

4. INTERACCIÓN DE LA LUZ CON LA RETINA

- 4.1 Transmisión – absorción de los medios oculares
- 4.2 Pérdidas de luz. Fluorescencia
- 4.3 Deslumbramiento
- 4.4 Cálculo de la iluminación retiniana
- 4.5 Efecto Stiles – Crawford

4.1 Absorción de los medios oculares

Radiaciones no ionizantes:

UVC	100nm-280nm
UVB	280nm-315nm
UVC	315nm-380nm
VISIBLE	380nm-780nm
IRA	780nm-1400nm
IRB	1.4 μ m-3 μ m
IRC	3 μ m – 1mm

La luz antes de llegar a la retina puede sufrir:

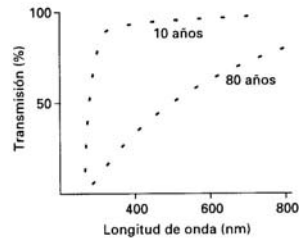
- Absorción
- Reflexión
- Dispersión
- Fluorescencia

4.1 Absorción de los medios oculares

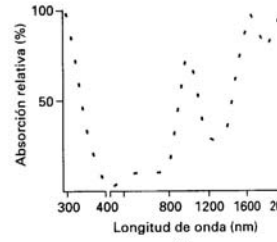
Absorción

Córnea

Transmisión



Absorción



TEMA 4

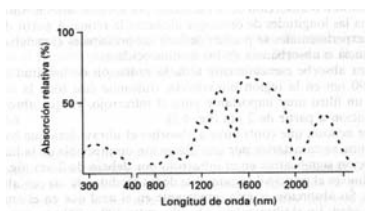
ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.3

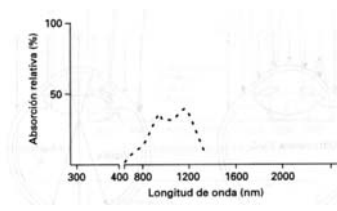
4.1 Absorción de los medios oculares

Absorción

Humor acuoso



Humor vítreo



TEMA 4

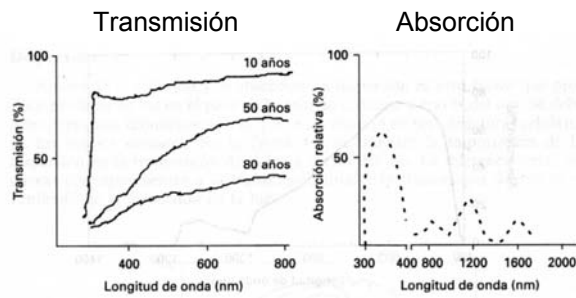
ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.4

4.1 Absorción de los medios oculares

Absorción

Cristalino

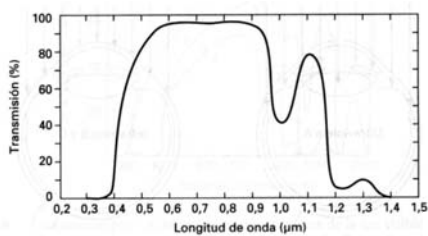


TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

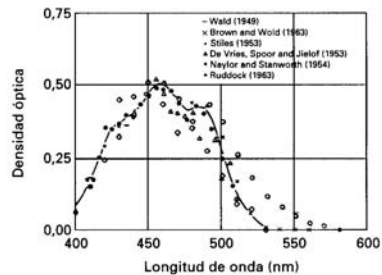
4.5

4.1 Absorción de los medios oculares



Mácula

Transmisión ojo completo

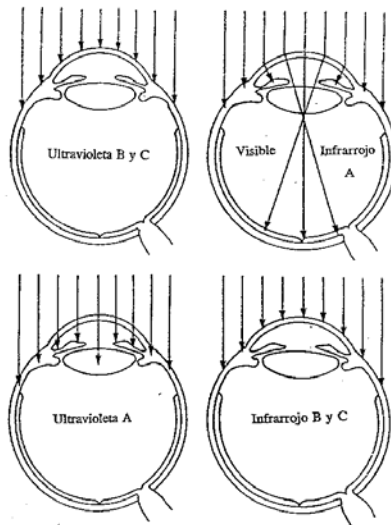


TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.6

4.1 Absorción de los medios oculares



TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.7

4.2 Pérdidas de luz. Fluorescencia

Pérdidas: reflexión, difusión y transmisión

Reflexión

Incidencia normal

Incidencia oblicua

$$\rho = \left(\frac{n' - n}{n' + n} \right)^2$$

Aumenta la reflexión
Reflexión casi-total en
incidencia rasante

Superficie	n'	n	ρ (%)
1 córnea	1.3771	1	3
2 córnea	1.3374	1.3771	0.02
1 cristalino	1.42	1.3374	0.1
2 cristalino	1.336	1.42	0.1

TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.8

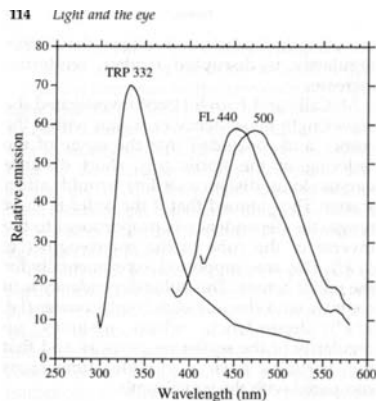
4.2 Pérdidas de luz. Fluorescencia

Resumen de pérdidas en el visible

MEDIO	REFLEXIÓN	TRANSMISIÓN	DIFUSIÓN
Córnea	3-4%	5%	25% de la total
Humor acuoso	-	-	-
Cristalino	-	DO=0,5 (400 nm)	50% de la total
Humor vítreo	-	-	-
Mácula	-	DO=0,5 (458 nm)	-
Retina	-	-	25% de la total

4.2 Pérdidas de luz. Fluorescencia

Fluorescencia



Se produce en el cristalino y aumenta con la edad.

3 compuestos:

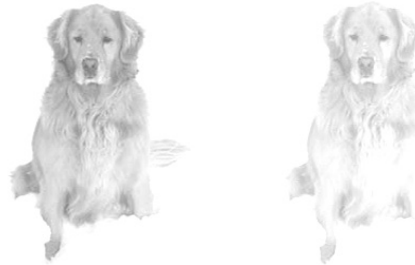
- Triptófano (290nm), presente en el nacimiento y no cambia mucho con la edad.
- Fluorogenos (370nm, 430nm), no presentes en el nacimiento, se acumulan al largo de la vida.

4.3 Deslumbramiento

Pérdidas de contraste en la imagen retiniana debidas a la luz difusa intraocular

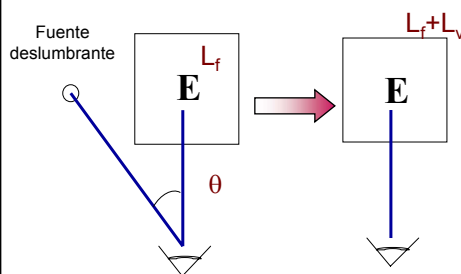
TIPOS:

- Deslumbramiento de incapacidad (disability glare)
- Deslumbramiento de discomfort (discomfort glare)
- Deslumbramiento de halo



4.3 Deslumbramiento

Luminancia equivalente de velo (L_v)

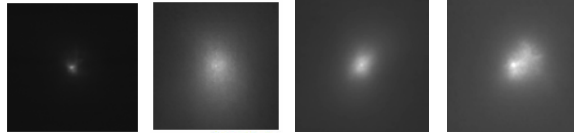


$$L_v(\theta) = \frac{10 \cdot E_p}{\theta^2}$$

E: iluminación en la pupila (lux)
 θ : excentricidad (grados)

4.3 Deslumbramiento

- Cirugía Refractiva
- Cataratas
- Lentes Intraoculares
- Edad



Normal Precatarata Postlaskik LIO

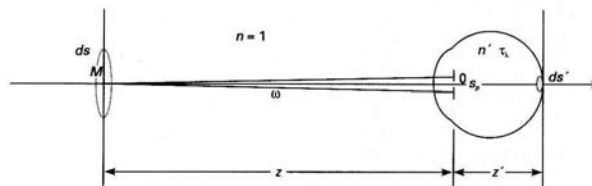


Soluciones:

- Filtros (amarillos, CPF 527, 550)
- Lentes contacto oscuras o opacas con pupila artificial (aniridia, albinos)
- Tiposcopio



4.4 Cálculo de la iluminación retiniana



a) Flujo emitido por ds : $L = \frac{F}{\omega \cdot dS \cdot \cos \alpha}$ $F = L \cdot \omega \cdot dS$ $F = L \cdot \frac{S_p}{z^2} \cdot dS$

b) Flujo que llega a retina: $F' = F \cdot \tau$

c) Iluminación que llega a retina: $E = \frac{F'}{dS'} = L \cdot \frac{ds}{ds'} \cdot \frac{S_p}{z^2} \cdot \tau$

Suponiendo superficie emisora cuadrada y aproximando con $y'/y = n \cdot a'/n' \cdot a$:

$$\frac{dS}{dS'} = \frac{n'^2 \cdot z^2}{n^2 \cdot z'^2} = \frac{n'^2 \cdot z^2}{z'^2}$$

4.4 Cálculo de la iluminación retiniana

$$E = \left(\frac{n'}{z'}\right)^2 \cdot \tau_\lambda \cdot S_p \cdot L$$

$$n' = 1.336$$

$$z' = 22.27 \text{ mm}$$

$$E = 0.0036 \cdot \tau_\lambda \cdot S_p \cdot L$$

$$L: \text{cd/m}^2$$

$$S_p: \text{mm}^2$$

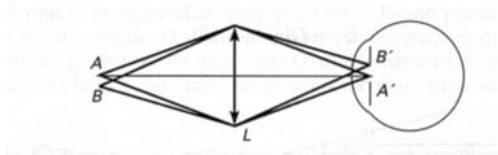
$$E: \text{lux}$$

• La iluminación retiniana es independiente de z

• La iluminación retiniana es proporcional a L

• Troland (td): producto de una luminancia de 1 cd/m^2 por una superficie pupilar de 1 mm^2 .

4.5 Efecto Stiles – Crawford



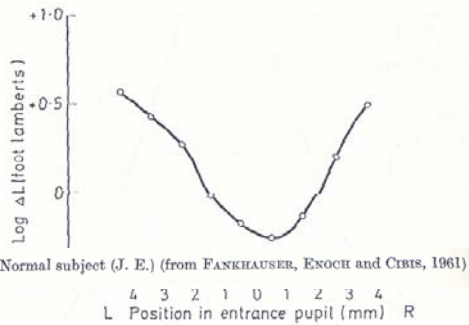
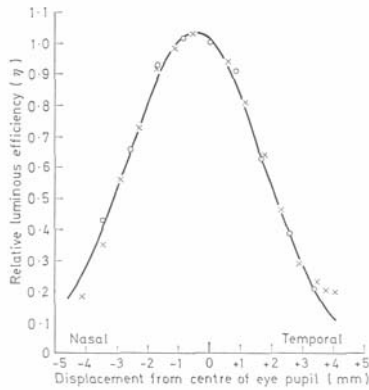
$$\eta = \frac{E_A}{E_B}$$

$$\eta = 10^{-pr^2}$$

η : Efectividad del rayo de luz
 $p \approx 0.05$
 r : distancia que separa los puntos A' y B'

4.5 Efecto Stiles – Crawford

Efecto STILES-CRAWFORD



Relative luminous efficiency (η) of light entering the eye pupil at different points for foveal vision. \times , measurements by photometric matching method (STILES and CRAWFORD, 1933); \circ , measurements by brightness threshold method (CRAWFORD, 1937);
 curve $\eta = 1.04 e^{-0.108(r+0.47)^2}$

TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.17

4.5 Efecto Stiles – Crawford

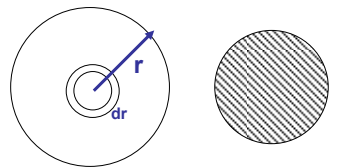
Es un efecto que únicamente se da en visión fotópica

Superficie reducida

$$S_r = \int_0^r 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot \eta(r)$$

$$S_r = 2\pi \int_0^r r \cdot dr \cdot 10^{-pr^2}$$

$$S_r = \frac{\pi}{2.3 \cdot p} \left[1 - \exp\left(-2.3 \cdot p \cdot \frac{\phi_p^2}{4}\right) \right]$$



Pupila real

Pupila reducida

Fórmula empírica para relacionar el diámetro pupilar y la luminancia:

$$d_p = 5 - 3 \cdot \tanh [0.4 \log L]$$

Si $L > 10 \text{cd/m}^2$ **Trolands reducidos**

Si $0.1 \text{cd/m}^2 < L < 10 \text{cd/m}^2$ **Trolands o Trolands reducidos**

Si $L < 0.1 \text{cd/m}^2$ **Trolands**

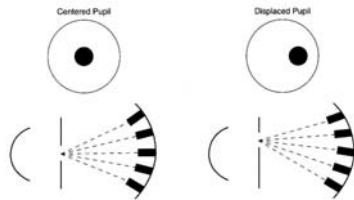
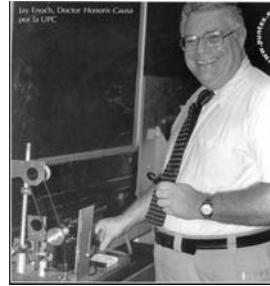
TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.18

4.5 Efecto Stiles – Crawford

Es un efecto debido a que los conos guían la luz como fibras ópticas (Enoch, Fry 1958)



- El efecto Stiles-Crawford reduce la aberración esférica del ojo
- La alineación de los fotorreceptores es dinámica
- Efecto constante con la edad

TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.19

Bibliografía y figuras

- Artigas, J.M, Capilla, P., Felipe, A., Pujol, J. Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión. Interamericana Mac Graw-Hill, 1995
- Le Grand, Y. Optique Physiologique tome II: Lumière et couleurs. 10 ed. Masson, 1972
- Wyszecki, G. Color Science 2nd ed. Wiley and Sons, 1982
- Schwartz, S.H. Visual Perception. A clinical orientation 3rd ed. Mac Graw-Hill, 2004
- Jameson, D., Hurvich, L. (ed) Handbook of Sensory Physiology Vol. VII/4: Visual Psychophysics. Springer-Verlag, 1972
- Atchinson, D.A., Smith, G. Optics of the human eye. Butterworth, 2000

Las figuras y fotografías que aparecen en esta presentación y que no son de creación propia han sido extraídas, bien de Internet, bien de los libros:

- Artigas, J.M. et al Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión
- Wyszecki, G. Color Science 2nd ed.
- Schwartz, S.H. Visual Perception. A clinical orientation
- Atchinson, D.A., Smith, G. Optics of the human eye
- Jameson, D., Hurvich, L. (ed) Handbook of Sensory Physiology Vol. VII/4: Visual Psychophysics

Lo que se cita para preservar los derechos de los autores

TEMA 4

ÓPTICA FISIOLÓGICA II

4.20