

Tonometría Goldmann *versus* tonometría de Pascal en pacientes poscirugía refractiva con LASIK

Results of Goldman tonometry vs Pascal tonometry in patients after the refractive surgery with LASIK

Ileana González Silverio^I; Maritza Miqueli Rodríguez^{II}; Ibrain Piloto Díaz^I; Itahimy Ambross Gómez^I; Marerneda Domínguez Randulfe^I; Liamet Fernández Argones^I

^I Especialista de I Grado en Oftalmología. Instituto Cubano de Oftalmología, La Habana, Cuba.

^{II} Especialista de II Grado en Oftalmología. Instituto Cubano de Oftalmología, La Habana, Cuba.

RESUMEN

OBJETIVO: Comparar las cifras de presión intraocular obtenidas mediante el tonómetro de aplanación de Goldmann y el tonómetro de contorno dinámico de Pascal, así como la variación del espesor corneal central, antes y después de la cirugía refractiva con LASIK y así establecer la relación entre los dos tonómetros.

MÉTODOS: Se estudiaron 74 pacientes (140 ojos), mayores de 21 años, con miopía estable (de -1 dioptrías a -10 dioptrías), defecto cilíndrico inferior a -3 dioptrías y espesor corneal central menor de 480 micras. Los pacientes fueron intervenidos con excímer láser (técnica de LASIK), en el Servicio de Cirugía Refractiva del Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer", de diciembre de 2006 a marzo de 2007, con un seguimiento posoperatorio de 1 año, aunque se estimó el comportamiento de las variables al mes de la cirugía.

RESULTADOS: Predominó discretamente el sexo femenino, el grupo de edad de 21 a 39 años constituyó el 81 %, y la miopía moderada en 74 ojos el 52,8 %. El valor de la presión intraocular con tonómetro de contorno dinámico superó al obtenido con el de Goldmann en 2 mm Hg en el preoperatorio y en 3,7 mm Hg en el posoperatorio. Se correlacionó la variación del espesor corneal posterior al LASIK y la presión intraocular según el tonómetro utilizado.

CONCLUSIONES: Los valores de la presión con el tonómetro de Pascal son más

confiables que los obtenidos con el tonómetro de aplanación de Goldmann, cuando el espesor corneal central se aleja de lo estipulado como normal.

Palabras clave: Tonometría Goldmann, tonometría de Pascal, cirugía refractiva con LASIK.

ABSTRACT

OBJECTIVES: To compare the intraocular pressure figures obtained with Goldman applanation tonometer and with Pascal dynamic contour tonometer, as well as the central corneal thickness variation before and after the refractive surgery with LASIK, and to set the relationship between both tonometers.

METHODS: Seventy four patients (140 eyes) aged over 21 years, with stable myopia (-1 to -10 dioptries), cylinder defect lower than -3 dioptries and central corneal thickness under 480 microns. The patients were operated on using Excimer laser (LASIK technique) at the Refractive Surgery Service of "Ramón Pando Ferrer" Cuban Institute of Ophthalmology in the period from December, 2006 to March 2007; then they were followed up for one year, even though the variables were estimated one month after surgery.

RESULTS: Females slightly predominated; the 21-39 years age group represented 81 % of cases and moderate myopia present in 74 eyes accounted for 52.6 % of the total number. The intraocular pressure value taken with the dynamic contour tonometer was higher than that of the Goldmann tonometer by 2 mm Hg in the preoperative phase and by 3.7 mm Hg in the postoperative phase. The corneal thickness variation after surgery with LASIK and the intraocular pressure according to the used tonometer were correlated.

CONCLUSIONS: The figures of intraocular pressure measured with Pascal tonometer are more reliable than those obtained with Goldmann applanation tonometer, whenever the central corneal thickness is not within the set normal value range.

Key words: Goldman tonometry, Pascal tonometry, refractive surgery with LASIK.

INTRODUCCIÓN

El glaucoma es una enfermedad ocular que por su gravedad y frecuencia, constituye aún un problema para los oftalmólogos. Aunque los progresos diagnósticos y terapéuticos han permitido mejorar significativamente las funestas consecuencias que sobre el nervio óptico ejerce determinada presión intraocular (PIO),^{1,2} sus métodos de medición todavía no se han superado significativamente.

La incorporación de nuevos dispositivos no ha modificado sustancialmente el problema en cuanto a precisión y fiabilidad del método.³ Aparatos computarizados como el pneumotonómetro, basan sus ventajas en la rapidez del examen y de no contactar con el ojo, al evitar el riesgo de infección e incluso puede ser realizado por personal paramédico al prescindir de la anestesia tópica.⁴ Otros, como el

tonómetro de Perkins y el tono-pen,^{5,6} solo aportan comodidad en determinados casos, pero de ninguna forma, mayor exactitud.

Algunos permiten monitorizar la PIO por el propio paciente, autotonómetro de aplanación Ocuton-S y el tonómetro de Proview, basado en la percepción de fosfenos⁷ no parecen tampoco una solución aceptable y por sus numerosas fuentes de error, ofrecen una dudosa fiabilidad.

Resulta sorprendente que un fenómeno quirúrgico como la cirugía refractiva, tan reciente y en apariencia tan alejada del problema del glaucoma, introduzca el hecho trascendental (tal vez incuestionable) de que los datos obtenidos a través de la tonometría de aplanación de Goldmann (TG), método aceptado todavía de forma universal⁸ esté sujeto, sin embargo a errores no despreciables.

Se trabaja por introducir otros métodos para medir la PIO, como el tonómetro de contorno dinámico o tonómetro de Pascal (TCD) diferente a los anteriormente citados por el diseño de la punta que, al rozar suavemente la córnea, le permite mantener su forma y curvatura con mínima distorsión (de contorno). Un campo de fuerza se establece entre el tonómetro y la córnea y un sensor de presión integrado mide la PIO de modo continuo unas 100 veces por segundo (dinámico). Así, en teoría, la dependencia del TCD de las propiedades biomecánicas de la córnea es mucho menor que en los tonómetros tradicionales que la aplanan o dientan. Este es el primer método no invasivo capaz de medir la PIO directa y continuamente⁹ ([figura](#)).



Figura. Tonómetro de contorno dinámico (Pascal).

La técnica de LASIK con excímer láser produce una ablación intraestromal al disminuir el espesor corneal central (ECC) para la corrección del defecto refractivo y también una disminución del valor significativo de la PIO con TG,^{10,11} que proporciona datos fiables cuando se trata de córneas con espesor de 520 micras (μm). Al sobrevalorar estas cifras en córneas más gruesas y al subvalorarlas cuando son más delgadas, esto obliga a asociar los valores paquimétricos a los

resultados tonométricos, así como a aplicar los correspondientes coeficientes de conversión en los casos límite. Para esto se utilizan nomogramas para su compensación, pero estos datos son poco exactos y fiables, además de que la relación PIO/ paquimetría central no es lineal.^{11,12}

Con este trabajo los autores se propusieron comparar las cifras de la presión intraocular obtenidas mediante el tonómetro de aplanación de Goldmann y el tonómetro de contorno dinámico de Pascal, así como la variación del espesor corneal central antes y después de la cirugía con LASIK, y así establecer la relación entre los dos tipos de tonómetros.

MÉTODOS

Se estudiaron 74 pacientes (140 ojos) con miopía estable de -1 dioptrías (D) a -10 D, mayores de 21 años, defecto cilíndrico inferior a -3D y espesor corneal central mayor de 480 micras. Los pacientes fueron intervenidos con excímer láser por la técnica de LASIK en el Servicio de Cirugía Refractiva del Hospital "Ramón Pando Ferrer" de diciembre de 2006 a marzo de 2007, con un seguimiento posoperatorio de 1 año. Se estimó el comportamiento de las variables al mes de la cirugía.

Los datos obtenidos se clasificaron y procesaron por tabulación mecánica mediante tablas y gráficos para su mejor comprensión. Para la confección del informe final se utilizó el Sistema de Microsoft Word del paquete de programas Office.

RESULTADOS

De los 74 pacientes, 66 se operaron ambos ojos y 8 fueron intervenidos de uno solo; 40 pacientes eran del sexo femenino (54 %), y se encontró una prevalencia ligeramente superior en las mujeres ([tabla 1](#)).

Tabla 1. Distribución de pacientes según sexo

Sexo	Pacientes	%
Masculino	34	46
Femenino	40	54
Total	74	100

El grupo mayoritario (60 pacientes) tenía edades entre 21 y 39 años, (81 %), le seguía el de más de 40 años contituido por 14 pacientes (19 %). El paciente de mayor edad de la serie tenía 52 años ([tabla 2](#)).

Tabla 2. Distribución de los pacientes según edad

Edad	Pacientes	
	No.	%
Años		
de 21 a 39	60	81
>= 40	14	19
Total	74	100

El grado de la miopía en los 140 ojos intervenidos con la técnica de LASIK varió desde leve (inferior a -3 D) en 51 ojos (36,4 %), hasta severa (superior a -6,25 D) en 15 ojos (10,7 %). Es la miopía moderada (-3,25 D a -6 D) la más frecuente (74 ojos para un 52,8 %) ([tabla 3](#)).

Tabla 3. Distribución de los pacientes según el grado de miopía

Grado de miopía		Ojos	%
Leve	-1 D a -3 D	51	36,4
Moderada	-3,25 D a -6 D	74	52,8
Severa	-6,25 D a -10 D	15	10,7
Total		140	100

En el preoperatorio, el ECC que predominó fue el de 500 a 599 μm (126 ojos que representan un 90 %), seguido por el grupo de más de 600 μm , (9 ojos para un 6,42 %), con una media de 552 μm (\pm 61). Tenía 493 μm el paciente con menor ECC y 619 μm el de mayor.

En el posoperatorio predominó el grupo con ECC ([tabla 4](#)) entre 400 a 499 μm (93 ojos-66,4 %), le siguió el de 500-599 μm (43 ojos para un 30,7 %), con una media de ECC de 476 μm (\pm 84), para una diferencia de 76 μm . Se encontró además, 4 ojos con ECC inferior a 400 μm (2,8 %).

Tabla 4. Valores del espesor corneal central antes y después de la cirugía

Espesor corneal central	Preoperatorio		Posoperatorio	
	Ojos	%	Ojos	%
< 400 μm	0	0	4	2,85
400 - 499 μm	5	3,51	93	66,42
500 - 599 μm	126	90	43	30,71
>= 600 μm	9	6,42	0	0
Total	140	100	140	100

La presión intraocular media preoperatoria con TG fue de 14,8 mm Hg y con TCD de 16,8 mm Hg, (variación de 2,0 mm Hg). En el posoperatorio, se halló una PIO con TG de 12,4 y con TCD de 16,1 mm Hg, para una diferencia aún mayor (variación de 3,7 mm Hg). Si se observan por separado los resultados obtenidos con cada tonómetro, se observa que con el TG se produjo una disminución de 2,4 mm Hg antes de la cirugía y después de esta, mientras que con el tonómetro de Pascal la diferencia fue de solo 0,7 milímetros de mercurio ([tabla 5](#)).

Tabla 5. Valores de la PIO media según el método de tonometría

Tonómetro	Preoperatorio	Posoperatorio	Diferencia Δ
TAG (mm Hg)	14,8	12,4	2,4
TCD (mm Hg)	16,8	16,1	0,7
Diferencia Δ (mm Hg)	2	3,7	-

En el preoperatorio, se presentó la mayor diferencia de la PIO con ambos tonómetros (2,8 mm Hg) en el grupo de ECC de 400 a 499 μm , seguido muy de cerca por el grupo con más de 600 μm y una diferencia de 2,5 mm Hg ([tabla 6](#)).

Tabla 6. Correlación entre tonometría y espesor corneal central

Espesor corneal central	Preoperatorio			Posoperatorio		
	TAG (mm Hg)	TCD (mm Hg)	Δ Diferencia (mm Hg)	TAG (mm Hg)	TCD (mm Hg)	Δ Diferencia (mm Hg)
< 400 μm	0	0	0	12,1	16,5	4,4
400-499 μm	14,4	17,2	2,8	13,4	16,4	3
500-599 μm	14,6	16,5	1,9	14,5	16,6	2,1
> = 600 μm	15,2	17,7	2,5	0	0	0

Después de la cirugía, el grupo de < 400 μm muestra una diferencia entre TG y TCD de 4,4 mm Hg, el grupo de 400 a 499 μm de 3 mm Hg, y el grupo de 500 a 599 μm una variación de 2,1 milímetros de mercurio.

DISCUSIÓN

La cirugía refractiva tiene como objetivo mejorar la agudeza visual sin corrección óptica. La indicación quirúrgica excluye a los niños y los adolescentes. En el caso de la técnica quirúrgica de LASIK esta debe realizarse a pacientes que tengan una estabilidad refractiva como mínimo de un año (la cual se alcanza aproximadamente entre 20 y 21 años de edad). Cuando se detiene el crecimiento del ojo en el eje antero-posterior, los pacientes con trastornos refractivos deben esperar a cumplir con estos requisitos para acceder a los beneficios de esta cirugía, lo cual explica que 81 % de los pacientes se encontraran en edades comprendidas entre 21 a 39 años y que solo 19 % fuera mayor de 40 años.

El grupo con miopía severa fue minoritario en esta serie, (15 ojos para un 10,7 %), esto se debe a que asisten a la consulta gran cantidad de pacientes con miopía mayor de -6 D, a los cuales no se les recomienda la cirugía por presentar miopía

superior a -10 D, alteraciones de curvatura y espesor corneal o alteraciones retinianas que ponen en riesgo el éxito del proceder; entonces se les sugiere el uso de lentes de contacto o cirugía facorretractiva.

Resulta evidente el predominio preoperatorio del grupo con ECC de 500 a 599 μm , (126 ojos para un 90 %). En el posoperatorio la reducción significativa del espesor corneal está en relación con la técnica quirúrgica efectuada, la cual produce una ablación intraestromal con predominio del grupo de ECC de 400 a 499 μm (93 ojos que representan 66,2 %).

Los resultados corroboran lo que se plantea acerca de la variación de la presión intraocular con TG y su relación con el espesor corneal.^{13,14} Los datos encontrados muestran que al modificar el ECC, (en este caso al disminuir), se produce una variación de la PIO con TG de 2,4 mm Hg del preoperatorio al posoperatorio en un mismo grupo de pacientes, mientras que con TCD la variación fue solo de 0,7 mm Hg, al estar más influida con la variación del ECC, la PIO con TG que con TCD. También se constató una variación de los resultados con TG y TCD de 2,0 mm Hg en el preoperatorio y 3,7 mm Hg en el posoperatorio. Los valores del TCD eran superiores, lo cual coincide con otros estudios comparativos: *Hafizovic* en 50 pacientes sanos encontró una variación de $0,81 \pm 1,09$ mm Hg,¹⁵ *Stavrakas* en 100 pacientes con glaucoma primario de ángulo abierto observó una variación de 2,5 mm Hg¹⁶ y *Muller* en 67 pacientes sin patología corneal obtuvo una diferencia de 3,5 mm Hg⁹. Todos coinciden en que la tonometría con TCD alcanza valores superiores a la de aplanación.

Goldmann y Schmith (1957)¹ señalaron que la toma de la PIO por aplanación podía modificarse según el espesor corneal central, para ellos en ese entonces, el ECC promedio era de aproximadamente $520 \mu\text{m} \pm 20 \mu\text{m}$ y su variación solo estaba relacionada con patologías corneales (distrofias o procesos inflamatorios). Actualmente con el paquímetro se ha podido constatar un rango mayor de normalidad que supera las 100 μm de diferencia, sin que exista relación con ninguna patología corneal. Este hecho pudiera explicar por qué los valores de la PIO obtenidos con TG disminuyen con las paquimetrías inferiores a 500 μm . También se podrían explicar las diferencias encontradas con respecto al tonómetro de Pascal, justamente en los grupos de ECC más delgado y grueso, que se alejan del rango de 500 a 599 μm . El TCD mantiene valores similares en el preoperatorio y en el posoperatorio los cuales impresionan no estar influidos por la reducción del ECC. Existen estudios que demuestran que personas con hipertensión ocular (HTO) presentan córneas más gruesas que las que tienen la PIO normal, lo cual unduce a pensar que en la práctica clínica se diagnostica HTO en algunos pacientes que realmente no la padecen.²⁹⁻³¹

Algunos autores han intentado relacionar las variaciones de presión intraocular con los cambios del espesor corneal central,²²⁻²⁸ y han obtenido resultados un tanto contradictorios: para *Ehlers*¹⁷ la variación de 10 μm en el ECC se traduce en una variación en la PIO de 0,7 mm Hg, mientras que para *Whitacre*³ esa misma variación traduce una diferencia de 2,3 milímetros de mercurio.

Por todo lo anterior se puede concluir que: los valores de la PIO obtenidos con el tonómetro de Pascal son más confiables que los obtenidos con el tonómetro de aplanación de Goldmann, cuando el espesor corneal central se aleja de lo estimado como normal.

RECOMENDACIONES

Sistematizar el uso del tonómetro de Pascal en pacientes operados de LASIK y en aquellos con paquimetría menor de 500 μm o mayor de 600 μm , en los cuales la tonometría de Goldmann no es confiable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Goldman VH, Schmidt T. Applanation tonometry. In: Newell ED. Glaucoma transaction of the second conference. New York: Ophthalmol; 1957. p. 221-42.
2. Shields MB. Intraocular pressure and tonometry. In: Shields MB. Textbook of jun 7 y 6 glaucoma. 4ta. ed. Baltimore Maryland: Williams and Wilkins; 1998.p. 46-71.
3. Whitacre MM, Stein R. Sources of error with use of Goldmann-type tonometers. *Surv Ophthalmol.* 1993; 38: 1-30.
4. Sánchez Tocino H, Bringas Calvo R. Estudio comparativo entre el neumotonómetro de no contacto y el tonómetro de Goldmann. *Arch. Soc. Esp.Oftalm.* 2005; 11.
5. Andrada Márquez MT, Fesser Oroz I, Antón López. Estudio comparativo de dos tonómetros portátiles tonopen y perkins. *Arch. Soc. Esp. Oftalm.* 2003; 4.
6. Amaral WO, Teixeira RM, Alentar LM, Cronemberger S, Calixto N. Espessura central e periférica da córnea: influência na medida da pressão ntra-ocular pelo Tonopen. *Arq. Bras. Oftalmol.* 2006; 69(1): 41-5.
7. Moreno Montañes J, Sádaba LM. Medición de presión intraocular con el tonómetro de Proview. *Arch Oftalmol.* 2005; 2.
8. Arciniegas AI, Amaya LE. Factores físicos que influyen en la medida de la presión intraocular con el tonómetro de Goldmann. *Arch. Soc. Am. Oftalmol. Optom.* 1985; 19(1)15-24.
9. Detry-Morel M, Jamart J, Detry MB. Clinical evaluation of the Pascal dynamic contour tonometer. *cliniques Universitaires Saint Luc, UCL, Bruxelles, Belgique. J Fr Ophthalmol.* 2007 Mar; 30(3): 260-70.
10. Ferreira O, Oliveira MV. Estudo da espessura corneana central na miopia axial. *Rev. Bras. Oftalmol.* 2004; 63(7-8): 400-3.
11. Pepose Jay. Changes in Corneal Biomechanics and Intraocular Pressure Following LASIK Using Static, Dynamic, and Noncontact Tonometry. *J. Ophthalmol.* 2007; 143(1): 39-47.
12. Johnson M, Kass MA, Moses RA, Grodzki WJ. Increased corneal thickness simulating elevated intracular pressure. *Arch Ophthalmol.* 1978; 96: 664-5.

13. Kniestedt C, Lin S, Choe J, Nee M. Correlation between intraocular pressure, central corneal thickness, stage of glaucoma, and demographic patient data. *J Glaucoma*. 2006; 15(2): 91-7.
14. Barleon, Lorenz, Hoffmann Esther M. Comparison of Dynamic Contour Tonometry and Goldmann Applanation Tonometry in Glaucoma Patients and Healthy Subjects. *Am J Ophthalmol*. 2006; 142(4): 583-90.
15. Schneider E, Grehn F. Intraocular pressure measurement comparison of dynamic contour tonometry and Goldmann applanation tonometry. *J Glaucoma*. 2006; 15: 2-6.
16. Heras-Mulero H; Moreno-Montañés. Comparación del tonómetro Pascal con el neumotonómetro y el tonómetro Goldmann. Departamento de Oftalmología, Clínica Universitaria de Navarra, Pamplona, España. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2007; 82(6): 337-41.
17. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol*. 1975; 53: 34-43.

Recibido: 5 de enero de 2008.
Aprobado: 3 de marzo de 2008.

Dra. *Ileana González Silverio*. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". Ave. 76 No. 3104 entre 31 y 41 Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: ileglez@infomed.sld.cu