

Validación de un simulador para el entrenamiento de la capsulotomía posterior láser en oftalmología

Validation of a simulator for teaching posterior capsulotomy with laser in ophthalmology

Iván Hernández López^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-5291-8292>

Ricardo Ruiz Carreño¹ <https://orcid.org/0000-0001-6971-371X>

Daylin Cárdenas Chacón¹ <https://orcid.org/0000-0002-4853-9107>

¹Instituto cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”

*Autor para la correspondencia: ivan.hdez@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La capsulotomía láser representa el único tratamiento efectivo para tratar la opacidad de cápsula posterior -causa más común de disminución de la visión después de una cirugía de catarata-. Este proceder es sencillo, pero no exento de complicaciones. Hasta ahora su aprendizaje se realiza directamente en los pacientes. El uso de simuladores permite el aprendizaje de la técnica sin dañar al paciente y sin la obligada presencia del profesor.

Objetivo: Validar la confección de un modelo de ojo artificial como simulador para el entrenamiento de residentes de oftalmología en capsulotomía posterior con láser.

Métodos: Estudio observacional, descriptivo y prospectivo en el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”, realizado desde febrero hasta marzo de 2019. Se confeccionó un modelo que simula el ojo pseudofáquico con opacidad de cápsula posterior. Se eligieron ocho residentes de oftalmología de primer año que nunca habían realizado una capsulotomía láser. Todos observaron la ejecución de la capsulotomía en pacientes reales y en el modelo docente, mientras recibían la explicación de la técnica. Posteriormente, cada estudiante efectuó el proceder

sobre el simulador en tres ocasiones, y se evaluó en cuanto al completamiento de la capsulotomía y los impactos al lente.

Resultados: Se obtuvo un modelo de simulación para el entrenamiento de la capsulotomía posterior láser con el uso de materiales reusables. El promedio de disparos para completar el proceder fue superior al necesario en pacientes reales. No obstante, el número de disparos e impactos de láser en el lente intraocular se redujo con las sucesivas sesiones de entrenamiento.

Conclusiones: El simulador confeccionado es económico y de fácil factura. Su uso resulta funcional para el entrenamiento sistemático de la capsulotomía posterior con Nd. YAG láser, sin riesgo de daño para el paciente. Contribuye a perfeccionar el enfoque y a minimizar los impactos en la lente intraocular, por lo que se muestra como un medio didáctico útil para la formación y evaluación de habilidades de los residentes de oftalmología.

Palabras clave: entrenamiento simulado; terapia por láser; enseñanza; oftalmología.

ABSTRACT

Introduction: Laser capsulotomy is the only effective treatment for posterior capsule opacity, the commonest cause of decreased vision after cataract surgery. This procedure is simple, but not without complications. Until now, learning such procedure has been carried out directly on patients. Using simulators allows learning the technique without harming patients and without the professor's obligatory presence.

Objective: To validate the creation of an artificial eye model to be used as a simulator for the training of Ophthalmology residents in posterior capsulotomy with laser.

Methods: Observational, descriptive and prospective study carried out, from February to March 2019, at Ramón Pando Ferrer Cuban Institute of Ophthalmology. A model was made that simulates the pseudophakic eye with posterior capsule opacity. Eight first-year Ophthalmology residents who had never performed a laser capsulotomy were selected. All the participants observed the performance of capsulotomy in real patients, as well as in the teaching model, while receiving the explanation regarding the technique. Subsequently, each student performed the procedure with the simulator on three occasions, and received an evaluation based on the completion of the capsulotomy and the impacts to the lens.

Results: A simulation model was obtained for training posterior laser capsulotomy with the use of reusable materials. The average number of shots to complete the procedure was higher than necessary in real patients. However, the number of shots and laser impacts on the intraocular lens decreased with successive training sessions.

Conclusions: The simulator created is cheap and easy to make. Its use is functional for the systematic training of posterior capsulotomy with neodymium. Yttrium aluminium garnet (YAG) laser did not have any risks to the patient. It contributes to perfecting the focus and minimizing the impacts on the intraocular lens; therefore, it is shown as a useful didactic means for the training and evaluation of skills of Ophthalmology residents.

Keywords: simulated training; laser therapy; teaching; Ophthalmology.

Recibido: 28/12/2019

Aceptado: 10/03/2021

Introducción

Los pacientes operados de catarata con las técnicas quirúrgicas modernas esperan un resultado visual casi perfecto, es decir, una visión independiente de cristales correctores. La cápsula posterior representa una especie de membrana sobre la cual queda colocada la lente intraocular que debe, idealmente, permanecer transparente; sin embargo, en un porcentaje no despreciable de pacientes se torna opaca. Esta opacidad de la cápsula posterior (OCP) constituye la causa más común de disminución de la visión después de una cirugía de catarata considerada exitosa y tiene importantes repercusiones médicas, sociales y económicas.⁽¹⁾

No existe hasta el momento ningún método que logre eliminar la proliferación y migración de las células epiteliales cristalinas responsables de la OCP. Por ello, el tratamiento que en la actualidad se acepta como efectivo para tratar esta secuela asociada a la cirugía de catarata es un proceder quirúrgico denominado capsulotomía Nd. YAG láser,⁽²⁾ consistente en la creación de una abertura central de la cápsula por disrupción de esta con disparos de láser, con lo que se logra rápidamente la recuperación visual.

Esta técnica ha sustituido a otras utilizadas anteriormente por su simplicidad y comodidad, su menor agresividad sobre el globo ocular y su carácter ambulatorio, al realizarse en la misma consulta con anestesia tópica; pero no está exenta de

riesgos, ya que altera los compartimentos oculares mediante el incremento de la posibilidad de sufrir patologías graves del segmento posterior, como el desprendimiento de retina o el edema de mácula; además de elevar el costo para el sistema de salud en términos de tiempo y dinero.⁽³⁾ Otra complicación frecuente resulta el daño directo al lente intraocular (LIO) por el impacto del láser.

Múltiples trabajos han reportado que los impactos sobre el lente, incluso en su centro, no tienen efectos clínicamente significativos sobre la agudeza visual (AV), pero sí pueden ser causa importante de deslumbramiento.⁽⁴⁾ Este síntoma puede afectar seriamente la calidad visual del paciente, en particular, al conducir autos en la noche o al trabajar frente a la pantalla de una computadora. En raras ocasiones, cuando el daño al LIO es severo, puede fracturarse, lo que requiere su sustitución quirúrgica. Por eso, aunque se considera un proceder quirúrgico menor, la capsulotomía posterior YAG láser debe realizarse por personal médico debidamente entrenado.

En Cuba, el aprendizaje de este proceder está contenido en el diseño curricular de la especialidad de oftalmología y resulta objeto de evaluación durante la residencia, pues forma parte de las habilidades que se deben dominar para garantizar la competencia en el futuro profesional. La conferencia impartida por los profesores de la asignatura -por el menor tiempo y cantidad de recursos que requiere su preparación- continúa siendo el medio didáctico predominante para transmitir a los estudiantes el conocimiento de esta técnica. Investigaciones han demostrado que, pasadas unas cuantas semanas, la retención por parte del estudiante del conocimiento de procedimientos eminentemente prácticos no resulta efectiva si se basa solamente en la clásica conferencia.^(5,6) La complementación práctica de la educación en el trabajo para afianzar el conocimiento y saber cómo usar lo aprendido es indispensable para desarrollar las habilidades necesarias que requieren las técnicas quirúrgicas de la especialidad, incluida la capsulotomía posterior láser.

Hasta el presente, a pesar de la iatrogenia potencial asociada a este proceder terapéutico, los estudiantes transitan la curva de su aprendizaje, lo que expone directamente a los pacientes -por lo general, sin consentimiento informado- a un riesgo éticamente cuestionable. Esta práctica genera en el residente de primer año de la especialidad cierto temor por la responsabilidad que asume ante la posible afectación visual del paciente, derivada de una mala praxis asociada a su impericia. Esto incluye el daño de la lente por enfoque deficiente, el uso de una energía mayor que la necesaria o el excesivo número de disparos que incrementan el riesgo de las complicaciones graves antes mencionadas.

Se conoce que la práctica constituye un componente fundamental del aprendizaje y mantenimiento de habilidades, esencialmente en las especialidades quirúrgicas. Solo mediante el ejercicio continuado de la técnica se logra la experticia en su realización. El advenimiento de la simulación en la educación médica ha permitido al estudiante la repetición ilimitada de técnicas y procedimientos sin temor a dañar al paciente y sin la obligada presencia del profesor. Además de constituir un medio de enseñanza, también se ha venido utilizando como un medio de evaluación y certificación de competencias.^(7,8)

Desde hace varios años, la oftalmología se ha valido de la simulación para elevar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje, la cual ha evolucionado desde modelos artificiales de partes específicas del ojo⁽⁹⁾ hasta simulaciones virtuales con el desarrollo de la computación.⁽¹⁰⁾ En la literatura revisada solo dos modelos se han descrito para el entrenamiento de la capsulotomía posterior láser: el modelo de Mosseiev, cuyo costo está alrededor de 50 dólares (usd);⁽⁹⁾ y el modelo de Simpson, para el entrenamiento de varios procederés láser, valorado, según sus autores, en 10 usd.⁽¹¹⁾

Al considerar la importancia del tema, los autores del presente trabajo se proponen validar la confección de un modelo de ojo artificial como simulador para entrenamiento de residentes de oftalmología en la capsulotomía posterior con láser. Este constituiría un medio didáctico para el entrenamiento de la técnica, que ayudaría a incrementar las habilidades de los residentes, así como les permitiría a los profesores la supervisión y evaluación de la competencia del educando en su proceso de formación profesional, apegado al principio bioético de no exponer al paciente a los riesgos asociados a la curva de aprendizaje.

Métodos

Se diseñó un estudio observacional, descriptivo y prospectivo en el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”, durante el período febrero-marzo de 2019. El universo lo constituyeron todos los residentes de primer año de la institución. Se eligió una muestra de conveniencia constituida por ocho residentes que se encontraban rotando por el servicio de microcirugía en el momento del estudio, y que nunca antes habían realizado una capsulotomía láser. A dichos residentes se les indicó que estudiaran la técnica por la literatura consultada habitualmente durante la rotación en cuestión.

Confección del simulador

Se utilizaron materiales reusables: un pedazo de poliestireno (poliespuma), *foaming*, cartulina con imagen impresa del iris, lente intraocular con fecha caducada, nailon de 8 micras de grosor -colocada tras la lente en función de cápsula posterior- y pieza transparente de una cámara de prueba para la preparación de tejido donante corneal (Fig. 1). Las piezas se conformaron para armar un modelo que simulara las estructuras del segmento anterior del ojo. Mediante un dispositivo metálico en forma de gancho se fijó a la banda de la lámpara de hendidura usada para el apoyo de la frente, por lo que el modelo quedó colocado en una posición similar a la adoptada por el ojo del paciente frente al médico.



Fig. 1 - Elementos para la confección del simulador.

Validación del simulador

Primeramente, el investigador principal demostró la técnica de capsulotomía en pacientes y en el modelo docente. Durante la demostración, se les explicó a los residentes cómo realizarla. Posteriormente, cada estudiante ejecutó el proceder sobre el modelo en tres sesiones supervisadas y evaluadas por el investigador, a través del visor complementario del equipo (Visulas YAG III; Carl Zeiss, Alemania). Al terminar cada residente una sesión, se procedió a cambiar el nailon. Las marcas del láser en la lente se marcaron para después identificar los nuevos impactos. Se anotó el número general de disparos necesarios para completar la capsulotomía y el de impactos en el LIO. Ambos constituyeron las variables a estudiar. Esta información se recogió en una planilla de recolección de datos (Anexo).

Análisis estadístico

Los datos se pasaron a una hoja de cálculo Microsoft Excel 2013. Se halló la media aritmética de los disparos e impactos a la lente, y se presentaron en gráficos y tablas.

Resultados

En la figura 2 A y B se muestra el modelo de simulación confeccionado, colocado en la lámpara de hendidura. Obsérvese que imita las estructuras del segmento anterior del ojo pseudofáquico con opacidad de cápsula posterior, y propicia un escenario muy similar al que enfrenta el residente ante un caso real.

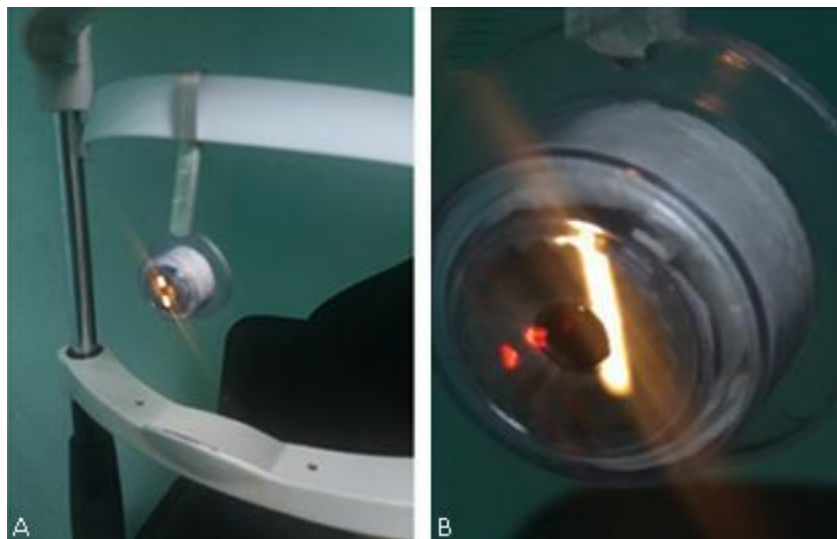


Fig. 2 - Modelo de simulación. A: Colocado en la lámpara de hendidura mediante un soporte en forma de gancho. B: Vista en primer plano del modelo, donde se observan las miras del láser (puntos rojos) y la hendidura de luz del biomicroscopio.

Durante la simulación se observó que cada disparo de láser abría solo un pequeño agujero en la zona del impacto, a diferencia de la mayor área de abertura que se logra sobre la cápsula real. Por consiguiente, fue necesario que los disparos se efectuaran muy cerca uno del otro para hacerlos coalescer en el nailon, como se muestra en la figura 3 A y B. Por consiguiente, el número promedio de disparos para completar el proceder en el simulador resultó superior al necesario para

completar la capsulotomía en un paciente real, que habitualmente varía en un rango entre 23 y 33 disparos, según la experticia del residente.

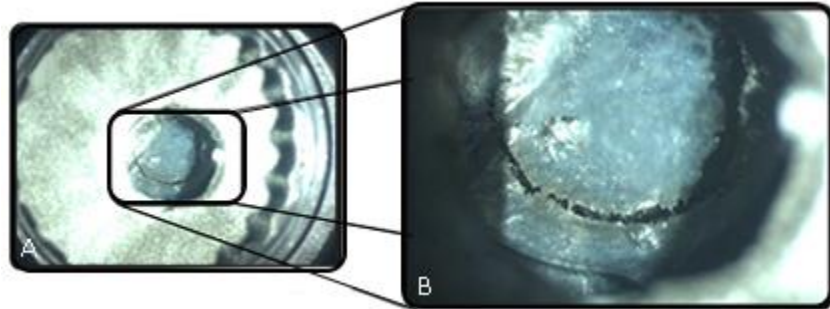
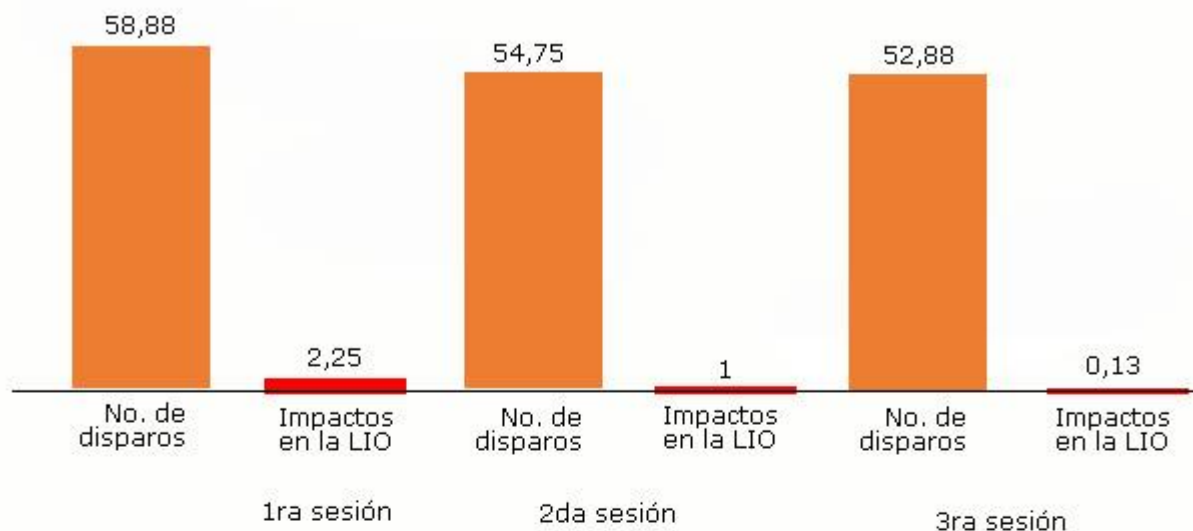


Fig. 3 - Capsulotomía en el modelo de simulación. A: Vista del segmento anterior artificial con la capsulotomía terminada. B: Vista en primer plano donde se observan los múltiples disparos de láser muy cerca uno del otro, necesarios para completar la capsulotomía.

No obstante, se observó un incremento de la efectividad del proceder entre la primera y la tercera sesiones de entrenamiento, ya que el promedio de disparos necesarios para completar la capsulotomía, así como el número de impactos sobre la lente intraocular se redujo (Fig. 4). Esto sugirió una mejoría en el enfoque sobre la cápsula artificial (nailon) a medida que aumentó la práctica.



Residentes	Sesiones de entrenamiento					
	1ra		2da		3ra	
	No. de disparos	Impactos en la LIO	No. de disparos	Impactos en la LIO	No. de disparos	Impactos en la LIO
1	62	4	57	1	58	0
2	58	0	56	1	50	0
3	51	0	49	0	50	0
4	55	6	56	2	49	0
5	67	2	61	3	59	1
6	59	2	51	0	53	0
7	59	0	57	1	56	0
8	60	4	51	0	48	0
Promedio total	58,875	2,25	54,75	1	52,875	0,125

Fig. 4 - Promedio de disparos efectuados e impactos en el LIO con el uso del simulador, según número de sesión.

Discusión

En la literatura revisada se encontraron solo dos investigaciones en las que se utilizó un ojo artificial para la práctica de la capsulotomía posterior.^(9,11) En el primer estudio, *Mosseiev* y otros⁽⁹⁾ emplearon un modelo plástico, diseñado previamente por la firma Gulden Ophthalmics, para el entrenamiento de la capsulorrexis, conocido como *Phaco Practice Patient Replacement Eye*, al que le realizaron múltiples modificaciones para simular la cámara anterior, y usaron un pegamento sobre la base de una mezcla de dextrosa-sucralosa, adherido a una lente intraocular para simular la opacidad de la cápsula. En el segundo estudio, *Simpson* y otros⁽¹¹⁾ proponen un modelo a partir de una esfera de acrílico mucho mayor que un ojo real, pintada de blanco, excepto en la región que representa la córnea, para semejar un ojo; este simula la opacidad mediante el uso de una mezcla similar a la descrita por *Mosseiev* y otros,⁽⁹⁾ esta vez sobre un portaobjetos comúnmente utilizado en la microscopía óptica.

El modelo propuesto por el presente estudio -en cuanto a dimensiones y estética- logra mayor similitud con el ojo pseudofáquico que los simuladores antes mencionados. Tiene la ventaja de que no necesita modelos prediseñados y su confección es mucho más económica, porque sus componentes, tanto la pieza transparente de la cámara de prueba utilizada en la preparación del tejido donante corneal (reusada) como el lente intraocular -ya expirado-, están disponibles en cualquier institución oftalmológica que brinde servicios de cirugía corneal y del cristalino.

Aunque la cápsula posterior del modelo artificial tiene un grosor de 8 micras, mayor que el de la cápsula posterior natural que mide aproximadamente 4 micras, las cápsulas opacas pueden tener un grosor promedio que varían entre 34 y 100 micras, según sean de tipo fibróticas o perlas de Elsching, respectivamente.⁽¹²⁾ A juicio de este autor, el elevado número de disparos para completar el proceder observado en este estudio, no radica en el grosor del nailon utilizado como cápsula, sino en la diferencia de elasticidad y resistencia de este material. No obstante, *Simpson* y otros⁽¹¹⁾ en su trabajo -aun cuando utilizan otro material para simular la opacidad- observaron que el grupo menos experimentado necesitó un promedio de disparos de 60,7, mayor a lo observado en este trabajo. Sin embargo, los sujetos más experimentados necesitaron menos disparos.⁽¹¹⁾ Este resultado coincide con el menor promedio de disparos necesarios para completar la capsulotomía, a medida que avanzaron las sesiones de entrenamiento en la presente investigación.

Por su parte, *Moisseiev* y otros⁽⁹⁾ no especificaron cuántos disparos se necesitaron para completar la capsulotomía, aunque sí reportaron que todos los residentes lograron realizar el proceder sin daño a la lente en una primera y única sesión. Esto puede responder, en primer lugar, al hecho de que los educandos evaluados fueron menos que en nuestro estudio -solo tres residentes- y, en segundo lugar, a que la cápsula se simuló mediante un pegamento aplicado a la cara posterior de la lente, con un grosor varias veces mayor al de la cápsula real, por lo que los residentes tenían la posibilidad de impactar el material, aun al enfocarse mucho más lejos de la lente.

Por otro lado, *Simpson* y otros⁽¹¹⁾ observaron que el grupo menos experimentado impactó más en la lente intraocular que el grupo de mayor experiencia. Asimismo, *Falavarjani* y otros,⁽¹³⁾ en un estudio de 2017 sobre capsulotomía posterior láser, practicada por residentes en pacientes reales, observaron un número de impactos en el LIO significativamente mayor en capsulotomías realizadas por residentes de segundo año en comparación con residentes de tercer año. Ambos estudios coinciden con lo observado aquí, en cuanto a la obtención de mejores resultados a medida que se incrementa la experiencia práctica.

El modelo de simulación confeccionado es económico y de fácil factura. Su uso resulta funcional para el entrenamiento sistemático de la capsulotomía posterior con Nd. YAG láser, sin riesgo de daño para el paciente. Contribuye a perfeccionar el enfoque y a minimizar los impactos en el lente intraocular, por lo que representa un medio didáctico útil para la formación y evaluación de habilidades de los residentes de oftalmología.

Referencias bibliográficas

1. Wu S, Tong N, Pan L, Jiang X, Li Y, Guo M, *et al.* Retrospective Analyses of Potential Risk Factors for Posterior Capsule Opacification after Cataract Surgery. *J Ophthalmol.* 2018 [acceso 27/12/2019];2018. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2018/9089285/>
2. Ursell PG, Dhariwal M, Majirska K, Ender F, Kalson-Ray S, Venerus A, *et al.* Three-year incidence of Nd:YAG capsulotomy and posterior capsule opacification and its relationship to monofocal acrylic IOL biomaterial: a UK Real World Evidence study. *Eye.* 2018 Oct 1 [acceso 26/12/2019];32(10):1579-89. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41433-018-0131-2>
3. Bhargava R. A Review of Posterior Capsule Opacification. *Int J ophthalmic*

Pathol. 2014;3(4). Doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2324-8599.1000147>

4. Juan Marcos ML. Repercusión de la opacificación de la cápsula posterior del cristalino y de la capsulotomía con láser en la función visual y en la calidad de vida de los pacientes. Universidad de Salamanca, Departamento de Cirugía (Oftalmología); 2008 [acceso 07/03/2018]. Disponible en: https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/18109/1/DC_Repercusion_opacificacion_capsula_posterior.pdf

5. Solymos O, Kelly PO, Walshe CM. Pilot study comparing simulation-based and didactic lecture-based critical care teaching for final-year medical students. BMC Anesthesiol. 2015;15:6-10. Doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s12871-015-0109-6>

6. Kumar N, Pathak SS, Singh NK, Rudra S. Effectiveness of simulation technique in teaching-learning process for prevention of postpartum hemorrhage in obstetrics and gynecology. Int J Reprod Contraception, Obstet Gynecol. 2016 Ene 11 [acceso 23/02/2018];5(8):2756-61. Disponible en: <http://www.ijrcog.org/index.php/ijrcog/article/view/1515/1378>

7. Jones F, Passos-Neto CE, Freitas O, Braghiroli M. A Global Journal in Clinical Research Simulation in Medical Education: Brief history and methodology. PPCR. 2015 Jul-Ago [acceso 27/12/2019];1(2):56-63. Disponible en: https://edumedis.fmposgrado.unam.mx/moodle/pluginfile.php/16734/mod_resource/content/1/Simulation%20in%20Medical%20Education%20Brief%20history%20and%20methodology.pdf

8. Carlos Serna-Ojeda J, Graue-Hernández EO, Guzmán-Salas PJ, Luis Rodríguez-Loaiza J. La simulación en la enseñanza de la oftalmología. Gaceta Médica de México. Gac Med Mex. 2017 [acceso 27/12/2019];153(1):111-6. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/GMM/2017/n1/GMM_153_2017_1_111-115.pdf

9. Moisseiev E, Michaeli A. Simulation of neodymium : YAG posterior capsulotomy for ophthalmologists in training. J Cart Refract Surg. 2014 Feb;40(2):175-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.12.007>

10. Atta HR. A novel educational tool for teaching ocular ultrasound. Clin Ophthalmol. 2011 [acceso 23/02/2018];5:857-60. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/8592561.pdf>

11. Simpson SM, Schweitzer KD, Johnson DE. Design and Validation of a Training Simulator for Laser Capsulotomy, Peripheral Iridotomy, and Retinopexy. Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retin. 2017 [acceso 07/09/2018];48:56-61. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28060395/>

12. Moreno-Montañés J, Alvarez A, Maldonado MJ. Objective Quantification of

Posterior Capsule Opacification after Cataract Surgery , with Optical Coherence Tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2005 [acceso 07/03/2018];46(11). Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2181900>

13. Falavarjani KG, Aghamirsalim M. Resident-performed neodymium : YAG laser posterior capsulotomy. Can J Ophthalmol Can d'ophtalmologie. 2017;52(4):324-30. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcjo.2016.11.026>

Anexo. Estudio del simulador para capsulotomía láser. Planilla de recolección de datos.

Nombre y apellidos del residente	Sesiones de entrenamiento					
	Primera		Segunda		Tercera	
	No. disparos	Impactos al LIO	No. disparos	Impactos al LIO	No. disparos	Impactos al LIO

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Iván Hernández López: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, redacción-borrador original, redacción-revisión y edición, y aprobación de la versión final.

Ricardo Ruiz Carreño: Recursos.

Daylin Cárdenas Chacón: Curación de datos, redacción-revisión y edición, y aprobación de la versión final.