



► Artículo original

Influencia del entrenamiento previo con simulador oftalmoquirúrgico computarizado, en el desempeño quirúrgico de los alumnos del diplomado de facoemulsificación del Instituto Nacional de Rehabilitación

Influence of previous computerized simulated training on surgical performance of phacoemulsification fellows at the Instituto Nacional de Rehabilitación

Jorge Luis Chin-Wong, Everardo Esteban Barojas-Weber, María Isabel Gabriela Ortega-Larrocea.

Servicio de Oftalmología, Instituto Nacional de Rehabilitación. México D.F., México.

Palabras clave:

Facoemulsificación, entrenamiento, dry lab, simulador, complicaciones, México.

► **Resumen**

Objetivo: Determinar si el entrenamiento previo en el simulador oftalmoquirúrgico de cirugía de catarata, de los estudiantes del diplomado de facoemulsificación del cristalino en el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), mejora su desempeño quirúrgico.

Pacientes y métodos: Estudio prospectivo, experimental y comparativo. Realizado en el Servicio de Oftalmología del INR. Se evaluaron dos grupos de estudiantes: uno que realizó y aprobó un curso de entrenamiento de 10 horas con el simulador oftalmoquirúrgico EYESi®, y el otro que no lo realizó. Se realizó técnica de *Stop and*

► **Abstract**

Objective: To determine whether the use of an ophthalmosurgical simulator before real phacoemulsification procedures performed by cataract phacoemulsification fellows, improves their surgical performance in their first 50 surgeries.

Patients and methods: A prospective, experimental and comparative study was conducted at the INR (Instituto Nacional de Rehabilitación). Two groups were compared: group 1 with a 10-hour training course in the EYESi® ophthalmosurgical simulator previously to perform real surgeries, and group 2 without it.

Keywords:

Phacoemulsification, training, dry lab, simulator, complications, Mexico.

Chop bajo supervisión del médico adscrito. Se incluyeron cirugías realizadas sin complicaciones y se excluyeron aquellas en las que ocurran complicaciones como cataratas traumáticas, pediátricas o asociadas a malformaciones del segmento anterior. Se evaluó el desempeño quirúrgico en base al tiempo quirúrgico, y la incidencia de complicaciones en las primeras 50 cirugías de cada alumno.

Resultados: Se evaluaron 250 cirugías de cada grupo ($n=500$). El tiempo quirúrgico empleado, la incidencia de prolapso vítreo y de luxación de fragmentos fue para el grupo 1: 34.93 minutos (DE ± 10.5), 6.8% y 1.6%, respectivamente. Para el grupo 2: 38.75 minutos (DE ± 7.9), 12% y 2.4%. Hubo diferencia estadísticamente significativa en el tiempo quirúrgico promedio y en la incidencia de prolapso vítreo.

Conclusiones: El entrenamiento previo de los diplomados de facoemulsificación del cristalino con el simulador oftalmquirúrgico EYESi®, redujo el tiempo quirúrgico, la incidencia de prolapso o pérdida de vítreo y la curva de aprendizaje en las primeras 50 cirugías reales, en comparación con los diplomados que no lo recibieron.

Both groups performed the stop and chop phacoemulsification technique under a staff surgeon supervision. We included surgeries without complications, and excluded complicated procedures, traumatic and pediatric cataracts. The surgical performance was evaluated using surgical time used, vitreous loss and lens fragments luxation incidence in the first 50 cases for each student.

Results: We evaluated 250 procedures from each group ($n=500$). Mean Surgical time, vitreous loss and lens fragments luxation incidence was for group 1: 34.93 minutes (SD ± 10.5), 6.8% and 1.6% respectively; and for group 2: 38.75 minutes (SD ± 7.9), 12% and 2.4%. There was a statistically significant difference in mean surgical time and vitreous prolapse.

Conclusions: A previous training in the EYESi® ophthalmosurgical simulator by the phacoemulsification fellowship students, improved their surgical performance. Surgical time and vitreous loss incidence was significantly reduced in the first 50 cases, in comparison with the no-simulator training group.

► Introducción

La cirugía de catarata moderna se realiza actualmente mediante facoemulsificación e implante de un lente intraocular (LIO) plegable.¹ El aprendizaje de esta técnica requiere de un adecuado entrenamiento previo, que en su forma clásica consiste en realizar los pasos antes mencionados en ojos cadavéricos de animales (perros o cerdos), de modo que se pueda adquirir la destreza mínima necesaria, para luego perfeccionarla con la práctica constante. Sin embargo, este método de práctica o entrenamiento (denominado *Wet Lab*) tiene algunas carencias entre las que podemos mencionar, que se necesita de un ojo por cada intento o práctica que el alumno requiera, con la consecuente dificultad para conseguirlos, además los tejidos intraoculares de un animal tienen diferencias con los tejidos del ojo humano, en cuanto a tamaño y comportamiento durante la cirugía. Un ejemplo de esto, consiste en que los cristalininos utilizados en el *Wet Lab* no tienen la dureza característica de un

cristalino cataratoso, por lo que su comportamiento en la cirugía es distinto a lo real.² Además que la técnica requiere de una coordinación adecuada de los miembros superiores e inferiores (un instrumento en cada mano y dos pedales), dificulta más su dominio. Si tenemos en cuenta que la curva de aprendizaje de este procedimiento varía de 50 a 300 casos,^{3,4} podemos inferir que se tienen complicaciones importantes durante la adquisición de las destrezas necesarias, como desgarros de la cápsula posterior, prolapso vítreo, luxación de fragmentos del cristalino a cavidad vítreo, entre otros.⁵

Para facilitar el aprendizaje adecuado y la adquisición de destrezas necesarias, se han diseñado simuladores quirúrgicos computarizados específicamente para la enseñanza de la facoemulsificación. Se tomó como base algunos estudios realizados en programas de residencia médica no oftalmológicas. Seymour y colaboradores aplicaron el sistema MIST-VR, para hacer colecistectomías laparoscópicas simuladas en residentes de la especialidad, y encontraron que los que tuvieron

un entrenamiento previo simulado, realizaron las cirugías un 29% más rápido que los que no tuvieron dicho entrenamiento.⁶

Los primeros simuladores diseñados para cirugía oftalmológica, fueron pensados para cirugía vítrea y fotocoagulación laser.^{7,8} Posteriormente, el simulador de cirugía oftalmológica EYESi® (VRmagic Holding AG), se enfoca en la técnica de capsulorrexis circular continua,⁹ una habilidad difícil de adquirir por los cirujanos en entrenamiento,¹⁰ que es básica para una facoemulsificación exitosa. Con el mejoramiento posterior del simulador EYESi®, se han realizado otros estudios donde se ha demostrado el mejoramiento de las habilidades microquirúrgicas en *Wet Labs* realizados en ojos cadavéricos.^{4,11} Hasta el momento, sólo existe una publicación donde se evalúa el desempeño quirúrgico de residentes de oftalmología que han tenido entrenamiento simulado previo, comparándolo con un grupo de residentes que no lo han tenido, encontrando una disminución en el tiempo quirúrgico y una disminución de complicaciones intraoperatorias.¹² En México, sólo existe una publicación donde se comparan las habilidades de un grupo de residentes con las de cirujanos experimentados, concluyendo que el EYESi® sirve como un parámetro de evaluación objetivo de habilidad quirúrgica, siendo de gran utilidad en una institución educativa, pues permite al residente adquirir habilidades quirúrgicas y al profesor desarrollar nuevas técnicas quirúrgicas de forma segura, y sin exponerse a complicaciones en pacientes reales.¹³

El simulador oftalmoquirúrgico EYESi® es fabricado por la casa VRmagic Holding AG. Consta de una unidad procesadora de datos, a la cual se le conecta un visor que hace las veces de ocular del microscopio, proporcionando una imagen virtual tridimensional de las estructuras intraoculares al alumno. Además, se conecta un modelo de cabeza humana que contiene un “ojo” móvil con múltiples agujeros para la inserción de instrumentos en diferentes posiciones y dos pedales, uno para controlar la pieza de mano del facoemulsificador y otro para realizar magnificación y enfoque de la imagen virtual. Una pantalla táctil presenta al observador (instructor) una imagen bidimensional de la cirugía realizada por el alumno, y permite interactuar con el sistema en términos de modificar las características del ejercicio y las variables de facomodulación. Emplea tres tipos de instrumentos

que al insertarse en el ojo, se presentan virtualmente como los instrumentos que usualmente se emplean en los diferentes pasos de la cirugía como pinzas de capsulorrexis, punta de facoemulsificación, cánulas para hidrodisección, fracturador de catarata (*Chopper*), entre otros (**Figura 1**).

El software incluido permite diseñar cursos en base a módulos precargados, los cuales pueden ser modificados en cuanto a dificultad técnica, desde procedimientos sencillos hasta complicados. Los módulos consisten en diferentes tareas de destreza quirúrgica básica como la navegación de instrumentos dentro de la cámara anterior del ojo, manejo de pinzas, entrenamiento antitemblor, entre otras. También posee módulos de simulación de los diferentes pasos quirúrgicos del procedimiento como inyección de viscoelástico, capsulorrexis, hidrodisección e hidrodelaaminación, rotación del núcleo, facoemulsificación y aspiración de restos corticales. El cumplimiento y aprobación sucesivos de estos módulos permite finalmente realizar un procedimiento quirúrgico completo. El programa permite modificar variables como la dificultad y características del núcleo de la catarata. Además, presenta la capacidad de alterar la modulación del ultrasonido empleado en cuanto a poder, frecuencia y duración del pulso del mismo. Esto nos permite realizar diferentes técnicas, empleando los parámetros que presentan las máquinas de facoemulsificación modernas. El desempeño quirúrgico virtual es analizado por la computadora y nos ofrece un informe detallado de los logros o de los defectos en la técnica realizada, permitiéndonos

► **Figura 1.** Pantalla táctil.



tener un puntaje en base a los objetivos cumplidos de cada tarea.

Dado que la enseñanza quirúrgica en estudiantes de facoemulsificación requiere de práctica constante para la adquisición y mejoramiento de las habilidades necesarias para el procedimiento, y que el simulador oftalmoquirúrgico permite realizar prácticas de los pasos quirúrgicos de la facoemulsificación de forma ilimitada y sin riesgo para el paciente, decidimos realizar un estudio para verificar si el entrenamiento previo de los alumnos del diplomado de facoemulsificación con el simulador oftalmoquirúrgico, mejora el desempeño quirúrgico en cirugías reales durante la curva de aprendizaje. Existe hasta el momento a nivel nacional sólo una publicación sobre el tema, por lo que consideramos este estudio como un aporte a la enseñanza quirúrgica de la cirugía de catarata por facoemulsificación.

El objetivo general del estudio fue determinar si el entrenamiento previo con el simulador oftalmoquirúrgico de cirugía de catarata por facoemulsificación, realizado por los estudiantes del diplomado de facoemulsificación del cristalino del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), mejora su desempeño quirúrgico en los 50 primeros casos de cirugía real.

Los objetivos secundarios fueron determinar tiempos quirúrgicos y establecer incidencia de complicaciones intraoperatorias (prolapso vítreo y luxación de fragmentos del núcleo hacia cavidad vítreo), en los primeros 50 casos de cirugías reales de cada alumno.

► Pacientes y métodos

Se realizó un estudio prospectivo, experimental, comparativo en el Servicio de Oftalmología del INR.

Se evaluaron estudiantes con nula o mínima experiencia en facoemulsificación (menos de 10 casos previos), que cursaron el diplomado de facoemulsificación del cristalino en el INR. Fueron divididos en dos grupos: un grupo (grupo 1 con cinco alumnos pertenecientes a la generación 2010-2011), quienes realizaron y aprobaron un curso de entrenamiento quirúrgico virtual con el simulador oftalmoquirúrgico EYESi®, y el segundo grupo (grupo 2 con cinco alumnos pertenecientes a la generación 2009-2010), quienes no realizaron dicho curso.

Entrenamiento en el simulador

Los alumnos del grupo 1, aprobaron un curso diseñado de 10 horas con el simulador quirúrgico, consistente en un módulo de habilidades quirúrgicas básicas (navegación en cámara anterior, manejo de pinzas intraoculares, entrenamiento antitemblor), un módulo de pasos quirúrgicos de facoemulsificación (inyección de viscoelástico, capsulorrexis, conceptos de facodinamia y aspiración de restos corticales), y finalmente un módulo “desafío” consistente en superar algunas pruebas, incluida una cirugía completa con técnica de “dividir y vencer” tres veces consecutivas, superando el puntaje mínimo requerido (80 puntos de 100) para aprobarla. No realizaban cirugías en pacientes, si no aprobaban dicho curso.

Técnica quirúrgica

Ambos grupos realizaron la técnica de *Stop and Chop* en todas sus cirugías, bajo supervisión directa del médico adscrito. Se realizó incisión accesoria de 1 mm en córnea clara, inyección de viscoelástico en cámara anterior, incisión principal con cuchillete de 3 mm en dos planos, capsulorrexis circular continua, hidrodisección y rotación de núcleo, surco central con punta de ultrasonido, fractura y facoemulsificación de los heminúcleos, aspiración de restos corticales, reformación de la cámara anterior y bolsa capsular con viscoelástico, implantación de LIO plegable dentro de la bolsa, retiro de viscoelástico, inyección de 1cc de clorhidrato de moxifloxacino 0.5% intracameral, edematización de herida quirúrgica y parche oclusivo.

Criterios de asignación, inclusión y exclusión

Se tomaron en cuenta las cirugías realizadas por los diplomados sin complicaciones intraquirúrgicas en núcleos con opalescencia (NO), de grado 2 o 3 en la escala LOCS III.

Se excluyeron aquellas en las que ocurrieron complicaciones intraoperatorias (cambio de cirujano o cambios en el plan quirúrgico trazado), cataratas traumáticas, pediátricas o asociadas a malformaciones del segmento anterior, o que tengan datos incompletos en el reporte operatorio.

Evaluación del desempeño quirúrgico

Se evaluó el desempeño quirúrgico en base al tiempo quirúrgico empleado y la incidencia de

complicaciones en las primeras 50 cirugías de cada alumno. El tiempo quirúrgico empleado se obtiene de los registros de enfermería de cada sala quirúrgica, y se toma desde el momento de iniciar la cirugía con la incisión accesoria hasta la culminación de la misma, con la edematización del borde y retiro del campo operatorio. Las complicaciones intraoperatorias se definen como la ruptura capsular con prolapso vítreo hacia cámara anterior, o la luxación de fragmentos de cristalino hacia cavidad vítrea. En ambos casos, no se tomarán en cuenta para el cálculo del tiempo quirúrgico y se contabiliza como cirugía complicada.

Métodos estadísticos

La *t* de *student*, suma de rangos de *Wilcoxon* y *ji cuadrada* para comparación de medias y proporciones, y correlación de *Pearson*. Software *NCSS* para procesamiento de los datos.

► Resultados

Se evaluaron 250 cirugías de cada grupo, haciendo un total (n) de 500.

La **Tabla 1** nos muestra la diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los tiempos quirúrgicos promedios empleados en ambos grupos, la **Tabla 2** muestra los tiempos quirúrgicos iniciales ($p > 0.05$) y finales ($p < 0.05$), promedio entre ambos grupos. Las **Figuras 2 y 3** muestran la correlación negativa entre el número realizado de cirugías (factor “experiencia”) y el tiempo quirúrgico empleado.

Las complicaciones como prolapso de vítreo a cámara anterior, muestra diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ($p < 0.05$), mientras que la luxación de fragmentos a cavidad vítrea no muestra significancia estadística con la prueba de *ji cuadrada*. Las listas de contingencia se muestran en las **Tablas 3 y 4**.

► Discusión

La enseñanza de la técnica de facoemulsificación de cataratas implica, al igual que todas las especialidades quirúrgicas, de la adquisición de ciertas habilidades por parte del cirujano. De forma tradicional, el aprendizaje del uso del aparato facoemulsificador y de los pasos que forman parte de la técnica microquirúrgica se realizan en los denominados *Wet Labs*, que emplean ojos cadavéricos de animales como perros o cerdos. Esta técnica muestra muchas limitaciones por las obvias diferencias anatómicas, entre los ojos de dichas especies y el ojo humano. La cápsula del cristalino en perros y cerdos es más elástica y tensa en comparación con la humana, haciendo que el entrenamiento de la capsulorrexia sea más difícil.¹¹ Además, el cristalino de estos animales es de una consistencia blanda, a menos que sea tratada con algún método de endurecimiento para hacerlo más parecido a un cristalino cataratoso con fines de entrenamiento.^{14,15} Otras limitaciones de los *Wet Labs* incluyen la necesidad de utilizar un ojo animal por cada procedimiento a realizar, haciéndolo poco práctico si es que se desea practicar muchas

► **Tabla 1.** Desempeño quirúrgico del grupo 1 vs grupo 2. Tiempo quirúrgico empleado promedio.

	Tiempo empleado promedio (minutos)	Número de cirugías
Grupo 1 (con simulador)	34.93 (DE ±10.5)	250
Grupo 2 (sin simulador)	38.75 (DE ±7.9)	250

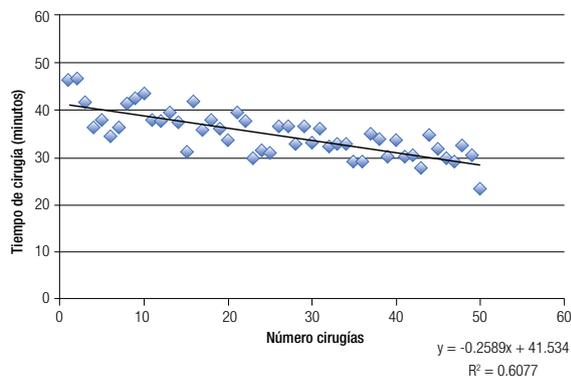
DE: desviación estándar. $p < 0.05$.

► **Tabla 2.** Desempeño quirúrgico del grupo 1 vs grupo 2. Tiempo quirúrgico inicial y final empleado promedio.

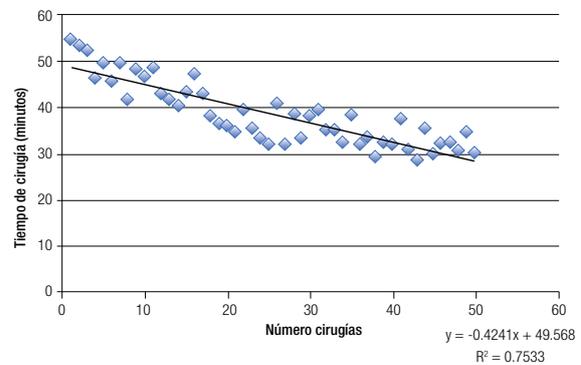
	Tiempo empleado promedio INICIAL (minutos)*	Tiempo empleado promedio FINAL (minutos)**
	n=5	n=5
Grupo 1 (con simulador)	46.4 (DE ±7.70)	23.4 (DE ±3.51)
Grupo 2 (sin simulador)	55.2 (DE ±8.43)	30.2 (DE ±3.89)

DE: desviación estándar. * $p < 0.05$. ** $p > 0.05$.

► **Figura 2.** Desempeño quirúrgico del grupo 1. Correlación entre número de cirugías y tiempo quirúrgico.



► **Figura 3.** Desempeño quirúrgico del grupo 2. Correlación entre número de cirugías y tiempo quirúrgico.



veces un determinado paso de la cirugía, y quizás la más importante sea la falta de un sistema de calificación del procedimiento realizado, en base a objetivos y metas (por ejemplo, el tamaño y adecuado centramiento de la capsulorrexis, el tiempo empleado para el procedimiento, la cantidad de ultrasonido empleado, entre otros), que brinda información importantísima sobre el desempeño del alumno en la práctica realizada. El simulador EYESi® supera estas limitaciones en el sentido que los “tejidos virtuales” son de características muy similares al humano, brinda un número de prácticas ilimitadas y puede medir el desempeño del alumno en la práctica mediante reportes detallados sobre diferentes variables, que son procesadas para obtener una calificación del 0 al 100. Esta característica es de mucha utilidad para un entrenamiento previo del alumno antes de realizar sus primeras cirugías reales, ofreciendo una mayor seguridad al paciente.^{11,16}

Los diferentes sistemas virtuales de entrenamiento quirúrgico simulado por computadora, demuestran una utilidad en la mejoría del

desempeño quirúrgico en pacientes reales. Feldman y colaboradores comentaron una mejoría en la habilidad para suturar heridas corneales en ojos porcinos, por los estudiantes que emplearon el simulador EYESi® durante cuatro horas, con respecto a los que no lo hicieron, aunque no obtuvieron resultados significativos.¹⁷ Seymour y colaboradores demostraron que los alumnos entrenados en un sistema de cirugía simulada por computadora (MIST-VR), realizaban colecistectomías laparoscópicas 29% más rápidas que lo no entrenados previamente, lo cual evidencia que se adquieren o se mejoran habilidades quirúrgicas en los alumnos. De forma similar al estudio realizado por Belyea y colaboradores,¹² encontramos una diferencia significativa en cuanto a la rapidez de la cirugía y la menor incidencia de complicaciones entre el grupo entrenado con el simulador y el que no recibió entrenamiento previo.

En nuestro estudio, encontramos una reducción del tiempo quirúrgico promedio estadísticamente significativo en aproximadamente 10%, esto se traduce en un mejor desempeño quirúrgico

► **Tabla 3.** Desempeño quirúrgico del grupo 1 vs grupo 2. Vitrectomía por ruptura capsular y prolapso vítreo en cámara anterior.

	Vitrectomía	Sin vitrectomía	Cirugías*
Grupo 1	17 (6.8%)	233	250
Grupo 2	30 (12%)	220	250
Total	47	453	500

* $p=0.046$.

► **Tabla 4.** Desempeño quirúrgico del grupo 1 vs grupo 2. Luxación de fragmentos a cavidad vítrea.

	Luxación de fragmentos	Sin luxación de fragmentos	Cirugías*
Grupo 1 (con simulador)	4 (1.6%)	246	250
Grupo 2 (sin simulador)	6 (2.4%)	244	250
Total	10	490	500

* $p=0.47$.

con un mejor manejo y coordinación de las cuatro extremidades, requeridas para una cirugía de facoemulsificación exitosa. Los tiempos quirúrgicos son importantes en relación a una mejor evolución posoperatoria, puesto que al liberar energía ultrasónica dentro del ojo durante mayor tiempo, se genera mayor inflamación posoperatoria y hay mayor riesgo de daño de las estructuras intraoculares, sobre todo del endotelio corneal.¹⁸⁻²⁰ De las **Figuras 2 y 3**, se aprecia que del análisis entre el número de cirugías realizadas y el tiempo quirúrgico empleado muestra una correlación negativa, es decir, a mayor número de cirugías, menor tiempo quirúrgico empleado, con una pendiente mayor en el grupo sin entrenamiento previo y una pendiente menor en el grupo entrenado. Esto se interpreta como que la curva de aprendizaje es menor en el grupo con experiencia en el simulador, pero dada la tendencia a converger de ambas curvas en el tiempo, alcanzarán el mismo tiempo quirúrgico en algún momento a partir de las 50 cirugías. Cabe destacar de las **Tablas 2 y 3**, que el grupo con experiencia previa en el simulador presentó un menor tiempo quirúrgico en la primera cirugía real (en comparación al grupo 2), sin que tenga significancia estadística, empleando la prueba de suma de los rangos de *Wilcoxon*, pero esta sí tuvo significancia en el último caso quirúrgico entre ambos grupos estudiados.

Quizás lo más importante en este estudio es la evaluación de las complicaciones registradas entre ambos grupos. El prolapso o pérdida de vítreo, así como la luxación de fragmentos a la cavidad vítrea pueden considerarse complicaciones serias de la cirugía de facoemulsificación de catarata, por su implicancia en la aparición del edema macular quístico, desprendimiento de retina o endoftalmitis, que afectan negativamente el resultado visual final de los pacientes.²¹⁻²⁴ La incidencia de prolapso vítreo en la curva de aprendizaje de facoemulsificación

varía entre 1.8% a 11.54%, y la luxación de fragmentos entre 0.9% y 1.5% en los primeros 40-80 casos, según diferentes autores.^{5,25-29}

En nuestro estudio, la incidencia de ambas complicaciones es algo mayor que lo descrito en la literatura médica, pero hay que tener en cuenta que algunos estudios consideran un mayor número de cirugías consecutivas, incluso hasta 400. Es de esperar que con un mayor número de cirugías analizadas, esta incidencia disminuya dada la curva de aprendizaje. Sin embargo, el análisis mostrado en la **Tabla 3**, señala que las incidencias de prolapso o pérdida de vítreo presentan una diferencia estadísticamente significativa, de hasta casi un 50% de casos entre ambos grupos, lo cual demuestra que el entrenamiento previo con el simulador disminuye esta complicación. No ocurre esto cuando comparamos la luxación de fragmentos del cristalino a cavidad vítrea (**Tabla 4**), pues si bien es cierto existe una disminución en su incidencia entre ambos grupos, no mostró significancia estadística en nuestro estudio.

Finalmente, la práctica constante y sistemática de los pasos más difíciles de la cirugía percibidos por residentes en entrenamiento (como la capsulorrexis y facoemulsificación de fragmentos),¹⁰ mejora la coordinación ojo-mano y acostumbra al cirujano a mover los instrumentos dentro del ojo con el cuidado necesario para este tipo de operaciones. Paralelamente a la habilidad motora de las extremidades, es importante señalar que este dispositivo provee una imagen tridimensional, de forma que se imita adecuadamente la imagen provista por el microscopio quirúrgico evaluando indirectamente la estereopsis, o percepción de la profundidad de la imagen por parte del cirujano. Estas características la hacen útil como un instrumento de selección para los candidatos a una especialidad quirúrgica, en especial las relacionadas con microcirugía.

► Conclusiones

El entrenamiento previo de los diplomados de facoemulsificación del cristalino con el simulador oftalmquirúrgico EYESi®, redujo el tiempo quirúrgico promedio, la incidencia de prolapso o pérdida de vítreo y la curva de aprendizaje en las primeras 50 cirugías reales, en comparación con los diplomados que no recibieron dicho entrenamiento.

Referencias

- Allen D. Phacoemulsification. In: Yanoff M, Duker J (editor). *Ophthalmology*. 3ª Edición. USA. Editorial Mosby-Elsevier. 2009. 447-450.
- Chin-Wong JL, Ortega-Larrocea MI, Barojas-Weber E. Virtual cataract surgery using a computerized ophthalmosurgical simulator: The next step in phaco training. Film F-130, presentado en ASCRS 2011, San Diego, U.S.A.
- Rowden A, Krishna R. Resident cataract surgical training in United States residency programs. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:2202-2205.
- Solverson DJ, Mazzoli RA, Raymond WR, et al. Virtual Reality simulation in acquiring and differentiating basic ophthalmic microsurgical skills. *Simul Healthc* 2009;4(2):98-103.
- Taravella MJ, Davidson R, Erlanger M, et al. Characterizing the learning curve in phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1069-1075.
- Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al. Virtual reality training improves operating room performance; result of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* 2002;326:458-463.
- Hikichi T, Yoshida A, Igarashi S, et al. Vitreous surgery simulator. *Arch Ophthalmol* 2000;118:1679-1681.
- Dubois P, Rouland JF, Meseure P, et al. Simulator for laser photocoagulation in ophthalmology. *IEEE Trans Biomed Eng* 1995;42:688-693.
- Webster R, Sassani J, Shenk R, et al. Simulating the curvilinear capsulorhexis procedure during cataract surgery on the EYESi system. *Stud Health Technol Inform* 2005;111:592-595.
- Prakash G, Jhanji V, Sharma N, et al. Assessment of perceived difficulties by residents in performing routine steps in phacoemulsification surgery and in managing complications. *Can J Ophthalmol* 2009;44(3):284-287.
- Feudner EM, Engel C, Neuhann IM, et al. Virtual reality training improves wet-lab performance of capsulorhexis: results of a randomized, controlled study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:955-963.
- Belyea DA, Brown SE, Rajjoub LZ. Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1756-1761.
- Serrano-Martínez P, Nava-García JA, Rodríguez-García A, et al. Evaluación del desarrollo de habilidades y destrezas quirúrgicas en cirugía de catarata por residentes e instructores, empleando el Simulador de Cirugía EyeSi®. *Rev Mex Oftalmol* 2010; 84(1):19-21.
- Pandey SK, Werner L, Escobar-Gomez M, et al. Creating cataracts of varying hardness to practice extracapsular cataract extraction and phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:322-329.
- Shentu X, Tang X, Ye P, et al. Combined microwave energy and fixative agent for cataract induction in pig eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1150-1155.
- Mahr MA, Hodge DO. Construct validity of anterior segment anti-tremor and forceps surgical simulator training modules; attending versus resident surgeon performance. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:980-985.
- Feldman BH, Ake JM, Geist CE. Virtual reality simulation. *Ophthalmology* 2007;114:828.
- Jacobs PM, Cheng H, Price NC, et al. Endothelial cell loss after cataract surgery—the problem of interpretation. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1982;102:291-293.
- Walkow T, Anders N, Klebe S. Endothelial cell loss after phacoemulsification: Relation to preoperative and intraoperative parameters. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:727-732.
- Yu-Chieh Ko, Jui-ling Liu C, Ling-Ing L, et al. Factors related to corneal endothelial damage after phacoemulsification in eyes with occludable angles. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:46-51.
- Balent A, Civerchia LL, Mohamadi P. Visual outcome of cataract extraction and lens implantation complicated by vitreous loss. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:158-160.
- Claoué C, Steele A. Visual prognosis following accidental vitreous loss during cataract surgery. *Eye* 1993;7:735-739.
- Javitt JC, Vitale S, Canner JK, et al. National outcomes of cataract extraction. Endophthalmitis following inpatient surgery. *Arch Ophthalmol* 1991;109:1085-1089.
- Stilma JS, van der Sluijs FA, van Meurs JC, et al. Occurrence of retained lens fragments after phacoemulsification in The Netherlands. *J Cataract Refract Surg* 1997;23(8):1177-1182.
- Carricondo PC, Fortes AC, Mourao Pde C, et al. Senior resident phacoemulsification learning curve. *Arq Bras Oftalmol* 2010; 73(1):66-69.
- Lee JS, Hou CH, Yang ML, et al. A different approach to assess resident phacoemulsification learning curve: analysis of both completion and complication rates. *Eye (Lond)* 2009;23(3):683-687.
- Randleman JB, Wolfe JD, Woodward M, et al. The resident surgeon phacoemulsification learning curve. *Arch Ophthalmol* 2007;125(9):1215-1219.
- Martin KR, Burton RL. The phacoemulsification learning curve: per-operative complications in the first 3000 cases of an experienced surgeon. *Eye (Lond)* 2000;14(Pt 2):190-195.
- Prasad S. Phacoemulsification learning curve: experience of two junior trainee ophthalmologists. *J Cataract Refract Surg* 1998;24(1):73-77.