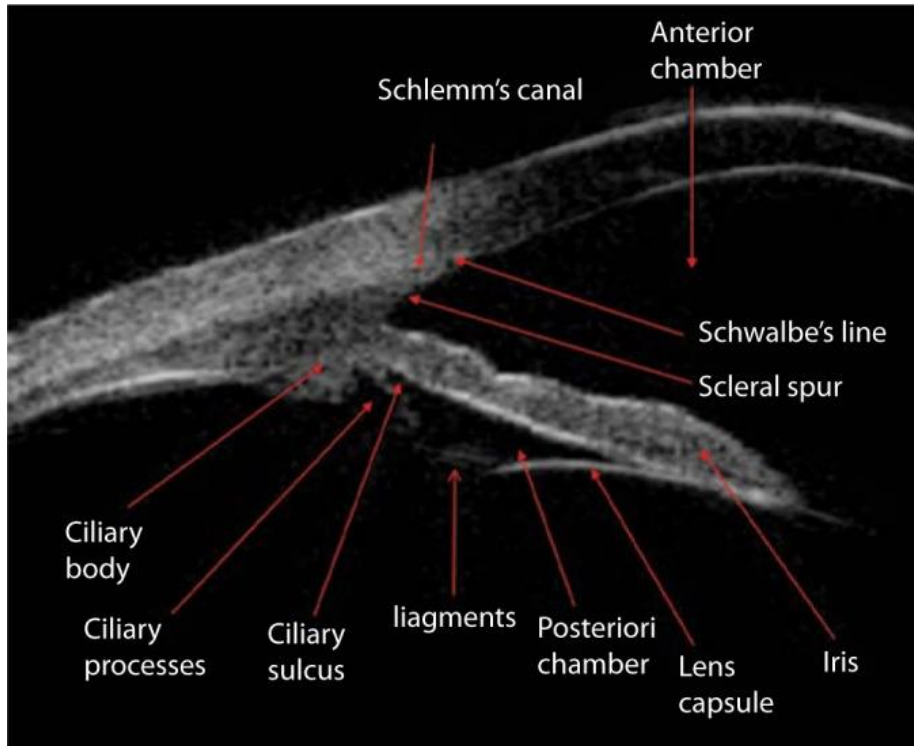


Figura 13. Cerca del ángulo de infiltración se observa al segmento anterior del globo ocular. Se identifica a las estructuras en el espacio anterior y posterior del iris. (Kosmala et al., 2018).

Algunas de las indicaciones para el examen ultrabiomicroscópico es la valoración del daño corneal por traumatismos contusivos, malformaciones y trastornos del cuerpo ciliar y el iris, glaucoma entre otros (Esposito et al., 2018; Kosmala et al., 2018; Mannino et al., 2016)

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

Partiendo desde la normalidad, se han presentado pocos estudios que determinen con certeza los parámetros velocimétricos de flujo orbitarios, sin realizar aun un consenso pese se han encontrado resultados similares, esta variabilidad depende de la población que se estudie.

Ejemplo de esto, es un estudio en la población cubana donde se determinó que existe una relación significativa entre los parámetros del Doppler espectral y la edad, ya que al aumentar esta última los valores de velocidad pico sistólica y velocidad al final de la diástole disminuyen, pero el índice de resistencia y pulsatilidad aumentan. Se determinó que en la arteria oftálmica tiene una velocidad pico sistólica de $37.5 \text{ cm/s} \pm 8$ y la velocidad al final de la diástole de $10.5 \text{ cm/s} \pm 3$, con bajo índice de resistencia e índice de pulsatilidad de 1.5 ± 3 . La arteria central de la retina presentó valores similares, con IR bajo de 7.2 ± 0.1 y un IP de 1.3 ± 0.3 , sin embargo, las VPS fue de 10.1 ± 1.9 y la VFD de 3.7 ± 1.8 . (Solís Alfonso & Mata Ramírez, 2018)

Parámetro		Arteria oftálmica		Arteria central de la retina		Arterias ciliares posteriores	
		Media desviación estándar	Rango	Media desviación estándar	Rango	Media desviación estándar	Rango
VPS	cm/s	$37,5 \pm 8,0$	(27-50)	$10,1 \pm 1,9$	(5-23)	$11,1 \pm 2,5$	(5-35)
VFD		$10,5 \pm 3,0$	(4-18)	$3,7 \pm 1,8$	(1-13)	$6,1 \pm 1,9$	(2-19)
IR		$0,74 \pm 0,1$	(0,6-0,9)	$0,72 \pm 0,1$	(0,5-0,8)	$0,68 \pm 0,1$	(0,5-0,9)
IP		$1,5 \pm 0,3$	(0,9-2,7)	$1,3 \pm 0,3$	(0,7-2,1)	$1,1 \pm 0,3$	(0,6-2,3)
S/D		$4,1 \pm 1,2$	(2,4-10,5)	$3,7 \pm 1,3$	(2-12)	$2,9 \pm 1,2$	(2-9,5)

VPS: velocidad pico sistólico; VFD: velocidad final de la diástole; IR: índice de resistencia; IP: índice de pulsatilidad; S/D: relación sístole/diástole.

Figura 14. Valores velocimétricos en las arterias oftálmicas. (Solís Alfonso & Mata Ramírez, 2018)

Otro estudio publicado en marzo del 2021, realizado en la población de Madrid, España analizó la relación entre los hallazgos por Doppler espectral en pacientes con pérdida de la visión monocular, tomo como parámetros normales de la arteria oftálmica de 45.3 ± 10.5 cm/s en la velocidad pico sistólica, velocidad al final de la diástole de 11.8 ± 4.3 cm/s, índice de resistencia 0.74 ± 0.07 ; de igual forma se evaluó la arteria central de la retina y se consideró como normal 17.3 ± 2.6 cm/s de la velocidad pico sistólica, velocidad al final de la diástole de 6.2 ± 2.7 cm/s e índice de resistencia de 0.63 ± 0.09 (Ruiz-Ares et al., 2021)

De igual forma en el instituto de oftalmología Fundación Conde de Valencia, en la ciudad de México, se realizó un estudio con 154 pacientes sanos, realizando un total de 308 exámenes con ultrasonido Doppler en la arteria oftálmica, arteria central de la retina y arterias ciliares cortas (nasal y temporal), donde se obtuvo una mediana de 32 años con un 67.5% de pacientes mujeres. Concluyeron que la velocidad pico sistólica y la velocidad al final de la diástole disminuyen con el aumento del índice de resistencia conforme progresa la edad (figura 15). (Verdugo Unigarro et al., 2021)

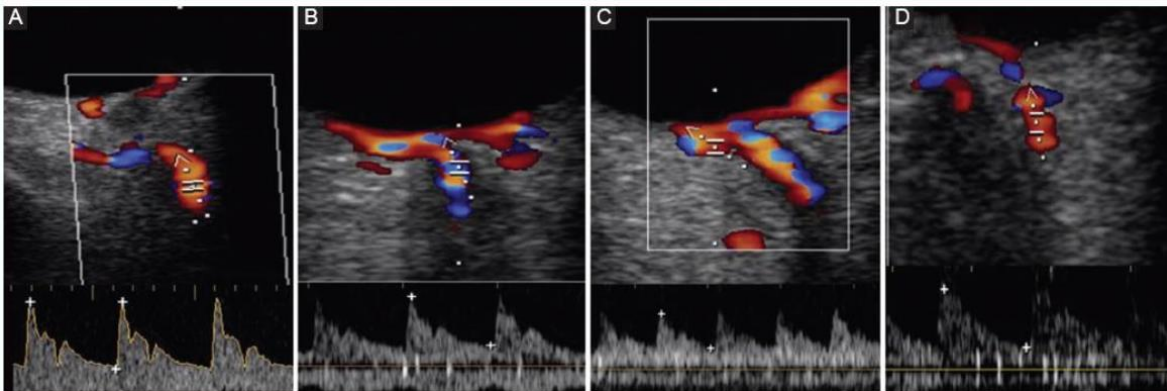


Figura 15. Imágenes en modo Doppler color y espectral de la arteria oftálmica (AO)(A), la arteria central de la retina (ACR)(B), la arteria ciliar corta posterior nasal (ACCPN)(C) y la arteria ciliar corta posterior temporal (ACCPT)(D).(Verdugo Unigarro et al., 2021)

Los distintos resultados obtenidos de la valoración por medio de ultrasonido Doppler espectral en la arteria central de la retina, arteria ciliar corta posterior nasal, arteria oftálmica y arteria ciliar posterior temporal se presentan en la figura 16.

	Media	Mediana	DE	P 5	P 95	Límite inferior	Límite superior	Prueba K-S
VSM en AO (cm/s ²), n = 308	33.101	31.632	8.812	21.47	50.83	15.72	55.60	0.095
VFD en AO (cm/s ²), n = 308	8.824	8.267	3.271	4.52	13.77	3.12	19.90	0.082
IR de AO, n = 308	0.734	0.741	0.067	0.626	0.837	0.55	0.86	0.052
VSM en ACR (cm/s ²), n = 308	12.138	11.952	2.942	7.27	16.57	5.26	21.70	0.041
VFD en ACR (cm/s ²), n = 308	4.283	4.127	1.421	2.18	6.65	1.69	8.61	0.087
IR de ACR, n = 308	0.655	0.661	0.074	0.522	0.769	0.39	0.80	0.047
VSM en ACCPN (cm/s ²), n = 308	11.034	10.800	2.440	7.41	15.50	5.95	17.4	0.054
VFD en ACCPN (cm/s ²), n = 308	4.627	4.283	1.454	2.59	7.51	2.02	8.31	0.094
IR de ACCPN, n = 308	0.584	0.578	0.077	0.452	0.712	0.65	0.77	0.083
VSM en ACCPT (cm/s ²), n = 308	11.530	11.195	2.822	7.68	16.64	6.42	18.30	0.064
VFD en ACCPT (cm/s ²), n = 308	5.006	4.715	1.833	2.66	8.40	1.80	10.00	0.080
IR de ACCPT, n=308	0.569	0.564	0.097	0.419	0.736	0.36	0.81	0.051

DE: desviación estándar; K-S: Kolmogórov-Smirnov; P: percentil.

Figura 16. Resultados de las arterias evaluadas por medio de ultrasonido Doppler.(Verdugo Unigarro et al., 2021)

En México una revisión de 2013 menciona que la arteria oftálmica presenta una onda espectral de alta resistencia, de comportamiento semejante a la arteria carótida común, a diferencia de la arteria central de la retina que su onda espectral es de baja resistencia (Peñata Ruiz, 2013).

Mendívil A. et al publicó en 1995 un estudio realizado en Madrid, España donde se evaluó 55 ojos de 55 pacientes diagnosticados con retinopatía proliferativa por diabetes mellitus, encontrando que en la etapa proliferativa en la arteria oftálmica y la arteria central de la retina la velocidad de flujo era más baja comparada con los controles. Además, no se encontró correlación significativa entre la edad y las velocidades de flujo. La velocidad de flujo determinada en este estudio en la arteria oftálmica fue de 16.6 cm/s y en la arteria central de la retina de 7.2 cm/s. (Mendívil et al., 1995).

Sanguil LI. et al realizó un estudio prospectivo con 12 pacientes con transductor lineal, encontrando dos pacientes con retinopatía diabética proliferativa (RDP), estos presentaron aumento en el IR pero la VDF se encontró dentro parámetros de normalidad en la arteria oftálmica, además en la arteria central de retina los valores de IR oscilaban dentro de 0.71 y 0.79, llama la atención que en la retinopatía diabética no proliferativa moderada (RDNP-M) el IR se encontró igual o mayor a 0.80. (Sanguil et al., 2012).

Otro estudio realizado en el periodo de 2019 a 2022 con 100 pacientes diagnosticados con DM tipo 2 se encontró alteración en los valores del Doppler oftalmológico en la arteria oftálmica, con predominio en pacientes con diagnóstico de 5 a 10 años de evolución, la VPS y VDF presentaron valores bajos, mientras que el IR y IP se elevaron. El IR tuvo cifra media de 1.02 para el ojo derecho y 1.05 del izquierdo, mientras que el IP fue de 2.61 y 2.80, para ojo derecho e izquierdo respectivamente. Además, se analizaron pacientes sin retinopatía diabética y con retinopatía diabética en los diferentes grados, observando que el IR y IP se elevaba según el grado, pero la VPS y VDF presentaba disminución o estabilidad, estos hallazgos se asociaron al tiempo de evolución del diagnóstico de DM tipo 2 y

concluyeron que dentro de los primeros años la RD no se presenta en formas graves (Rivera Escobio et al., 2022)

RD	N 100		Parámetros hemodinámicos arteriales oftálmicos							
			VPS		VFD		IR		IP	
			OD	OI	OD	OI	OD	OI	OD	OI
Sin RD	N 60	M	38,0	36,4	11,6	12,4	0,75	0,80	1,59	1,82
		DE	± 4,8	± 7,9	± 2,9	± 3,0	± 0,1	± 1,0	± 0,4	± 0,5
NP Leve	N 22	M	29,3	29,5	6,67	6,80	0,85	0,80	1,86	1,71
		DE	± 0,9	± 1,3	± 1,1	± 0,9	± 0,1	± 0,3	± 0,1	± 0,3
NP Moderada	N 12	M	28,4	28,4	5,05	5,12	0,90	0,89	2,56	1,86
		DE	± 0,6	± 0,7	± 0,7	± 0,5	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,1
NP Grave		M	26,3	27,0	3,99	4,40	0,95	0,99	2,71	2,74
	N 3	DE	± 0,6	± 0,8	± 0,1	± 0,5	± 0,1	± 0,1	± 0,1	± 0,1
Proliferativa	N 1	M	25,6	27,1	4,08	6,12	1,02	1,05	2,61	2,80
		DE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ANOVA (p)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

VPS: velocidad pico sistólica VFD: velocidad final de la diástole IR: índice de resistencia IP: índice de pulsatilidad NP: no proliferativa G: grado M: media DE: desviación estándar OD: ojo derecho OI: ojo izquierdo

Figura 17. Valores hemodinámicos en relación con la severidad de la RD. (Rivera Escobio et al., 2022)

En el hospital universitario de Puebla BUAP se realizó un estudio con 51 pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2 de igual o más de 10 años de evolución, contando con 30 de ellos que no padecían retinopatía diabética y 21 con retinopatía diabética proliferativa, evaluando ambos ojos, estos se incluyeron con edad desde los 30 años entre masculinos y femeninos. En el análisis de los resultados se identificó incremento en la velocidad pico sistólica y en el índice de pulsatilidad tanto en la arteria oftálmica y la arteria central de la retina en pacientes con retinopatía proliferativa en comparativa con los que no tenían este diagnóstico, por lo que dicho estudio propone al ultrasonido Doppler oftálmico como un método de screening, ya que las diferencias de los valores entre los grupos evaluados fueron significativas. (Rendón Cerón, 2022)

JUSTIFICACIÓN

En México la diabetes mellitus tipo 2 es un problema de salud con altas tasas de mortalidad, se registran en 2021 hasta 12 millones 400 mil con el diagnóstico, afectando mayormente a la población mayor de 60 años. El estado de Puebla en 2022 presento la tasa de mortalidad más alta. Además, las complicaciones llegan a ser incapacitantes para la población, mayormente en la laboral, una de ellas es la retinopatía diabética que cursa con edema macular y ceguera, esta última predispone al deterioro en la calidad de vida, condicionando asociación con otras patologías.

El ultrasonido Doppler oftálmico es útil ya que presenta una valoración completa en modo B y con Doppler espectral, valora las características anatómicas del globo ocular, identificando patología como el desprendimiento de retina y hemorragia vítrea, entre otros, además el análisis espectral de las principales arterias que irrigan el globo ocular en una valoración inicial puede ayudar a estadificar al paciente.

Al aplicar esta valoración con Doppler oftálmico se puede iniciar tratamiento oportuno así evitando la progresión de la enfermedad y disminuyendo los índices de ceguera.

Es bien sabido que en las evaluaciones del paciente diabético por parte del servicio de oftalmología constan del análisis del fondo de ojo, tomando en cuenta los valores glucémicos y de hemoglobina glucosilada (HbA1c), peso, tensión arterial y función renal. Si se implementa el protocolo de análisis por US Doppler oftálmico se disminuirá la sobrecarga de pacientes para los oftalmólogos y el tratamiento llegará a ser oportuno.

Además, el ultrasonido es una herramienta de bajo costo, que no utiliza radiación ionizante y que la mayoría de los hospitales de segundo nivel cuentan con él.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El 20% de los pacientes con DM2 desde los 2 años de diagnóstico presentaran algún grado de retinopatía diabética y a los 15 años de evolución hasta el 90%. La retinopatía diabética proliferativa presenta áreas de isquemia y neovasos, que en la historia natural de la enfermedad culmina con ceguera irreversible.

Se han realizado distintos estudios que evalúan por medio del US Doppler oftálmico la retinopatía diabética proliferativa sin llegar a un consenso sobre los valores diagnósticos, sin embargo, la mayoría de ellos coinciden que la variable constante en cada uno es el aumento del IR.

El diagnóstico oportuno difícilmente se logra debido a la falta del apego al protocolo de estudio del paciente DM y sobrecarga al servicio de oftalmología. El ultrasonido Doppler oftálmico se propone como estudio inicial para la estadificación de la gravedad de la retinopatía diabética, ya que valora a las distintas ramas vasculares asociando los valores de la VPS, VDF, IP e IR con la gravedad de la patología. Además, en estadios recientes el IR es el marcador más importante para la neovascularización y oclusión arterial.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los valores diagnósticos por ultrasonido Doppler oftálmico en la retinopatía diabética proliferativa?

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

En pacientes diabéticos con retinopatía diabética proliferativa los valores de la velocidad pico sistólica y velocidad diastólica final serán bajos, mientras que el índice de resistencia y el índice de pulsatilidad aumentara, estos en la arteria oftálmica.

HIPÓTESIS NULA

En pacientes diabéticos con retinopatía diabética proliferativa los valores de la velocidad pico sistólica y velocidad diastólica final serán altos, mientras que el índice de resistencia y el índice de pulsatilidad disminuirán, estos en la arteria oftálmica.

OBJETIVOS

GENERAL

- Establecer la técnica por medio de ultrasonido Doppler oftálmico para el diagnóstico de la retina para retinopatía diabética proliferativa.

ESPECIFICO

- Establecer los valores diagnósticos del índice de resistencia de la arteria oftálmica para retinopatía diabética proliferativa.
- Establecer los valores diagnósticos del índice de pulsatilidad de la arteria oftálmica para retinopatía diabética proliferativa.
- Establecer los valores diagnósticos de la velocidad pico sistólica de la arteria oftálmica para retinopatía diabética proliferativa.
- Establecer los valores diagnósticos de la velocidad diástole final de la arteria oftálmica para retinopatía diabética proliferativa.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

Por la participación del investigador: investigación-acción.

Por el propósito del estudio: descriptivo.

Por la direccionalidad: prospectivo.

Por el momento de la recolección de datos: prolectivo.

Por número de sedes: unicentrico.

Por los componentes de la población: homodémico.

Por la temporalidad de los datos: transversal.

UBICACIÓN ESPACIOTEMPORAL

El estudio se realizará en el Hospital Universitario de Puebla, en área de ultrasonido del departamento de imagenología diagnóstica y terapéutica, de marzo de 2023 a noviembre de 2023.

ESTRATEGIA DE TRABAJO

Para la elaboración de este estudio se inicia con la selección de pacientes diabéticos con diagnóstico de 5 años o más, los cuales cursen con retinopatía proliferativa. Esto en conjunto con el departamento de oftalmología en el área de consulta y el departamento de imagenología diagnóstica y terapéutica en el hospital universitario de Puebla en el periodo del marzo 2023 a diciembre 2023.

En estos pacientes el ultrasonido Doppler oftálmico será realizado por el mismo operador, la investigadora, con supervisión de las imágenes obtenidas por el asesor experto. La valoración es de forma bilateral en modo B, modo Doppler color y modo Doppler espectral, cumpliendo con los parámetros técnicos para la adecuada obtención de datos. Dicho procedimiento se realiza con previa explicación

detallada sobre la participación en el protocolo y del procedimiento, para posterior firma del consentimiento informado (Anexos).

Los resultados obtenidos se recopilarán en la base de datos tomando en cuenta las variables previamente descritas y serán graficados para su análisis estadístico.

MUESTREO

Población del estudio

Pacientes femeninos y masculinos de 30 a 90 años que acuden a la consulta del servicio de oftalmología del Hospital Universitario de Puebla los cuales hayan sido valorados con fondo de ojo y diagnosticados con retinopatía proliferativa, siendo diabéticos de igual o más de 5 años de evolución.

Selección de la muestra

Se seleccionó de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión.

Pacientes mayores femeninos y masculinos de 30 a 90 años que acuden a la consulta del servicio de oftalmología del Hospital Universitario de Puebla que sean diabéticos y cuenten con fondo de ojo y diagnóstico de retinopatía diabética proliferativa.

Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Pacientes con 5 años o más de diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2.
- Pacientes diagnosticados con retinopatía diabética proliferativa.
- Pacientes de cualquier sexo.
- Pacientes con edad de 30 a 90 años.
- Pacientes con consentimiento informado firmado.

Criterios de exclusión

- Paciente con estenosis significativa (mayor o igual al 70%) de las arterias carótidas comunes o de las porciones valorable de las arterias carótidas internas y externa.
- Paciente que hayan sido tratados con láser.

Criterios de eliminación

- Paciente que no coopere durante el estudio y renuncie a la participación del protocolo.
- Paciente que no cuenten con fondo de ojo.
- Técnica de adquisición de Doppler espectral deficiente.

Diseño y tipo de muestreo

La presente investigación se desarrolla con un muestreo no probabilístico ya que la población del estudio será diagnosticada por medico oftalmólogo quien referirá al servicio de imagenología diagnóstica y terapéutica para la realización de Doppler oftálmico.

Tamaño de la muestra

La muestra se calculó mediante la fórmula para cálculo de 1 muestras utilizando la herramienta epi info con un poder estadístico del 80% y nivel de confianza al 95%.

Tamaño de la muestra por grupo: 60 individuos.

La intención es incluir en la muestra a todos los pacientes que cumplan con los criterios de selección. Sin embargo, se puede utilizar la fórmula para cálculo de poblaciones finitas

$$n = \frac{N Z\alpha^2 p^*q}{d^2(N-1) + Z\alpha^2 p^*q}$$

Dónde:

N=60 pacientes atendidos en el HUP.

Z α = 0.60

p= 0.05

q= 0.95

d= 0.05

$$n = \frac{60 * 0.60^2 * 0.05^*}{0.95} \\ \frac{0.05^2 * (0.50-1) + 0.60^2 * 0.05^* .95}$$

Resultado= 53

Población muestral: 53 pacientes.

DEFINICIÓN Y OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE	VALORES
Edad	Años de vida que tiene el paciente	Tiempo en meses y años transcurrido desde el nacimiento al momento actual	Años	Cuantitativa continua	30 a 90
Sexo	Genero al que pertenece el paciente	Determinado por órganos sexuales presentes	Descriptiva	Cualitativa dicotómica	Masculino Femenino
Diagnóstico	Procedimiento ordenado, sistemático, para conocer, para establecer de manera clara una circunstancia	Presencia o no de enfermedad	Descriptiva	Cualitativa dicotómica	Sano Enfermo
Índice de resistencia (Alta resistencia)	Resistencia al flujo arterial originado por el lecho microvascular distal	Es la velocidad máxima sistólica menos la velocidad máxima diastólica final entre la	Nominal	Cuantitativa nominal	0.76 a 1.0

	al sitio de la medición	velocidad máxima sistólica			
Índice de resistencia (Baja resistencia)	Resistencia al flujo arterial originado por el lecho microvascular distal al sitio de la medición	Es la velocidad máxima sistólica menos la velocidad máxima diastólica final entre la velocidad máxima sistólica	Nominal	Cuantitativa nominal	0.60 a 0.75
Índice de pulsatilidad	Evalúa la resistencia vascular mediante el uso de ecografía Doppler	Diferencia entre la velocidad sistólica máxima y velocidad diastólica mínima entre la velocidad media durante el ciclo completo	De intervalo	Cuantitativa	
Velocidad pico sistólica	Pico máximo de velocidad registrado en el espectro que representa a la sístole.	Velocidad máxima en la sístole representada en el espectro	Cm/s	Cuantitativa	
Velocidad al final de la diástole	Es la velocidad máxima encontrada en el espectro al	Velocidad máxima al final de la diástole en el espectro	Cm/s	Cuantitativa	

	final del ciclo cardiaco				
Tiempo de evolución de la diabetes mellitus tipo 2	Es la medición del tiempo transcurrido en años desde que el paciente fue diagnosticado hasta el momento de la exploración	Temporalidad en años padeciendo la patología (DM2)	Años	Cuantitativa continua	5 a 30

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La realización del Doppler oftálmico es de acuerdo con la técnica previamente descrita donde se obtendrá por medio del modo Doppler espectral valores de velocidad pico sistólica, velocidad diastólica final, índice de resistencia e índice de pulsatilidad de cada ojo. Dichos valores serán revisados por el asesor experto y se agregarán a la base de datos para su posterior análisis estadístico.

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Técnica ecográfica para la realización de Doppler oftálmico bilateral

Se explica de forma detallada el procedimiento de ultrasonido Doppler oftálmico al paciente y posterior se recaba consentimiento informado firmado para su realización.

El paciente debe contar con aseo previo del parpado y la región periorbitaria para evitar irritación durante y posterior al estudio. Se inicia exploración ecográfica una vez que el paciente cuente con 5 minutos de reposo, se coloca en la camilla en decúbito supino, con ojos cerrados y centrados.

Se usa ultrasonido Ecógrafo de gabinete Samsung con transductor lineal de alta resolución multifrecuencia para la valoración de ambas arterias carótidas comunes, bulbo y porciones valorables de las arterias carótidas internas y arterias carótidas externas, una vez descartada la estenosis significativa a este nivel, se coloca gel conductor suficiente sobre los parpados para no generar presión sobre el globo ocular y se valora su anatomía en modo B, posterior se observa flujo de la arteria oftálmica con modo Doppler color y seguido se aplica Doppler espectral para identificar el índice de resistencia, velocidad al final de la diástole, velocidad pico sistólica e índice de pulsatilidad, que se corrobora dos veces y se mantienen los parámetros técnicos adecuados (caja de color, angulación, volumen de muestra, PRF, entre otros) para una obtención correcta de los valores.

La técnica previamente descrita se realiza de igual forma en el área de ultrasonido del departamento de imagenología diagnóstica y terapéutica con ultrasonido Samsung de gabinete con transductor lineal multifrecuencia.

ANALISIS DE DATOS

Realización de base de datos los datos de los pacientes en Microsoft Excel, para su posterior análisis estadístico avanzado en el software IBM® SPSS® v29.0., donde se obtendrán datos de varianza, desviación estándar, rango (mínimo y máximo).

Se dará validez y confiabilidad al estudio haciendo uso del Alpha de Cronbach.

A través de tablas cruzadas se determinarán los resultados correlacionados de pacientes sanos y enfermos, para determinar los porcentajes de frecuencia de la enfermedad, retinopatía diabética proliferativa, por sexo y edad, que se presentarán con tablas y gráficos.

DISEÑO ESTADÍSTICO

Hipótesis estadística

En pacientes diabéticos con retinopatía diabética proliferativa los valores de la velocidad pico sistólica serán de 26 cm/s y velocidad diastólica final de 4.2 cm/s, mientras que el índice de resistencia de >0.75 y el índice de pulsatilidad de 1.50, estos en la arteria oftálmica.

Pruebas estadísticas

Alpha de Cronbach, varianza, desviación estándar, rango, tablas y gráficos de frecuencia.

LOGÍSTICA

RECURSOS HUMANOS

Médico residente de cuarto año de la especialidad de imagenología diagnóstica y terapéutica Dra. Ana María Hernández Rodríguez.

Asesor experto: Dr. Jovanny Zempoalteca Mendoza.

Asesor metodológico: Dr. Antonio Alonso Collantes Gutiérrez.

RECURSOS MATERIALES

- Ecógrafo de gabinete Samsung con transductor lineal de alta resolución multifrecuencia.
- Gel para ultrasonido, no graso e hidrosoluble.
- Sala de ultrasonido
- Toalla interdoblada (Sanitas) y toallas húmedas.
- Laptop y mouse
- Hojas blancas
- Impresora

RECURSOS FINANCIEROS

Los propios del investigador y con apoyo de los recursos financieros y materiales del Hospital Universitario de Puebla BUAP.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Grafica de Gantt

Año	2022							2023											
Actividad a realizar por mes	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
Recolección de información	■	■	■	■	■														
Redacción y revisión de protocolo						■	■	■	■										
Entrega de protocolo										■									
Realización de estudio										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis de datos																			■
Elaboración de tesis																			■
Presentación tesis																			■

ASPECTOS ÉTICOS

Esta investigación mantiene consideraciones éticas, las cuales la declaración de Helsinki con última asamblea en octubre del 2013 y la Ley general de salud de los estados unidos mexicanos son el eje principal. Además, se encuentra dentro del reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud.

La declaración de Helsinki de la AMM propone principios éticos para la investigación médica en seres humanos, incluida la investigación del material humano y de la información identificable. Se respetan los principios generales propuestos y se enfatiza en que esta investigación protege la vida, la salud, dignidad, integridad, derecho a la libre determinación, privacidad y confidencialidad de la información personal de los sujetos de investigación. De igual forma los principios del consentimiento informado son contemplados y empleados en los participantes.

La privacidad de la información de los participantes se salvaguarda según la Ley federal de protección de datos personales en posesión de los particulares, la cual en su capítulo II, artículo 8 establece que todos los datos personales estarán sujetos al consentimiento de su titular, salvo las excepciones previas por la esta ley. La información se mantendrá confidencial y será manejada por la investigadora y los asesores de esta investigación.

El Comité Local De Investigación será el encargado de realizar una evaluación independiente y aprobar este protocolo de estudio, cumpliendo con lo establecido por la norma NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.

En base al Reglamento De La Ley General De Salud En Materia De investigación Para La Salud con última reforma publicada el 02.04.2014, este estudio se apega al título primero, los capítulos I y II del título segundo, capítulo III del título cuarto y título quinto.

TITULO SEGUNDO, CAPITULO I. Disposiciones comunes

- Artículo 13.- En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberán prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar.
- Artículo 14.- La Investigación que se realice en seres humanos deberá desarrollarse conforme a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, prevalecer siempre las probabilidades de los beneficiados esperados sobre los riesgos predecibles, etc.

TITULO SEGUNDO, CAPITULO II. De la Investigación en Comunidades

- Artículo 28.- En las investigaciones en comunidades, el investigador principal deberá obtener la aprobación de las autoridades de salud y otras autoridades civiles de la comunidad a estudiar, además de obtener la carta de consentimiento informado de los individuos que se incluyan en el estudio, dándoles a conocer la información a que se refieren los artículos 21 y 22 de este Reglamento.

TITULO CUERTO, CAPITULO I. De la investigación con isótopos radiactivos y dispositivos y generadores de radiaciones ionizantes y electromagnéticas

- Artículo 89 Las investigaciones que impliquen el uso de isótopos radiactivos y dispositivos generadores de radiaciones ionizantes y electromagnéticas en seres humanos para fines médicos, deberán realizarse de conformidad con las leyes, reglamentos y demás disposiciones jurídicas aplicables.
- Artículo 92 El personal involucrado directa o indirectamente en las investigaciones a que se refiere este Capítulo, deberá estar adecuadamente informado por la persona responsable de la seguridad

radiológica, sobre los riesgos a la salud que representan las dosis de radiación a las que se expone, así como conocer los principios básicos de protección radiológica.

Respecto al consentimiento informado se realizan las recomendaciones del Código de Nuremberg que establece las normas éticas sobre experimentos con seres humanos.

RESULTADOS

Fueron analizados 30 pacientes sanos, en los cuáles se encontraron los siguientes resultados:

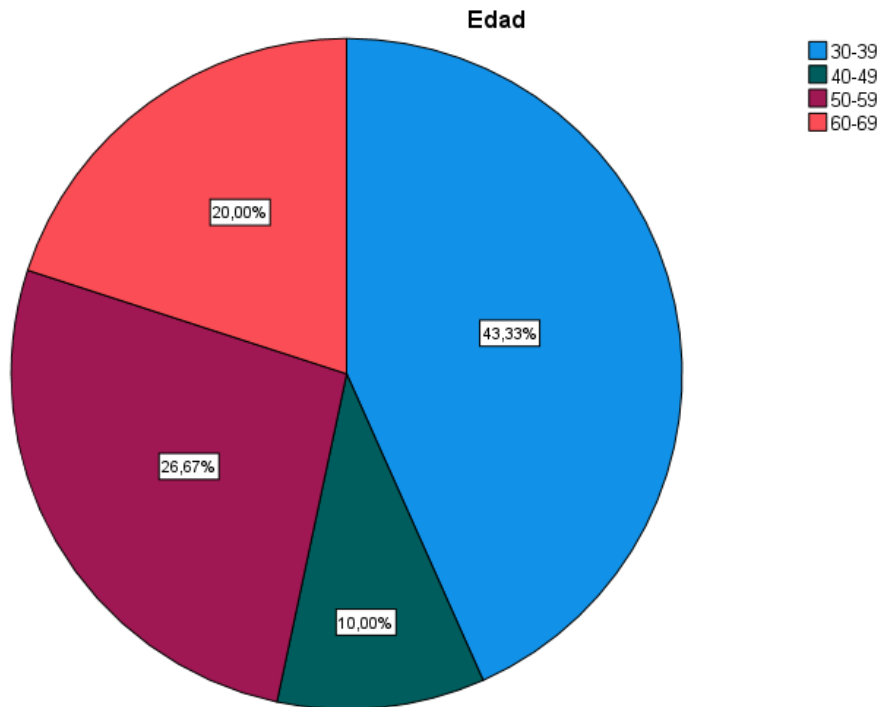
El 43% tienen entre 30 y 39 años, 26.7% entre 50 a 59 años, 20% 60 a 69 años y 10% 40 a 49 años. El 40% fueron hombres y 60% mujeres.

Tabla 1.

Edad		
	N	%
30-39	13	43,3%
40-49	3	10,0%
50-59	8	26,7%
60-69	6	20,0%

Fuente: Autoría propia (2023).

Gráfica 1



Fuente: Autoría propia (2023).

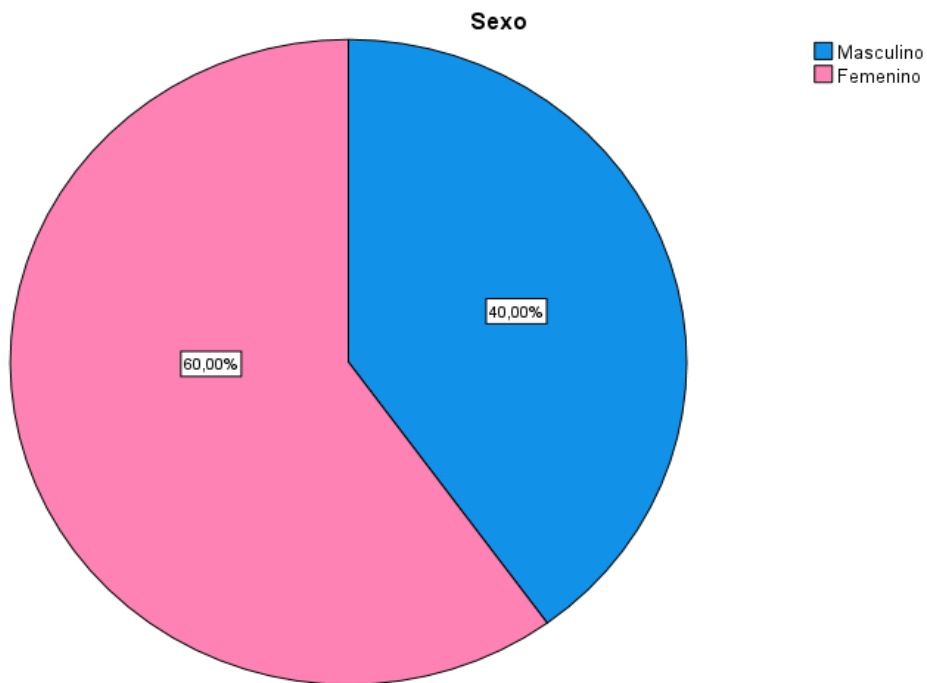
Tabla 2

Sexo

	N	%
Masculino	12	40,0%
Femenino	18	60,0%

Fuente: Autoría propia (2023).

: Gráfica 2



Fuente: Autoría propia (2023).

En el índice de resistencia baja en el ojo derecho, se obtuvo una media de .6680, una desviación estándar de .04909, varianza de .002, rango .15, rango mínimo .60 y rango máximo .75.

En el índice de resistencia baja en el ojo izquierdo, se obtuvo una media de .6793, desviación estándar 0.4234, varianza .002, rango .15, rango mínimo .60, rango máximo .75.

En el índice de pulsatilidad del ojo derecho, se obtuvo una media de 1.023, con una desviación estándar de .1695, una varianza de 0.29, rango .7, rango mínimo de .7 y rango máximo de 1.4.

En el índice de pulsatilidad del ojo izquierdo, hubo una media de 1.0463, con desviación estándar de .16976, varianza de .029, rango .75, rango mínimo de .80 y rango máximo de 1.55.

Tabla 3

	Índice de resistencia OJO DERECHO	Índice de resistencia OJO IZQUIERDO	Índice de pulsatilidad OJO DERECHO	Índice de pulsatilidad OJO IZQUIERDO
Media	,6680	,6793	1,023	1,0463
Desv. Desviación	,04909	,04234	,1695	,16976
Varianza	,002	,002	,029	,029
Rango	,15	,15	,7	,75
Mínimo	,60	,60	,7	,80
Máximo	,75	,75	1,4	1,55

Fuente: Autoría propia (2023).

En la velocidad pico sistólica del ojo derecho, la media fue de 11.7693, desviación de 3.24742, varianza de 10.546, rango de 16.90, rango mínimo de 7.70 y rango máximo de 24.60.

En la velocidad pico sistólica del ojo izquierdo, se obtuvo una media de 11.250, desviación de 2.3831, varianza de 5.679, rango de 11.2, rango mínimo de 6.1 y rango máximo de 17.3.

En la velocidad al final de la diástole del ojo derecho, una media 4,043, desviación de 1,1732, varianza de 1.376, rango de 11.2, rango mínimo de 6.1 y rango máximo de 17.3.

En la velocidad al final de la diástole del ojo izquierdo, hubo una media de 3.830, desviación de .9692, varianza de .939, rango de 4.3, rango mínimo de 1.9 y rango máximo de 6.2.

Tabla 4

	Velocidad pico sistólica OJO DERECHO	Velocidad pico sistólica OJO IZQUIERDO	Velocidad al final de la diástole OJO DERECHO	Velocidad al final de la diástole OJO IZQUIERDO
Media	11,7693	11,250	4,043	3,830
Desv. Desviación	3,24742	2,3831	1,1732	,9692
Varianza	10,546	5,679	1,376	,939
Rango	16,90	11,2	4,3	4,3
Mínimo	7,70	6,1	1,7	1,9
Máximo	24,60	17,3	6,0	6,2

Fuente: Autoría propia (2023).

Por otra parte, en los resultados de los pacientes enfermos, se observó lo siguiente:

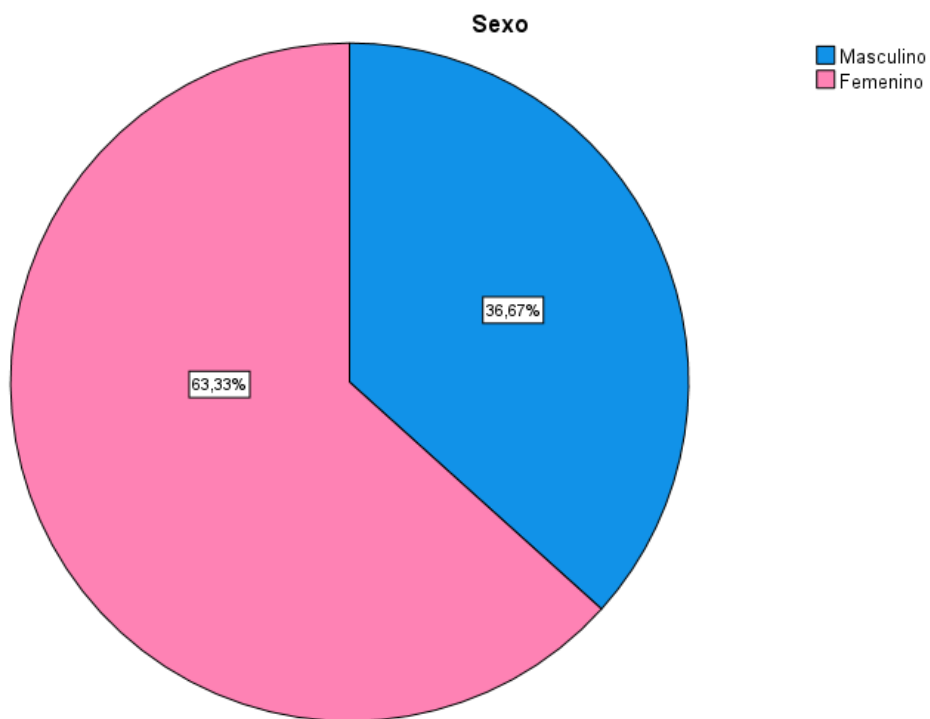
Fueron analizados 30 pacientes, de los cuáles el 36.7% fueron de sexo masculino y 63.3% de sexo femenino.

Tabla 5

Sexo		
	N	%
Masculino	11	36,7%
Femenino	19	63,3%

Fuente: Autoría propia (2023).

Gráfica 3



Fuente: Autoría propia (2023).

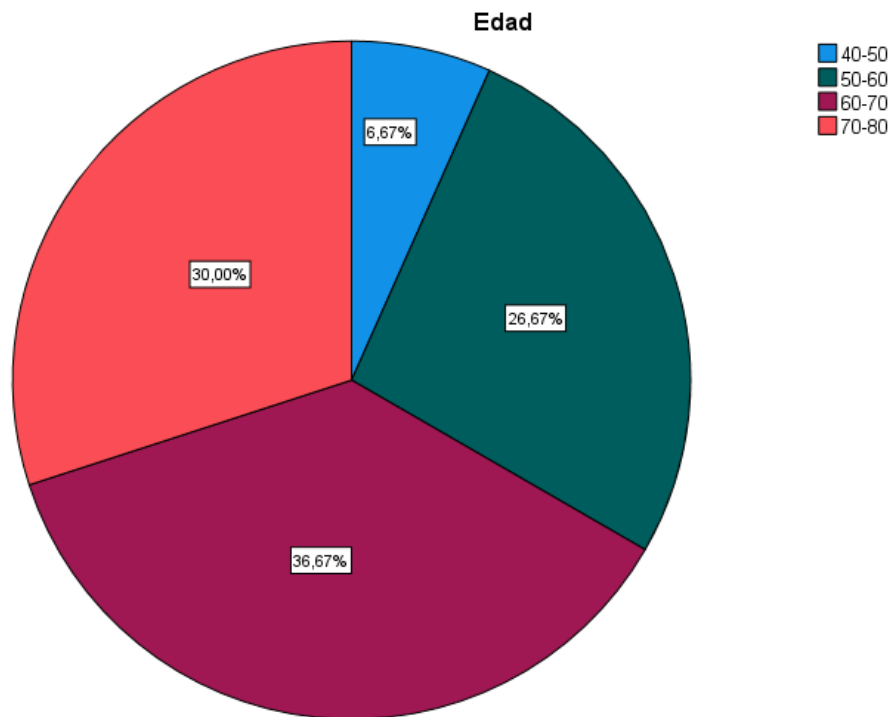
Respecto a las edades, el 6.7% tiene de 40 a 50 años, 26.7% de 50 a 60 años, 30% de 70 a 80 años y 36.7% de 60 a 70 años.

Tabla 6

Edad		
	N	%
40-50	2	6,7%
50-60	8	26,7%
60-70	11	36,7%
70-80	9	30,0%

Fuente: Autoría propia (2023).

: Gráfica 4



Fuente: Autoría propia (2023).

En los estadísticos descriptivos de las características de los pacientes enfermos, se observó lo siguiente:

En el índice de resistencia alta del ojo derecho, el rango mínimo fue de .76 y el rango máximo de .97, la media de .8860, desviación estándar de .06479 y una varianza de .004.

En el índice de resistencia alta del ojo izquierdo, se obtuvo un rango mínimo de .76, rango máximo de .96, media de .8803, desviación estándar de .05592 y varianza de .003.

En el índice de pulsatilidad del ojo derecho se obtuvo un rango mínimo de 1.2, rango máximo de 2.1, media de 1.607, desviación estándar de .1780, y varianza de .032.

En la velocidad pico sistólica del ojo derecho, un rango mínimo de 12, rango máximo de 47.0, media de 36.233, desviación estándar de 7.8195 y varianza de 61.145.

En la velocidad pico sistólica del ojo izquierdo hubo un rango mínimo de 21.9, rango máximo de 44.8, media de 36.153, desviación estándar de 6.6634 y varianza de 44.401.

En la velocidad al final de diástole del ojo derecho se obtuvo un rango mínimo de 3.3, rango máximo de 17.3, media de 11.183, desviación estándar de 3.2475, y varianza de 10.546.

En la velocidad al final de la diástole del ojo izquierdo, un rango mínimo de 4.5, rango máximo de 19.8, media 10.010, desviación estándar de 3.6509 y varianza de 13.329.

Respecto al tiempo de evolución de la diabetes mellitus tipo 2 en estos pacientes, hubo un rango mínimo de 5, rango máximo de 50, media de 22.90, desviación estándar de 10.324 y varianza de 106.576.

Tabla 7**Estadísticos descriptivos**

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Índice de resistencia (alta) OJO DERECHO	,76	,97	,8860	,06479	,004
Índice de resistencia (alta) OJO IZQUIERDO	,76	,96	,8803	,05592	,003
Índice de pulsatilidad OJO DERECHO	1,2	2,1	1,607	,1837	,034
Índice de pulsatilidad OJO IZQUIERDO	1,0	1,9	1,607	,1780	,032
Velocidad pico sistólica OJO DERECHO	12,0	47,0	36,233	7,8195	61,145
Velocidad pico sistólica OJO IZQUIERDO	21,8	44,8	36,153	6,6634	44,401
Velocidad al final de la diástole OJO DERECHO	3,3	17,3	11,183	3,2475	10,546
Velocidad al final de la diástole OJO IZQUIERDO	4,5	19,8	10,010	3,6509	13,329
Tiempo de evolución de la diabetes mellitus tipo 2	5	50	22,90	10,324	106,576

Fuente: Autoría propia (2023).

En la correlación de los resultados de los pacientes, se obtuvo lo siguiente:

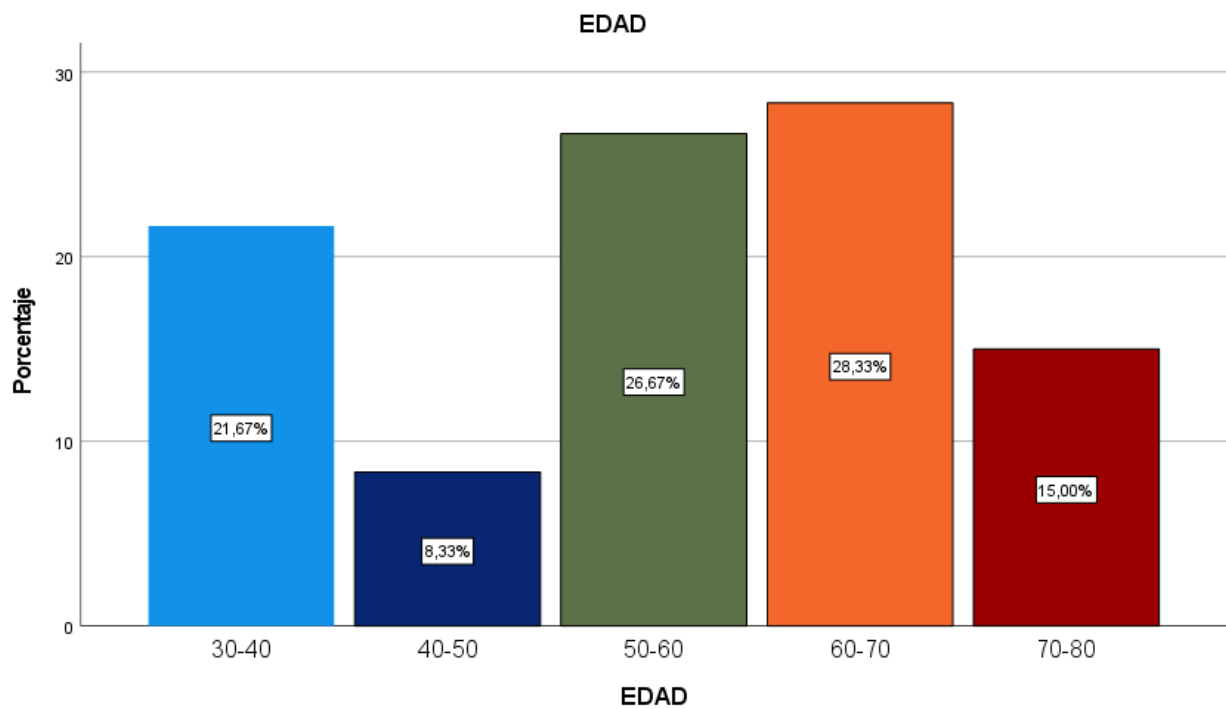
Se analizaron en total 60 pacientes de los cuáles: el 8.3% tiene de 40 a 50 años, el 15% de 70 a 80 años, el 21.7% de 30 a 40 años, el 26.7% de 50 a 60 años, el 28.3% de 60 a 70 años.

Tabla 8

EDAD		
	N	%
30-40	13	21,7%
40-50	5	8,3%
50-60	16	26,7%
60-70	17	28,3%
70-80	9	15,0%

Fuente: Autoría propia (2023).

: Gráfica 5



Fuente: Autoría propia (2023).

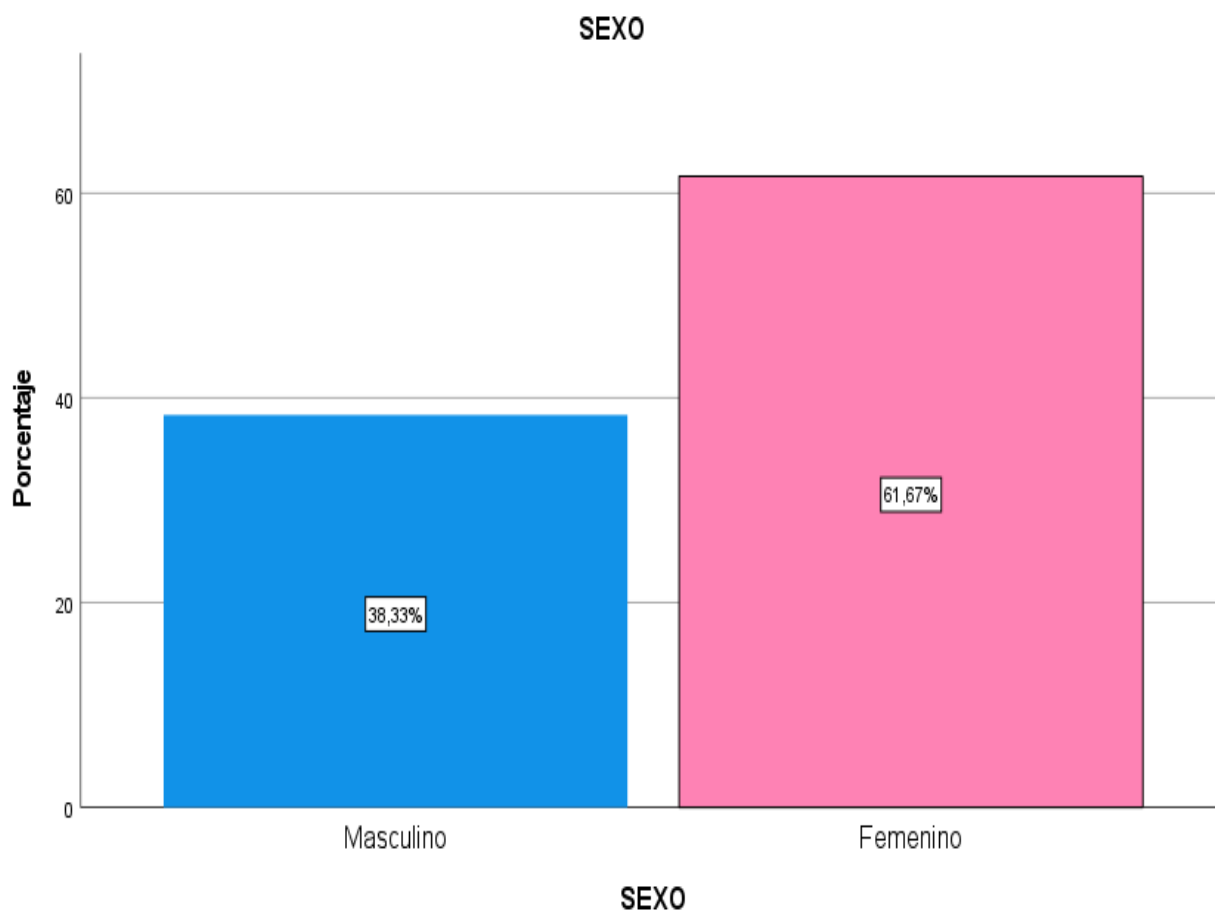
Respecto al sexo, el 38.3% fueron de sexo masculino y el 61.7% de sexo femenino.

Tabla 9

SEXO		
	N	%
Masculino	23	38,3%
Femenino	37	61,7%

Fuente: Autoría propia (2023).

: Gráfica 6



Fuente: Autoría propia (2023).

Por otra parte, en la tabla cruzada, para determinar la frecuencia de la retinopatía diabética proliferativa por sexo y edad, se observó que, respecto a la edad, existe un mayor riesgo en los pacientes de 60 a 70 años, seguidos de los 70-80 años y de 50-60 años, con mayor probabilidad de desarrollar la enfermedad.

Tabla 10

Tabla cruzada

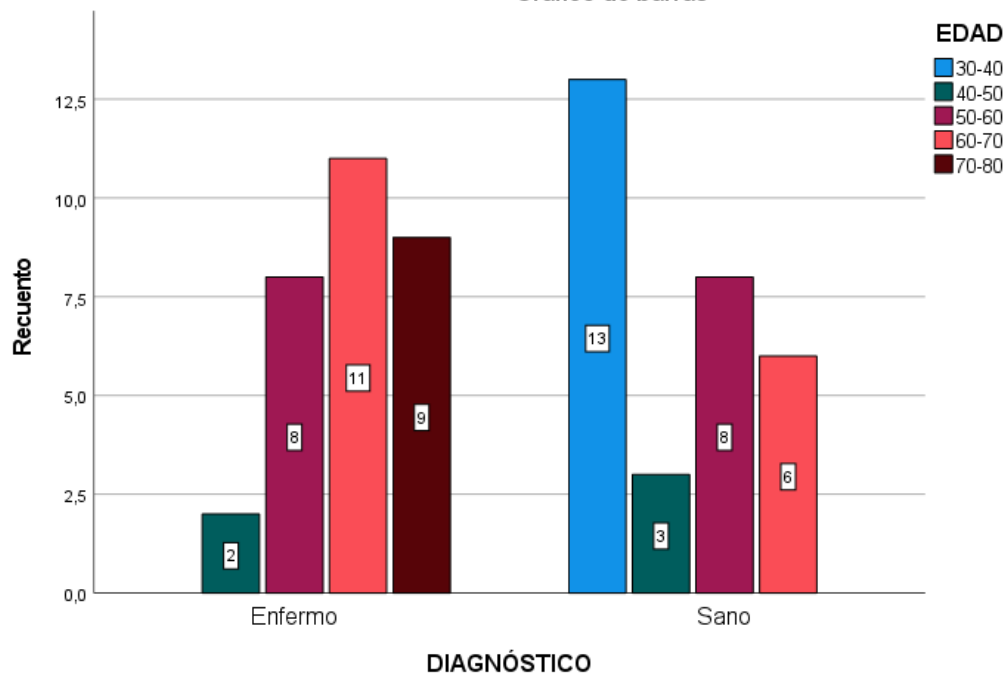
Recuento

		EDAD					Total
		30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	
DIAGNÓSTICO	Enfermo	0	2	8	11	9	30
	Sano	13	3	8	6	0	30
Total		13	5	16	17	9	60

Fuente: Autoría propia (2023).

: Gráfica 7

Gráfico de barras



Fuente: Autoría propia (2023).

En cuanto al sexo del paciente, existe un mayor índice de probabilidad en las mujeres con 19 pacientes, que en los hombres 11 pacientes.

Tabla 11

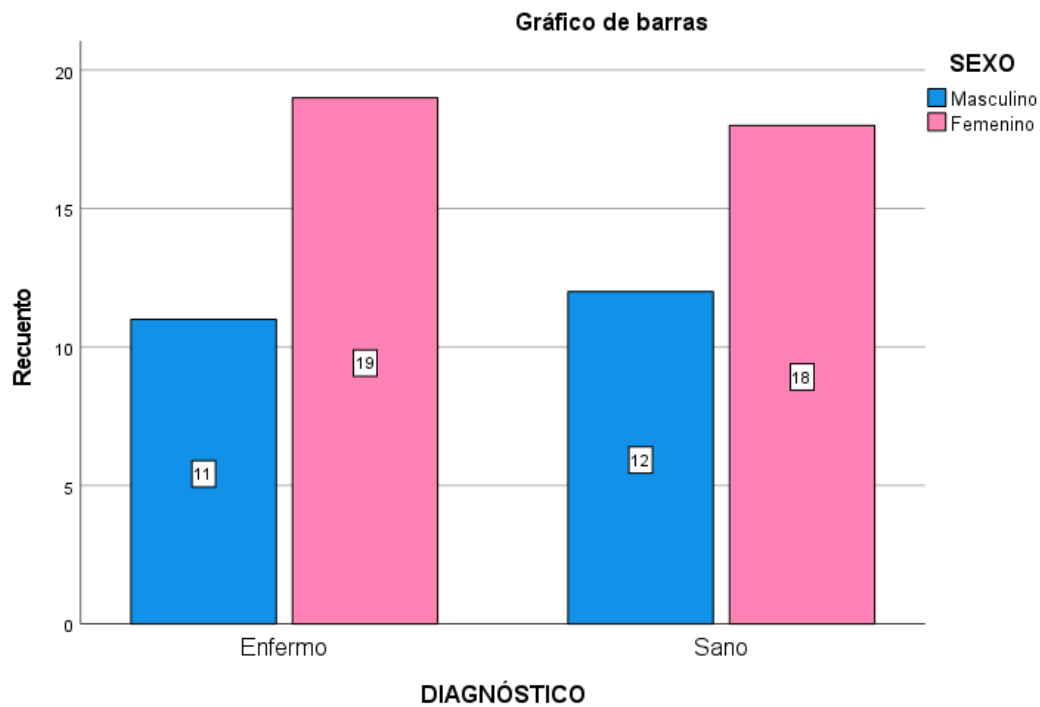
Tabla cruzada

Recuento

		SEXO		Total
		Masculino	Femenino	
DIAGNÓSTICO	Enfermo	11	19	30
	Sano	12	18	30
Total		23	37	60

Fuente: Autoría propia (2023).

: Gráfica 8



Fuente: Autoría propia (2023).

Por último, respecto a la validación del estudio con alfa de Cronbach en pacientes enfermos, obtuvo un resultado de .485, que, considerando las variables, cantidad de pacientes, es un resultado óptimo, que determina el estudio es confiable.

Tabla 12

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.485	9

Fuente: Autoría propia. (2023).

DISCUSIÓN

Solis y colaboradores (2018) determinaron que la arteria oftálmica tiene una velocidad pico sistólica de $37.5 \text{ cm/s} \pm 8$, así como una velocidad al final de la diástole de $10.5 \text{ cm/s} \pm 3$. Por otra parte, Ruíz et al. (2021) obtuvo en la arteria oftálmica valores de $45.3 \pm 10.5 \text{ cm/s}$ y una velocidad al final de la diástole de $11.8 \pm 4.3 \text{ cm/s}$ e índice de resistencia de 0.74 ± 0.07 . Mientras que en el presente estudio se observó en la arteria oftálmica una media de la VPS en pacientes normales de 11.7 cm/s y una desviación estándar 3.24, determinando rangos de 7.7 a 24.60 cm/s . En los estudios de Solís (2018) y el presente estudio se observaron bajos índices de resistencia y pulsatilidad, mientras que Ruíz (2021) menciona índices de resistencia altos.

Sanguil LI. et al (2012) concluye que los pacientes que presentaban retinopatía diabética proliferativa tenían aumento del IR pero la VDF se encontró dentro parámetros de normalidad en la arteria oftálmica, que a diferencia de nuestro estudio, la velocidad diastólica final se observo aumentada al igual que el índice de resistencia.

Rivera (2022) comparó resultados de 100 pacientes enfermos, en donde en la velocidad pico sistólica y en la velocidad al final de la diástole, obtuvo valores bajos, mientras que el índice de resistencia y el índice de pulsatilidad se elevaron. El índice de resistencia obtuvo una media de 1.02 en ojo derecho y 1.05 en ojo izquierdo. Mientras que el índice de pulsatilidad fue de 2.61 en ojo derecho y 2.80 en ojo izquierdo. En los resultados obtenidos en este estudio, se analizaron 30 pacientes enfermos, con velocidad pico sistólica aumentada y el índice de

resistencia con una media de 0.88, rango mínimo de 0.76 y rango máximo de 0.96. Lo que determina que en ambos estudios los índices de resistencia se elevaron.

Se analizaron 60 resultados de pacientes de los cuales el 50% fueron diagnosticados como sanos y el otro 50% como enfermos. En ambos grupos de pacientes se analizaron valores diagnósticos del índice de resistencia, índice de pulsatilidad, velocidad diástole y velocidad pico sistólica de la arteria oftálmica y arteria central de la retina, respecto a la retinopatía diabética proliferativa, donde se pudo determinar que a mayor índice de resistencia y velocidad pico sistólica, se determina en los pacientes una mayor probabilidad de desarrollar la enfermedad.

La sensibilidad del diagnóstico se comprobó a través de la alpha de Cronbach, con un puntaje de 0.485, que determinan no hubo falsos negativos ni falsos positivos, por ende, los resultados son confiables y enfocados en la evolución del paciente.

La especificidad diagnóstica se compara con los resultados obtenidos en pacientes enfermos, que, respecto a otras investigaciones, determinaron mayores probabilidades de padecer una retinopatía proliferativa en los pacientes diabéticos tipo 2, sobre todo en pacientes femeninas de 50 a 80 años de edad.

CONCLUSIÓN

Los rangos diagnósticos de los pacientes para determinar retinopatía diabética proliferativa de la arteria oftálmica, por medio de ultrasonido Doppler son de 0.76 a 0.97. En los índices de pulsatilidad se obtuvieron rangos de 1.2 a 2.1. En la velocidad pico sistólica valores en rango de 21.8 cm/s a 44.8 cm/s. En la velocidad al final de la diástole los rangos fueron de 4.5 cm/s a 19.8 cm/s.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragoncillo, I., & Caldés, S. (2023). Ecografía Doppler en el Acceso Vascular. *Sociedad Española de Nefrología*, 24(1), 139–148.
- Belden, C. J., Abbitt, P. L., & Beadles, K. A. (1995). Color Doppler US of the Orbit1. *Radiographics*, 15, 589–608.
- Bueno García, R. A., Mira, X., & Flores, V. (2021, September 16). *Retinopatía Diabética En Mexico*.
- Cáceres del Carpio, J. H., Cañote Flores, R., Montes Alvis, J., Pacheco Barrios, K., Quiroz Cerna, D., Luján Donayre, V. C., Reátegui-Escalante, G., Escobedo-Arriola, R. R., García-Rodríguez, P. M., Chacón-Rosello, E., Chahua-Torres, J. Y., Honorio-Morales, H. A., Touzett-Valera, A. M., Shimabuku-Ysa, H. E., Chávez-Rimache, L., Taype-Rondan, A., & Timaná-Ruiz, R. (2020). Diagnóstico y tratamiento de la retinopatía diabética y edema macular diabético: guía de práctica clínica del Seguro Social de Salud del Perú (EsSalud). *Anales de La Facultad de Medicina*, 81(1).
<https://doi.org/10.15381/anales.v81i1.17792>
- Dávila, F., Barros, L. A., Reynolds, J., Lewis, A. J., & Mogollón, I. R. (2017). El ultrasonido: desde el murciélago hasta la cardiología no invasiva. *Revista Colombiana de Cardiología*, 24(2), 191–195.
<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2016.05.010>
- Elsayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Gibbons, C. H., Giurini, J. M., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Leon, J., Lyons, S. K., Perry, M. Lou, Prahalad, P., Pratley, R. E., ... Gabbay, R. A. (2023). Retinopathy, Neuropathy, and Foot Care: Standards of Care in Diabetes—2023. *Diabetes Care*, 46, S203–S215. <https://doi.org/10.2337/dc23-S012>

- Elsayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., Collins, B. S., Hilliard, M. E., Isaacs, D., Johnson, E. L., Kahan, S., Khunti, K., Kosiborod, M., Leon, J., Lyons, S. K., Murdock, L., Perry, M. Lou, Prahalad, P., Pratley, R. E., ... Gabbay, R. A. (2023). 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2023. *Diabetes Care*, 46, S19–S40. <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>
- Eshaq, R. S., Aldalati, A. M. Z., Alexander, J. S., & Harris, N. R. (2017). Diabetic retinopathy: Breaking the barrier. In *Pathophysiology* (Vol. 24, Issue 4, pp. 229–241). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2017.07.001>
- Esposito, R. A., Rosati, A., Mannino, G., & Scuderi, G. (2018). Ultrabiomicroscopy Anterior Segment Evaluation of Ocular Contusive Trauma Caused by Pressurized Bottled Drink Caps: A Case Report. *Case Reports in Ophthalmology*, 9(2), 365–368. <https://doi.org/10.1159/000492107>
- García, A. B. (2017). Actualización breve en diabetes para médicos de atención primaria. *Revista Española Sanid Penit*, 19, 57–65.
- González Gutiérrez, A., García Mora, A., Hernández González, M., & González Romero, J. L. (2013). Características clínicas de la retinopatía diabética en pacientes enviados al Servicio de Oftalmología. *Revista de Medicina e Investigación*, 1(2), 68–73. www.elsevier.es
- Karolczak-Kulesza, M., Rudyk, M., & Niestrata-Ortiz, M. (2018). Recommendations for ultrasound examination in ophthalmology. Part II: Orbital ultrasound. *Journal of Ultrasonography*, 18(75), 349–354. <https://doi.org/10.15557/JoU.2018.0051>
- Kosmala, J., Grabska-Liberek, I., & Stanislovas Ašoklis, R. (2018). Recommendations for ultrasound examination in ophthalmology. Part I: Ultrabiomicroscopic examination. *Journal of Ultrasonography*, 18(75), 344–348. <https://doi.org/10.15557/JoU.2018.0050>

- López Gálvez, M., & Ríos, A. P. (2019). Descripción de la retinopatía diabética. Clasificación. *Diabetes Práctica*, 10, 1–24.
<https://doi.org/10.26322/2013.7923.1505400496.03>
- Madyaret, D., Carbelo, Á., Leidelén, D., Sosa, E., & Rodríguez González, C. (2019). Historia y desarrollo del ultrasonido en la Imagenología. *Acta Médica Del Centro*, 13, 601–615.
- Mannino, G., Abdolrahimzadeh, B., Calafiore, S., Anselmi, G., Mannino, C., & Lambiase, A. (2016). A review of the role of ultrasound biomicroscopy in glaucoma associated with rare diseases of the anterior segment. In *Clinical Ophthalmology* (Vol. 10, pp. 1453–1459). Dove Medical Press Ltd.
<https://doi.org/10.2147/OPHTH.S112166>
- Mendivil, A., Cuartero, V., & Mendivil, M. P. (1995). Ocular blood flow velocities in patients with proliferative diabetic retinopathy and healthy volunteers: A prospective study. *British Journal of Ophthalmology*, 79(5), 413–416.
<https://doi.org/10.1136/bjo.79.5.413>
- Modrzejewska, M. (2019). Guidelines for ultrasound examination in ophthalmology. Part iii: Color doppler ultrasonography. *Journal of Ultrasonography*, 19(77), 128–136. <https://doi.org/10.15557/JoU.2019.0019>
- Muñoz de Escalona-Rojas, J. E., Quereda-Castañeda, A., & García-García, O. (2016). Actualización de la retinopatía diabética para médicos de atención primaria: Hacia una mejora de la medicina telemática. *Semergen*, 42(3), 172–176. <https://doi.org/10.1016/j.semereg.2015.06.006>
- Paola Paolinelli, G. (2013). Physical principles and clinical indications for doppler ultrasound. *Revista Medica Clinica Las Condes*, 24(1), 139–148.
[https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(13\)70139-1](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(13)70139-1)
- Peñata Ruiz, N. (2013). Ultrasonido ocular y orbitario con Doppler color. Anatomía normal y aspectos técnicos. *Anales de Radiología México*, 2, 70–73.

- Rendón Cerón, R. (2022). *Hallazgos en ultrasonido Doppler oftálmico en pacientes diabéticos con diagnóstico de retinopatía proliferativa y sin retinopatía en el hospital universitario de Puebla*. Hospital Universitario de Puebla BUAP.
- Rivera, C., & Campos, K. (2017). Diabetes mellitus el reto futuro en el presente. *Aten Fam*, 24(4), 143–144.
- Rivera Escobio, J., Solís Alfonso, L., Juan Finlay, C., & Habana, L. (2022). Hallazgos por ecografía Doppler arterial oftálmico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Revista Cubana de Oftalmología*, 35(4), 1–13.
<https://orcid.org/0000-0001-6329-4657>
- Romero Aroca, P., & Barrot, J. (2015). *Guía de prevención y tratamiento de las complicaciones de la retinopatía diabética*. Bayer Hispania.
- Ruiz-Ares, G., Fuentes, B., Rodríguez-Pardo de Donlebún, J., Alonso de Leciñana, M., Gutiérrez-Zúñiga, R., Rigual, R., & Díez-Tejedor, E. (2021). Usefulness of orbital colour Doppler ultrasound in vascular-related monocular vision loss. *Vascular Medicine (United Kingdom)*, 26(3), 302–309.
<https://doi.org/10.1177/1358863X21993214>
- Sánchez, L., Dellamea, M., Hurtado, J. F., Zunino, J., Togni, F., & Sosa, M. (2016). *Ecografía y Doppler oftálmicos*. 9(3), 88–97.
- Sánchez Torres, L., Roman Soler, A., & Duran Feliubadaló, C. (2014). Propuesta de protocolo para la ecografía ocular. *Imagen Diagnostica*, 5(2), 44–48.
<https://doi.org/10.1016/j.imadi.2014.04.001>
- Sanguil, P., Castillo, A., Arellano, P., Leon, C., & Mena, G. (2012). Spectral doppler central artery of the retina and ophthalmic artery in patients with diabetic diagnosis retinopathy. Preliminary prospective study of cases and controls. *Revista de La Federación Ecuatoriana de Radiología*, 5, 32–35.
- Solís Alfonso, L., & Mata Ramírez, M. (2018). EcoDoppler orbitario y valores de referencia del flujo sanguíneo arterial en una población cubana. *Revista Cubana de Oftalmología*, 31(3), 1–10.

- Tenorio, G., & Ramírez Sánchez, V. (2010a). Retinopatía diabética; conceptos actuales. *Rev Med Hosp Gen Mex*, 73(3), 193–201. www.elsevier.es
- Tenorio, G., & Ramírez Sánchez, V. (2010b). Retinopatía diabética; conceptos actuales. In *Rev Med Hosp Gen Mex* (Vol. 73, Issue 3). www.elsevier.es
- Vargas Ávila, A. J., Sojo Padilla, J. R., & Campos Bonilla, D. (2022). Retinopatía diabética. *Revista Medica Sinergia*, 7(1), e750. <https://doi.org/10.31434/rms.v7i1.750>
- Vázquez Reyes, J. M., Millán-Hernández, M., Ramírez Terán, O. A., Fernández Saldívar, F., Cortés Algara, A., González Ramírez, P. A., & Rodríguez Molina, V. M. (2020). El ultrasonido, de la cabecera del paciente al aula. *Revista de La Facultad de Medicina*, 63(1), 48–55. <https://doi.org/10.22201/fm.24484865e.2020.63.1.08>
- Verdugo Unigarro, Á. D., Tobar Marcillo, M. A., Martín Biasotti, E. F., Padilla Pérez, L. A., & Ortiz Gallegos, J. E. (2021). Normal values of flow velocity and resistance index of the ophthalmic, the central retinal, and the short posterior ciliary arteries by color Doppler ultrasound in Mexican population. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 95(1), 8–14. <https://doi.org/10.24875/RMO.M20000141>
- Vivas-Giraldo, J. P., & Bravo-Acosta, J. D. (2021). Characterization of diabetic retinopathy in a screening program in Medellín, Colombia, in 2018. *Revista Mexicana de Oftalmología*, 95(3), 118–123. <https://doi.org/10.24875/RMO.M21000169>

ANEXOS

ANEXO 1. Carta de consentimiento informado

Carta de consentimiento informado

Yo, _____, de _____ años, el día ____ mes _____ del año _____, en pleno goce de mis capacidades, declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio titulado “Utilidad diagnóstica del ultrasonido Doppler oftálmico para retinopatía proliferativa en pacientes diabéticos en el Hospital Universitario de Puebla”

Se me ha explicado que el estudio consiste en la exploración oftálmica por medio de ultrasonido con transductor lineal y uso de gel conductor neutro.

Que los riesgos y posibles molestias que representa participar en el estudio son reacción alérgica al gel conductor neuro, presentando eritema en la zona de aplicación, prurito, edema de tejidos blandos, dolor y sensación de punzadas, presencia de pápulas o hasta urticaria en casos de reacción alérgica extrema.

Es de mi conocimiento que estoy en libertad de abandonar el estudio cuando así lo considere adecuado. Que ni el abandono, ni la participación en el estudio influirán en mi relación profesional con los investigadores responsables; que estoy en libertad de solicitar información adicional acerca de los riesgos y beneficios, así como los resultados derivados de mi participación en este estudio.

Fecha _____

Nombre del participante o familiar autorizado

Dirección: _____

Firma _____

Testigo (Nombre, firma y parentesco)

Dirección: _____

Firma _____

Esta parte debe ser completada por el investigador (o su representante)

He explicado detalladamente al Sr(a) _____
_____ la finalidad de la investigación, así como el procedimiento paso a paso que se le realizara; además se explica los posibles riesgos que dicho procedimiento puede condicionar.

Acepto que soy conocedora de la normatividad correspondiente para la realización de investigación con seres humanos y sigo sus lineamientos.

Se realiza sesión de preguntas con respuestas claras y directas, haciendo hincapié que todo quede claro para el paciente y así posterior firmar el presente documento.

Fecha: _____

Investigador: Dra. Ana María Hernández Rodríguez

Firma del investigador(a) _____



BUAP

**BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE PUEBLA
SUBDIRECCION DE ENSEÑANZA, INVESTIGACION Y CAPACITACION EN SALUD**

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

Por este medio la Subdirección de Enseñanza, Investigación y Capacitación en Salud del Hospital Universitario de Puebla, para la evaluación de la tesis de la alumna **Ana María Hernández Rodríguez** manifiesta que después de haber revisado su tesis: **“Utilidad diagnóstica del ultrasonido Doppler oftálmico para retinopatía proliferativa en pacientes diabéticos en el Hospital Universitario de Puebla”** desarrollada bajo la dirección de la **Dr. Jovanny Zempoalteca Mendoza** y asesoramiento metodológico del **Dr. Alonso Antonio Collantes Gutiérrez**, el trabajo se **ACEPTA** para proceder a su impresión.

Al cumplir con este último requisito, usted será considerado candidata a obtener el Diploma de la Especialidad en: **Imagenología diagnóstica y terapéutica.**

Emite su voto aprobatorio:



Atentamente
“Pensar bien, para vivir mejor”
H. Puebla de Z., a 12 de enero del 2024

Dr. Fernando Navarro Tovar
Subdirector de Enseñanza, Investigación y Capacitación en Salud
Hospital Universitario de Puebla