

Protocolo para la adquisición de imágenes de película lagrimal y córnea con la iluminación de Plácido

Protocol for capturing eye images with Placido illumination

L. Dueñas-Corona¹, E. López-Calderón¹, L.E. Rocha-Ramírez¹, T. E. Taboada-Marmolejo¹, M. Calderón-Reyes², D. Jimenez-Pano², A. González-Vega¹, C. Villaseñor-Mora¹.

¹ Departamento de Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato, Lomas del Bosque 103, Lomas del Campestre, 37150 León, Gto.

² Departamento de Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato, Lomas del Bosque 103, Lomas del Campestre, 37150 León, Gto.

l.duenascorona@ugto.mx, e.lopezcalderon@ugto.mx, le.rocharamirez@ugto.mx, te.taboada.marmolejo@ugto.mx, m.calderon.reyes@ugto.mx, d.jimenezpano@ugto.mx, gonzart@fisica.ugto.mx, vimcarlos@fisica.ugto.mx

Resumen

La finalidad de este documento es proponer un procedimiento para adquirir imágenes apropiadas para el análisis de anomalías en la película lagrimal, basadas en los algoritmos descritos en el artículo “Análisis de franjas de iluminación para evaluar integridad de lágrima” que próximamente será publicado en el vol. 27 de la revista “Jóvenes en la ciencia” (<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia>), es necesario que las imágenes que se capturen cumplan con las siguientes especificaciones:

Metodología

Preparación del paciente previo a la toma de imágenes:

1. Es deseable que la pupila del paciente esté lo más dilatada posible, para que alcancen a caber en esta área más de un disco proyectado. Y será necesario que el médico evalúe la posibilidad de dilatar la pupila por medios farmacológicos.
2. La persona debe colocarse de manera centrada en la base de la lámpara de hendidura procurando que la pupila se ubique lo más centrado posible en la imagen.
3. Se proyectarán los círculos concéntricos basados en la iluminación de Plácido. Es importante que la exposición a la iluminación sea en periodos cortos para evitar el cierre de la pupila.
4. La iluminación generada con los discos de Plácido deberá centrarse en la pupila del paciente.
5. Es importante minimizar las obstrucciones a la pupila generadas por el párpado y las pestañas del paciente, estas obstrucciones son las causantes de la mayoría de los falsos positivos en la detección de anomalías que genera el análisis propuesto.
6. El formato de la imagen deberá ser alguno sin pérdida de datos, el utilizado en este estudio fue PNG.

Una vez que el paciente cumple con las condiciones anteriores se hará una toma de múltiples imágenes bajo las siguientes instrucciones:

1. Cerrar los ojos por 10 segundos.
2. Abrir los ojos parpadeando de manera normal, adquiriendo secuencias de imágenes a una velocidad tal que permita elegir alguna donde el parpado este totalmente arriba, esto es con el ojo totalmente abierto.
3. Desde la secuencia de imágenes adquirida se elegirán aquellas que tengan una separación en tiempo de adquisición de aproximadamente 5 segundos hasta completar 4 imágenes. Es importante controlar la iluminación de tal manera que se evite la sobreexposición al ojo del paciente. Es altamente recomendable sincronizar la iluminación con la toma de imagen.
4. Repetir los pasos anteriores dos veces en cada ojo, para tener una mejor selección de las imágenes a utilizar.

La serie de imágenes capturadas en los pasos antes citados, se procesarán según lo indicado en el artículo “Análisis de franjas de iluminación para evaluar integridad de lágrima” que próximamente será publicado en el vol. 27 de la revista “Jóvenes en la ciencia” (<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia>).

Brevemente se describen los pasos a realizar, los códigos escritos en MATLAB se encuentran en el siguiente repositorio de GitHub: <https://github.com/Leyre-Rocha/Verano-de-la-Ciencia-XXIX.git>.

Brevemente los pasos que hay que realizar con cada imagen son los siguientes:

1. Segmentación de pupila y de anillos de iluminación. Para lograr este proceso se cuentan con tres estrategias que habrá que decidir con cuál de ellas se obtienen los mejores resultados. La primera estrategia es usar la segmentación con el algoritmo de DBSCAN. La segunda estrategia es usar el algoritmo de segmentación modelada con mezclas de Gaussianas. La tercera opción se basa en la umbralización usando el método de Otsu. Como se ha indicado en párrafos anteriores las funciones que realizan estas segmentaciones las puede encontrar el repositorio de github citado anteriormente.
2. Localización del centro de los anillos de iluminación. Existen dos métodos para encontrar el centro de los anillos de iluminación, dado que no se tuvieron imágenes tomadas en el laboratorio, es recomendable usar las dos funciones y cotejar resultados mientras se decide cual estrategia es la más robusta.
3. Cálculo del ancho de los anillos de iluminación.
4. Determinación de las anomalías en los anillos de iluminación. En esta fase es importante eliminar falsos positivos debido a la aparición de pestañas y párpado en la escena.

Queda como trabajo futuro la estimación de la confiabilidad de los algoritmos de análisis de imágenes en los pasos descritos anteriormente.

Otra actividad muy importante que queda por hacer es la validación de los resultados por un médico experto.

A manera de guía se muestra a continuación los resultados que se obtuvieron en imágenes analizadas durante este verano:

Resultados previos

1. Segmentación de la pupila y los anillos de iluminación

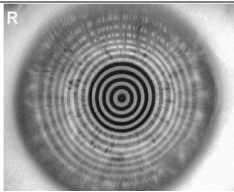



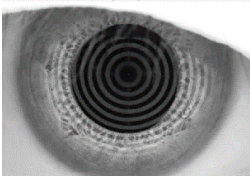



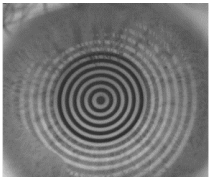



Imagen utilizada	Segmentación DBSCAN	Segmentación GMM	Segmentación Threshold 73 y ajuste de intensidad 20
	 Segmentación con una ϵ 10, puntos mínimos 10	 Segmentación GMM con 14 clústeres	
	 Segmentación con una ϵ 6, puntos mínimos 10	 Segmentación GMM con 15 clústeres	
	 Segmentación con una ϵ 6, puntos mínimos 10	 Segmentación GMM con 10 clústeres	

Tabla 1. Resultados de la segmentación de la pupila la pupila

Para los siguientes procedimientos solo se consideraron tres imágenes ya que, por cuestiones de tiempo no se lograron optimizar los códigos para que pudieran funcionar en toda la base de datos que se tenía como referencia.

2. Caracterización de los anillos de iluminación

3. Centro de los anillos

○ Método 1:

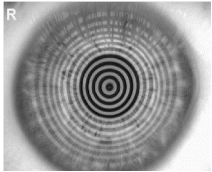


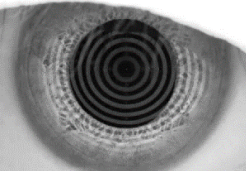


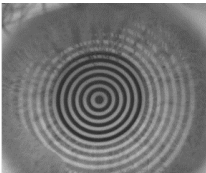
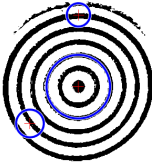
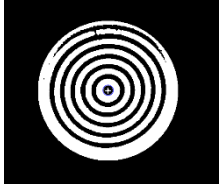
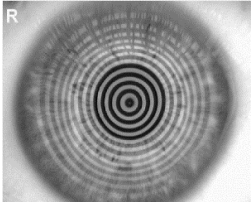

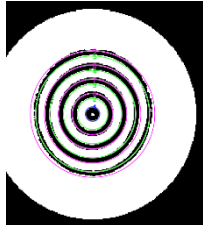
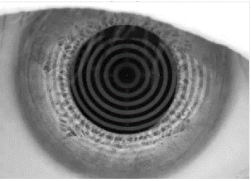
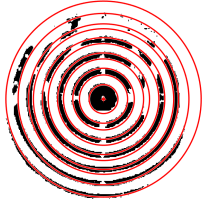
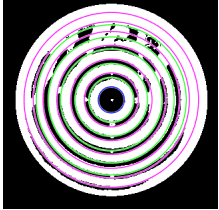
Método 1			Método 2	
Imagen Original	Parámetros del centro	Resultado visual	Parámetros del centro	Resultado visual
	Centro: (219.3902, 175.7278) Radio: 32.4602		Centro: (214.6845, 173.8333) Radio: 7.4824	
	Centro: (296.0914, 171.8899) Radio: 97.3903		Centro: (288.1805, 204.7957) Radio: 19.679	
	Centro: (329.3104, 329.0065) Radio: 60.4234		Centro: (346.6494, 295.3428) Radio: 12.8219	

Tabla 2. Resultados obtenidos en la obtención del centro de la pupila, a partir del cual se construyeron los demás círculos utilizados para la detección de cambios de blanco a negro en la imagen segmentada.

3.1 Ancho de los anillos

Imagen original	Método 1	Método 2
		
		

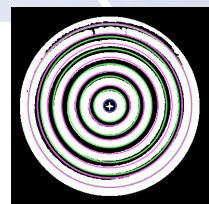
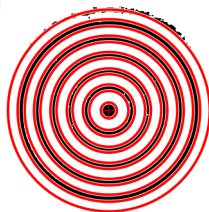
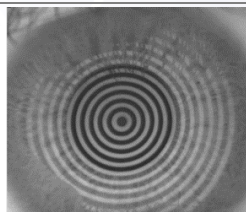


Tabla 3. Obtención de la cantidad de anillos encontrados en la pupila a partir de la diferencia de los radios entre dos círculos consecutivos.

4. Segmentación detallada de cada anillo

Imagen Original	Resultado visual
	<div> <div>Imagen segmentada</div> <div>Máscara con los círculos encontrados</div> <div>Máscara aplicada en la segmentación</div> <div>Máscara aplicada en la segmentación con filtro</div> </div>
	<div> <div>Imagen segmentada</div> <div>Máscara con los círculos encontrados</div> <div>Máscara aplicada en la segmentación</div> <div>Máscara aplicada en la segmentación con filtro</div> </div>
	<div> <div>Imagen segmentada</div> <div>Máscara con los círculos encontrados</div> <div>Máscara aplicada en la segmentación</div> <div>Máscara aplicada en la segmentación con filtro</div> </div>

Tabla 4. Máscaras obtenidas para cada imagen a partir de los círculos detectados para posteriormente multiplicar cada máscara por la imagen segmentada y así poder obtener las anomalías; es decir, zonas claras en donde debería de haber únicamente zonas oscuras y viceversa, nótese que al colocar el filtro de etiquetado a partir de cierta área la cantidad de anomalías reduce considerablemente.

5. Máscaras obtenidas para cada imagen a partir

5.1 Pestañas vs anomalías

- Método 1:

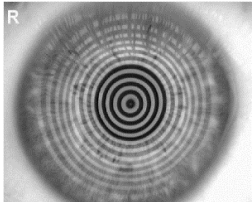
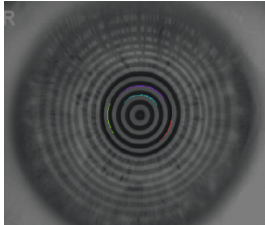
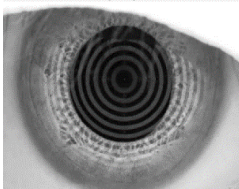
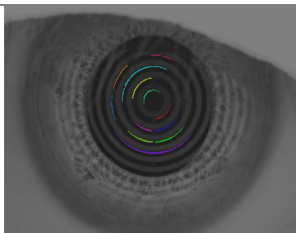
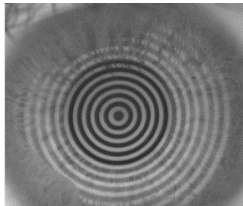
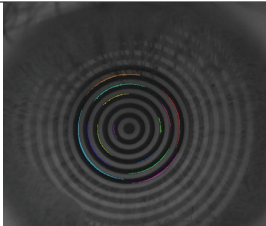
Imagen Original	Número de anomalías encontradas	Resultado visual
	4	
	12	
	13	

Tabla 5. Resultados cuantitativos de detección de anomalías en la pupila para las tres imágenes utilizadas. Para mayor comodidad y un mejor entendimiento se colocaron estas anomalías directamente sobre la imagen original a estudiar.