

## Glaucoma primario de ángulo abierto y factores de riesgo aterosclerótico: hallazgos por eco-Doppler orbitario

Primary open angle glaucoma and atherosclerotic risk factors: orbital echo-Doppler findings

Lesly Solís Alfonso<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6329-4657>

Francisco Y. Fumero González<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5300-2216>

Ibraín Piloto Díaz<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6321-4810>

<sup>1</sup>Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”. La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [leslysa@infomed.sld.cu](mailto:leslysa@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar los hallazgos por eco-Doppler orbitario en pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto según factores de riesgo aterosclerótico.

**Métodos:** Se realizó un estudio observacional descriptivo y transversal en 300 órbitas de 150 pacientes con diagnóstico de glaucoma primario de ángulo abierto. A todos los casos se les realizó tonometría de contorno dinámico y tomografía de coherencia óptica. Se identificaron mediante interrogatorio y por el laboratorio clínico los factores de riesgo aterosclerótico: hipertensión arterial, tabaquismo, diabetes mellitus tipo 2, dislipidemia, obesidad y consumo excesivo de alcohol. Se les realizó ultrasonido orbitario y Doppler carotídeo, y solo en caso de resultar normales se procedió a evaluar mediante eco-Doppler las arterias oftálmica, central de la retina y ciliares posteriores temporales.

**Resultados:** La edad media de los sujetos estudiados fue de 62,3 años. El 55,3 % correspondió al sexo femenino y el 47,3 % al color blanco de la piel. El número de factores de riesgo mostró una correlación lineal moderada, positiva y significativa con el índice de resistencia, mientras que con las velocidades dicha correlación resultó ser negativa. Todos los factores de riesgo expresaron efectos dañinos sobre la hemodinámica del flujo ocular, la presión intraocular y el

grosor de las capas de fibras neuroretinianas temporales. Tras ajustar para la edad, esta negativa influencia continuó siendo relevante en la mayoría de los casos.

**Conclusiones:** Los aspectos vasculares del glaucoma deben integrarse a la práctica clínica de esta afección, lo que ayudará a que el enfoque sea más completo, y redundará en un mejor pronóstico de la enfermedad.

**Palabras clave:** Ultrasonido Doppler orbitario; Doppler oftálmico; glaucoma primario de ángulo abierto; factores de riesgo aterosclerótico; factores de riesgo vascular.

## ABSTRACT

**Objective:** Determine the orbital echo-Doppler findings in patients with primary open angle glaucoma according to atherosclerotic risk factors.

**Methods:** A cross-sectional observational descriptive study was conducted of 300 orbits of 150 patients diagnosed with primary open angle glaucoma. All the cases underwent dynamic contour tonometry and optical coherence tomography. Interrogation and clinical laboratory testing led to identification of the following atherosclerotic risk factors: arterial hypertension, smoking, diabetes mellitus type 2, dyslipidemia, obesity and excessive alcohol consumption. Orbital and carotid Doppler ultrasounds were performed, and only if they were normal they would be followed by echo-Doppler evaluation of the ophthalmic, central retinal and posterior temporal ciliary arteries.

**Results:** Mean age of the study subjects was 62.3 years. 55.3% were female and 47.3% had white skin. The number of risk factors showed a moderate, positive and significant linear correlation with the resistive index, and a negative correlation with the velocities. All the risk factors expressed harmful effects on ocular flow hemodynamics, intraocular pressure and the thickness of temporal neuroretinal fibers. After adjusting for age, this negative influence continued to be relevant in most cases.

**Conclusions:** The vascular aspects of glaucoma should be incorporated into the clinical management of this condition. This will make the approach more thorough and help achieve a better diagnosis.

**Key words:** Orbital Doppler ultrasound; ophthalmic Doppler; primary open angle glaucoma; atherosclerotic risk factors; vascular risk factors.

Recibido: 06/08/2020

Aceptado: 30/10/2020

## Introducción

La perfusión del nervio óptico se encuentra directamente relacionada con la circulación retrobulbar, y esta última es fácilmente accesible al estudio ultrasonográfico, lo que convierte a la ecografía Doppler en una herramienta potencial para la valoración de los cambios de flujo presentes en el glaucoma.<sup>(1,2)</sup>

El glaucoma es una condición crónica, considerada la segunda causa de ceguera en el mundo, solo precedida por la catarata, pero cuando se habla de ceguera irreversible pasa a ocupar el primer puesto. Su variante más común es el glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA), el cual representa las 2/3 partes de todos los casos.<sup>(3,4)</sup>

En la aparición y progresión de esta neuropatía, el papel de los factores de riesgo (FR) aterosclerótico: hipertensión arterial (HTA), diabetes mellitus (DM) tipo 2, tabaquismo, dislipidemia, obesidad y consumo excesivo de alcohol, ha sido muy debatido y los resultados alcanzados no son concluyentes; sin embargo, en Cuba se han publicado muy pocos artículos científicos al respecto,<sup>(3,4,5,6)</sup> y ninguno de ellos lo aborda mediante el empleo del eco-Doppler orbitario.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se decidió realizar esta investigación, con el propósito de determinar los hallazgos por eco-Doppler orbitario en pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto según factores de riesgo aterosclerótico.

## Métodos

Se realizó un estudio observacional descriptivo y transversal en 300 órbitas de 150 pacientes, procedentes del Servicio de Glaucoma del Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer", en el período comprendido entre septiembre 2016 y diciembre 2017. Se incluyeron todos los casos mayores de 40 años con diagnóstico reciente de GPAA, que dieron el consentimiento informado para la participación en esta investigación. Se excluyeron aquellos que presentaron antecedentes personales de migraña, historia familiar de GPAA, comorbilidades oculares (miopía, catarata, hemorragia discal, retinopatía o maculopatías), cirugía ocular previa, o lesiones esteno-oclusivas en las carótidas.

Inicialmente, a través de la anamnesis, a la totalidad de los pacientes se les recogió los datos generales: edad, sexo y color de la piel, así como los antecedentes patológicos personales de HTA, DM tipo 2, tabaquismo, dislipidemia, obesidad y consumo excesivo de alcohol. Seguidamente fueron sometidos a un examen oftalmológico completo que permitió el diagnóstico de GPAA, el cual incluyó: biomicroscopia de segmento anterior, fundoscopia, gonioscopia, tonometría, análisis estructural del nervio óptico y de la capa de fibras neuroretinianas (CFNR) mediante *Spectralis OCT (Heidelberg Engineering, Alemania)* y el estudio funcional del nervio óptico y la CFNR por campimetría visual estándar mediante Octopus 101.

Para completar los datos requeridos, a estos casos se les realizó además determinación de peso y talla mediante una báscula de plataforma para adulto, a partir de lo cual se calculó el índice de masa corporal ( $IMC = \text{peso}/\text{talla}^2$ ), que se usó para definir la presencia o ausencia de obesidad, y exámenes de laboratorio clínicos consistentes en la cuantificación sanguínea de colesterol y triglicéridos. Estos análisis se hicieron en el propio centro, empleando un espectrofotómetro VS-850.

Posteriormente, los pacientes fueron enviados al Departamento de Imagenología de la institución, donde se les efectuó un ultrasonido Doppler color del sector carotídeo, que permitió descartar la presencia de lesiones esteno-oclusivas, y una ecografía orbitaria en modo B para demostrar la indemnidad del globo ocular y del resto de las estructuras orbitarias. Solo en caso de resultar dichos exámenes negativos se procedió a evaluar la vasculatura arterial retrobulbar con eco-Doppler.

Todos los ultrasonidos fueron practicados por el mismo operador, empleando para esto un equipo marca Aloka modelo Prosound SSD- α5, con un transductor lineal multifrecuencial de 7,5 a 13 MHz. Estos exámenes se realizaron en una habitación oscura, con el paciente en decúbito supino sobre la camilla. Para la exploración ecográfica de las órbitas en modo B, el transductor lineal se colocó sobre el párpado superior cerrado, con previa aplicación de abundante gel de contacto sobre su superficie o directamente sobre el párpado, sin presionar para evitar colapsar la cámara anterior. En caso de usar lentes de contacto se indicó retirarlos.<sup>(1,2)</sup>

Finalmente, se procedió a la introducción del modo Doppler color, para la evaluación de las arterias: oftálmica (AO), central de la retina (ACR) y ciliares posteriores temporales (ACPT). Igualmente, se aplicó la sonda sobre el ojo, sin ejercer presión, para no influir negativamente por efecto mecánico en los vasos sanguíneos, y se indicó a los pacientes mantener los ojos cerrados, mirando al frente y tan inmóviles como fuera posible.<sup>(1,2)</sup> La duración de dicha exploración osciló entre 10 y 20 minutos. Las variables hemodinámicas recogidas fueron: velocidad pico sistólico (VPS), velocidad final de la diástole (VFD) e índice de resistencia (IR).

De manera sistemática se hicieron dos determinaciones en cada uno de los vasos estudiados. De evidenciar ausencia de disparidad entre ambas mediciones se escogió la de mejor calidad. En caso contrario, se efectuó una tercera medición, seleccionando la mediana o la media, de no existir una clara

mediana. En todo momento, si alguna determinación no tuvo la calidad suficiente se desechó.

Para caracterizar a los pacientes estudiados se emplearon las estadísticas descriptivas: distribución de frecuencia y cálculo de porcentaje en variables cualitativas, así como de la media aritmética, y la desviación estándar en las variables cuantitativas.

Con el propósito de relacionar los valores de los parámetros hemodinámicos, obtenidos en cada arteria orbitaria examinada, con el número de FR aterosclerótico, se usó la correlación lineal de Pearson, con un nivel de significación del 95 % ( $p < 0,05$ ).

Para relacionar los valores de las variables oftalmológicas: presión intraocular (PIO) y grosor de la CFNR, con los valores hemodinámicos en las 3 arterias orbitarias exploradas, también se utilizó la correlación lineal de Pearson, con igual nivel de significación.

Por último, con la intención de evaluar el efecto de cada FR aterosclerótico sobre los parámetros hemodinámicos, la PIO y el grosor de la CFNR, se ajustaron modelos lineales, removiendo en todos los casos el efecto de la edad como variable de control. La totalidad de los análisis previamente descritos se realizaron para ambos ojos en conjunto.

## Resultados

Se estudiaron 300 órbitas correspondientes a 150 pacientes con diagnóstico reciente de glaucoma primario de ángulo abierto, donde la edad mínima fue de 40 años y la máxima de 86, con una media de 62,3 años y una mediana de 63. Además, se observó un predominio del sexo femenino del 55,3 %, mientras que prevaleció el color negro de la piel, con el 47,3 %.

En la tabla 1 se exponen los valores hemodinámicos medios del flujo sanguíneo en cada una de las arterias orbitarias examinadas, las cuales fueron identificadas en el 100 % de los sujetos investigados. Resulta notorio que con el avance de la edad el IR tiende al incremento, en tanto la VPS y la VFD disminuyen.

**Tabla 1 -Valores hemodinámicos según grupos de edades**

Grupos de edades		Oftálmica			Central de la retina			Ciliares posteriores*		
		VPS	VFD	IR	VPS	VFD	IR	VPS	VFD	IR
41 – 50 (22)	M	32,5	8,8	0,76	9,1	2,8	0,72	10,1	5,3	0,68
	DE	± 8,1	± 3,0	± 0,1	± 2,1	± 1,7	± 0,1	± 2,9	± 2,0	± 0,1
51 – 60 (38)	M	32,1	8,7	0,78	8,9	2,7	0,72	9,7	5,1	0,69
	DE	± 7,9	± 2,9	± 0,1	± 2,9	± 1,1	± 0,1	± 2,5	± 1,9	± 0,1
61 – 70 (50)	M	31,7	8,5	0,80	8,5	2,6	0,73	9,5	5,0	0,69
	DE	± 9,0	± 3,0	± 0,1	± 2,7	± 1,5	± 0,1	± 2,7	± 1,8	± 0,1
71 y más (40)	M	31,1	8,4	0,81	8,1	2,5	0,74	9,1	4,9	0,70
	DE	± 8,0	± 3,1	± 0,1	± 2,3	± 1,1	± 0,1	± 2,5	± 2,1	± 0,1
Total (150)	M	31,8	8,6	0,79	8,65	2,65	0,73	9,6	5,1	0,69
	DE	± 8,2	± 3,0	± 0,1	± 2,5	± 1,35	± 0,1	± 2,65	± 1,95	± 0,1
Valor normal <sup>2</sup>	M	37,5	10,5	0,74	10,1	3,7	0,72	11,1	6,1	0,68
	DE	± 8,0	± 3,0	± 0,1	± 1,9	± 1,8	± 0,1	± 2,5	± 1,9	± 0,1

\*Temporales; M: media; DE: desviación estándar; VPS (cm/s): velocidad pico sistólica; VFD (cm/s): velocidad final de la diástole; IR: índice de resistencia.

Los valores hemodinámicos en función del sexo, así como el color de la piel, no evidenciaron discrepancias relevantes. La hipertensión constituyó el FR predominante, pues las dos terceras partes de los casos fueron hipertensos y manifestaron los mismos IR superiores al de los no hipertensos. En orden de frecuencia le siguió el tabaquismo, presente en apenas un 1/3 de los pacientes. De igual modo, en el grupo de los fumadores los IR resultaron ser más altos con respecto a los no fumadores. El resto de los FR mostró un patrón vascular similar.

El análisis de las velocidades en relación con los FR aterosclerótico reflejó en la totalidad de los casos valores medios más bajos en los pacientes enfermos, tanto para la VPS como para la VFD. Por otra parte, se demostró una moderada

correlación lineal positiva y significativa entre el número de FR ateroesclerótico y el IR en todas las arterias examinadas, por lo que –en la medida que estén presentes más factores– aumentará el IR en estos vasos. Las velocidades sistólicas y diastólicas también se correlacionaron de forma relevante con la cantidad de factores, pero de modo inverso (Tabla 2).

**Tabla 2 -** Correlación lineal de Pearson entre el número de FR ateroesclerótico y el valor de los parámetros velocimétricos

No. de FR		Oftálmica			Central de la retina			Ciliares posteriores*		
		VPS	VFD	IR	VPS	VFD	IR	VPS	VFD	IR
1 factor	M	32,9	8,9	0,75	9,3	2,8	0,70	10,3	5,3	0,67
	DE	± 8,0	± 3,0	± 0,1	± 2,0	± 1,5	± 0,1	± 2,7	± 1,9	± 0,1
2 factores	M	32,1	8,7	0,76	8,9	2,7	0,71	9,9	5,1	0,68
	DE	± 8,0	± 2,9	± 0,1	± 2,7	± 1,7	± 0,1	± 2,3	± 1,9	± 0,1
3 factores	M	31,8	8,5	0,78	8,5	2,6	0,72	9,7	5,0	0,69
	DE	± 7,0	± 3,0	± 0,1	± 2,1	± 1,1	± 0,1	± 2,9	± 2,0	± 0,1
4 factores	M	31,5	8,4	0,79	8,1	2,5	0,73	9,5	4,9	0,69
	DE	± 9,0	± 3,1	± 0,1	± 2,7	± 1,1	± 0,1	± 2,3	± 2,1	± 0,1
5 factores	M	30,9	8,0	0,80	7,8	2,4	0,74	9,0	4,8	0,70
	DE	± 8,1	± 3,0	± 0,1	± 2,9	± 1,3	± 0,1	± 2,6	± 1,9	± 0,1
Correlación		- 0,376	- 0,301	0,501	- 0,470	- 0,455	0,511	- 0,371	- 0,491	0,457
<i>p</i>		< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,01	< 0,01

\*Temporales; M: media; DE: desviación estándar; VPS (cm/s): velocidad pico sistólica; VFD (cm/s): velocidad final de la diástole; IR: índice de resistencia.

Igualmente se evidenció una moderada correlación lineal positiva y significativa entre la PIO y el IR, así como entre las velocidades y el grosor de la CFNR temporales. Esto significa que cuanto mayor sea la PIO, más elevada será la resistencia vascular en dichas arterias, y que a medida que decrezcan las velocidades del flujo sanguíneo orbitario, se reducirá el espesor de la capa de fibras neuroretinianas. Asimismo, se constató una moderada correlación lineal relevante, pero negativa, entre el IR y el grosor de la CFNR temporales, y entre la PIO y las velocidades, por lo que cuando aumenta la resistencia vascular, disminuye el grosor de la capa de fibras neuroretinianas; mientras que si se



incrementa la PIO, caen las velocidades sistólicas y diastólicas de estos vasos (Tabla 3).

**Tabla 3** - Correlación lineal de Pearson entre los parámetros hemodinámicos y las variables oftalmológicas: presión intraocular y grosor de la capa de fibras neuroretinianas

N: 150		PIO	Grosor CFTS	Grosor CFTI
VPS AO	Correlación Pearson	-0,366	0,361	0,396
	<i>P</i>	< 0,05	< 0,05	< 0,01
VPS ACR	Correlación Pearson	-0,411	0,407	0,470
	<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01
VPS ACPT	Correlación Pearson	-0,321	0,331	0,373
	<i>P</i>	< 0,05	< 0,05	< 0,01
VFD AO	Correlación Pearson	-0,305	0,309	0,321
	<i>P</i>	< 0,05	< 0,05	< 0,05
VFD ACR	Correlación Pearson	-0,413	0,417	0,475
	<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01
VFD ACPT	Correlación Pearson	0,323	0,335	0,362
	<i>P</i>	< 0,05	< 0,05	< 0,05
IR AO	Correlación Pearson	0,503	-0,513	-0,551
	<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01
IR ACR	Correlación Pearson	0,511	-0,521	-0,562
	<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01
IR ACPT	Correlación Pearson	0,499	-0,493	-0,501
	<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01

VPS (cm/s): velocidad pico sistólica; VFD (cm/s): velocidad final de la diástole; IR: índice de resistencia; AO: arteria oftálmica; ACR: arteria central de la retina; ACPT: arterias ciliares posteriores temporales; PIO (mmHg): presión intraocular; CFTS ( $\mu$ m): capa de fibras temporal superior; CFTI ( $\mu$ m): capa de fibras temporal inferior.

En todos los vasos explorados, se confirmó que los sujetos hipertensos presentaron mayores IR y velocidades más bajas, en comparación con los no hipertensos. Al mismo tiempo, fue el grupo de pacientes con hipertensión el que exhibió la PIO media más alta y el menor grosor promedio de CFNR. Por otro lado, son llamativos los valores que ostentan las frecuencias relacionadas con el efecto de esta enfermedad sobre las variables analizadas, lo que indica que luego de controlarlas para la edad, la hipertensión aún ejerce una

influencia relevante sobre el flujo arterial orbitario y el grosor de la capa de fibras nerviosas de la retina, aunque dicho efecto resultó despreciable para la VFD en la AO. En el caso de la PIO no se llegó a alcanzar la significación estadística (Tabla 4).

**Tabla 4** - Efecto de la hipertensión sobre los parámetros hemodinámicos, la presión intraocular y el grosor de la capa de fibras neuroretinianas temporales

Variables dependientes	HTA	Media	IC 95 %		Efecto	
			Inferior	Superior	F	p
VPS AO (cm/s)	No	32,5	24,5	40,3	3,983	0,048
	Sí	30,9	22,8	38,9		
VPS ACR (cm/s)	No	9,0	6,9	11,0	4,969	0,028
	Sí	8,0	5,7	10,3		
VPS ACPT (cm/s)	No	10,1	7,8	12,4	5,799	0,017
	Sí	9,0	6,9	11,0		
VFD AO (cm/s)	No	8,9	6,0	11,9	2,025	0,157
	Sí	8,3	5,6	11,1		
VFD ACR (cm/s)	No	2,9	1,8	4,0	6,562	0,012
	Sí	2,4	1,1	3,7		
VFD ACPT (cm/s)	No	5,3	3,3	7,3	4,531	0,035
	Sí	4,8	2,7	6,8		
IR AO	No	0,76	0,65	0,86	9,887	0,002
	Sí	0,79	0,69	0,88		
IR ACR	No	0,72	0,61	0,82	6,003	0,016
	Sí	0,75	0,66	0,85		
IR ACPT	No	0,67	0,57	0,77	5,797	0,017
	Sí	0,70	0,60	0,80		
PIO (mmHg)	No	24,1	23,9	24,5	3,750	0,055
	Sí	26,5	26,0	26,9		
Grosor CFTS (µm)	No	117,3	107,6	127,1	3,995	0,049
	Sí	93,5	92,4	95,0		
Grosor CFTI (µm)	No	131,7	121,3	142,1	5,082	0,026
	Sí	90,0	84,0	96,7		

HTA: hipertensión arterial; F: frecuencia; IC: Intervalo de confianza; VPS (cm/s): velocidad pico sistólica; VFD (cm/s): velocidad final de la diástole; IR: índice de resistencia; AO: arteria oftálmica; ACR: arteria central de la retina; ACPT: arterias ciliares posteriores temporales; PIO (mmHg): presión intraocular; CFTS (µm): capa de fibras temporales superiores; CFTI (µm): capa de fibras temporales inferiores.

Los fumadores también mostraron velocidades y grosor medio de CFNR inferiores a los que no practican este hábito tóxico, en tanto el IR y la PIO promedio fueron superiores con respecto a los no fumadores. A diferencia de la HTA, después de ajustar para la edad, no permaneció significativo el efecto del tabaquismo sobre el grosor de la CFNR del sector temporal superior, pero sí mantuvo una influencia notable sobre la PIO. Además, el efecto hemodinámico residual fue igualmente importante, con excepción del ejercido sobre la VPS y la VFD de la arteria oftálmica (Tabla 5).

**Tabla 5 - Efecto del tabaquismo sobre los parámetros hemodinámicos, la presión intraocular y el grosor de la capa de fibras neuroretinianas temporales**

Variables dependientes	Tabaco	Media	IC 95 %		Efecto	
			Inferior	Superior	F	p
VPS AO (cm/s)	No	32,3	24,5	40,2	2,478	0,118
	Sí	31,1	23,0	39,1		
VPS ACR (cm/s)	No	9,1	6,9	11,4	4,970	0,028
	Sí	8,1	5,9	10,1		
VPS ACPT (cm/s)	No	10,0	7,9	12,1	5,102	0,027
	Sí	9,2	6,8	11,5		
VFD AO (cm/s)	No	8,9	5,9	11,9	1,414	0,237
	Sí	8,4	5,3	11,4		
VFD ACR (cm/s)	No	2,8	1,6	4,1	5,998	0,016
	Sí	2,5	1,2	3,7		
VFD ACPT (cm/s)	No	5,2	3,1	7,3	4,045	0,046
	Sí	4,8	2,8	6,6		
IR AO	No	0,76	0,65	0,86	7,366	0,008
	Sí	0,78	0,68	0,89		
IR ACR	No	0,72	0,61	0,82	5,079	0,026
	Sí	0,74	0,64	0,85		
IR ACPT	No	0,67	0,57	0,76	4,530	0,035
	Sí	0,69	0,59	0,79		
PIO (mmHg)	No	24,4	24,0	25,1	4,529	0,035
	Sí	28,8	27,2	30,5		
Grosor CFTS (µm)	No	103,3	102,1	104,7	2,065	0,153
	Sí	95,5	81,0	109,1		
Grosor CFTI (µm)	No	111,6	102,3	119,1	3,784	0,054
	Sí	87,1	72,1	100,7		

IC: Intervalo de confianza; F: frecuencias; VPS (cm/s): velocidad pico sistólica; VFD (cm/s): velocidad final de la diástole; IR: índice de resistencia; AO: arteria oftálmica; ACR: arteria central de la retina; ACPT: arterias ciliares posteriores temporales; PIO (mmHg): presión intraocular; CFTS ( $\mu\text{m}$ ): capa de fibras temporales superiores; CFTI ( $\mu\text{m}$ ): capa de fibras temporales inferiores.

Con la dislipidemia ocurrió algo similar a los dos factores de riesgo aterosclerótico previamente analizados, pues los que padecen esta enfermedad presentaron velocidades más bajas y menor grosor de CFNR, así como mayores IR y PIO. Tras remover el efecto de la edad, esta condición mantuvo una influencia relevante sobre las tres variables oftalmológicas estudiadas, y sobre cinco de los nueve parámetros hemodinámicos investigados.

En el grupo de los diabéticos se detectaron los mayores valores medios de IR y PIO, así como las menores cifras promedio de velocidad y grosor de CFNR. De igual modo, y luego de controlar para la edad, el efecto vascular, tensional y neurorretiniano también resultó notorio. Solo la influencia de esta enfermedad sobre la VFD de las ACPT, y sobre la VPS y VFD de la AO, no fue significativa.

Los obesos presentaron IR y PIO medias más elevadas que los no obesos, mientras que tuvieron velocidades y grosor promedio de CFNR más bajos. Sin embargo, después de ajustar para la edad, la influencia de esta afección sobre el flujo sanguíneo solo fue significativa en tres de los nueve parámetros evaluados; no obstante, conservó un importante efecto tensional y neurorretiniano.

El consumo excesivo de alcohol manifestó un comportamiento semejante al del resto de los factores expuestos, pero tras controlar para la edad, reveló un patrón, prácticamente idéntico al de la obesidad.

## Discusión

El Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” es un centro de subordinación nacional, por lo que recibe enfermos con GPAA de cualquier zona geográfica del país, lo que le confiere un valor adicional al presente trabajo.

Las capas superficiales del nervio óptico son irrigadas por la ACR, y las más profundas por las capas preliminares de la ciliar posterior. A su vez, ambas son ramas de la arteria oftálmica.<sup>(1)</sup> Justamente esta última es la que posee las velocidades y los IR más altos, por su mayor calibre y la proximidad de la arteria carótida interna, mientras que las dos restantes irrigan territorios vasculares de baja resistencia, por lo que estos parámetros hemodinámicos disminuyen sus valores.<sup>(2)</sup>

Independientemente de la heterogeneidad de los trabajos revisados en relación con la marca del ecógrafo empleado, así como la experiencia de los operadores, el tipo y diseño de los estudios, el tamaño muestral, el origen étnico de los casos investigados, el número de vasos y el tipo de parámetros evaluados, la gran mayoría plantea que en la forma crónica del glaucoma las arterias orbitarias evidencian ecográficamente disminución en la velocidad del flujo e incremento de la resistencia vascular.<sup>(1,7,8,9,10)</sup> Esto indica peor perfusión ocular en pacientes con enfermedad glaucomatosa. Sin embargo, los autores discrepan al afirmar en qué parámetros hemodinámicos y en cuáles vasos retrobulbares dichos cambios alcanzan significación estadística.

Los hallazgos del presente trabajo confirman las alteraciones ultrasonográficas antes expuestas, a pesar de que solo se incluyeron pacientes con diagnóstico reciente de esta afección. No obstante, esto no garantiza que todos estuvieran en igualdad de condiciones con respecto al tiempo de evolución, rapidez de progresión de la enfermedad, magnitud del daño estructural glaucomatoso y/o de los cambios hemodinámicos retrobulbares.

La ecografía Doppler de los vasos orbitarios está influenciada por una serie de aspectos dependientes de la propia técnica y de tipo anatómico, los cuales pueden afectar la reproducibilidad de esta. El ángulo formado entre la sonda Doppler y el vector del flujo sanguíneo en el vaso se denomina ángulo “q”. El cálculo de la velocidad del flujo es dependiente del coseno de este ángulo. Esta dependencia hace necesario mantener el ángulo “q” entre 40° y 60° pues, de lo

contrario, los resultados no serían reproducibles ni válidos. Sin embargo, el IR que refleja la resistencia del lecho vascular situado distalmente al punto de insonación, no está directamente influido por el ángulo “q”.<sup>(11)</sup>

En los vasos de mediano y de gran calibre, la ecografía Doppler permite valorar la pared arterial y el tipo de placa aterosclerótica presente, a la vez que brinda información sobre las características del flujo. Pero en los pequeños, como los orbitarios, únicamente se pueden obtener datos sobre el flujo de forma indirecta, porque ni siquiera es posible medir el radio del vaso.<sup>(11)</sup> Además, el menor calibre dificulta aislarlos, de manera que pueda conseguirse un registro individual de cada uno de ellos, lo que especialmente sucede en las ACPT. En adición, muchos tienen un curso intraorbitario diferente al del haz de ultrasonido, lo que obliga a corregir el ángulo de insonación, pero en la práctica esto puede resultar muy difícil.<sup>(9)</sup>

En este sentido, la mayoría de los investigadores<sup>(9,11)</sup> afirma que el IR es el parámetro hemodinámico de mayor reproducibilidad, por ser el que menos se afecta por factores técnicos, y la AO es el vaso de mayor reproducibilidad, lo que se debe a su mayor calibre y largo trayecto.

El GPAA es una entidad cuya incidencia, prevalencia y progresión aumentan con el avance de la edad. Con el paso del tiempo se pierden células trabeculares, se compactan las lamelas uveales y corneoesclerales, se engruesan las membranas basales y las placas de material de desecho, y se cierran los espacios trabeculares por acúmulo de dicho material, lo que cambia la matriz extracelular y afecta el aparato de filtración.<sup>(12)</sup>

La PIO, el grosor de la CFNR y el coeficiente de salida del humor acuoso también se modifican con la edad, tanto en los enfermos de glaucoma como en los no enfermos.<sup>(13)</sup> Asimismo, la aterosclerosis es un proceso que acompaña al envejecimiento. Ocasiona progresiva esclerosis y rigidez del árbol vascular, con potencial afectación de cualquier territorio arterial, incluidas las órbitas,<sup>(2)</sup> lo

que podría favorecer el desarrollo del tipo de alteraciones hemodinámicas aquí descritas.

Al realizar el análisis en relación con el sexo, se encuentran opiniones no concordantes, y a pesar de que la mayoría de los artículos revisados describen una frecuencia superior en los sujetos masculinos,<sup>(14)</sup> la evidencia científica aún no es suficiente para poder asegurarlo. En este sentido, los parámetros hemodinámicos aquí explorados no mostraron diferencias relevantes entre hombres y mujeres.

En Cuba, los estudios que toman en cuenta la etnicidad no suelen ser de mucho valor, porque el mestizaje es grande. No obstante, se ha reconocido que el color negro de la piel se asocia a mayor frecuencia y peor evolución del glaucoma primario de ángulo abierto.<sup>(15)</sup> El mecanismo no está bien identificado, pero podría ser a través de los FR ateroscleróticos, más comunes y agresivos en los afrodescendientes, lo que también impactaría sobre la vasculatura ocular. En la presente muestra de base hospitalaria, los valores hemodinámicos no exhibieron grandes discrepancias entre los distintos grupos de color de la piel; sin embargo, los enfermos de color negro y los mestizos presentaron velocidades sutilmente más bajas en los IR, algo más elevados en comparación con los blancos, lo que apoya el papel de esta característica demográfica como los FR para el glaucoma primario de ángulo abierto.

El análisis de los resultados hasta aquí expuestos prescindió de las pruebas de significación por dos razones. Primero, no hubo hipótesis para probar o contrastar. Segundo, la comparación de grupos exigiría que estos estuvieran balanceados con respecto a covariantes importantes, algo que es imposible en este estudio observacional.

La teoría acerca del mecanismo vascular isquémico en la etiopatogenia del GPAA,<sup>(16,17)</sup> como posible mediador del vínculo entre los FR aterosclerótico y el GPAA, fue el fundamento principal para realizar esta investigación. Atendiendo

a esta motivación, inicialmente se valoró la existencia o no de asociación entre el número de dichos factores y los parámetros hemodinámicos.

Los resultados obtenidos contribuyen a reforzar esta teoría, pues en la medida en que el paciente presentó más FR aterosclerótico, mayor fue la resistencia vascular, y menores las velocidades del flujo sanguíneo en las tres arterias orbitarias exploradas. Al mismo tiempo, la PIO y el grosor de la CFNR del sector temporal mostraron una moderada correlación lineal, positiva y significativa con el IR, y ocurrió algo similar con las velocidades, pero de forma inversa. A primera vista este es un hallazgo esperado, pues todos estos FR tienen efectos sinérgicos en el origen de las lesiones micro- y macrovasculares; sin embargo, cabe la posibilidad de que cada factor por separado se manifieste poco o con pobre intensidad, y esto implicaría menor riesgo que la presencia de un factor muy expresado. Por tanto, el tiempo de exposición a dichos factores tiene sin duda mucha importancia, así como la edad de los pacientes, la que adquiere gran relevancia si se tiene en cuenta que muchas enfermedades, como la HTA y la DM, poseen periodos subclínicos muy prolongados, y cuando se diagnostican pueden tener ya complicaciones vasculares.

Los FR vascular pueden afectar las fibras del nervio óptico por fallo en la autorregulación del flujo sanguíneo orbitario. En este sentido, toda combinación de factores que conduzca a la disminución de la presión de perfusión ocular incrementaría la probabilidad de aparición de GPAA y aceleraría la progresión de este.<sup>(10)</sup>

Por tanto, dichos FR aterosclerótico podrían representar fuentes comunes de variación para el GPAA y los cambios hemodinámicos referidos, lo que motivó que en el análisis subsiguiente se evaluara el efecto de cada factor por separado, removiendo en todos los casos el efecto de la edad como variable de control; pues indiscutiblemente el envejecimiento influye tanto en el GPAA como en la aterosclerosis y las alteraciones hemodinámicas.



La totalidad de los FR aterosclerótico estudiados mostraron efectos dañinos sobre la hemodinámica del flujo ocular, la PIO y el grosor de CFNR temporales. Tras ajustar para la edad, esta negativa influencia continuó siendo relevante en la mayoría de los casos, lo que también reafirma la importancia de la teoría vascular isquémica en la patogénesis del GPAA.

Por lo tanto, los aspectos vasculares del glaucoma (cambios hemodinámicos retrobulbares y FR aterosclerótico), se deben integrar a la práctica clínica de esta afección, lo que ayudará a que el enfoque sea más completo, y redundará en un mejor pronóstico de la enfermedad. No obstante, aún se necesitan otros estudios, para precisar el alcance de los parámetros ecográficos hemodinámicos en la detección temprana del GPAA, y monitorear la efectividad de los tratamientos.

## Referencias bibliográficas

1. Sánchez L, Dellamea M, Hurtado JF, Zunino MJ, Togni F, Sosa M. Ecografía y Doppler oftálmicos. *Oftalmol Clin Exp*. 2016 [acceso: 06/08/2020];9(3):88-97. Disponible en:  
<https://oftalmologos.org.ar/oce/files/original/14417475fcd41de5e1082c1c145ad84c.pdf>
2. Solís Alfonso L, Mata Ramírez M. Ecodoppler orbitario: valores de referencia del flujo sanguíneo arterial en población cubana. *Rev Cubana Oftalmol*. 2018;31(3):1-10. Disponible en:  
[http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v31n3/a02\\_678.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v31n3/a02_678.pdf)
3. Li W, Feng A, Solís Alfonso L, Fernández-Britto Rodríguez JE. Producción científica publicada por autores cubanos en los últimos 35 años sobre el glaucoma primario de ángulo abierto. *Rev Cubana Oftalmol*. 2017 [acceso: 06/08/2020];30(2):1-14. Disponible en:  
[http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v30n4/a08\\_526.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v30n4/a08_526.pdf)
4. Li W, Feng A, Solís Alfonso L, Fernández-Britto Rodríguez JE. Influencia del tabaquismo, hipertensión arterial y diabetes mellitus en las enfermedades

- oftalmológicas. Rev Cubana Oftalmol. 2017 [acceso: 06/08/2020];30(3):1-14. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v30n3/oft10317.pdf>
5. Li W, Feng A, Solís Alfonso L, Fernández-Britto Rodríguez JE. Análisis socioeconómico del glaucoma primario de ángulo abierto y factores de riesgo aterosclerótico. Rev Cubana Oftalmol. 2017 [acceso: 06/08/2020];30(4):1-12. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v30n4/a08\\_526.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/oft/v30n4/a08_526.pdf)
6. Piñó LR, Maciques JE, Muñoz ME, Puig ML. Asociación de la diabetes mellitus con el glaucoma crónico simple. Rev Cubana Endocrinol. 2013 [acceso: 06/08/2020];24(3):314-22. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-29532013000300007&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532013000300007&lng=es)
7. Abegao Pinto L, Willekens K, Van Keer K, Shibesh A, Molenberghs G, Vandewalle E, et al. Ocular blood flow in glaucoma - the Leuven Eye Study. Acta Ophthalmol. 2016 [acceso: 06/08/2020];94(6):592-8. Disponible en: <https://www.aoa.org/assets/documents/EBO/919-001ABEGAOPINTO-2016ActaOphthalmoliga-919.pdf>
8. Meng N, Liu J, Zang Y, Ma J, Li H, Qu Y. Color Doppler imaging analysis of retrobulbar blood flow velocities in diabetic patients without or with retinopathy: a meta-analysis. J Ultrasound Med. 2014 [acceso: 10/09/2020];33(8):1381-9. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/236910175\\_Color\\_Doppler\\_Imaging\\_Analysis\\_of\\_Retrobulbar\\_Blood\\_Flow\\_Velocities\\_in\\_Primary\\_Open-Angle\\_Glaucomatous\\_Eyes\\_A\\_Meta-Analysis](https://www.researchgate.net/publication/236910175_Color_Doppler_Imaging_Analysis_of_Retrobulbar_Blood_Flow_Velocities_in_Primary_Open-Angle_Glaucomatous_Eyes_A_Meta-Analysis)
9. Jiménez Aragón F. Ecografía Doppler oftálmica en el diagnóstico precoz del glaucoma [tesis doctoral]. Universidad de Zaragoza; 2013 [acceso: 10/09/2020]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>
10. Muñoz de Escalona Rojas JE. Análisis de los flujos vasculares en el glaucoma crónico simple y el glaucoma de tensión normal [tesis doctoral]. Universidad de Granada; 2014 [acceso: 10/09/2020]. Disponible en: <https://hera.ugr.es/tesisugr/22777957.pdf>

11. Montero Jaime M. Ecografía Doppler ocular y retinopatía diabética. Correlación entre el índice de resistencia y la severidad de la retinopatía [tesis doctoral]. Universidad Rovira I Virgili; 2013 [acceso: 10/09/2020]. Disponible en:  
<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/125665/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Alemán VTD, Hernández MG, Mesa EM, Alberto AB. La edad como factor asociado a progresión en pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto. ASCO. 2015 [acceso: 10/09/2020];33(26):68-72. Disponible en:  
<http://sociedadcanariadeoftalmologia.com/wp-content/revista/revista-26/26sco13.pdf>
13. Labrada R, Yunia H. Algunas consideraciones sobre la fisiopatología del glaucoma. Rev Cubana Oftalmol. 2007 [acceso: 10/09/2020];20(2):78-82. Disponible en:  
<http://scielo.sld.cu/scieloOrg/php/articleXML.php?pid=S0864-21762007000200018&lang=es>
14. Esquivel OC, Quirós AG. Glaucoma de ángulo abierto. Rev Méd Costa Rica Centroam. 2015 [acceso: 10/09/2020];72(615):447-53. Disponible en:  
<http://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2015/rmc152zo.pdf>
15. Salowe R, Salinas J, Farbman NH, Mohammed A, Warren JZ, Rhodes A, et al. Primary Open-Angle Glaucoma in Individuals of African Descent: A Review of Risk Factors. J Clin Exp Ophthalmol. 2015 [acceso: 20/09/2020];6(4):450-60. Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4671514/>
16. Ahmad SS. Controversies in the vascular theory of glaucomatous optic nerve degeneration. Taiw J Ophthalmol. 2016 [acceso: 20/09/2020];6(4):182-6. Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5525630/>
17. De Oliveira Pegurin Libório JL, Pinotti Ferreira Junior JP, De Azevedo Melo Uneda L, Baptista Rosalem Fraga B, De Freitas Valbon B. Correlation between cardiovascular parameters and glaucomatous changes in the optic

nerve in patients with low-output heart failure. Rev Bras Oftalmol. 2019 [acceso: 20/09/2020];78(2):122-6. Disponible en:

[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003472802019000200122&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003472802019000200122&script=sci_arttext&tlng=en)

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

### **Contribución de los autores**

*Lesly Solís Alfonso:* Conceptualización, investigación, administración del proyecto, validación, redacción, revisión y edición.

*Francisco Y. Fumero González:* Conceptualización, curación de datos, análisis formal, redacción borrador original.

*Ibraín Piloto Díaz:* Análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, redacción borrador original, redacción, revisión y edición.