

Evaluación del desarrollo de habilidades y destrezas quirúrgicas en cirugía de catarata por residentes e instructores, empleando el Simulador de Cirugía EyeSi®

Dr. Pedro Serrano-Martínez, Dr. José Alberto Nava-García, Dr. Alejandro Rodríguez-García, Dr. Juan Homar Páez-Garza

RESUMEN

Introducción: El simulador de cirugía oftalmológica EyeSi® ofrece una experiencia virtual de realización de cirugía oftalmológica muy semejante a una cirugía real. En este trabajo se comparan los resultados de las pruebas del simulador entre residentes y profesores instructores de cirugía de catarata. Las categorías evaluadas fueron: manejo de instrumentos, fórceps, capsulorrexis y técnica "divide y vencerás".

Materiales y métodos: Se puso a prueba a 14 residentes del Tecnológico de Monterrey para que realizaran los ejercicios quirúrgicos del EyeSi®. Posteriormente se sometió a 7 profesores de catarata del programa de residencia a los mismos ejercicios realizados por los residentes.

Resultados: Se observó que los profesores tuvieron puntajes más altos que los residentes, sobre todo en las áreas de manejo de instrumentos y capsulorrexis.

Discusión y conclusión: Se demuestra que el EyeSi® sirve como un parámetro de evaluación objetivo de habilidad quirúrgica. El simulador EyeSi® es una herramienta 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.

Palabras clave: Simulador quirúrgico, catarata, EyeSi.

SUMMARY

Introduction: The eye surgery simulator EyeSi® offers a virtual experience in ophthalmologic surgical cases very similar to real surgery. In this paper results between residents and instructors of cataract surgery were compared. Categories evaluated were: instrument handling, forceps, capsulorhexis and «divide and conquer» technique.

Method: 14 residents from the Tecnológico de Monterrey Ophthalmology Program and 7 instructors from the cataract surgery program were evaluated using the EyeSi® surgical exercises. Results from such categories were compared.

Results: Attendants obtained higher grades than the residents, mainly in instrument handling and capsulorhexis.

Discussion and conclusion: It was demonstrated that the EyeSi® surgical simulator is a useful parameter for evaluation of surgical skills. It is also a useful tool in institutional education, because it allows residents to acquire surgical skills and attendants to develop new surgical techniques without complications in real patients.

Key words: Surgical Simulator EyeSi®, cataract.

INTRODUCCIÓN

El EyeSi® (desarrollado por VRMagic en Mannheim, Alemania) es un simulador computarizado de cirugía oftalmológica que ofrece un entrenamiento completo y efectivo para el desarrollo de habilidades y destrezas quirúrgicas tanto para la realización de extracción de catarata por facoemulsificación, así como para procedimientos de segmento posterior como vitrectomía (1).

Este equipo computarizado consta de una mesa motorizada ajustable a cualquier altura, una cabeza de paciente simulado y un ojo artificial en el cual se insertan (a través de 8 posibles puertos) instrumentos que simulan los utilizados en procedimientos quirúrgicos oftalmológicos (Figura 1). Tanto el ojo como los instrumentos empleados tienen sensores de movimiento, presión y situación espacial que transmiten la información a una computadora. Dicha computadora crea un escenario quirúrgico virtual que es proyectado



Fig. 1. Mesa móvil motorizada, cabeza de paciente virtual y ojo artificial de EyeSi®.

en un microscopio, a través del cual el practicante está observando en todo momento el procedimiento que él mismo está realizando. El microscopio simulado cuenta además con un pedal para ajuste del foco y macro y micro enfoque, así como de un monitor en el cual el tutor u operador del simulador sigue los pasos de la cirugía virtual que realiza el practicante (Figura 2) (1).

Tanto el microscopio como el monitor muestran a los practicantes un indicador de la profundidad de campo a la cual se encuentran manipulándose los instrumentos, ello con el fin de reproducir y asemejar lo más posible a una experiencia real en tres dimensiones (2).

Además se tiene la capacidad de cambiar el tipo de instrumento, los parámetros de la cirugía, el tipo de ejercicio y el tipo de cirugía. En cuanto al tipo de instrumento, una vez

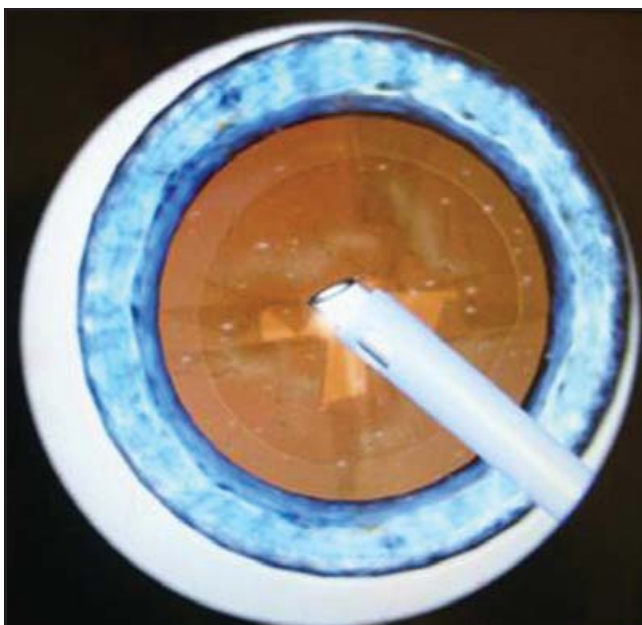


Fig. 2. Simulación de la facoemulsificación en el EyeSi®.

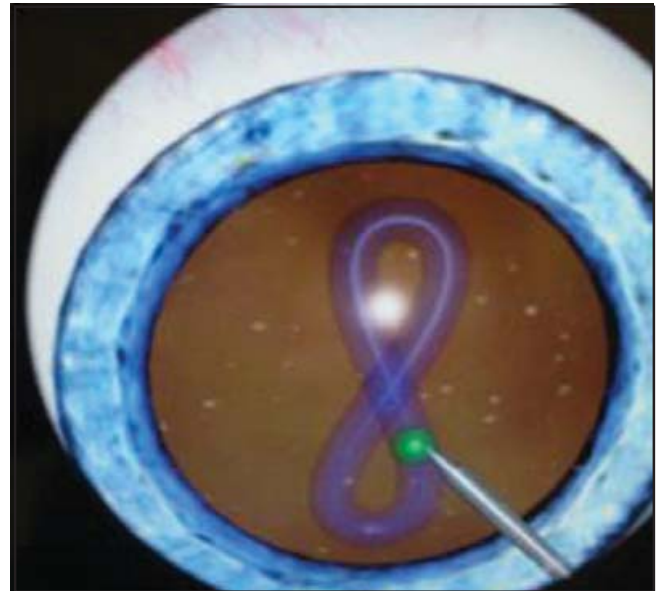


Fig. 3. Ejercicio de Nivel avanzado de manejo de instrumento y control de temblor.

introducido éste al ojo artificial, el practicante determina mediante el manejo del programa computacional del EyeSi® si el instrumento que necesita, cánula, fórceps, rotador de catarata o cualquier otro que se utilice como segundo instrumento durante la cirugía. Esto es, una misma pieza física puede convertirse en cualquier instrumento quirúrgico virtual que el practicante determine evitando la necesidad de tener muchos instrumentos físicos para el simulador (1).

De los tipos de ejercicios que el EyeSi® ofrece para el entrenamiento de cirugía de catarata, se encuentran: manejo de instrumentos, uso de fórceps, capsulorrexis, técnica de divide y vencerás y entrenamiento de facoemulsificación. Cada una de estas secciones cuenta con ejercicios iniciales para que el practicante se habitúe al manejo del simulador (Figura 3), para posteriormente pasar a procedimientos más complejos que simulan situaciones quirúrgicas reales (Cuadro 1). Finalmente, ofrece la realización de "retos", en los cuales se le exponen al practicante condiciones quirúrgicas difíciles tales como complicaciones que el practicante debe resolver. Ejemplos de esto sería una capsulorrexis mal comenzada que el practicante debe corregir y terminar con éxito, o realizar una facoemulsificación de una catarata madura con zónulas débiles y cápsula frágil. Todos los ejercicios cuentan con dos niveles de dificultad: básico, en el cual el practicante debe de obtener un puntaje mínimo de 30 para aprobar y tener derecho a pasar al siguiente ejercicio o nivel y avanzado, en el cual se ofrecen ejercicios y casos de mayor complejidad en los que el practicante debe de tener una calificación aprobatoria mínima de 60 para que pueda acceder a los ejercicios subsecuentes (3).

Para obtener la calificación de cada ejercicio realizado, el programa computacional del EyeSi® evalúa cuatro rubros principales: 1) cumplimiento del objetivo, 2) eficiencia al realizar la tarea, 3) daño a tejidos y estructuras adyacentes y 4) educacional (abarca uso de microscopio e instrumentos y

técnica utilizada para realizar las tareas, entre otras). Cada rubro tiene una gran cantidad de variables, cuyo valor variará dependiendo del tipo de ejercicio que se esté llevando a cabo. En total se evalúan 74 variables, entre las cuales se encuentran: inserción de instrumental a través de los puertos, el estrés de la herida quirúrgica, el manejo de tejidos intraoculares, el tamaño y centrado de la capsulorrexis, entre otras (Cuadro 2) (3).

Además, durante la facoemulsificación, el cirujano puede cambiar parámetros tales como la altura de la botella de solución salina balanceada (irrigación activa o inactiva), la aspiración o vacío y el poder, tipo y frecuencia del pulso del ultrasonido, dependiendo de la situación a la cual se encuentre expuesto el practicante (Figura 4) (1).

En todos los ejercicios, el EyeSi® ofrece una retroalimentación al momento de realizar el procedimiento, así como al final del mismo, desglosando cuál fue el desempeño en cada uno de los rubros evaluados por el simulador (Figura 5). Esto ofrece una gran ayuda para el practicante, pues le permite saber cuáles son sus puntos fuertes y débiles en la cirugía, permitiéndole saber en qué áreas esforzarse en los siguientes intentos de la actividad (4).

El Centro de Oftalmología de la Escuela de Biotecnología y Salud del Tecnológico de Monterrey es actualmente el único lugar en México que cuenta con este sistema de entrenamiento quirúrgico virtual y está a disposición de médicos

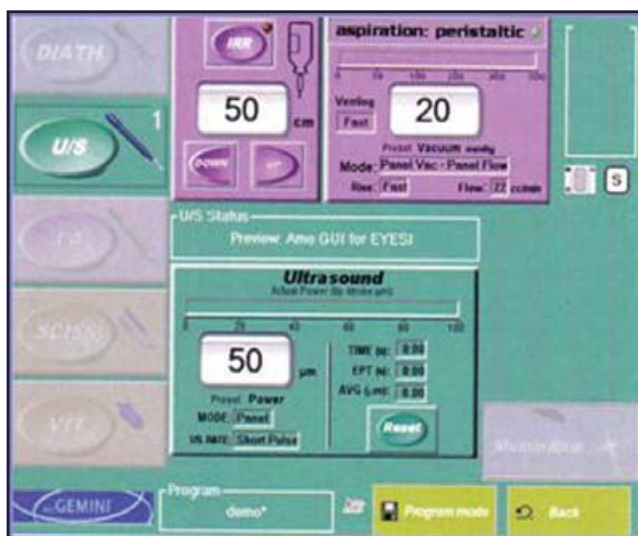


Fig. 4. El monitor muestra los parámetros de la facoemulsificación, los cuales pueden ser modificados por el tutor o el practicante en cualquier momento, tal y como sucede en una cirugía real.

residentes, profesores y médicos oftalmólogos externos. En el caso de los médicos residentes del programa de oftalmología del Tecnológico de Monterrey, se busca que la curva de aprendizaje y el desarrollo de habilidades y destrezas quirúrgicas se lleve a cabo con un paciente simulado en vez de

Cuadro1. Ejercicios y niveles del simulador EyeSi®

| Módulo | Nivel básico | Nivel avanzado |
|------------------------|---|---|
| Manejo de instrumental | Navegación en cámara anterior (Nivel 1) Entrenamiento anti-vibración (Nivel 1 y 2) Entrenamiento con fórceps (Nivel 1 y 2) Entrenamiento bimanual (Nivel 1 y 2) Entrenamiento para facoemulsificación de "divide y vencerás" (Nivel 2) | Navegación de cámara anterior (Nivel 3) Entrenamiento antivibración (Nivel 6 y 7) Cirugía de catarata – división de núcleo (Nivel 2 y 3) Entrenamiento para facoemulsificación (Nivel 3) Cirugía de catarata completa por el método |
| Capsulorrexis | Navegación en cámara anterior (Nivel 2) Entrenamiento con fórceps (Nivel 3) Capsulorrexis (Nivel 1 y 2) Entrenamiento antivibración (Nivel 3) Capsulorrexis (Nivel 3) Entrenamiento antivibración (Nivel 4) Capsulorrexis (Nivel 4) | Navegación en cámara anterior (Nivel 3) Entrenamiento con fórceps (Nivel 4) Capsulorrexis (Nivel 5, 6, 9, 10) |
| Facoemulsificación | Hidrodissección (Nivel 1 y 2) Entrenamiento bimanual (Nivel 3) Cirugía de catarata – División de núcleo (Nivel 1) Cirugía de catarata completa por el método de "divide y vencerás" (Nivel 1, 4, 5) | Hidrodissección (Nivel 3 y 4) Cirugía de catarata – División de núcleo (Niveles 5 y 6) Cirugía de catarata completa por el método de "divide y vencerás" (Nivel 4, 5, 6) |
| Casos desafiantes | Navegación en cámara anterior x 3 (Nivel 3) Entrenamiento con fórceps x 3 (Nivel 3) Capsulorrexis x 3 (Nivel 3 y 4) Hidrodissección x 3 (Nivel 2) Cirugía de catarata completa por el método de "divide y vencerás" x 3 (Nivel 5) | Entrenamiento antivibración x 3 (Nivel 4) División de núcleo x 3 (Nivel 6) Capsulorrexis x 3 (Nivel 7 y 10) Hidrodissección x 3 (Nivel 4) Cirugía de catarata completa por el método "divide y vencerás" x 3 (Nivel 6) |

Cuadro 2. Variables evaluadas por el EyeSi® en cirugía de segmento anterior

| Tipo de variable | Variables |
|--------------------------|--|
| Educacional | Inserción y remoción de fórceps abierta Inserción y remoción de fórceps horizontal Microscopio fuera de foco Radio promedio de capsulorrexis Irregularidad y capsulorrexis no centrada Desviación del radio de la capsulorrexis Inserción de instrumentos Humor acuoso |
| Eficiencia | Tiempo Uso de ultrasonido Irregularidad y capsulorrexis no centrada Desviación del radio de la capsulorrexis Inyección de viscoelástico |
| Daño a tejidos | Estrés de la herida Daño a córnea y cristalino Desplazamiento de cristalino Daño a zónulas Contacto con el iris Presión baja de cámara anterior Fuga de ultrasonido Emulsificación de corteza adyacente Daño de cápsula y córnea por ultrasonido Ruptura de cápsula |
| Cumplimiento de objetivo | Objetos remanentes Progreso Capsulorrexis completada Cristalino partido y removido |

un paciente real, evitando así complicaciones potenciales por falta de experiencia del cirujano en entrenamiento. Además, también es recomendable que sea utilizado por profesores del programa de residencia y médicos externos con experiencia quirúrgica, pues el EyeSi® les permite recrear complicaciones que sólo presenciarían ocasionalmente con un paciente real, además de que en el simulador pueden llevar a cabo nuevas técnicas o desarrollar nuevas destrezas sin el temor de poner en riesgo la integridad del paciente (5).

El objetivo de este trabajo es demostrar que el simulador quirúrgico EyeSi® es una herramienta útil para valorar las habilidades y destrezas quirúrgicas del cirujano oftalmólogo formado, así como permitir al cirujano en entrenamiento, aprender el manejo de instrumentos y los pasos de la facoemulsificación. En ambos casos, permite posteriormente desarrollar una cirugía de catarata exitosa en un paciente real, así como ganar una mayor experiencia en la solución de complicaciones quirúrgicas. Para ello, se sometió a médicos residentes en oftalmología y a sus profesores, quienes son los instructores de cirugía de catarata, a las pruebas del simulador EyeSi®.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para corroborar que, en nuestra propia experiencia, el simulador quirúrgico EyeSi® es una herramienta útil para el

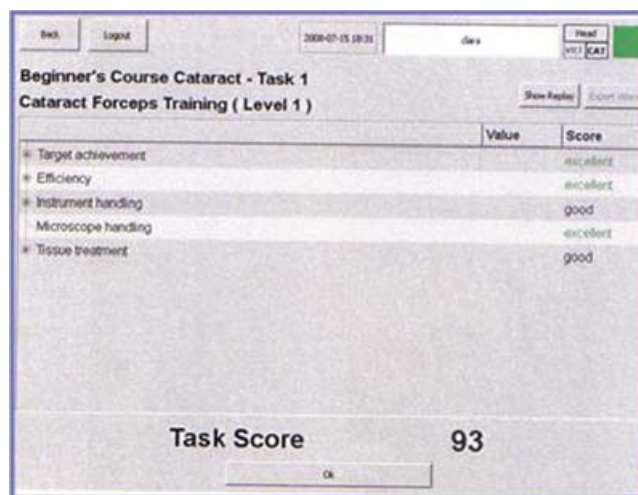


Fig. 5. Despliegue de calificación y parámetros evaluados en el ejercicio.

entrenamiento en la realización de procedimientos quirúrgicos oftalmológicos, así como para conocer la utilidad y la contribución que dicha herramienta ofrece a un centro educativo de excelencia académica, se decidió poner a prueba a los médicos residentes del Programa de Oftalmología del Tecnológico de Monterrey.

Se incluyeron un total de 14 residentes: 4 residentes del primer año, 4 del segundo, 4 del tercero y 2 residentes de cuarto año. De ellos, 9 (64%) fueron hombres y 5 (36%) mujeres, con una edad promedio de 28 años (rango, 25 a 36 años).

A todos ellos se les sometió a la realización de los ejercicios de facoemulsificación, tanto en nivel básico como avanzado. Se les mencionó que su desempeño en el simulador no afectaría su evaluación académica de la Residencia. Todos los ejercicios se llevaron a cabo en un período de 10 semanas.

Posteriormente, se les pidió a los instructores de cirugía de catarata de la Residencia que realizaran los mismos ejercicios que los residentes llevaron a cabo previamente. De esta forma, un total de 7 profesores expertos en cirugía de catarata por facoemulsificación se sometieron a las prácticas con el simulador quirúrgico EyeSi®. De este grupo de estudio, 6 (86%) fueron hombres y una (14%) mujer, con una edad promedio de 38.5 años (rango, 32 a 50 años). Estos ejercicios fueron realizados en un período de 6 semanas. A los profesores no se les mencionó que sus puntajes serían registrados y comparados con los de los residentes a quienes normalmente entrenan e instruyen en la práctica quirúrgica cotidiana.

Las áreas evaluadas para todos los participantes en el estudio fueron: realización de capsulorrexis circular continua, manejo de instrumentos intraoculares (incluyendo selección y uso de los mismos, así como la presencia de temblor de las manos), uso de fórceps y desarrollo de la técnica de "divide y vencerás". Cada área evaluada constaba de diferentes ejercicios tanto en nivel básico como avanzado. Los parámetros evaluados en cada uno de los ejercicios fueron los presentados previamente en los cuadros 1 y 2.

Para cada ejercicio, se registró el número de intentos necesarios para cada practicante para aprobar la actividad, y su calificación mínima aprobatoria. La calificación aprobatoria para los niveles básicos era de 30/100 y para los niveles avanzados de 60/100. Dichas calificaciones mínimas son preestablecidas por el programa computacional del EyeSi®; si el practicante no adquiere la calificación mínima aprobatoria no se le permite llevar a cabo la actividad subsecuente.

RESULTADOS

Se obtuvo la mediana del número de intentos necesarios para aprobar cada ejercicio y la mediana de las calificaciones de los ejercicios en el nivel básico y nivel avanzado. Esto se realizó para cada área, por cada practicante. Posteriormente, de este listado se obtuvo la mediana para cada ejercicio, por grupo (residentes y profesores). Para comprobar si existía una diferencia significativa en los resultados entre residentes y profesores, se utilizó un análisis de ANOVA para cada rubro en cada nivel (Cuadro 3).

Para el manejo de instrumentos y temblor en nivel básico, los residentes obtuvieron una mediana de 66.1 de calificación, mientras que los profesores consiguieron una mediana de 80.5 de calificación (valor $p=0.012$). Para ambos grupos, la mediana del número de intentos mínimo para aprobar los ejercicios fue de 1. En el nivel avanzado de esta misma sección, los residentes obtuvieron una mediana de 76.4 contra 78.0 de los profesores en calificación (valor $p=0.7$). La mediana de intentos para aprobar en el grupo de los residentes fue de 1.6, mientras que para los profesores fue de 1.

En la sección de capsulorrexis, en el nivel básico la mediana de calificaciones de los residentes fue de 65.25, mientras que la mediana de los profesores fue de 85.85 (valor $p=0.002$). Para ambos grupos, la mediana del número de intentos para aprobar los ejercicios fue de 1. En el nivel avanzado de capsulorrexis, la mediana de calificaciones de los residentes fue de 75.13, mientras que la de los profesores fue de 80.50 (valor $p=0.16$). En este caso, los residentes tuvieron una mediana de número de intentos de 1.5 contra 1 que obtuvieron los profesores para este mismo rubro.

En el nivel básico del uso del fórceps, los residentes obtuvieron 89.00 como mediana de calificaciones, y los profesores obtuvieron 95.00 (valor $p=0.16$). En ambos grupos la mediana del número de intentos para aprobar fue de 1. En el nivel avanzado de este mismo rubro, la mediana fue de 95.75 para los residentes y de 98.00 para los profesores (va-

lor $p=0.7$), de nuevo ambos grupos con mediana de 1 para el número de intentos.

Con referencia a la sección de "divide y vencerás", en el nivel básico la mediana de las calificaciones de los residentes fue de 94.75 y la de los profesores de 98.00 (valor $p=0.13$). En ambos casos la mediana del número de intentos fue de 1. Para el nivel superior de esta misma sección, los residentes obtuvieron una mediana de calificaciones de 76.88 contra 80.50 de los profesores (valor $p=0.26$). Los residentes tuvieron una mediana de número de intentos de 1.38 contra 1 para los profesores. En cuanto a las calificaciones de los residentes, no hubo diferencia estadísticamente significativa ni en número de intentos ni en calificaciones al comparar a los residentes de diferentes grados.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados anteriores, los instructores obtuvieron mejores calificaciones en las cuatro áreas evaluadas: manejo de instrumentos –temblor, fórceps, capsulorrexis, y "divide y vencerás". Sin embargo, sólo en algunas de estas áreas fueron estadísticamente significativas –manejo de instrumentos, fórceps y capsulorrexis, todos en nivel básico (Cuadro 3). De éstas, en manejo de instrumentos y capsulorrexis fueron donde los profesores tuvieron más amplia ventaja (80.00 vs. 66.13 y 85.85 vs. 65.25 para profesores y residentes respectivamente), mientras que en los ejercicios de "divide y vencerás", la diferencia entre residentes y profesores fue mínima.

En cuanto al número de intentos para obtener la calificación mínima aprobatoria para cada ejercicio, la diferencia entre residentes y profesores fue prácticamente nula; sólo en el manejo de instrumentos y capsulorrexis (ambos en nivel avanzado) hubo diferencia mínima a favor de los profesores.

Con este estudio, y aun cuando en algunas áreas no hubo diferencias significativas en los resultados entre residentes y profesores, concluimos que el EyeSi® es una herramienta útil para valorar la habilidad quirúrgica y experiencia del cirujano.

El hecho de que los profesores tuvieran mejores puntajes para aprobar el ejercicio en comparación con los residentes, nos corrobora que el EyeSi® valora de forma objetiva las habilidades y destrezas quirúrgicas; de otro modo, es probable que los residentes, al estar más habituados con la tecnología, tuvieran los mismos resultados (o incluso mayores) que los profesores (4).

Cuadro 3. Mediana de calificaciones de residentes y profesores en los ejercicios del EyeSi®

| | Manejo de instrumentos básico* | Manejo de instrumentos avanzado | Fórceps básico* | Fórceps avanzado | Capsulorrexis básico* | Capsulorrexis avanzado | Divide y vencerás básico | Divide y vencerás avanzado |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Residentes | 66.13 | 76.38 | 89.00 | 95.75 | 65.25 | 75.13 | 94.75 | 76.88 |
| Profesores | 80.00 | 78.00 | 95.00 | 98.00 | 85.85 | 80.50 | 98.00 | 80.50 |

*Ejercicios cuyos resultados fueron diferentes entre ambos grupos de forma significativa (ANOVA).

Segundo, al demostrar que los profesores de cirugía de catarata tuvieron mejores resultados que los residentes nos indica que la interfase del EyeSi® en cirugía de catarata es similar a la experiencia quirúrgica en un paciente real, pues como en el punto anterior, si no fuese así, no habría ninguna diferencia significativa entre las calificaciones de ambos grupos, independientemente de la experiencia quirúrgica previa de cada uno de ellos.

Tercero, tomando en cuenta lo anterior, podemos concluir que el EyeSi® es una herramienta muy útil para el aprendizaje y práctica de cirugías de catarata. Esto es de gran valor porque de esta manera el paciente no forma totalmente parte de la curva de aprendizaje del residente (6, 7). Además, el residente en entrenamiento puede realizar con más confianza sus primeras cirugías en pacientes reales una vez que haya terminado el curso del EyeSi®, lo cual a su vez lleva a la realización de mejores cirugías y mejores resultados en pacientes reales (8).

Referente a esto, los profesores de catarata han concluido que los residentes que tuvieron la oportunidad de practicar en el EyeSi® han tenido mejor desempeño en las cirugías de facoemulsificación en comparación con los residentes del último año del período anterior, quienes no tuvieron la oportunidad de practicar en el simulador. Mientras que los residentes expuestos al EyeSi® pudieron realizar una facoemulsificación completa después de realizar tres cirugías en un paciente real con ayuda del instructor, los residentes que no usaron el EyeSi® tuvieron que realizar por lo menos siete cirugías en pacientes reales con la ayuda del profesor.

Los comentarios de los profesores del programa de residencia con respecto a los ejercicios del EyeSi®, fue que muchos de los ejercicios se asemejan en gran medida a la cirugía real, sobre todo los de capsulorrexis. De hecho, mencionaron que algunos casos de nivel avanzado eran más difíciles que las cirugías reales; esto es algo esperado y deseable para un programa de entrenamiento quirúrgico (5).

Si bien no se llevó a cabo para la comparación de ejercicios entre residentes y profesores, el EyeSi® también cuenta con una plataforma para la cirugía de segmento posterior. El simulador quirúrgico cuenta con los mismos aditamentos que para la cirugía de catarata, pero además se le puede integrar un convertidor de imágenes al microscopio. El programa del EyeSi® ofrece ejercicios que se presentan en los casos de segmento posterior, tales como membranectomía,

vitrectomías periféricas, desprendimiento de hialoides posterior, entre otros. Al igual que para la cirugía de catarata, en la sección de segmento posterior, el programa ofrece al practicante ejercicios básicos y avanzados para adaptarse a los instrumentos y a los ejercicios de procedimientos ofrecidos en niveles superiores (1).

Por esto consideramos de gran importancia tener este equipo en un centro de oftalmología, principalmente si cuenta con médicos en entrenamiento. Esto debido a que permite que la curva de aprendizaje se lleve a cabo en un simulador y no en pacientes reales (evitando complicaciones potenciales). La adquisición de habilidades y destrezas quirúrgicas es más rápida, pues el cirujano no tiene que esperar entre un paciente y otro para operar puesto que en una misma sesión se pueden llevar a cabo varias cirugías. Además, los profesores y médicos oftalmólogos externos pueden recrear complicaciones y desarrollar nuevas técnicas aplicables en pacientes reales mediante el uso del simulador (5), sin exponer al paciente real a posibles complicaciones. Todo esto da lugar al desarrollo de nuevas habilidades y destrezas quirúrgicas, cuyo último fin es el beneficio para los pacientes.

REFERENCIAS

1. EyeSi Ophthalmosurgical Simulator User Guide. Mannheim, Germany:VRMagic; 2008.
2. EyeSi Ophthalmosurgical Simulator Software Release 2.4. Mannheim, Germany:VRMagic; 2008.
3. EyeSi Ophthalmosurgical Simulator For Educators. Mannheim, Germany:VRMagic; 2008.
4. 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.
5. Mahr, MA. Cover Story. The Eyesi Ophthalmic Surgical Simulator. *Cataract and Refractive Surgery Today*. May 2008.
6. Doyle L, Gauthier N, Ramanathan S y cols. A simulator to explore the role of haptic feedback in cataract surgical training. *Stud Health Technol Inform* 2008;132:106-111.
7. Leuschke R, Bhandari A, Sires B y cols. Low cost eye surgery simulator with skill assessment component. *Stud Health Technol Inform*. 2007; 125:286-291.
8. Henderson BA, Ali R. Teaching and assessing competence in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2007;18(1):27-31.