

Análisis de la asimetría en el grosor de la capa RNFL mediante medidas de OCT Spectralis en pacientes sanos y con glaucoma

Francisco Rodríguez-Robles⁽¹⁾, Rafael Berenguer-Vidal⁽²⁾,
Oleksandr Kovalyk⁽¹⁾, **Rafael Verdú-Monedero**⁽¹⁾,
Juan Morales-Sánchez⁽¹⁾, Inmaculada Sellés-Navarro⁽³⁾

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena 30202, Spain

⁽²⁾Universidad Católica San Antonio, Murcia 30107, Spain

⁽³⁾Hospital General Universitario Reina Sofía, Murcia 30003, Spain



Universidad
Politécnica
de Cartagena



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA



HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO
REINA SOFÍA

**XXXVII Simposio Nacional de la
Unión Científica Internacional de Radio - URSI 2022**

1 Introducción

2 Materiales y Métodos

- Adquisición de imágenes
- Segmentación de la RNFL y cálculo del grosor
- Cálculo de la asimetría del grosor

3 Resultados

4 Conclusiones



1 Introducción

2 Materiales y Métodos

- Adquisición de imágenes
- Segmentación de la RNFL y cálculo del grosor
- Cálculo de la asimetría del grosor

3 Resultados

4 Conclusiones



Proyectos del Instituto de Salud Carlos III (plan nacional I+D)

- Subproyecto **AES2017-PI17/00771**
Extracción automática de características del nervio óptico de ambos ojos mediante procesamiento de imagen y reconocimiento de patrones para su integración en aplicación CAD de telemedicina
Universidad Politécnica de Cartagena.
- Subproyecto **AES2017-PI17-00821**
Desarrollo y evaluación de una aplicación de telemedicina para el análisis anatómico conjunto del nervio óptico de ambos ojos
Hospital Universitario Reina Sofía.

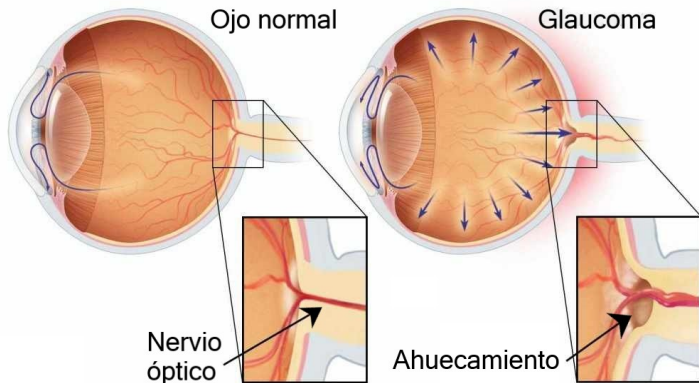


Glaucoma

- Glaucoma es una de las principales causas de **ceguera irreversible** en los países desarrollados.
- Actualmente es la segunda causa de ceguera en el mundo.
- El glaucoma es una enfermedad progresiva del nervio óptico, normalmente producida por una **elevada presión intraocular** debido a un drenaje inadecuado del fluido ocular.
- Clínicamente resulta en una pérdida **progresiva e irreversible** de **campo visual** que deriva en **ceguera**.



Glaucoma



Glaucoma

- El diagnóstico de glaucoma se basa principalmente en
 - la medición de la **presión intraocular** por medio de **tonometría**,
 - el examen del **campo visual** a través de **campimetría**,
 - la relación entre el diámetro de la copa y el disco óptico (**cup-to-disc ratio, CDR**) en **imágenes de fondo de ojo**,
 - y el **espesor** de la capa de fibras nerviosas de la retina (**RNFL**) en **tomografías de coherencia óptica (OCT)**.
- Recientemente se ha retomado la hipótesis basada en la **asimetría** entre los valores de características anatómicas del nervio óptico de **ambos ojos** como indicador en el diagnóstico precoz del glaucoma.
- Este trabajo propone como indicador la **diferencia absoluta relativa** en el **grosor RNFL** de ambos ojos.

1 Introducción

2 Materiales y Métodos

- Adquisición de imágenes
- Segmentación de la RNFL y cálculo del grosor
- Cálculo de la asimetría del grosor

3 Resultados

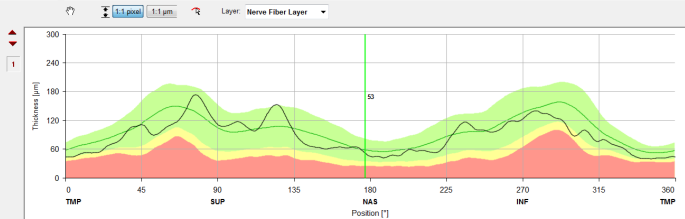
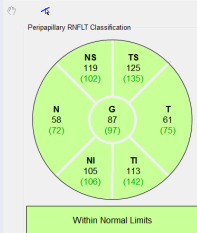
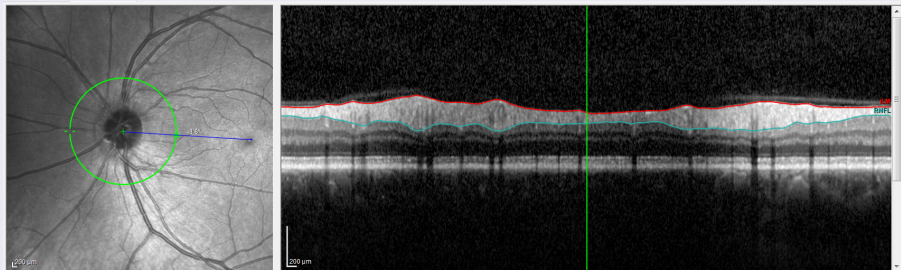
4 Conclusiones



Adquisición de imágenes

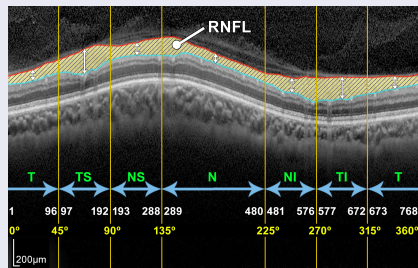
- *Servicio de Oftalmología* del Hospital General Universitario Reina Sofía (Murcia, Spain).
- **Tomografías de coherencia óptica** en el dominio espectral (SD-OCT) centradas en la cabeza del nervio óptico.
- Spectralis OCT S2610-CB (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany).
- Resolución de imagen 768×496 pixels, 8 bits/pixel (escala de grises), escalado en eje z de $3.87 \mu\text{m}/\text{pixel}$.
- Conjunto de SD-OCT de **ambos ojos** de cada paciente.
 - 159 pacientes **sanos** (318 OCTs).
 - 49 pacientes con **neuropatología óptica glaucomatosa** (98 OCTs).

Adquisición de imágenes



Adquisición de imágenes

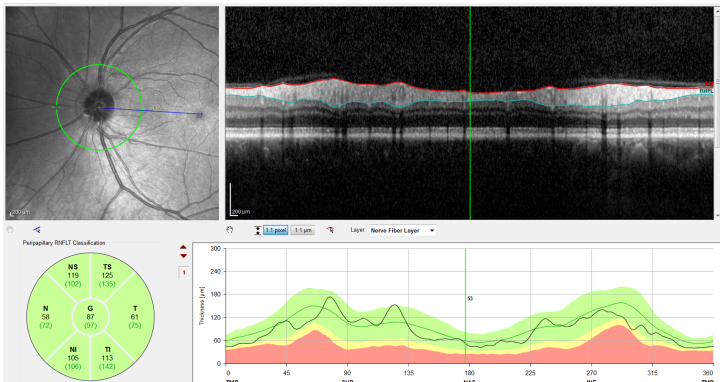
- La sección circular se divide en **sectores**.
- En cada sector se obtiene el **grosor** medio de la capa de fibras.



Sector	Polar		Cartesian	
	Min	Max	Min	Max
Temporal (T)	0°	45°	1	96
Temporal Superior (TS)	45°	90°	97	192
Nasal Superior (NS)	90°	135°	193	288
Nasal (N)	135°	225°	289	480
Nasal Inferior (NI)	225°	270°	481	576
Temporal Inferior (TI)	270°	315°	577	672
Temporal (T)	315°	360°	673	768

Segmentación de la RNFL y cálculo del grosor

- Segmentación proporcionada por el dispositivo **Spectralis** (versión del software 6.9.4.0).
- El grosor de la RNFL se **promedia** por sectores (**T**, **TS**, **NS**, **N**, **NI**, y **TI**), y el valor medio global (**G**) también se calcula.



Cálculo de la asimetría del grosor

- Propuesta de métrica de asimetría **absoluta**

$$\Delta_{S,i} = |w_{S,i}^l - w_{S,i}^r|, \quad (1)$$

w_S^l, w_S^r : grosor medio de la RNFL para el ojo izquierdo y derecho,
 S : T, TS, NS, N, NI, TI or G,
 i : índice del paciente.

- Propuesta de métrica de asimetría **relativa**

$$\delta_{S,i} = \frac{|w_{S,i}^l - w_{S,i}^r|}{w_{S,i}^l}. \quad (2)$$



1 Introducción

2 Materiales y Métodos

- Adquisición de imágenes
- Segmentación de la RNFL y cálculo del grosor
- Cálculo de la asimetría del grosor

3 Resultados

4 Conclusiones

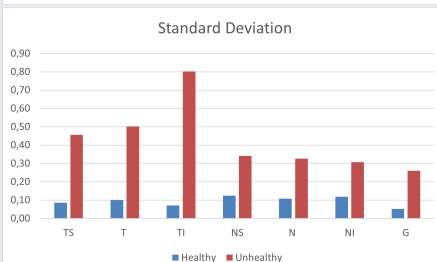
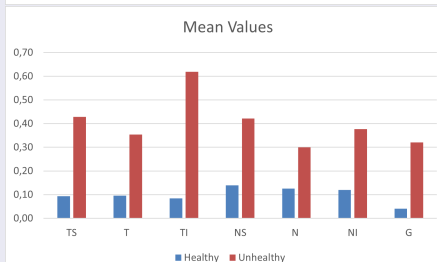
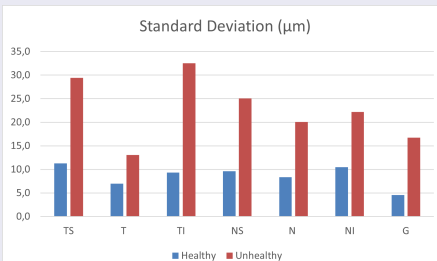
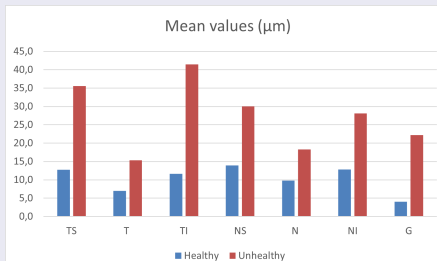


Caracterización estadística

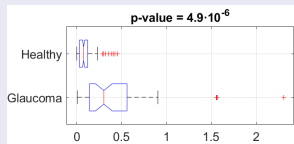
Sector	Asimetría absoluta Δ_S			Asimetría relativa δ_S		
	Sano	No sano	<i>p</i> -value	Sano	No sano	<i>p</i> -value
TS	12.7 ± 11.3	35.5 ± 29.4	3.1 · 10 ⁻⁶	0.09 ± 0.09	0.43 ± 0.46	4.9 · 10 ⁻⁶
T	7.0 ± 7.0	15.3 ± 13.1	1.6 · 10 ⁻⁴	0.10 ± 0.10	0.35 ± 0.50	9.1 · 10 ⁻⁴
TI	11.6 ± 9.3	41.5 ± 32.5	1.8 · 10 ⁻⁷	0.08 ± 0.07	0.62 ± 0.80	3.1 · 10 ⁻⁵
NS	13.9 ± 9.6	30.0 ± 25.0	2.2 · 10 ⁻⁴	0.14 ± 0.12	0.42 ± 0.34	4.8 · 10 ⁻⁶
N	9.8 ± 8.3	18.3 ± 20.1	9.1 · 10 ⁻³	0.13 ± 0.11	0.30 ± 0.33	5.3 · 10 ⁻⁴
NI	12.8 ± 10.5	28.1 ± 22.2	2.4 · 10 ⁻⁵	0.12 ± 0.12	0.38 ± 0.31	1.2 · 10 ⁻⁶
G	4.0 ± 4.6	22.2 ± 16.7	9.7 · 10 ⁻¹⁰	0.04 ± 0.05	0.32 ± 0.26	1.2 · 10 ⁻⁹

- Los valores de Δ_S como de δ_S son notablemente **más bajos** en el grupo de los pacientes sanos.
- Los *p*-valores son sustancialmente pequeños, i.e., hay **significancia estadística** entre los valores y la ocurrencia de glaucoma.
- El *p*-valor de δ_S es sustancialmente menor para todos los sectores → usamos δ_S para la clasificación.

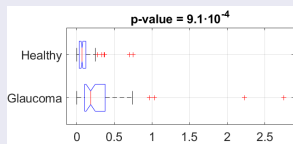
Caracterización estadística



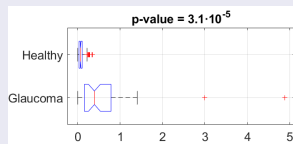
Caracterización estadística



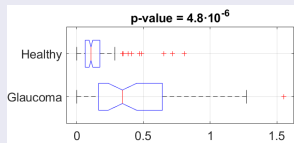
(a) Distribución de δ_{TS} .



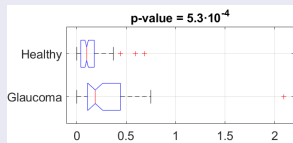
(b) Distribución de δ_T .



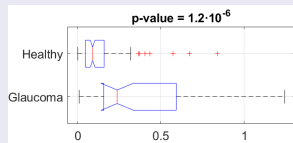
(c) Distribución de δ_{TI} .



(d) Distribución de δ_{NS} .



(e) Distribución de δ_N .



(f) Distribución de δ_{NI} .

Caracterización estadística

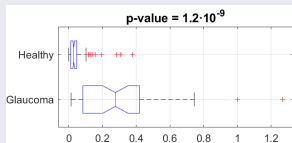


Figure: Distribución de δ_G .

- La distribución de δ_G proporciona la mayor separación.
- Proponemos δ_G como el parámetro discriminativo en el diagnóstico de glaucoma.
- Clasificación de pacientes sanos y con glaucoma basada en un umbral (versión más simple de un **arbol de decisión**)
 - **interpretable** por oftalmólogos,
 - y **realizable** en la práctica clínica diaria.

Caracterización estadística

- Algoritmo de árboles de clasificación y regresión (CART).
- Maximizar el mayor número de coincidencias de la clasificación considerando δ_G .
- Umbral $\gamma_G = 0.163538$

True Class	Glaucoma	35	14
	Healthy	4	155
		Glaucoma	Healthy

Predicted Class

- Tasa de falsos positivos: 2.52%, tasa de falsos negativos: 28.57%

1 Introducción

2 Materiales y Métodos

- Adquisición de imágenes
- Segmentación de la RNFL y cálculo del grosor
- Cálculo de la asimetría del grosor

3 Resultados

4 Conclusiones



Conclusiones

- Se ha propuesto el **grosor de la RNFL** como indicador en el diagnóstico precoz del glaucoma.
- La **asimetría** en el grosor de la RNFL entre los dos ojos es mayor en pacientes con glaucoma que en individuos sanos.
- Se han propuesto dos **métricas** para medir la asimetría entre los dos ojos en el grosor de la RNFL: Δ_S y δ_S .
- Tanto las asimetrías absolutas como las relativas se calculan en **OCTs** para cada **sector** del ojo, así como para la **capa completa**.
- Mediante el uso de un clasificador basado en un **umbral** sobre el parámetro δ_G , se consigue una tasa de falsos positivos del 2,52% y una tasa de falsos negativos del 28,57%.
- Esperamos que la asimetría en la RNFL con otros métodos de clasificación proporcione un método **simple** y **preciso** para el diagnóstico de glaucoma.



R. Berenguer, R. Verdú-Monedero, J. Morales-Sánchez, I. Sellés-Navarro, O. Kovalyk, J.L. Sancho-Gómez

Decision trees for glaucoma screening based on the asymmetry of the retinal nerve fiber layer in optical coherence tomography

Sensors, vol. 22, no. 13, pp. 1-17, Junio 2022



R. Berenguer, R. Verdú-Monedero, J. Morales-Sánchez, I. Sellés-Navarro, R. del Amor, G. García, V. Naranjo

Automatic segmentation of the retinal nerve fiber layer by means of mathematical morphology and deformable models in 2D optical coherence tomography imaging

Sensors, vol. 21, no. 23, pp. 1-30, Diciembre 2021



Gracias por su atención!

Preguntas?

Transparencias disponibles en

<http://www.tic.upct.es/rafael.verdu/publications.htm>

O

rafael.verdu@upct.es



Universidad
Politécnica
de Cartagena



UCAM
UNIVERSIDAD
CAROLINA DE MURCIA



HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO
MURCIA

Análisis de la asimetría en el grosor de la capa RNFL mediante medidas de OCT Spectralis en pacientes sanos y con glaucoma

Francisco Rodríguez-Robles⁽¹⁾, Rafael Berenguer-Vidal⁽²⁾,
Oleksandr Kovalyk⁽¹⁾, **Rafael Verdú-Monedero**⁽¹⁾,
Juan Morales-Sánchez⁽¹⁾, Inmaculada Sellés-Navarro⁽³⁾

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena 30202, Spain

⁽²⁾Universidad Católica San Antonio, Murcia 30107, Spain

⁽³⁾Hospital General Universitario Reina Sofía, Murcia 30003, Spain



Universidad
Politécnica
de Cartagena



UCAM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE MURCIA



HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO
REINA SOFÍA

**XXXVII Simposio Nacional de la
Unión Científica Internacional de Radio - URSI 2022**