

Costo - Beneficio en el Estudio Morfológico del Endotelio Corneal Empleando Microscopio Konan Medical NSP9900 en el Banco de Tejidos del Estado de México

O'Shea-Cuevas G.J.,¹ Espinoza-Hernández R,² Díaz-Muñoz I,³ Pérez-Espejel I.M.,⁴ Serrano-Manjarrez J,⁵ Guzmán-Cabrera E,⁶ C. Martínez-Rodríguez B.R.,⁷ Hernández-Romerot C.C.⁸

Investigadores

Resumen

Para procedimientos quirúrgicos en oftalmología como la cirugía de catarata es imprescindible que se practique un análisis morfológico del endotelio corneal. La aplicación de la microscopia especular en este ámbito, está bien establecida,¹⁻³ por lo que existen diversos aparatos que pueden cumplir con esta función,^{4,5} siendo así que debemos considerar, además de la gran utilidad del equipo, el aspecto económico para su uso. En el estudio que se presenta a continuación en el Banco de Tejidos del Estado de México se ha llevado a cabo un Análisis Costo-Beneficio con el empleo de un Microscopio Especular Konan Medical ® Microscopio Cell - Chek NSP9900. Se realizaron 1019 estudios de endotelio corneal en 551 pacientes programados para cirugía de catarata. El promedio de la densidad Celular (DC) encontrada fue de 2223.5 \pm 481.14 DS con un coeficiente de variación (CV) de 38.61 \pm 8.19 DS y un conteo de hexagonalidad⁶ con un promedio de 50.95 \pm 11.85 DS. Con los gastos de inversión inicial en equipamiento, materiales y los costos de operación el aparato se calculó el Costo Total (\$682,821.30 MN) del estudio. Se determinaron los beneficios tangibles tt(\$772,210.00 MN), se hicieron cálculos de Costo Anual (\$327,754.22) y el Tiempo de Retorno de Inversión (1.2 años). Se concluye en este estudio que el Costo Beneficio con el empleo de este aparato tiene grandes ventajas y la factibilidad de uso por el costo del aparato y su costo de operación ya que se permite una pronta recuperación de la inversión inicial.

Abstract

For surgical procedures in ophthalmology like cataract surgery, it is necessary to practice a morphological analysis of the corneal endothelium. The application of specular microscopy in this field is well established,¹⁻³ so, there are several devices whose can fulfill this function.^{4,5} Whereas we consider, besides the great utility of the equipment, the economic aspect for it's use. In the study presented below realized in the Tissue Bank of the State of Mexico we undertook a Cost-Benefit analysis with the use of a ® Medical Konan Specular Microscope Cell - Chek NSP9900. It was performed 1019 studies of the corneal endothelium in 551 patients scheduled for cataract surgery. The average density (DC) was found on 2223.5 \pm 481.14 DS with a coefficient of variation (CV) of 38.61 \pm 8.19 DS and a count of hexagonal cells⁶ with an average of 50.95 \pm 11.85 DS. With the initial costs and investment on equipment, materials and operating costs, we calculate the Total Cost (\$ 682,821.30 MN) of the study. Tangible benefits were determined (\$ 772,210.00 MN), It was calculated the Annual Cost (\$ 327,754.22) and the Return of Invest by time (1.2 years). We concluded in this study that the Cost Benefit with the use of this device has great advantages and feasibility of use by the cost of the device and its cost of operation which allows a rapid recovery of the initial investment.

Introducción

Es necesario contar con un Epitelio corneal sano⁷ y funcional para que la córnea mantenga su característica transparencia óptica.⁸ Una peculiaridad del endotelio corneal es su falta de capacidad para su regeneración celular, los espacios que dejan las células muertas son cubiertas por aumento de tamaño de células adyacentes, lo que mantiene una barrera celular integra. Con el curso de la edad, se sabe que existe una pérdida celular fisiológica lo cual induce cambios morfológicos celulares.^{9,10} Este cambio se manifiesta por aumento progresivo del tamaño celular conocido como polimorfismo, y un cambio del entorno poligonal celular

con reducción del conteo de células hexagonales.⁹⁻¹³ Otros factores además del anterior, pueden influir y acelerar los cambios morfológicos endoteliales como la hipoxia secundaria al uso de lentes de contacto,^{14,15} el trauma quirúrgico.¹⁶⁻¹⁹ Debido a esto es conveniente y necesario en algunos seguimientos a procedimientos terapéuticos, la monitorización de la morfología corneal. Un ejemplo es en aquellos pacientes en los que está indicado y que se les aplicará un implante de una lente intraocular por catarata, miopía o por alguna otra razón que puede implicar un deterioro en el endotelio corneal, y aunque se dispone



de diversos modelos de estas lentes con propiedades de biocompatibilidad altas, que respetan las estructuras de la cámara anterior, los procedimientos quirúrgicos y el uso de implantes no se encuentran exentos de complicaciones,^{20,21} siendo una de las más importantes la pérdida celular endotelial.^{22,23} Existen varios métodos de análisis morfológico del endotelio, una forma de realizar el estudio es mediante la microscopía especular²⁴⁻³⁰ para lo cual hemos empleado el Microscopio Especular Konan Medical ® Microscopio Cell - Chek NSP9900. Se realizó un análisis de costo-beneficio para evaluar los efectos financieros con el empleo de este equipo en microscopía especular.³⁰ Los datos se obtuvieron de estudios en pacientes referidos al Banco de Tejidos del Estado de México, por Hospitales del Instituto de Salud del Estado de México. Los beneficios financieros calculados fueron: el beneficio neto anual, el retorno de inversión y el de recuperación de la inversión a costo actual. Para cálculo del beneficio neto anual, se consideró al número de pacientes que se practicaron el análisis de microscopía especular durante el periodo que duró el estudio, comparándolo con el costo en el mercado por la realización del mismo. Para el análisis que valoró la viabilidad del proyecto y su aceptación, primero se determinó si el proyecto de compra era factible empleando el método de Retorno de Inversión el cual consiste en calcular el costo total del equipo y sus requerimientos, partiendo del costo total al inicio del proyecto. Con este método se pudo saber el costo total inicialmente estimado del costo del aparato y en cuántos años se recupera esta inversión, que es cuando la sumatoria de los beneficios netos es igual al costo total de la adquisición del equipo o proyecto. Otro método de factibilidad empleado fue el método de Valor Actual. Este, nos permitió considerar que el gasto invertido durante un cierto tiempo produce un beneficio, por lo que nos permite determinar la cantidad de dinero que es viable invertir inicialmente para que se recupere la inversión en un tiempo determinado.

Método

Se practicaron 1019 estudios de Microscopía Especular de Tejido Corneal Endotelial, durante el periodo comprendido entre el 11 de mayo 2011 al 26 de junio de 2013, en el Banco de Tejidos del Estado de México. Se convocaron y captaron pacientes en Hospitales públicos del Instituto de Salud del Estado de México con patología ocular, programados para cirugía ocular o de catarata. Previo al evento quirúrgico, los pacientes se presentaron en forma voluntaria para realizarse el estudio. Ahí se les informó en qué consistía el estudio, así como los beneficios y riesgos esperados, después de esto, se le pidió si así lo aceptaban, firmar el consentimiento informado, documento en donde aceptaban en forma expresa su voluntad a participar en el estudio. Se descartaron del estudio a personas que referían haber padecido alguna patología que consideramos pudiera alterar el estado del Endotelio corneal, como cirugía intraocular previa, glaucoma, así como a los portadores de lentes de contacto en cualquiera de sus variantes. Se aplicó el estudio de Microscopía Especular Endotelial por personal capacitado del Banco de Tejidos del Estado de México con el equipo Microscopio Especular Konan Medical ® Microscopio Cell - Chek NSP9900. Para el análisis de costo-beneficio se elaboró un cuadro con un listado de Costos y un listado

de Beneficios. La primera lista se realizó con los elementos necesarios para implementar el sistema y la segunda con los beneficios alcanzados por traer consigo el nuevo sistema. El listado de costos se integró con los requerimientos necesarios para ejecutar el proyecto, el valor que tiene cada uno y sus posibles variaciones de acuerdo a la inflación, se tomaron en cuenta datos históricos que permitieron estimar adecuadamente los requerimientos necesarios para el desarrollo del proyecto. Los gastos para ejecutar el proyecto fueron: Costos del Equipo (Microscopio Especular, Impresora, No Break, Costos de infraestructura, adecuación del área, mobiliario), Costo de personal (número de personal requerido, sus características y el tipo de capacitación que se le debe proporcionar), Costo de materiales (todos los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto como papelería, tintas, etc.) y Costos de Consultoría. La segunda lista, que es la de los beneficios que trae consigo el proyecto, incluyó el incremento de servicios o cuentas debido a este nuevo equipamiento, la mejora en toma de decisiones gracias a un mejor soporte informático y la optimización de procedimientos administrativos por reducción de personal para la realización de la tarea. En forma adicional se realizó un estudio de viabilidad con el método de Retorno de Inversión, este consistió en calcular el costo-beneficio anual, sabiendo el costo total al iniciar el proyecto. Con este método nos permitió saber en qué año se recupera el costo total inicialmente estimado en el proyecto, donde el año de recuperación de la inversión, es cuando la sumatoria de los beneficios netos es igual al costo del inicio del proyecto.

Resultados

En el Banco de Tejidos del Estado de México, en el periodo comprendido entre el 11 de mayo de 2011 y el 26 de junio de 2013, se estudiaron 1019 ojos en 551 pacientes con programación para realización de cirugías oculares programadas en hospitales Públicos del Instituto de Salud del Estado de México. El estudio de microscopía corneal endotelial se realizó con un Microscopio Especular Konan Medical ® Microscopio Cell - Chek NSP9900. De las corneas analizadas, fueron 571 (56%) de pacientes del sexo masculino y 448 (44%) del sexo femenino, **Gráfico 3**. El promedio de edad del grupo estudiado fue de 64.92 \pm 13.87 años (rango 14-91 años), **Gráfico 2**. El número de ojos derechos estudiados fue de 528 (52%) y de ojos izquierdo 491 (48%), **Gráfico 4**. El área del ojo que se estudió para hacer el análisis del endotelio fue en la zona central Corneal en 972 (95.38%), en zona inferior en 8 (0.79%), en zona lateral derecha 12 (1.17%), en zona lateral izquierda 14 (1.38%) y en la zona superior en 13(1.28%), **Gráfico 5**. La patología por la cual se realizó el estudio, fue cirugía de catarata en los 1019 casos. La densidad Celular DC promedio del grupo de estudio fue de 2223.5 \pm 481.14 (rango 503-3906), **Gráfico 6**, con un coeficiente de variación promedio de 38.61 \pm 8.19 (rango 15-93), **Gráfico 7** y un conteo de hexagonalidad promedio de 50.95 \pm 11.85 (rango 5-94). Los costos para implementar el sistema fueron para equipamiento de \$377,000.00 MN para la adquisición del Microscopio Especular Konan Medical ® Microscopio Cell - Chek NSP9900, \$7,621.00 de una impresora láser modelo HP Laserjet P3015 (blanco y negro) y de un No Break \$970.00 MN. La inversión en infraestructura y mobiliario fue de \$7,500.00 MN para la adquisición de un escritorio, un banco giratorio y dos



sillas. El costo anual para el pago de personal que realizó el estudio de microscopia especular; con categoría de técnico en optometría fue de \$143,652.00 MN y no se requirieron recursos humanos adicionales. Los costos de consultoría para el uso del equipo fueron nulos ya que con la recepción del equipo se recibió un entrenamiento inicial y no hubo gastos posteriores. El costo de materiales requeridos en el desarrollo del proyecto fue el siguiente:

Materiales	Costo en pesos
Tóner para impresora	\$1,870
2,500 hojas blancas	\$281
1100 fotocopias	\$275
Total	\$2,426

Los beneficios tangibles fueron \$772,210.00 MN por la realización de 1019 microscopias durante el tiempo que duro el estudio con un costo comercial promedio en unidades particulares de la región de \$690.00 MN y los beneficios intangibles encontrados fueron: mejor soporte informático con resguardo de una base de datos de cada estudio realizado, permitiendo comparar estudios de antes y después del procedimiento a través del tiempo. Otro beneficio fue la optimización del procedimiento ya que con la capacidad de automatización del equipo, el personal requerido para la aplicación del estudio es mínimo ya se realiza con sólo un trabajador y el nivel de preparación para la operación del mismo puede ser con entrenamiento como técnico en optometría.

Grafico 3: Muestra el genero de la poblacion a la cual se le practicaron estudios de microscopia del endotelio corneal de mayo 2011 a junio 2013.

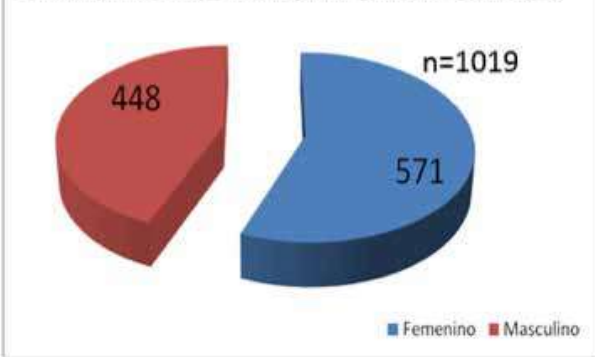


Grafico 4: Muestra la distribucion de ojos estudiados mediante microscopia del endotelio corneal en el Banco de Tejidos del Estado de Mexico, de mayo 2011 a junio 2013.

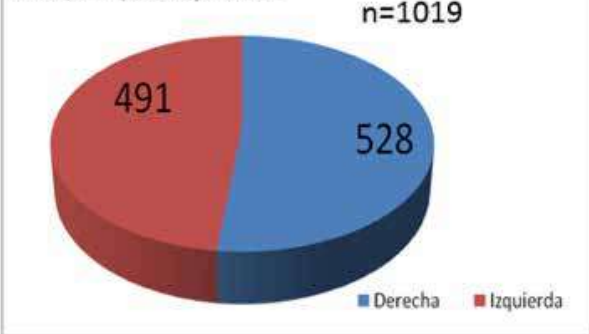


Grafico 1: Muestra la captacion de estudios de microscopia del endotelio corneal en forma semestral de mayo 2011 a junio 2013.

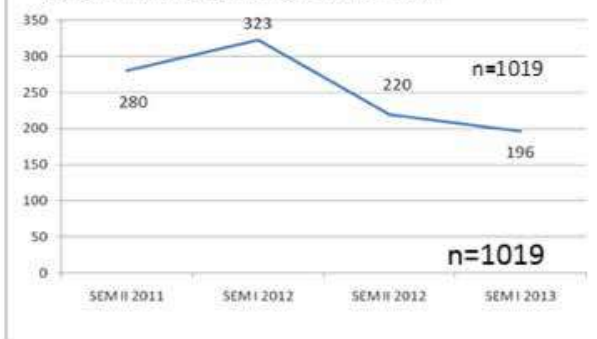


Grafico 5: Muestra el area de la cornea en la cual se realizo el estudio del endotelio mediante la microscopia especular diagnostica.

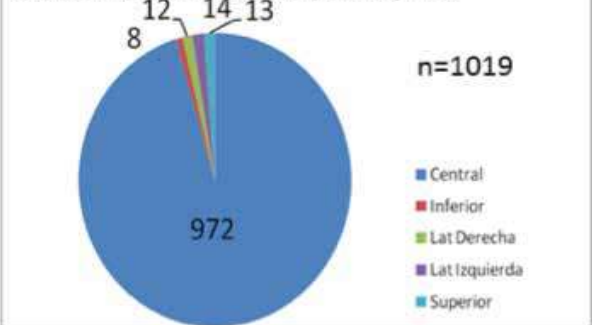


Grafico 2: Muestra la distribucion de la edad de los pacientes al los que se les practicaron microscopia especular diagnostica en el Banco de Tejidos del Estado de Mexico entre 11 de mayo 2011 y el 26 junio 2013.

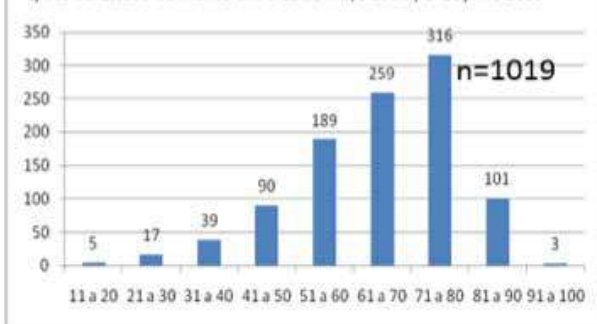
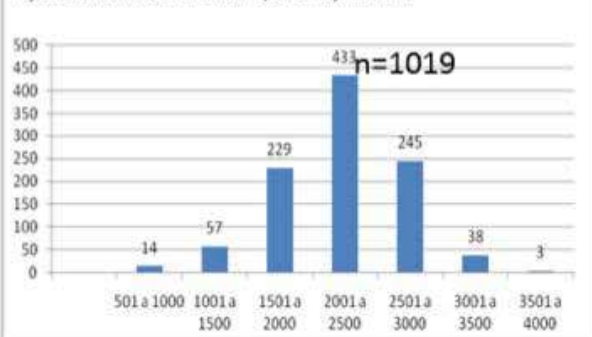


Grafico 6: Muestra el conteo o Densidad Celular en la poblacion estudiada mediante microscopia del endotelio corneal en el Banco de Tejidos del Estado de Mexico de mayo 2011 a junio 2013.





Análisis

El costo total del estudio realizado del 11 de mayo de 2011 al 26 de junio de 2013, fue de \$682,821.30 MN, tomando en cuenta los costos de Equipamiento, infraestructura, mobiliario, pago de personal y pago de materiales utilizados. En la **Tabla 1** muestra los costos determinados en cada rubro.

Costo Total del Estudio	
Equipamiento	
Microscopio Especular	\$377.000,00
Impresora No break	\$7.621,00
	\$970,00
Mobiliario	
Escritorio, banco y sillas	\$7.500,00
Pago de personal	
Tec. Optometrista	\$287.304,00
Consultoría	\$0,00
Materiales	
Tóner	\$1.870,00
Hojas de papel	\$281,30
Fotocopias	\$275,00
Total	\$682.821,30

Los beneficios tangibles obtenidos en los 551 pacientes a los que se les practicó el estudio por \$772,210.00. Derivados de un ahorro en la realización de 1019 estudios de Microscopia Especular con costo promedio de 690.00 MN para el usuario, de haberse realizado el estudio en unidades oftalmológicas privadas. Los beneficios intangibles fueron la percepción de un mejor soporte informático por el personal de salud, un mejor resguardo de la base de datos generada con cada estudio realizado y en forma adicional, un fácil acceso a comparar estudios de evolución del padecimiento a través del tiempo. Otro beneficio no tangible fue la optimización del procedimiento con un requerimiento de personal mínimo para la realización del estudio.

La inversión inicial calculada para la realización de este proyecto fue de \$393,091.00 MN considerando exclusivamente el Microscopio especular, una impresión láser, un No Break y el mobiliario.

El costo anual de inversión para el desarrollo del proyecto y dado que la duración del proyecto fue de 25 meses con un costo total de \$682,821.00 MN. El costo anual para el desarrollo del presente proyecto se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Anual} = \frac{\text{Costo Total}}{\text{Duración del Proyecto (meses)}} \times 12$$

$$\text{Costo Anual} = \frac{\$682,821.30 \text{ M.N.}}{25 \text{ meses}} \times 12$$

$$\text{Costo Anual} = \$327,754.22 \text{ M.N.}$$

El tiempo necesario para el retorno de inversión se calculó en función del costo de inversión inicial y los costos generados para la operación del equipo en los años subsecuentes hasta alcanzar el equilibrio de igualdad entre el costo-beneficio. Considerando el costo inicial por la adquisición del equipamiento por \$393,091.00 MN, agregando los costos de operación del equipo por ejemplo de personal y requerimientos de materiales mensuales por \$11,589.21 MN y esperando un beneficio para el usuario por un ahorro en el costo de \$690.00 MN por estudio y con una demanda de 40.76 estudios mensuales, se obtienen beneficios por costos tangibles en forma mensual de \$28,124.00 MN, con lo cual se puede calcular el tiempo necesario para retorno de inversión según la siguiente fórmula:

El Retorno de Inversión se alcanzó cuando la suma de beneficios netos igualó el costo total de inicio del proyecto. Se calculó el tiempo necesario para alcanzar el costo de inicio del proyecto mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de Retorno de Inversión} = \frac{\text{Costo de Inicio de Proyecto}}{\text{Beneficio Anual Neto}}$$

$$= \frac{\$393,736.00 \text{ MN}}{\$327,754.22 \text{ MN}}$$

$$= 1.2 \text{ Años}$$



Discusión

El estudio del endotelio corneal es indispensable en la evaluación de pacientes que serán sometidos a una cirugía ocular como la cirugía de catarata u otras. La falta de realización del estudio puede generar falsas expectativas en la evolución del paciente e incluso puede atribuírsele al cirujano oftalmólogo los malos resultados del procedimiento al ignorarse el estado inicial del endotelio corneal. Para realizar este estudio se dispone de diversos equipos los cuales permiten visualizar al detalle la morfología endotelial permitiendo un conteo de células, su coeficiente de variación y el número de células hexagonales. La inversión para adquirir un equipo de Microscopía Especular aparenta ser de alto costo pero un análisis de costo beneficio como el presente nos puede ayudar a dilucidar y tomar una decisión de la conveniencia de adquirir un equipo como el que se muestra y los beneficios tangibles e intangibles que se presentan con el empleo de este aparato. Otra ventaja del equipo es el avance en automatización para su uso y que requiere de personal con capacitación básica y que no es necesario contratar personal con alta especialidad para la operación del equipo.

Rererencias bibliográficas

- Laing R. Image processing of corneal endothelial images. In Cavanagh H: The cornea: transactions of the World Congress on the cornea III. New York 1988.
- Nishi O. Direct measurement of the corneal endothelial cell area on the negative film. *Acta Soc Ophthalmol Jpn* 1985; 89: 1120-1124.
- Hartmann C, Koditz W. Automated morphometric endothelial analysis combined with video specular microscopy. *Cornea* 1984; 3: 155-167.
- Cheung SW, Cho P. Endothelial cells analysis with the TOPCON specular microscope SP-2000P and IMAGEnet system. *Curr Eye Res.* 2000; 21: 788-798. Cheung SW, Cho P. Endothelial cells analysis with the TOPCON specular microscope SP-2000P and IMAGEnet system. *Curr Eye Res.* 2000; 21: 788-798.
- Snellingen T, Rao GN, Shrestha JK, Huq F, Cheng H. Quantitative and morphological characteristics of the human corneal endothelium in relation to age, gender, and ethnicity in cataract populations of South Asia. *Cornea.* 2001; 20: 55-58.
- Roszkowska AM, Colosi P, D'Angelo P, Ferreri G. Age-related modifications of the corneal endothelium in adults. *Int Ophthalmol.* 2004; 25: 163-166.
- Nichols JJ, Kosunick GM, Bullimore MA. Reliability of corneal thickness and endothelial cell density measures. *J Refract Surg* 2003; 19: 344-52.
- Stocker FW. The endothelium of the cornea and its clinical implications. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1953; 51: 669-78.
- Joyce NC. Cell cycle status in human corneal endothelium. *Exp Eye Res* 2005; 81: 629-38.
- Bourne WM, Nelson LR, Hodge DO. Central corneal endothelial cell changes over a ten-year period. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997; 38: 779-82.
- Moller-Pedersen T. A comparative study of human corneal keratocyte and endothelial cell density during aging. *Cornea* 1997; 16: 333-8.
- Yee RW, Matsuda M, Schultz RO, Edelhauser HF. Changes in the normal corneal endothelial cellular pattern as a function of age. *Curr Eye Res* 1985; 4:671-8
- Sherrard ES, Novakovic P, Speedwell L. Age-related changes of the corneal endothelium and stroma as seen in vivo by specular microscopy. *Eye* 1987;1:197-203
- Epstein RJ, Fernandes A, Gammon JA. The correlation of aphakia in infants with hydrogel extended-wear contact lenses. *Corneal studies.* *Ophthalmology* 1988;95: 1102-6
- Matsuda M, Inaba M, Suda T, MacRae SM. Corneal endothelial changes associated with aphakic extended contact lens wear. *Arch Ophthalmol* 1988; 106: 70-2
- Lundberg B, Jonsson M, Behndig A. Postoperative corneal swelling correlates strongly to corneal endothelial loss after phacoemulsification cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2005; 139: 1035-41.
- Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Risk factors for corneal endothelial injury during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22:1079-84.
- Musch DC, Meyer RF, Sugar A. Predictive factors for endothelial cell loss after penetrating keratoplasty. *Arch Ophthalmol* 1993; 111: 80-3.
- Liesegang TJ. The response of the corneal endothelium to intraocular surgery. *Refract Corneal Surg* 1991; 7: 81-6.
- Benedetti S, Casamenti V, Marcaccio L, Brogioni C, Assetto V. Correction of myopia of 7 to 24 diopters with the artisan phakic intraocular lens: two-year follow-up. *J Refract Surg* 2005; 21: 116-26.
- Sugar A. Clinical specular microscopy. *Surv Ophthalmol* 1979; 24: 21-32.
- Mimouni F, Colin J, Koffi V, Bonnet P. Damage to the corneal endothelium from anterior chamber intraocular lenses in phakic myopic eyes. *Refract Corneal Surg* 1991; 7: 277-81.
- Saragoussi JJ, Cotinat J, Renard G, Savodelli M, Abenham A, Pouliquen Y. Damage to the corneal endothelium by minus power anterior chamber intraocular lenses. *Refract Corneal Surg* 1991; 7: 282-5.
- Menezo JL, Cisneros AL, Rodríguez-Salvador V. Endothelial study of iris-claw phakic lens: two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24: 1039-49.
- Kitzmann AS, Winter EJ, Nau CB, McLaren JW, Hodge DO, Bourne WM. Comparison of corneal endothelial cell images from a noncontact specular microscope and a scanning confocal microscope. *Cornea* 2005; 24: 980-4.
- Olsen T. Non-contact specular microscopy of human corneal endothelium. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1979; 57: 986-98.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing for agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1(8476): 307-10.
- Laing R, Sandstrom M, Leibowitz H. Clinical specular microscopy. I. Optical principles. *Arch Ophthalmol* 1979; 97: 1714-1719
- Laing R, Sandstrom M, Leibowitz H. Clinical specular microscopy II. Qualitative evaluation of corneal endothelial photomicrographs. *Arch Ophthalmol* 1979; 97: 1720.
- Wang SJ, Middleton B, Prosser LA. A Cost-Benefit analysis of electronic medical records in primary care. *Am J Med.* 2003 Apr 1;114(5):397-403.