



José Ignacio Fernández-Vigo, Cristina Fernández-Vigo,
Ana Macarro Merino, José Ángel Fernández-Vigo
Madrid, 11 de diciembre del 2015. Congreso anual de la SOM

PROPÓSITO

Estudiar la influencia que representan diferentes diámetros pupilares y diferentes vault (distancia entre la cara posterior de la lente y la cara anterior del cristalino), en el comportamiento del humor acuoso tras el implante de dos modelos de ICL, comparando el volumen y la velocidad del flujo del humor acuoso que atraviesa la iridotomía tras el implante de la ICL V4b o el agujero central en la V4c.

MÉTODO

Se realizó un modelo basado en la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) que describe el comportamiento de un flujo en cualquier situación.

Se estableció un flujo laminar con un caudal de 2 microlitros/min y una presión intraocular constante de 15 mmHg. Se compararon el volumen y velocidad de flujo en 12 situaciones según el diámetro pupilar (DP; de 3.5 o 5.5 mm), según el Vault (100, 350 y 800 micras) y según el tipo de lente (V4b con iridotomía o V4c con agujero central). Se simuló un tamaño de la iridotomía de 360 micras, equivalente al agujero central de la lente.

En la tabla 1 se observan diferentes valores estándar empleados en la simulación.



Tabla 1: Valores estándar para un ojo humano adulto

Diámetro de la cámara anterior: (mm)	12
Profundidad central de la cámara ant. (mm)	3,20
Diámetro cristalino (mm)	9,0
Profundidad cristalino (mm)	4,00
Espesor iris (mm)	0,18
Distancia iris-cristalino (mm)	0,93
Distancia iris-lente (mm)	0,12
Largo lente (mm)	8,75
Ancho lente (mm)	3,50
Espesor lente (mm)	0,12

RESULTADOS

Se observó con un Vault estándar de 350 micras que cuando el DP es mayor (5.5 mm), el volumen de acuoso que pasa a través de los conductos, iridotomía (13.9%) o agujero central (15.5%) es menor que cuando el DP es más pequeño (3.5 mm), tanto a través de la iridotomía (73.4%), como por el agujero central (75.7%).

Se apreció además que con un Vault bajo (100 micras) disminuye el porcentaje de volumen de acuoso que alcanza el agujero central (5.1% y 52.0% respectivamente, para DP de 5.5 y 3.5 mm) con respecto a un Vault estándar de 350 micras (15.5% y 75.7% respectivamente para DP de 5.5 y 3.5mm). Por tanto, con un Vault bajo, existe una menor circulación de acuoso en la cara anterior del cristalino.

Diámetro pupilar (mm)	Vault (micras)	Tipo de lente	Velocidad de flujo (mm/s)	Volumen (mL/min)	% de humor acuoso
3.5	100	V4c (agujero central)	2,19E-01	2,89E-04	52,01%
		V4b (iridotomía)	2,88E-01	4,10E-04	73,86%
	350	V4c (agujero central)	3,13E-01	4,21E-04	75,72%
		V4b (iridotomía)	2,91E-01	4,08E-04	73,36%
	800	V4c (agujero central)	3,16E-01	4,30E-04	77,35%
		V4b (iridotomía)	2,99E-01	4,18E-04	75,17%
5.5	100	V4c (agujero central)	2,14E-03	2,83E-05	5,09%
		V4b (iridotomía)	4,73E-03	6,73E-05	12,12%
	350	V4c (agujero central)	6,41E-02	8,63E-05	15,53%
		V4b (iridotomía)	5,53E-02	7,74E-05	13,94%
	800	V4c (agujero central)	1,33E-01	1,82E-04	32,82%
		V4b (iridotomía)	1,10E-01	1,57E-04	28,17%

Tabla 2: Resultados de velocidad, volumen y porcentaje de humor acuoso que atraviesa los orificios en las 12 situaciones (según diámetro pupilar, tipo de lente y vault).

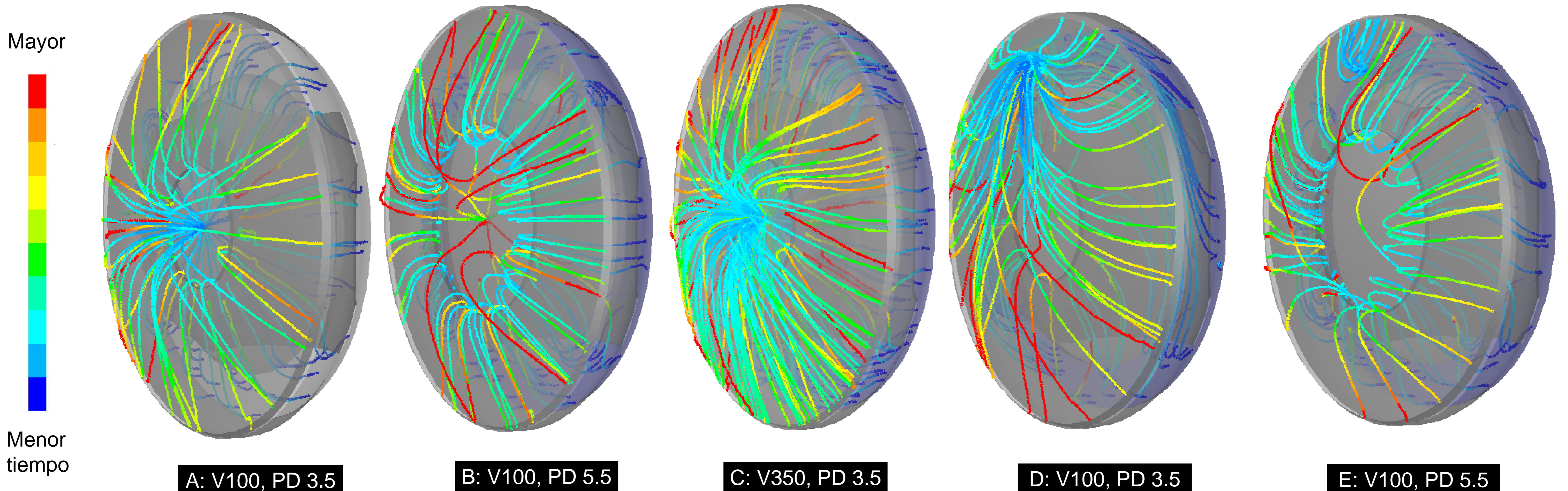


Figura 1: Tiempo de permanencia del humor acuoso en la cámara anterior. Escala de colores: rojo= mayor tiempo; verde= tiempo medio; azul= menor tiempo. (V: vault; PD: diámetro pupilar)

En las figuras A, B y C se representa la lente con agujero central, V4c. Con un vault bajo (A y B), el tiempo de permanencia en cámara anterior es mayor si la pupila es más grande (B), por lo que esta situación sería más fisiológica. En el C debido a que existe un vault estándar la circulación y el llenado de la cámara anterior es más homogénea, existiendo además una mayor circulación en la cara anterior del cristalino. En el D y E, se representa la lente que precisa iridotomía. En el D observamos como el flujo pasa a través de la iridotomía y rápidamente sale por la malla trabecular; existiendo una menor circulación en cámara anterior que en el caso E, en el que al existir un tamaño pupilar mayor, la circulación del acuoso en la cámara anterior se realiza de manera más homogénea.



José Ignacio Fernández-Vigo, Cristina Fernández-Vigo,
Ana Macarro Merino, José Ángel Fernández-Vigo

Madrid, 11 de diciembre del 2015. Congreso anual de la SOM

RESULTADOS

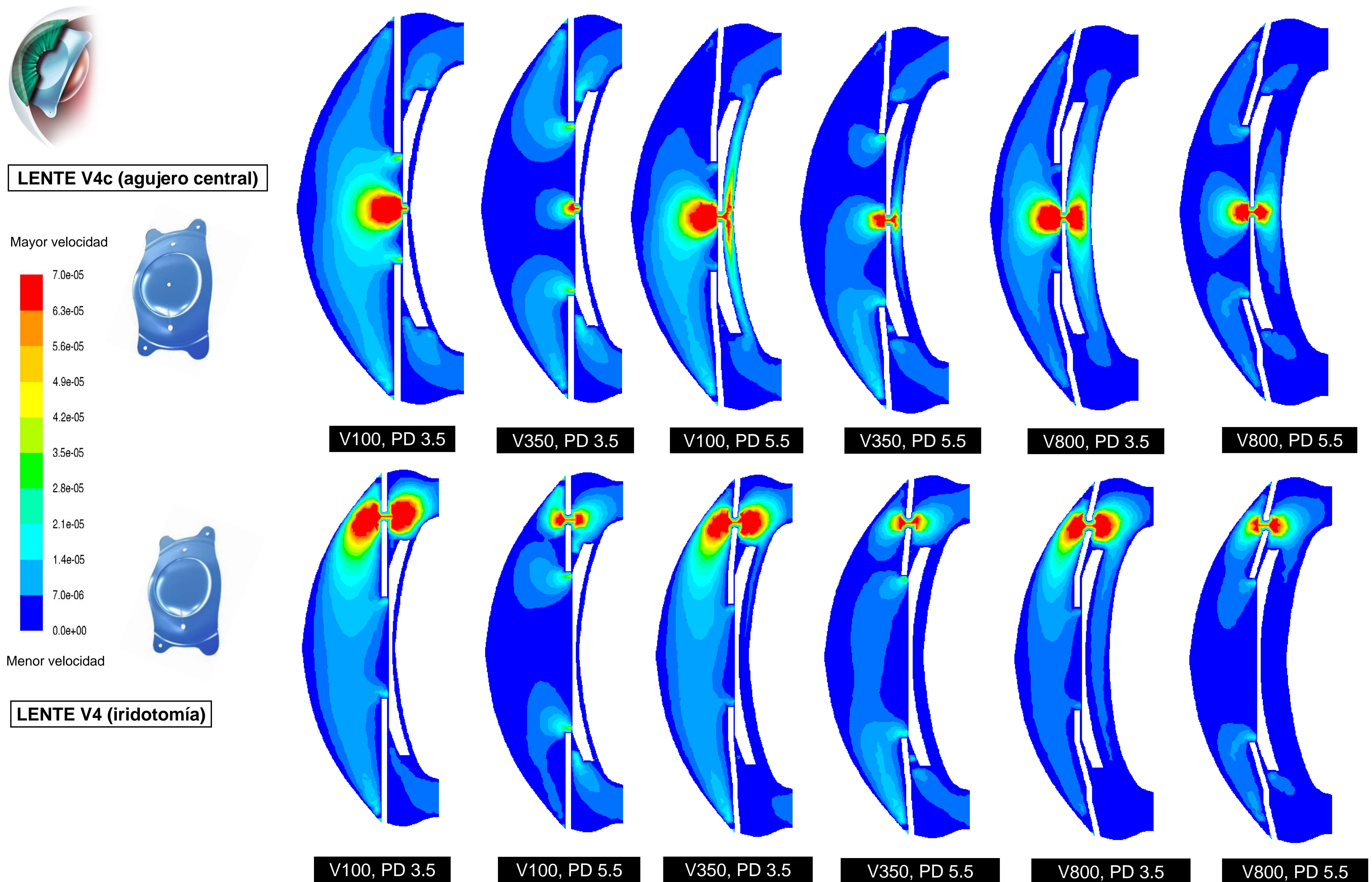


Figura 2: Representación de la velocidad de flujo del humor acuoso al atravesar los orificios en las 12 situaciones estudiadas (según tipo de Lente (iridotomía versus agujero central), diámetro pupilar (PD: 3.5 o 5.5 mm) y vault (V: 100, 350, 800)).

En el caso de la lente V4c con agujero central (imágenes de la fila superior) se aprecia que a igualdad de Vault, la aceleración del flujo es mucho mayor si la pupila es más pequeña que si la pupila es más grande. Sin embargo es importante resaltar que este aumento de velocidad de flujo se disipa en la cámara anterior y esa corriente de acuoso no llega a impactar sobre el endotelio. Además se puede observar que a mayor vault, mayor circulación en la cara anterior del cristalino.

En la fila inferior se aprecia la representación de la lente V4b, que requiere iridotomía periférica. Se puede apreciar como el aumento de velocidad de flujo a través de la iridotomía puede provocar una corriente de humor acuoso que impacte produciendo alteraciones sobre el endotelio periférico. A mayor diámetro pupilar, mayor es el porcentaje de acuoso que circula a través de la pupila y menor es la velocidad de esa corriente periférica de acuoso.

CONCLUSIONES:

El flujo del humor acuoso depende del tipo de lente implantada, y se ve influenciado tanto por el diámetro pupilar como por el Vault.
Con un diámetro pupilar mayor y un vault bajo, disminuye la circulación en la cara anterior del cristalino.

Bibliografía:

- Fernández-Vigo JI, Macarro-Merino A, Fernández-Vigo C, Fernández-Vigo JÁ, Martínez-de-la-Casa JM, Fernández-Pérez C, García-Feijóo J. Effects of ICL V4c placement on iridocorneal angle measurements by Fourier domain OCT. Am J Ophthalmol. 2015 Nov 12.
- Kawamorita T, Uozato H, Shimizu K. Fluid dynamics simulation of aqueous humour in a posterior chamber phakic intraocular lens with a central perforation. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2012; 250:935-9.
- Repetto R, Pralits JO, Siggers JH, Soleri P. Phakic iris-fixed intraocular lens placement in the anterior chamber: effects on aqueous flow. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;56(5):3061-8.
- Fitt A D, Gonzalez G. Fluid Mechanics of the Human Eye: Aqueous Humour Flow in the Anterior Chamber, Bulletin of Mathematical Biology. 2006;68:53-71.
- Kapnis K, Van Doormaal M, Ross Ethier C. Modeling aqueous humor collection from the human eye, Journal of Biomechanics. 2009;42:2454-57.
- Edelhauser HF, Sanders DR, Azar R, Lamielle H. Corneal endothelial assessment after ICL implantation. J Cataract Refract Surg. 2004;30(3):576-83.