

# Aplicaciones de los filtros ópticos en la manipulación del diámetro pupilar mesópico\*

M. Viñas-Peña, Y. Díaz-Serrano, M. Sillero-Quintana, C. Sánchez-Ramos

Grupo de Investigación en Neuro-Computación y Neuro-Robótica  
Universidad Complutense de Madrid (UCM)  
Universidad Politécnica Madrid (UPM). Madrid

El propósito de este trabajo es el de delimitar la capacidad de manipulación del diámetro pupilar mesópico, de forma no invasiva, provocando una midriasis artificial, utilizando para ello filtros ópticos de distintas transmitancias en el visible. Se evaluó la influencia de 16 filtros ópticos con distintas franjas de absorción del visible (5-82%), bajo tres condiciones de iluminación: mesópica alta (4,0lux), baja (0,4lux) y escotópica (0,04lux) sobre el diámetro pupilar. Para ello se realizaron 2.856 pupilometrías binoculares, con un pupilómetro P2000SA, interponiendo cada uno de los 16 filtros ópticos, utilizando como variable patrón las realizadas medidas efectuadas a ojo desnudo. Se analizó la midriasis o miosis producida por el efecto de los filtros y del nivel de iluminación. Se obtuvo entre el 10-14% de midriasis con 5 filtros de los 16 utilizados ( $p < 0,05$ ), en la condición de iluminación mesópica alta, confirmándose la influencia del filtro sobre la variación del diámetro pupilar mesópico. El diámetro pupilar mesópico puede ser manipulado utilizando para ello filtros ópticos de distintas transmitancias, obteniéndose una midriasis artificial de hasta un 14%. Esto facilita el acceso a registros nítido del fondo de ojo, por la facilidad para implementar los filtros en determinados instrumentos de medida útiles en diagnóstico por imagen.

*To limit the ability of mesopic pupil size to be manipulated, in a non-invasive way, by inducing an artificial mydriasis with different transmittances' optical filters. The influence on pupil size variations of 16 optical filters, with different visible light transmittances (5-82%), was evaluated under 3 different light conditions: high Mesopic (4.0lux), low Mesopic (0.4lux) and Scotopic (0.04lux). 2856 binocular pupil size measurements were done with a P2000SA digital binocular infrared pupillometer. The obtained pupil size's measurements, without filter, were compared with the results after the insertion of the different optical filters used. Mydriasis and Myosis induced by filter effect and light condition were measured. A 10-14% Mydriasis, in high Mesopic condition, was obtained by using 5 the 16 optical filters ( $p < 0.05$ ), this confirms the influence of the optical filter on mesopic pupil size variation. Mesopic pupil size can be manipulated by using optical filters with different light transmittances, with a 14% artificial Mydriasis as a result. This can be incorporated easily in different diagnosis per image devices.*

**Palabras clave:** Diámetro pupilar. Filtro óptico. Mesópico. Transmitancia

Correspondencia  
celiasr@opt.ucm.es

\*Trabajo premiado en EVER08, sección Vision Sciences/ Electrophysiology/Physiological Optics

medios por filtro seleccionado en MB (0,4 lux);  $\emptyset_p X \pm \sigma$  (mm), SF (5,24 $\pm$ 0,8), F2 (5,62 $\pm$ 1,0), F8 (5,59 $\pm$ 1,0), F14 (5,67 $\pm$ 0,9), F15 (5,86 $\pm$ 0,9), F16 (5,78 $\pm$ 0,8)]. ni en la E (p=0,57) [ $\emptyset_p$  medios por filtro seleccionado en E (0,04 lux);  $\emptyset_p X \pm \sigma$  (mm), SF (5,84 $\pm$ 1,0), F2 (5,77 $\pm$ 1,1), F8 (6,00 $\pm$ 1,0), F14 (6,00 $\pm$ 0,8), F15 (5,96 $\pm$ 0,9), F16 (5,91 $\pm$ 0,9)] para los  $\emptyset_p$  medios, al interponer los filtros seleccionados.

Para concluir este análisis, se valoró el porcentaje de midriasis en función de los filtros elegidos y de los tres niveles de iluminación. Se apreció una midriasis significativa (tabla III), del 10% hasta el 14% según el filtro utilizado [ $X \pm \sigma$  ( $\Delta$ ), F2 (10,49 $\pm$ 15,6), F8 (10,84 $\pm$ 19,2) y F14 (14,57 $\pm$ 14,3).  $P_{\text{valor}} < 0,05$ ] comparándolo siempre con los resultados a ojo desnudo en la condición de mayor iluminación, mesópica alta (4,0 lux).

**Tabla III. Midriasis obtenida en función de la interposición de los filtros F2, F8 y F14, en las tres condiciones de iluminación establecidas**

	Mesópica alta	Mesópica baja	Escotópica
Filtro	$X \pm \sigma(\Delta)$	$X \pm \sigma(\Delta)$	$X \pm \sigma(\Delta)$
2	10,49 $\pm$ 15,6	5,07 $\pm$ 17,5	-6,01 $\pm$ 34,8
8	10,84 $\pm$ 19,2	4,32 $\pm$ 15,7	0,27 $\pm$ 21,4
14	14,57 $\pm$ 14,3	6,83 $\pm$ 10,4	2,30 $\pm$ 13,8
$P_{\text{valor}}$	0,35	0,66	0,19

## Conclusiones

La utilización de filtros ópticos de distintas transmitancias en el visible tiene diversas aplicaciones. La manipulación del diámetro pupilar mesópico mediante la interposición de filtros ópticos es una de las menos estudiadas hasta el momento y, sin embargo, es una de las aplicaciones de mayor utilidad y fácil implementación.

La pupila es el diafragma de apertura del sistema visual, es decir, limita la cantidad de luz que llega a la retina, por tanto la habilidad para manipular el diámetro pupilar permite limitar la iluminación retiniana, con las consiguientes aplicaciones que conlleva. Un mayor diámetro pupilar facilita el acceso a registros nítidos de fondo de ojo, por el contrario una pupila de menor diámetro permite obviar zonas aberrantes de la retina debidas a cicatrices poscirugía refractiva o debidas a patologías oculares.

En este estudio se ha confirmado la posibilidad de manipular el diámetro pupilar utilizando filtros ópticos de distintas coloraciones con el objetivo de implementar esta tecnología en diferentes dispositivos que faciliten el examen visual.

Los resultados obtenidos han permitido limitar las condiciones de iluminación en las que la manipulación del diámetro pupilar es posible utilizando filtros ópticos. Se ha establecido esta

limitación en 4,0 lux (mesópica alta), ya que, en menores condiciones de iluminación, el efecto del filtro queda diluido por la incapacidad del sistema visual para funcionar a menor luminancia ambiente. Los resultados muestran una midriasis inducida de entre 10-14% obtenida con 5 de los 16 filtros ópticos utilizados en este estudio. Se han obtenido porcentaje de midriasis similares con filtros de características espectrales muy dispares. En condiciones mesópicas bajas y escotópicas no se da esta circunstancia. Esto sugiere un comportamiento del reflejo pupilomotor diferente según el nivel de iluminación retiniana, regulado en este caso por la interposición del filtro óptico.

En definitiva, algunos filtros ópticos, con diferentes transmitancias, producen variaciones significativas en el diámetro pupilar (midriasis/miosis) en condiciones de iluminación mesópicas altas, que puede ser utilizado en instrumentos y métodos de medida de diagnóstico por imagen.

## Bibliografía

- Adrian W. Spectral sensitivity of the pupillary system. Clin Expo Optom 2003;86(4): 235-238.
- Aguilar M, Mateos F. Óptica fisiológica. Universidad Politécnica de Valencia, 1993.
- Akira Y, Tadaaki H, Tomoaki K. Variations in the light-induced and supression of nocturnal melatonin with special reference to variations in the pupillary light reflex in humans. J Physiol Anthropol 2007;26(2):113-121.
- Alañón-Fernández F, Cárdenas-Lara M. Anatomía y fisiología del aparato ocular. Oftalmología en Atención Primaria. 2003
- Barraquer T. Investigaciones acerca del músculo dilatador de la pupila. Separata de: Medicina, Rev Ciencias Médicas, julio, 1952
- Brody J. Envejecimiento y adaptación a la oscuridad. The New York Times News Service. <http://www.prensa.com>. Marzo, 2007
- Clark A. Variability in pupil size estimation. Emer Med J (RU) 2007;23(6): 440-441.
- Chaidaroon W, Juwattanasomram W. Colvard pupillometer measurement of scotopic pupil diameter in emmetropes and myopes. Jpn J Ophthalmol 2002;46(6):604-604.
- Chou B, Boxer BS. The role of pupil size in refractive surgery. Textbook of ophthalmology. Vol.4. Ed. Jaypee Brothers, 2001
- Chung S, Pease P. Effect of yellow filters on pupil size. Opto Vis Sci 1999;76(1) :59-62.
- Guirao Piñera A. Óptica Visual. Madrid. ICE 2004
- Gómez González E. Guía Básica de Conceptos de Radiometría y Fotometría. ESI-Universidad de Sevilla. 2006.
- Kardon R, Bergamin O. The latency time of the pupil light reflex: Influence if sampling rate, stimulus intensity and stimulus duration. Department of Ophthalmology and Visual Science, Veterans Administration Hospital and University of Iowa, Iowa City, EEUU. 2004.
- Kaufman P. La Pupila. En: Adler P. Fisiología del ojo. 10ª. ED. Elsevier; 2005. pp. 716-731
- Kohnen T, Terzi E, Bühren J, Kohnrm EM. Comparison of a digital and a handheld infrared pupillometer for determining scotopic pupil diameter. J Cataract Refractive Surgery 2003;29(1):112-117.