

January 2008

Corrección de ametropías por alteración del índice de refracción

Gabriel Merchán de Mendoza

Universidad de La Salle, Bogotá, gabmerchan@lasalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo>



Part of the [Eye Diseases Commons](#), [Optometry Commons](#), [Other Analytical, Diagnostic and Therapeutic Techniques and Equipment Commons](#), and the [Vision Science Commons](#)

Citación recomendada

Merchán de Mendoza G. Corrección de ametropías por alteración del índice de refracción. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul.* 2008;(10): 81-85.

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Corrección de ametropías por alteración del índice de refracción

Gabriel Merchán de Mendoza*

RESUMEN

¿Es posible corregir ametropías modificando el índice de refracción del ojo?

No hay una respuesta simple para esta pregunta pero ciertamente es una posibilidad matemática. Sin embargo, encontrar el índice requerido para una ametropía específica puede presentar varias dificultades como por ejemplo que el índice de refracción determina tanto el poder de la córnea como a distancia focal del sistema óptico del ojo. Por lo tanto, el asunto se reduce a encontrar una fórmula matemática que tenga en cuenta la córnea y la distancia focal. De otra parte, la búsqueda de una substancia que reemplace el humor vítreo para una ametropía específica, pertenece a los campos de la química y de la física. Finalmente, no es posible pretender lograr corregir astigmatismos presbicias por medio de modificaciones en el índice de refracción. De todas maneras, el ejercicio matemático puede ser útil para futuros investigadores que puedan interesarse en el problema.

Palabras clave: vergencia óptica, índice de refracción, distancia focal, ametropía, radio corneal, poder corneal.

AMETROPIA CORRECTION BY MODIFYING THE REFRACTION INDEX

ABSTRACT.

Is it possible to correct ametropias by changing the index of refraction of the eye?

There is no simple answer to this question but certainly it is a mathematical possibility. However, determination of the required index for a specific ametropia may present several difficulties. For one, the index of refraction determines both the power of the cornea and the focal length of the optical system of the eye, thus, the matter is reduced to find mathematical formula involving both the cornea and the focal length. The search of a substance to replace the vitreous for a specific ametropia belongs to the domain of chemistry and physics. Finally, it is not possible to expect astigmatic or presbyopic corrections through modifications of the index of refraction. However, the mathematical exercise may be useful for future investigators that may be interested in the subject.

Key words: Optical Vergence, index of refraction, focal distance, ametropia, corneal radius, corneal power.

* Doctor en Optometría Pennsylvania College of Optometry. Docente investigador de la Universidad de La Salle y de la Fundación Universitaria del Área Andina. Grupo de investigación Charles Prentice. Correo electrónico: gabmerchan@lasalle.edu.co.

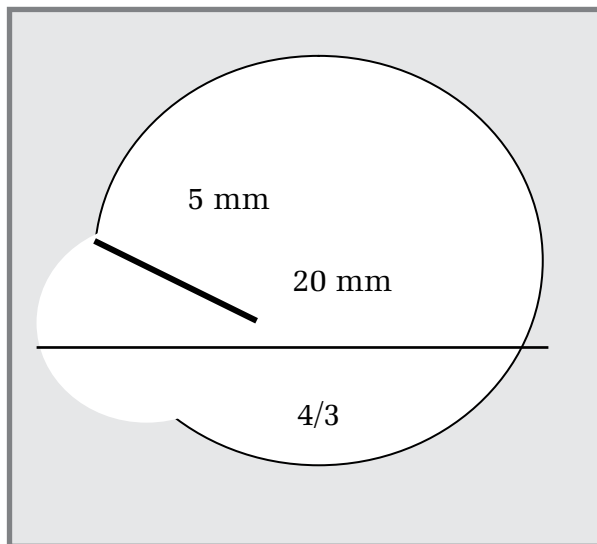
Fecha de recepción: 12 de febrero de 2008

Fecha de aprobación: 7 de marzo de 2008

Tratándose de una simple exploración óptica y matemática no es necesario tomar el ojo con todas sus estructuras sino que podemos utilizar el ojo simplificado de F.C. Donders lo cual no obsta que se haga posteriormente el mismo ejercicio en el ojo normal.

Donders propuso un modelo de ojo simplificado con el cual ilustrar los diferentes estados refractivos (Pascal 1952). El modelo se caracteriza por córnea de radio 5 mm, longitud axial de 20 mm y un índice de refracción de 4/3 (1.3333). No tiene cristalino. Este ojo con estas características es emétrope de forma tal que para ilustrar ametropías axiales basta con alterar la longitud en más o en menos y las refractivas, cambiando el radio de la córnea en más o en menos (Figura 1).

FIGURA 1. OJO EMÉTROPE DE DONDERS



De acuerdo con la óptica de las Superficies Refractivas Esféricas (Jenkins & White 1965), un radio de curvatura de 5 mm y un índice de 4/3 dan como resultado una córnea de 66.6667 Dpt y consecuentemente tal córnea con tal índice de 4/3, tiene una distancia focal de 20 mm, igual a la longitud axial del ojo. Resultado: ojo emétrope. El cálculo es como sigue:

$$D = (n_2 - n_1) / r, \quad (1)$$

Donde **D** representa el poder de la córnea, n_2 el índice del interior del ojo, n_1 el del aire y **r** el radio de curvatura de la córnea. El resultado es:

$$D = (4/3 - 1) / 0.005 = 66.6667 \text{ Dpt}$$

Seguidamente calculamos la distancia focal de la córnea con poder de 66.6667 Dpt.

$$f_2 = n_2 / D \quad (2)$$

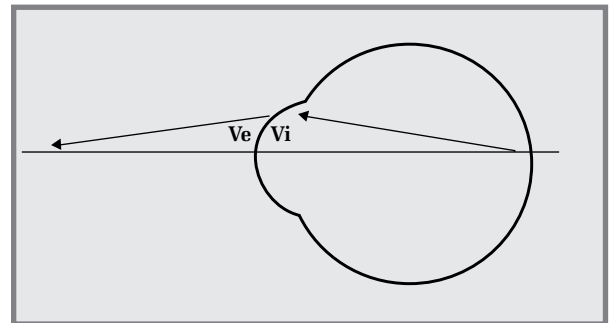
y el resultado es,

$$D = (4/3) / 66.6667 = 0.020 \text{ mts.}$$

Total, ojo emétrope. La distancia focal es igual a la longitud axial.

Veamos ahora el caso de una miopía de tipo axial cuya longitud axial sea de 21 mm con la misma córnea y el mismo índice. Con el Sistema de Vergencias Ópticas podemos calcular el grado de miopía.

Partiendo de la retina en dirección a la córnea tenemos las siguientes Vergencias (Merchán 1993):



$$\underline{V_i} = n_2 / f_2 \quad (3)$$

$$\underline{V_i} = (4/3) / 0.022 = - 60.60 \text{ Dpt.}$$

Dado que el rayo es divergente, el signo es negativo.

$$\underline{V_e} = V_i + D \quad (4)$$

$$\underline{V_e} = -60.60 + 66.6667 = +6.06 \text{ Dpt.}$$

Vi representa la Vergencia incidente a la córnea cuando los rayos parten de la retina. **Ve** representa la Vergencia emergente de la córnea hacia el exterior en aire. La Vergencia emergente (*e*) es la ametropía; en este caso miopía. Por consiguiente,

Estado Refractivo: miopía de +6.06 Dpt.

La cuestión ahora es determinar un índice de refracción que corrija la miopía de 3.173 Dpt lo cual es aparentemente fácil. Bastaría con calcular el nuevo índice teniendo en cuenta que afectará el poder de la córnea y éste, a su vez, la longitud focal que deberá ser de 21 mm para igualar la longitud axial y emetropizar al ojo.

Analícemos: por cuanto en miopía el Foco que la córnea forma de los rayos que llegan paralelos del infinito se encuentra antes de la retina, es necesario que la corrección por cualquier método óptico, no quirúrgico, alargue la distancia focal hasta que el Foco coincida con la retina. En hipermetropía, el Foco se encuentra detrás de la retina por lo cual la distancia focal debe acortarse hasta lograr que coincidan la retina y el Foco (Duke-Elder 1970).

La corrección oftálmica tradicional logra la variación deseada sin alterar ni el radio de curvatura de la córnea ni el índice de refracción del ojo y la corrección de ametropías por vía quirúrgica altera el radio de la córnea sin afectar el índice. La corrección por alteración del índice afectará simultáneamente el poder de la córnea y la distancia focal (Jenkins & White 1965). Esto significa que no es posible variar el índice para solamente cambiar el poder de la córnea ni solamente la distancia focal. Debe entonces encontrarse un índice que armonice en sentido óptico, el poder de la córnea y la distancia focal de manera tal que logre hacer coincidir el Foco (F_2) con la retina.

Mi buen amigo, Jaime Bohórquez, asumió el reto de determinar la fórmula matemática para lograr el ob-

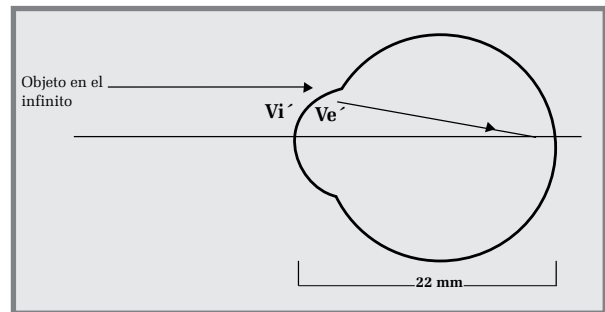
jetivo mencionado. El poder de la córnea se puede expresar como:

$$D = (n_2 - n_1) / r \quad (1)$$

Si **La** es la longitud axial del ojo, la Vergencia emergente de la córnea hacia la retina será:

$$Ve' = D + Vi \quad (5)$$

donde **Ve'** representa la Vergencia emergente cuando la luz viene del exterior y penetra en dirección a la retina y **Vi'**, la Vergencia de los rayos que inciden sobre la córnea viniendo del infinito.



Si para que un objeto en el infinito (Vergencia $1 = 0$), su imagen se forme en la retina, se debe cumplir:

$$Ve' = Vi' + D \quad (6)$$

Como **Vi'** es igual a 0 porque los rayos vienen del infinito, la expresión se convierte en:

$$Ve' = D \quad (7)$$

$$\text{y } Ve' = n_2 / La \quad (8)$$

De donde,

$$n_2 / La = (n_2 - n_1) / r \quad (9)$$

despejando por n_2

$$n_2 = n_1 La / (La - r) \quad (10)$$

que se lee así: el índice del ojo es igual al índice del aire multiplicado por la longitud axial y dividido por la longitud axial menos el radio corneal.

Aplicando la fórmula de Bohórquez al problema del ojo miope de 6.06 Dpt.

$$n_2 = 22 / 22 - 5$$

$$n_2 = 1.294$$

Segundo índice: 4/3

Radio corneal: 5 mm.

Córnea: 66.6667Dpt.

Longitud axial: 20 mm.

1- Ojo emétrope de Donders.

Primer índice: 1.000

Es posible hacer variaciones en la longitud axial o en el radio de la córnea para obtener varias ametropías de tipo axial o refractivo y determinar el índice necesario para lograr emetropía.

2- Ojo miope, tipo axial

Longitud Axial	Radio Corneal	Grado de Miopía con n = 4/3	Distancia focal	Nuevo Índice	Nueva Distancia focal
20 mm	5 mm	0	20 mm	-----	-----
21 mm	5 mm	3.17 Dpt.	20 mm	1.312	21 mm
22 mm	5 mm	6.06 Dpt.	20 mm	1.294	22 mm
23 mm	5 mm	8.69 Dpt.	20 mm	1.277	23 mm

3- Ojo miope, tipo refractivo

Longitud Axial	Radio Corneal	Grado de Miopía con n = 4/3	Distancia focal	Nuevo Índice	Nueva Distancia focal
20 mm	5 mm	0	20 mm	-----	20 mm
20 mm	4.9 mm	1.36 Dpt.	19.6 mm	1.324	20 mm
20 mm	4.7 mm	4.25 Dpt.	18.8 mm	1.307	20 mm
20 mm	4.5 mm	7.40 Dpt.	18.0 mm	1.290	20 mm

3- Ojo hipermétrope, tipo axial

Longitud Axial	Radio Corneal	Grado de Hipermetropía con n = 4/3	Distancia focal	Nuevo Índice	Nueva Distancia focal
20 mm	5 mm	0	20 mm	-----	-----
19 mm	5 mm	-3.50 Dpt.	20 mm	1.357	19 mm
18 mm	5 mm	-7.40 Dpt.	20 mm	1.384	18 mm
17 mm	5 mm	-11.76 Dpt.	20 mm	1.416	17 mm

4- Ojo hipermétrope, tipo refractivo

Longitud Axial	Radio Corneal	Grado de Hipermetropía con n = 4/3	Distancia focal	Nuevo Índice	Nueva Distancia focal
20 mm	5 mm	0	20 mm	-----	20 mm
20 mm	5.2 mm	-2.56 Dpt.	20.8 mm	1.351	20 mm
20 mm	5.4 mm	-4.93 Dpt.	21.59 mm	1.369	20 mm
20 mm	5.6 mm	-7.14 Dpt.	22.39 mm	1.388	20 mm

CONCLUSIONES

- Ni la tecnología físico-química actual ni la fisiología conocida del ojo permiten pensar en la posibilidad de alterar el índice de refracción para corregir ametropías.
- Con la fórmula de Bohórquez es posible calcular el índice de refracción del ojo que pueda corregir una ametropía de tipo esférico.
- No es posible variar el índice para cambiar el valor solamente de la córnea o solamente de la distancia focal.
- El índice que corrija una miopía debe ser inferior al índice promedio de refracción del ojo. En hipermetropía, debe ser superior.
- Aunque hemos tomado el ojo simplificado de Donders para esta exposición, en el ojo normal con todas sus estructuras, el proceso es similar utilizando para ello la fórmula de Gullstrand para lentes gruesos aplicable a las combinaciones de lentes delgados y aplicable también al ojo humano considerando el sistema óptico del ojo, córnea y cristalino, como una combinación de lentes delgados separados por el humor acuoso.

BIBLIOGRAFÍA

Duke-Elder Sir S. "System of Ophthalmology". "Ophthalmic Optics and Refraction". London, Henry Kimpton, 1970.

Jenkins F. & White H. "Fundamentals of Optics". New York, McGraw Hill, 1965.

Merchán G. "Vergencias Ópticas". Bogotá, Haftscha-len Gruppe, 1993.

Pascal Joseph I. "Selected Studies in Visual Optics". St. Louis, The St. Louis Mosby, 1952.