

2. Trabeculoplastia con láser de argón

Argon Laser Trabeculoplasty

A. Verdugo Gazdik, T. Torrent Solans

Servicio de Oftalmología. Hospital Universitari Dr. Josep Trueta. Girona.

Correspondencia:

Alicia Verdugo Gazdik

E-mail: verdugo.alicia@gmail.com

Introducción

En los años 1970, varios investigadores reportaron el uso del láser de argón sobre la malla trabecular como un método para bajar la presión intraocular (PIO) en el glaucoma^{1,2}. Sin embargo, la primera descripción de la trabeculoplastia con láser de argón (ALT, *argon laser trabeculoplasty*) fue realizada en 1979 por Wise y Witter³, quienes publicaron una tasa de éxito mayor del 70% en el tratamiento del glaucoma de ángulo abierto. Subsiguientes estudios^{4,5} confirmaron estos resultados, haciendo de la ALT una técnica comúnmente usada entre 1980 y mediados de la década de 1990. El *Glaucoma Laser Trial*⁶ demostró una efectividad superior de la ALT frente a los beta-bloqueantes, tanto en monoterapia como en asociación, si bien en el seguimiento a largo plazo se observó una disminución de la eficacia de ambos tratamientos⁷. Con la introducción de las nuevas medicaciones antiglaucomatosas (análogos de las prostaglandinas) a mediados de los años 1990, la tendencia al uso de la ALT revirtió, disminuyendo de manera significativa el número de procedimientos realizados⁸. En los años recientes, la trabeculoplastia selectiva con láser (SLT, *selective laser trabeculoplasty*)⁹, aprobada por la *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos en el año 2001, ha reemplazado en gran proporción a la ALT, porque logra una similar reducción en la PIO pero es menos destructiva histopatológicamente, con el potencial beneficio en su repetibilidad.

A pesar de la disminución en el número de procedimientos, la ALT es una modalidad terapéutica bien considerada para ser usada en circunstancias en las que no hay disponibles otras opciones de láser. Es por esta razón que está justificada la inclusión de la revisión de este procedimiento en esta actualización en cirugía de glaucoma.

Mecanismo de acción

El exacto mecanismo de acción de la ALT no está bien establecido. Se han propuesto diversas teorías para explicar el aumento de la facilidad del drenaje del humor acuoso tras una ALT exitosa, que a continuación se comentan.

Teoría mecánica

Los impactos del láser producirían la coagulación térmica del tejido trabecular, contrayéndolo y estirando las trabéculas adyacentes, facilitando el drenaje del humor acuoso (Figura 1). La acción coagulativa de las quemaduras del láser de argón sobre el anillo trabecular interno genera fuerzas de tracción centrípetas que, al menos en teoría, serían capaces de abrir los canales acuosos y dilatar el canal de Schlemm³. Por otra parte, estas cicatrices, con la aparición de tejido fibroso recubriendo la superficie interna de la malla trabecular e incluso la luz del canal de Schlemm, probablemente son las causantes

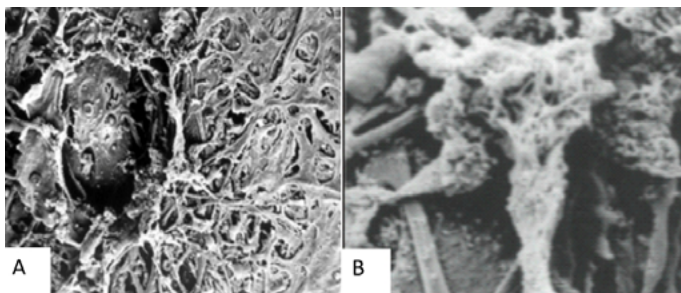


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido después de ALT. A) Cráter formado por el impacto del láser de argón sobre la malla trabecular. B) Margen del cráter mostrando la coagulación y la contracción del tejido.

de la pérdida del efecto hipotensor y de la ineffectividad del retratamiento^{10,11}. Se ha atribuido a la ALT cierto efecto negativo sobre la supervivencia de una cirugía filtrante posterior. Sin embargo, la opinión general actual es que no existen evidencias en este sentido¹².

Para la mayoría de los autores, la teoría mecánica es insuficiente y simplista para aclarar el efecto reductor de la PIO en la ALT.

En el glaucoma primario de ángulo abierto se ha evidenciado un aumento de los componentes de la matriz extracelular (MEC) en la malla trabecular y en el tejido yuxtacanalicular¹³.

Las metaloproteinasas son una familia de proteínas que degradan y eliminan fibras colágenas, proteoglicanos y otros materiales de depósito de la MEC, favoreciendo la movilidad y la migración celulares, y la síntesis de nuevos elementos de la MEC¹⁴.

La regulación de la resistencia al flujo de salida del humor acuoso depende en gran parte de la capacidad de la malla trabecular para mantener el recambio de la MEC y adecuarlo a las necesidades.

Numerosos estudios al respecto tratan de hallar un mecanismo de la trabeculoplastia, que afecta a la composición y el recambio de la matriz extracelular, y complejos cambios en la división y la migración celulares en la malla trabecular^{15,16}.

Teoría celular

La energía láser induciría la división celular y la repoblación de la malla trabecular, que podrían reparar el daño causado por

la misma. Se ha demostrado un incremento en la replicación de DNA y la mitosis siguiendo a la ALT¹⁵.

Teoría bioquímica

La teoría bioquímica sugiere la liberación de mediadores químicos (interleucina-1 beta y factor de necrosis tumoral alfa) después del tratamiento con láser, que mejoran el drenaje del humor acuoso mediante la inducción de metaloproteinasas específicas y remodelación de la MEC¹⁶.

Ambas teorías son complementarias puesto que coinciden en la renovación del tejido de la matriz extracelular de la malla trabecular.

Indicaciones y contraindicaciones

El lugar de la ALT en el ámbito del tratamiento del glaucoma ha sido fuente de considerables debates. La ALT se usa para el control de la PIO elevada en¹⁷:

- Pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto (GPAA), glaucoma por pseudoexfoliación capsular, glaucoma pigmentario e hipertensión ocular con alto riesgo, cuando la PIO no es controlada adecuadamente con tratamiento médico (ya sea por poca eficacia, tolerabilidad o adherencia).
- Como tratamiento inicial en pacientes que no toleren o no cumplan el tratamiento médico.

También se puede postular como tratamiento inicial del glaucoma según los resultados obtenidos en el *Glaucoma Laser Trial*⁶. Este fue un ensayo clínico multicéntrico y aleatorizado que estudió la eficacia y la seguridad de la ALT como tratamiento alternativo a la medicación tópica en pacientes con diagnóstico de GPAA que no habían recibido tratamiento previo. Después de 2 años de seguimiento, el tratamiento inicial con ALT resultó ser tan eficaz como la medicación. Sin embargo, más de la mitad de los ojos tratados inicialmente con láser requirieron añadir uno o más fármacos para controlar la PIO durante el estudio. Además, los protocolos de medicación utilizados en este estudio no son los mismos que se emplean hoy en día para el tratamiento del GPAA.

En Europa, la ALT pocas veces se escoge como primera línea de tratamiento, mientras que la SLT está ganando popularidad

como tratamiento inicial. Actualmente la mayoría de los oftalmólogos mantienen el algoritmo que empieza por instaurar medicación tópica, en segundo lugar posible trabeculoplastia láser y finalmente cirugía filtrante.

La trabeculoplastia tiene una eficacia variable en el glaucoma por recesión angular, el glaucoma mal controlado por la cirugía y el glaucoma inducido por esteroides.

Existen ciertos factores que aumentan o disminuyen la eficacia de la ALT en el control de la PIO. Entre los factores que la aumentan tenemos la edad superior a 65 años, la transparencia corneal, el ojo fágico o pseudofágico con lente intraocular de cámara posterior, la buena pigmentación del ángulo camerular y la ALT previa exitosa en el ojo contralateral. Por el contrario, la edad menor de 40 años, la poca pigmentación del ángulo, la afaquia y un mal resultado en el ojo contralateral son factores predictores de una eficacia reducida.

Hay pocas contraindicaciones para la trabeculoplastia en el tratamiento del GPAA si el ángulo es accesible. No se recomienda esta técnica en pacientes con glaucoma inflamatorio, síndrome endotelial iridocorneal, glaucoma neovascular, glaucoma con presión venosa episcleral elevada, glaucoma con anomalías congénitas, glaucoma juvenil, glaucoma de ángulo estrecho ni GPAA con más de 180° de sinequias anteriores periféricas¹⁸.

Si el ojo tiene una lesión avanzada y la PIO es alta, es dudoso que la trabeculoplastia consiga disminuir la tensión al nivel adecuado. Un segundo ensayo clínico, *Advanced Glaucoma Intervention Study*¹⁹, comparó el uso de ALT con cirugía filtrante en ojos con glaucoma avanzado no controlado con el máximo tratamiento médico tolerado. Después de un seguimiento de 15 años reportó que la cirugía tiende a bajar más la PIO que la ALT, y los ojos tratados con ALT requirieron con más frecuencia una segunda intervención que los tratados con trabeculectomía.

Hay situaciones en que la ALT parece estar particularmente indicada:

- Pacientes que no pueden o no desean cumplir el tratamiento tópico de forma ordenada.
- Pacientes en quienes por su situación física se desaconseja la intervención quirúrgica.
- En ciertos lugares del mundo en que no es factible el tratamiento médico por limitaciones socioeconómicas.

Estudio preoperatorio

Se recomienda una detallada historia médica y ocular junto con una exploración oftalmológica completa previa a la trabeculoplastia. Hay que prestar especial atención a la PIO, la paquimetría, la gonioscopia y el estudio del nervio óptico y del campo visual. El ángulo debe verse abierto en la gonioscopia. Para que la trabeculoplastia sea eficaz, se requiere que haya algo de pigmento visible en el ángulo, determinando el grado de pigmentación la potencia empleada; cuanto más pigmentada esté la malla trabecular, menor energía se requerirá para obtener el efecto deseado.

Técnica

Preparación preoperatoria

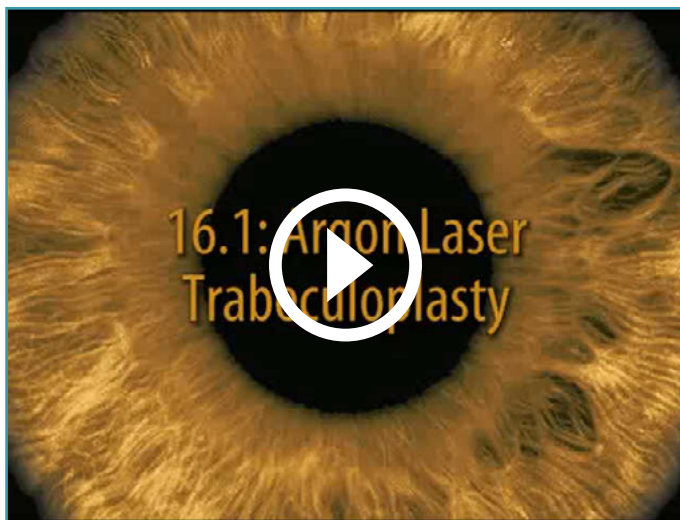
Muchos oftalmólogos usan apraclonidina tópica al 1% o brimonidina al 0,2%, para reducir la probabilidad de los picos de PIO, 1 hora antes del procedimiento e inmediatamente después. Otros medicamentos que pueden abolir los picos tensionales serían los betabloqueantes, la pilocarpina y los inhibidores de la anhidrasa carbónica.

Se debe aplicar anestesia tópica justo antes de colocar la lente (de gonioscopia tipo Goldmann, de trabeculoplastia de Ritch[®], etc.).

La mayoría de los oftalmólogos usan el láser de argón con luz azul-verde, pero también puede hacerse usando solamente luz verde o láser diodo²⁰. Se recomienda el uso de metilcelulosa para facilitar el acoplamiento de la lente al ojo.

El procedimiento puede sintetizarse en la siguiente descripción (Vídeo 1)²¹:

- Identificación de las estructuras del ángulo.
- Se enfoca con una goniolente un haz de láser de 50 µm de diámetro y 0,1 segundos de duración sobre la malla trabecular del ángulo camerular.
- La potencia (300-1000 mW) se ajustará para conseguir el punto final buscado: un leve blanqueamiento o la formación de pequeñas burbujas. Si se forma una burbuja grande, se reducirá la potencia del tratamiento.
- Se recomienda localizar el haz del láser superiormente, para ajustar la potencia del tratamiento, en la malla



Vídeo 1. Técnica de la trabeculoplastia con láser de argón. (Con el permiso de Elsevier. Publicado en Chen TC, editor. *Glaucoma surgery. Surgical techniques in ophthalmology*, p. 227²¹.)

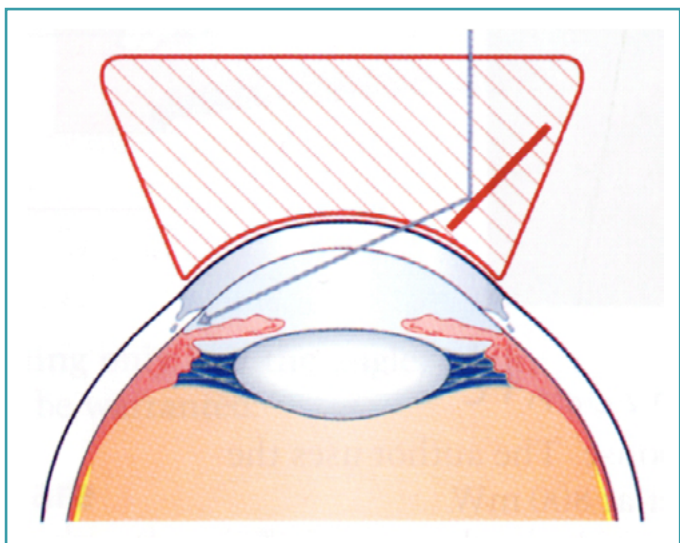


Figura 2. Gonioscopia con una lente de tres espejos de Goldmann. La posición de las 12 horas del espejo se corresponde en el ángulo a la hora 6. (Reproducida con permiso de Elsevier. Publicada en Chen TC, editor. *Glaucoma surgery. Surgical techniques in ophthalmology*, p. 227²¹.)

trabecular inferior, donde el ángulo es más ancho y más pigmentado (Figura 2)²¹.

- Los impactos deben situarse en la unión de la malla trabecular anterior no pigmentada (no filtrante) y la posterior pigmentada (filtrante), en el extremo anterior de la malla trabecular pigmentada (Figura 3). El tratamiento en la malla trabecular posterior tiende a producir infla-

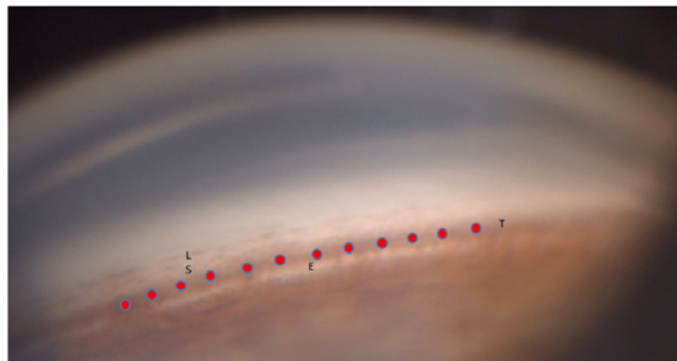


Figura 3. La posición correcta de los disparos del láser está entre la malla trabecular no pigmentada y la pigmentada. E: espolón escleral; T: trabeculum; LS: línea de Schwalbe.

mación, dispersión del pigmento, elevación prolongada de la PIO y sinequias anteriores periféricas (SAP).

- Hay algunos oftalmólogos que tratan 360° de la malla trabecular con aproximadamente 100 impactos, mientras otros tratan solamente la mitad del ángulo con 50-60 impactos consiguiendo una reducción suficiente, y 1 mes después, si el tratamiento es insuficiente, se trata la otra mitad del ángulo. El tratamiento de 360° del ángulo está asociado con una más alta incidencia de picos de PIO.
- La densidad de los impactos es de aproximadamente ocho por huso horario, o las aplicaciones del láser están separadas entre sí por el ancho de tres o cuatro disparos, de manera que se logren unas 25 quemaduras por cuadrante.

Manejo postoperatorio

- Se recomienda controlar la PIO durante las primeras 1-6 horas. Se deben monitorizar estrechamente los siguientes casos: daño glaucomatoso grave del nervio óptico con pérdida importante del campo visual, ojos únicos, PIO preláser elevada, síndrome pseudoexfoliativo y trabeculoplastia láser previa. El seguimiento depende de la PIO, del paciente y del médico, siendo lo más frecuente un control a la semana, a las 4-6 semanas y luego cada 3-4 meses.
- Añadir corticoides tópicos o antiinflamatorios no esteroideos tres o cuatro veces al día durante 4-7 días.

- Se mantiene el tratamiento antiglaucomatoso previo, y la decisión de reducir la medicación antiglaucomatosa puede basarse en la respuesta de la PIO a las 4-6 semanas.

Complicaciones

Entre sus complicaciones se encuentran:

- *Hipertensión intraocular*: es la complicación más frecuente (20-50% de los pacientes), aparece en el postoperatorio inmediato (primeras 1-4 horas tras el tratamiento) y en forma transitoria, resolviéndose con tratamiento médico en la mayoría de los casos, siendo rara una elevación mantenida de la PIO que requiera una cirugía filtrante. Generalmente es menor de 10 mmHg, pero en ocasiones puede ser mayor y producir pérdida visual. En el *Glaucoma Laser Treatment Trial*²², los pacientes fueron tratados con ALT (180° del ángulo) y se reportó un incremento de la PIO mayor de 5 mmHg en el 34% de los pacientes y mayor de 10 mmHg en el 12%. En este ensayo no se hizo profilaxis perioperatoria con medicación antiglaucomatosa antes ni después del procedimiento. La frecuencia de estos picos se redujo en dos tercios con el uso de alfa-adrenérgicos²³. El incremento postoperatorio de la PIO es más intenso y frecuente con niveles de energía más alta, tratamiento de 360° del ángulo en una sesión, localización posterior del tratamiento y malla trabecular con mayor pigmentación.
- *Uveítis anterior/iritis*: es frecuente una ligera reacción inflamatoria en la cámara anterior, de duración variable. Algunos oftalmólogos prescriben por sistema antiinflamatorios durante 4-7 días, mientras que otros sólo los indican si aparece inflamación.
- *SAP*: es una complicación evitable, que está en relación con la técnica y el manejo de la inflamación. En el *Glaucoma Laser Trial*²², en un 46% de los ojos en que se realizó ALT como tratamiento inicial se observó formación de SAP. Entre los factores relacionados con esta complicación están la intensidad de la energía láser utilizada y la localización posterior de las quemaduras, cercanas a la raíz del iris.

Hoy en día, tanto el hipema como las quemaduras corneales son complicaciones raras, por el uso de una menor intensidad de energía láser¹⁸.

Resultados

La tasa de éxito de la ALT varía según el tipo de glaucoma y la historia ocular previa. La magnitud de la reducción de la PIO está en el 20-30% (6-9 mmHg) y relacionada con su valor basal. La tasa de éxito en los pacientes con glaucoma de ángulo abierto varía entre el 65% y el 97%, con un éxito a los 5 años de alrededor del 50%^{24,25}.

En el *Glaucoma Laser Trial Follow-up Study*, después de 7 años de seguimiento los pacientes tratados con ALT presentaban menor PIO (1,2 mmHg) y menor deterioro del campo visual (0,6 dB) y del nervio óptico, en comparación con ojos tratados inicialmente con medicación^{6,7}. Sin embargo el éxito del procedimiento disminuyó con el tiempo. Se estima que un 10% de los pacientes pierden el efecto del procedimiento cada año, con un éxito a los 5 años de alrededor del 50%²⁶.

En el *Glaucoma Laser Trial*⁷ se concluye que sólo el 11% de los ojos tratados inicialmente con ALT habían necesitado repetir el tratamiento láser o someterse a tratamiento quirúrgico, frente al 34% de los ojos con tratamiento médico inicial.

Los pacientes a quienes se realiza ALT como procedimiento primario tienen una mayor tasa de éxito que aquellos en quienes se realiza como procedimiento secundario. Agarwal *et al.*²⁷ reportaron una tasa de éxito en pacientes que no habían sido tratados con medicación del 90% a los 6 meses, del 75% a los 12 meses y del 65% a los 5 años. El éxito fue definido como una PIO menor de 21 mmHg sin medicación y sin evidencia de progresión. Estos resultados contrastaban con los de aquellos pacientes a quienes se realizó ALT y habían sido tratados previamente con medicación antiglaucomatosa durante más de 1 año. A los 6 meses, solamente el 67% fueron considerados exitosos, el 35% a los 12 meses y el 10% a los 5 años.

En un estudio de pacientes de raza negra de Jamaica²⁸, la ALT controló la PIO en forma exitosa en el 68% de 48 ojos que no controlaban la presión con tratamiento médico. Según varios estudios, parece razonable considerar la ALT en aquellos pacientes que no controlan la PIO con tratamiento médico.

En el *Advanced Glaucoma Intervention Study*¹⁹, que incluyó enfermos con glaucoma mal controlados médicamente y tratados con ALT, se demuestra que a los 5 años se produce un fracaso en el 30% de los pacientes de raza negra y en el 40% de los de raza blanca, siendo el porcentaje de fracasos a los 10 años del 50% en ambos grupos.

El retratamiento de un ángulo que había sido tratado por completo (unos 80-100 impactos en 360°) se acompaña de una menor tasa de éxitos y una mayor frecuencia de complicaciones que el tratamiento inicial. Si la ALT no consigue controlar la PIO, hay que plantearse realizar una trabeculectomía.

Un ensayo clínico prospectivo aleatorizado²⁹ demostró una reducción similar de la PIO con la ALT y la SLT. Otros estudios también muestran que la eficacia de la SLT y la ALT es equivalente⁹.

Conclusiones

La ALT es un procedimiento que merece tenerse en consideración en el manejo de la mayoría de los pacientes con glaucoma de ángulo abierto. Numerosos estudios prospectivos han mostrado que la ALT es un procedimiento relativamente seguro y efectivo en el tratamiento del glaucoma de ángulo abierto, y es una técnica válida aún hoy día.

La elevación de la PIO y la formación de SAP son las complicaciones más comunes de la ALT, que pueden evitarse con un apropiado tratamiento profiláctico con medicación antiglaucomatosa y una adecuada técnica.

La SLT parece ser tan efectiva como la ALT en pacientes con glaucoma de ángulo abierto. Sin embargo, la ALT produce mayor lesión coagulativa y mayores cambios estructurales en la malla trabecular en comparación con la SLT, lo que posiblemente contribuye a su limitada efectividad en los retratamientos.

Así, para los pacientes que tienen necesidad de una reducción adicional de la PIO, la ALT es una opción no invasiva efectiva a considerar.

Bibliografía

- Krasnow MM. Laserpuncture of anterior chamber angle in glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1973;75:674-8.
- Worthen DM, Wickham MG. Argon laser trabeculotomy. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*. 1794;78:71-5.
- Wise JB, Witter SL. Argon laser therapy for open-angle glaucoma. A pilot study. *Arch Ophthalmol*. 1979;97:319-22.
- Wilensky JT, Jampol LM. Laser therapy for open angle glaucoma. *Ophthalmology*. 1981;88:213-7.
- Schwartz AL, Whitten ME, Bleiman B, et al. Argon laser trabecular surgery in uncontrolled phakic open angle glaucoma. *Ophthalmology*. 1981;88:203-12.
- Glaucoma Laser Trial Research Group. The Glaucoma Laser Trial II: results of argon laser trabeculoplasty versus topical medicines. *Ophthalmology*. 1990;97:1403-13.
- Glaucoma Laser Trial Research Group VII. The Glaucoma Laser Trial (GLT) and glaucoma laser trial follow-up study results. *Am J Ophthalmol*. 1995;120:10-22.
- Paikal D, Yu F, Coleman AL. Trends in glaucoma surgery incidence and reimbursement for physician services in the Medicare population from 1995 to 1998. *Ophthalmology*. 2002;109:1372-6.
- Juzych MS, Chopra V, Banitt MR, et al. Comparison of long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 2004;111:1853-9.
- Van Buskirk EM. Pathophysiology of laser trabeculoplasty. *Surv Ophthalmol*. 1989;33:264-72.
- Koller T, Stürmer J, Remé Ch, et al. Membrane formation in the chamber angle after failure of argon laser trabeculoplasty: analysis of risk factors. *Br J Ophthalmol*. 2000;84:48-53.
- Honrubia FM, Pueyo M, Pablo LE, et al. Efecto de la trabeculectomía tras trabeculoplastia láser de argón: estudio a largo plazo. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*. 1999;(4).
- Alvarado JA, Murphy CG. Outflow obstruction in pigmentary and primary open angle glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 1992;110:1769-78.
- Pang IH, Hellberg PE, Fleenor DL, et al. Expression of matrix metalloproteinases and their inhibitors in human trabecular meshwork cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003;44:3485-93.
- Bylsma SB, Samples JR, Acott TS, et al. Trabecular cell division after argon laser trabeculoplasty. *Arch Ophthalmol*. 1988;106:544-7.
- Bradley JM, Andersson AM, Colvis CM, et al. Mediation of laser trabeculoplasty-induced matrix metalloproteinase expression by IL-1beta and TNF-alpha. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000;41:422-30.
- EGS-European Glaucoma Society. Terminology and guidelines for glaucoma. 4th ed. Savona: Publicomm SRL; 2014. 196 p.
- Shaarawy TM, Sherwood MB, Hitchings RA, Crowston JG. *Glaucoma surgical management*. United Kingdom: Saunders Elsevier; 2009;Vol. II:47-51.
- Advanced Glaucoma Intervention Study Investigators. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS) 13. Comparison of treatment outcome within races: 10-year results. *Ophthalmology*. 2004;111:651-64.
- Chung PY, Schuman JS, Netland PA, et al. Five-years results of a randomized, prospective, clinical trial of diode vs argon laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1998;126(2):185-90.
- Chen TC, editor. *Glaucoma surgery. Surgical techniques in ophthalmology*. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2008. p. 225-30.
- Glaucoma Laser Trial Research Group. The Glaucoma Laser Trial 1. Acute effects of argon laser trabeculoplasty on intraocular pressure. *Arch Ophthalmol*. 1989;107:1135-42.

23. Robin AL, Pollack IP, House B, Enber C. Effects of ALO 2145 on intraocular pressure following argon laser trabeculoplasty. *Arch Ophthalmol.* 1987;105:646-50.
24. Goldberg I. Argon laser trabeculoplasty and the open angle glaucoma. *Aust NZ Ophthalmol.* 1985;13:243-8.
25. Thomas JV, Simmons RJ, Belcher CD. Argon laser trabeculoplasty in the pre-surgical glaucoma patient. *Ophthalmology.* 1982;89:187-97.
26. Shingleton BJ, Richter CU, Dharma SK, *et al.* Long-term efficacy of argon laser trabeculoplasty. A 10-years follow-up study. *Ophthalmology.* 1993;100:1324-9.
27. Agarwal HC, Sihota R, Das C, *et al.* Role of argon laser trabeculoplasty as primary and secondary therapy in open angle glaucoma in Indian patients. *Br J Ophthalmol.* 2002;86:733-6.
28. Moriarty BJ, Char JN, Acheson RW, *et al.* Argon laser trabeculoplasty in primary open-angle-glaucoma – results in black Jamaican population. *Int Ophthalmol.* 1988;12:217-21.
29. Damji KF, Shah KC, Rock WJ, *et al.* Selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty. *Br J Ophthalmol.* 1999;83:718-22.