

MODIFICACION EXPERIMENTAL DE LA CURVATURA CORNEAL EN CONEJOS MEDIANTE CIRUGIA ESCLERAL: RESECCION, PLIEGUES, IMBRICACIONES Y ESCLEROTOMIAS

**ALEJANDRO ARCINIEGAS, M. D.
LUIS E. AMAYA I. Ph. D.
Bogotá, Colombia**

El propósito de corregir el astigmatismo ocular no es un hecho reciente; el primero fue Snellen, hacia 1869; lo secundaron Schitz, Weber, Silex, Winselmann y Levinson. A finales del siglo pasado Lans, en 1898 hace cortes parciales de las capas superficiales de la córnea. Wray y Clarke en 1914 y O'Connor en 1933, hicieron aplicaciones superficiales de cauterio con el objeto de provocar cicatrices corneales. Sato en la década del 50, recomienda las incisiones endoteliales, para lo cual diseña el cuchillete que lleva su nombre. En 1956, Joaquín Barraquer y Alfredo Muiños reportan correcciones astigmáticas hasta de 4 D. mediante la resección escleral laminar ecuatorial. J. I. Barraquer, en 1965, describe la técnica de la "resección en creciente" de la córnea, para corregir astigmatismos congénitos. En 1973 Troutman introduce el procedimiento de la "resección en cuña" de la córnea, para astigmatismos secundarios. Durante el 5o. Simposio Internacional del Grupo de Estudio de Microcirugía Oftálmica en 1974, J. I. Barraquer comunica que debido a la regresión de la corrección astigmática en los casos de cirugía corneal laminar, se debe actuar sobre la esclera, ya que en los astigmatismos congénitos la deformación en muchos casos afecta a todo el globo ocular. Por último, en 1979 Fyodorov presenta los resultados de la queratotomía radial.

FUNDAMENTOS BIOMECANICOS:

Desde el punto de vista geométrico la superficie corneal de un ojo no-astigmático es una superficie con un radio de curvatura constante, es decir,

un segmento de concha esférica; y la superficie de un ojo astigmático es una superficie con una curvatura variable, de un valor máximo en una dirección dada, variando a un valor mínimo en una dirección a 90° con la primera, es decir, es un segmento de concha ovoide.

La proyección plana (en el ojo, la proyección sobre un plano perpendicular al eje anteroposterior y a una profundidad dada, como por ejemplo la profundidad de la cámara anterior), genera un círculo en el caso del ojo no-astigmático y una elipse en el caso del ojo astigmático. (Fig. 1).

Geoméricamente, considerando el perímetro como una constante elástica (caso de la superficie corneal o escleral), el paso de elipse a círculo (o de círculo a elipse) implica solamente una variación Δr_a ; la cual por ser el perímetro constante induce a una variación $-\Delta r_b$; desafortunadamente la relación entre r_a y r_b (y por lo tanto entre Δr_a y Δr_b) a través del perímetro, no es una relación directa (perímetro elipse = $\int_0^{\pi/2} 4 r_a \sqrt{1 - \frac{r_a^2 - r_b^2}{r_a^2} \sin^2 \phi} d\phi$, y por lo tanto para un par de valores dado de r_a y r_b , la cantidad de corrección Δr_a para hacer $r_a = r_c = r_b$ habría que determinarse por aproximaciones sucesivas o por interpolación en tablas prefabricadas sobre un rango de valores $r_a ; r_b$.

Empleando una fórmula aproximada del perímetro de la elipse ($p \approx 2\pi \sqrt{\frac{r_a^2 + r_b^2}{2}}$) la variación Δr_b podría ser: $\Delta r_b = (r_a / r_b) \Delta r_a$.

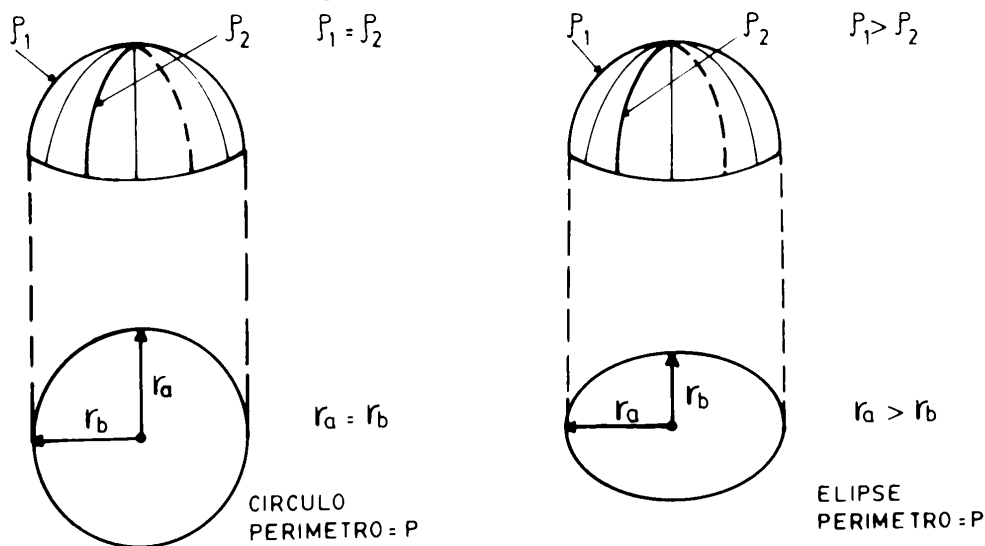


FIGURA 1

Proyección de la córnea: círculo en ojos no astigmáticos. Elipse en ojos astigmáticos.

MODIFICACION EXPERIMENTAL DE LA CURVATURA CORNEAL EN CONEJOS

En los casos de astigmatismo bajo (poca diferencia entre r_a y r_b), la relación r_a/r_b tendería a 1 y por lo tanto la corrección inducida r_a sería muy igual a la corrección Δr_a .

Gráficamente se representa esta situación aproximada, empleando los círculos: inscrito de radio r_b , y circunscrito de radio r_a , el problema se podría visualizar como la búsqueda del círculo de radio r_c ($r_c = r_a - \Delta r_a = r_b + \Delta r_b$, o "círculo promedio" entre los círculos inscrito y circunscrito). Expresado en dioptrías, la corrección (aproximada para el caso simple expuesto aquí), sería de 0.1 mm por la diferencia de dioptrías en los ejes de astigmatismo.

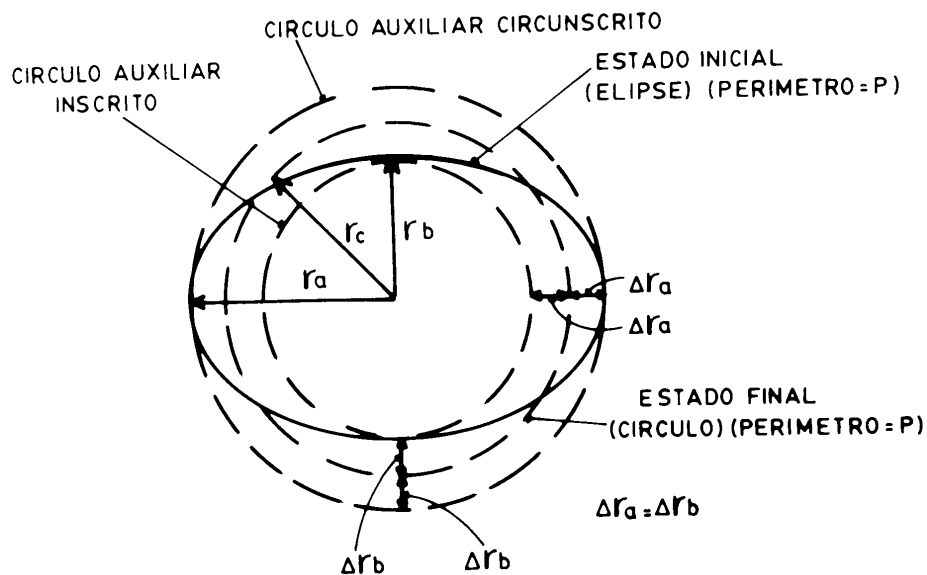


FIGURA 2

Búsqueda del círculo promedio.

Para casos distintos del anterior, sería necesario emplear el verdadero perímetro de la elipse, y establecer las correspondientes relaciones entre Δr_a y Δr_b (y entre Δr_a y la diferencia de dioptrías entre ejes de astigmatismo); sin embargo, el enfoque sería el mismo al mostrado aquí en forma simplificada.

DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS:

Como se vio anteriormente, se han hecho infinidad de técnicas, especialmente corneales, para corregir astigmatismos, olvidándose un poco de la esclera. La etiología del astigmatismo corneal hecha por J. I. Barraquer, es como sigue:

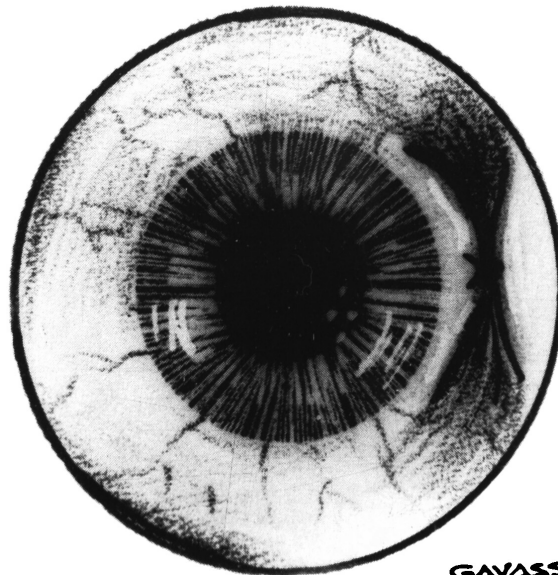
1. Por forma del limbo esclerocorneal (oval, piriforme, etc.).
2. Por modificaciones cicatriciales (retracción, distorsión, dehiscencia, etc.)
3. Por ectasias (generales o locales).
4. Por modificaciones del espesor corneal.

Basados en lo anterior, conocedores del gran volumen escleral (son los 5/6 del volumen ocular total), y habiendo podido apreciar las modificaciones de la curvatura corneal después de cirugía de retina, se hicieron experimentos en conejos, con el objeto de inducir astigmatismos quirúrgicos, consistentes en:

1. Pliegues esclerales (Fig. 3).
2. Resecciones esclerales (Fig. 4).
3. Imbricaciones esclerales (Fig. 5).
4. Esclerotomías circulares paralelas al limbo (Fig. 6).
5. Esclerotomías radiales (perpendiculares al limbo). (Fig. 7).

Se practicó cirugía escleral en un total de 39 ojos de conejos, distribuidos, así:

- a. Pliegues esclerales (No. 11).
- b. Resecciones esclerales (No. 8).
- c. Imbricaciones esclerales (No. 4).
- d. Esclerotomías paralelas al limbo (No. 6).
- e. Esclerotomías perpendiculares al limbo (No. 10).



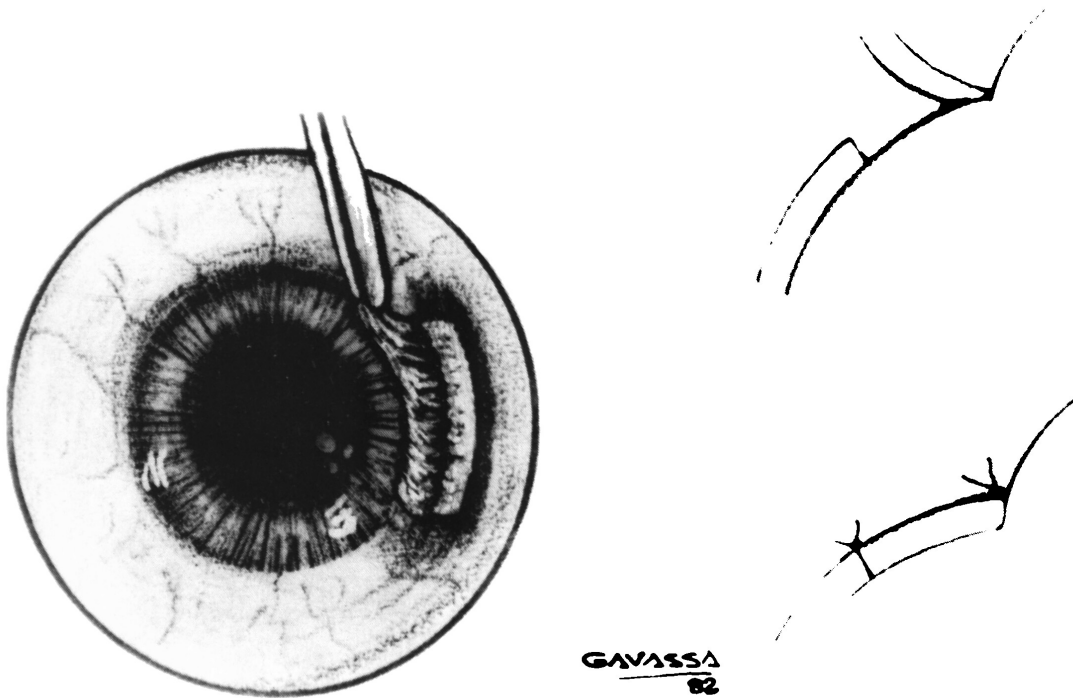
GAVASSA
82

FIGURA 3
Pliegues esclerales.



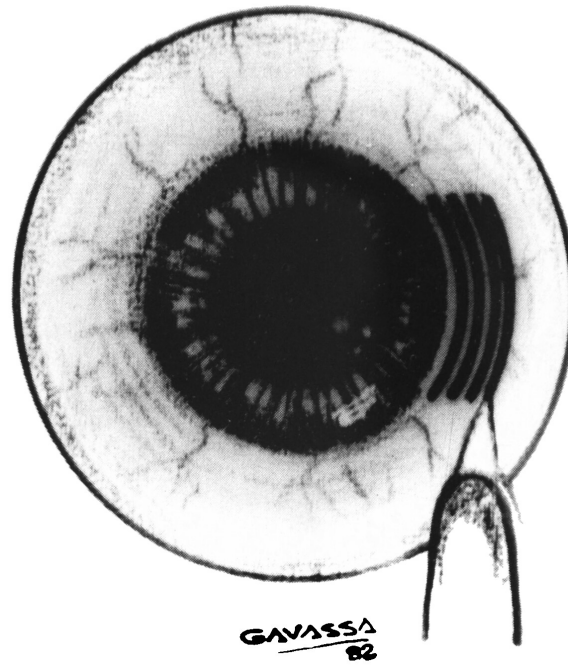
GAVASSA
82

FIGURA 4
Resecciones esclerales.



GAVASSA
82

FIGURA 5
Imbricaciones esclerales.



*Esclerotomías circulares
(paralelas al limbo).*

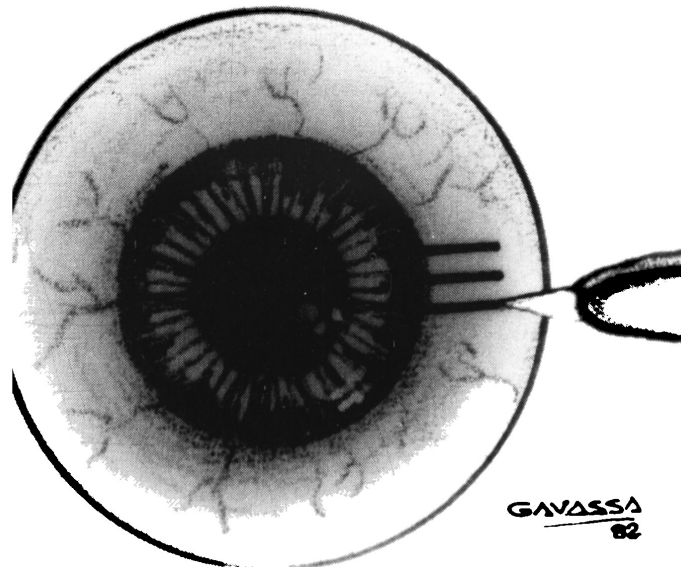


FIGURA 7
*Esclerotomías radiales
(perpendiculares al limbo).*

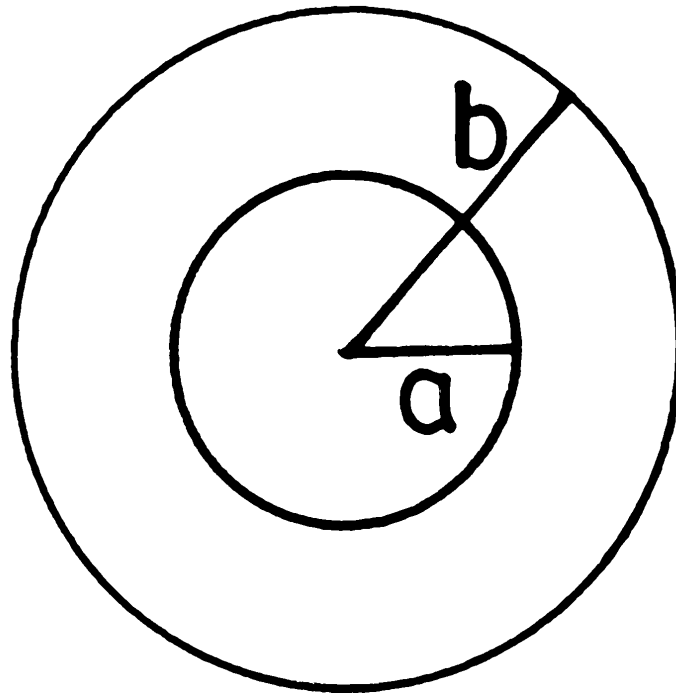


FIGURA 8
Círculos concéntricos de diferente radio.

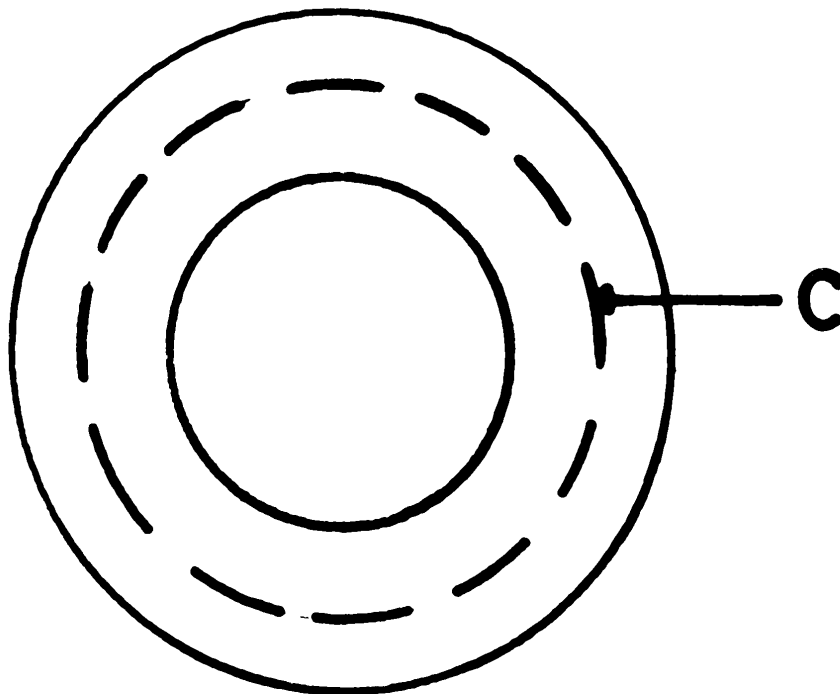


FIGURA 9
Círculo corrector de radio intermedio.

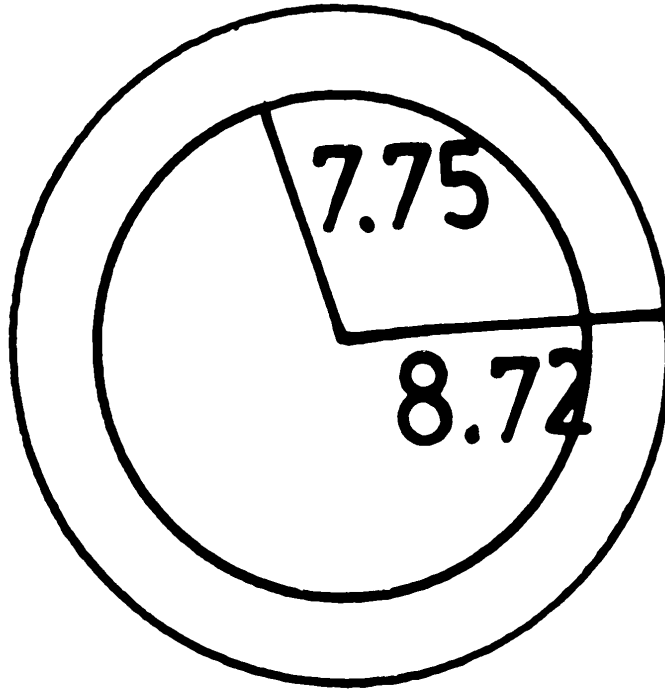


FIGURA 10

Ejemplo.

Las medidas pre-operatorias y post-operatorias se hicieron con el queratómetro de Zeiss, modelo de Litman y el corneascopio modelo 804.

En algunos casos se permitió, intencionalmente, la salida de humor vítreo a través de la herida escleral; otras veces se utilizó la punción de la cámara anterior. La presión intraocular, antes y después del procedimiento quirúrgico, se tomó con el tonómetro aplanático de Goldmann.

a. *Pliegue escleral. Resultados* (Tablas 1 y 6)

--Se observa incurvamiento del meridiano donde se realiza la cirugía y aplanamiento del meridiano a 90°; o sea, se reduce el valor numérico del meridiano operado, aumentando por lo tanto su poder dióptrico, y se aumenta el valor numérico del meridiano ocular a 90° del anterior, con la consecuente disminución del poder dióptrico.

La cantidad del astigmatismo inducido está en relación con la proximidad del procedimiento quirúrgico al limbo, así como por el ancho del tejido escleral que quede dentro del pliegue.

MODIFICACION EXPERIMENTAL DE LA CURVATURA CORNEAL EN CONEJOS

Es notorio el hecho de que con este procedimiento se obtiene, en general, una mayor cantidad de aplanamiento que de incurvamiento en dioptrías, por cada milímetro de ancho del pliegue.

— La longitud del pliegue no parece influenciar la cantidad de astigmatismo inducido, pero sí ayudará a que el resultado quirúrgico sea más estable, puesto que se pueden colocar un mayor número de puntos.

— Es deseable algún procedimiento hipotonizante, ya que al reducir el volumen ocular, se aumenta la presión intraocular y por lo tanto también los esfuerzos, que desde luego podrían colocar a la esclera próxima al punto de cedencia, regresando el ojo a las cantidades previas, o sea, adquiriendo el astigmatismo inicial.

b. *Resección escleral. Resultados (Tablas 2 y 7)*

El efecto quirúrgico obtenido mediante este procedimiento es el mismo que el observado en relación con el pliegue escleral, o sea que se incurva el meridiano donde se practica la cirugía, con aplanamiento del meridiano a 90°.

— Al igual que en el pliegue escleral, la cantidad de astigmatismo inducido quirúrgicamente depende de la proximidad de la cirugía al limbo, así como del ancho del tejido escleral resecaado.

— También se aprecia, en general, mayor cantidad de aplanamiento en dioptrías que de incurvamiento por cada milímetro de ancho del tejido escleral resecaado.

— En forma semejante al pliegue escleral, la longitud de la resección no afecta en forma directa a la cantidad de astigmatismo; más bien, ayuda a la estabilidad de la cirugía por el hecho de poderse colocar un mayor número de puntos de sutura.

— Se requiere una sutura que sea del tipo permanente, no biodegradable o absorbible, puesto que los procesos de cicatrización esclerales, si es que los hay, son muy lentos.

Tabla No. 1

**MODIFICACION DE LA CURVATURA CORNEAL
PLIEGUE ESCLERAL**

	Distancias del limbo		Longitud del pliegue (mm)	No. de puntos tipo de sutura	Punción en C.A C.V.	Inicial	Queratometría	
	Al borde anterior (mm)	Anchura pliegue (mm)						Post-operatoria
1)	2	2	6	3 (Dacrón 5/0.) +		7.28 Esf.	7.58 X 135°	6.70 X 42°
2)	2	2	5	3 (Dacrón 5/0.) +		7.40 Esf.	7.72 X 55°	6.85 X 140°
3)	2	2	5	4 (Dacrón 5/0.)	+	6.93 Esf.	7.39 X 125°	6.67 X 38°
4)	1	4	4	5 (Dacrón 5/0.)	+	7.57 Esf.	7.84 X 64°	6.97 X 158°
5)	1	3	4	5 (Dacrón 5/0.)	+	6.69 Esf.	6.97 X 45°	6.14 X 140°
6)	1	4	5	4 (Dacrón 5/0.)	+	7.48 Esf.	8.68 X 39°	7.15 X 125°
7)	1	4	5	4 (Dacrón 5/0.)	+	7.54 Esf.	8.64 X 157°	7.24 X 75°
8)	2	3	4	4 (Dacrón 5/0.)	+	7.40 Esf.	7.65 X 46°	6.82 X 132°
9)	2	2	4	4 (Dacrón 5/0.)	+	6.70 Esf.	7.20 X 170°	6.50 X 64°
10)	1	4	5	4 (Dacrón 5/0.)	+	7.50 Esf.	8.50 X 58°	7.25 X 155°
11)	1	4	5	4 (Dacrón 5/0.)	+	6.37 Esf.	7.25 X 178°	6.02 X 88°

C.A = Cámara Anterior C V = Cámara Vítrea

**EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS
INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DEL PLIEGUE ESCLERAL**

Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias	Cantidad de tejido dentro del pliegue	Relación de astigmatismo inducido (dioptrías) por 1 mm de pliegue
1) mm: 7:28 Esf. Dioptrías:	mm: 7.58 X 135° 6.70 X 42°	mm: 0.30 0.58		Se aplana 1D X 1 mm.
2) mm: 7:40 Esf. Dioptrías: 45:50 Esf.	Dioptrías: 44:50 X 135° 50:50 X 42° mm: 7.72 X 55° 6.85 X 140°	Dioptrías: 1:75 4:25 mm: 0.32 0.55	2 mm.	Se incurva 2D X 1 mm. Se aplana 1D X 1 mm.
3) mm: 6:93 Esf. Dioptrías: 48:75 Esf.	Dioptrías: 43:75 X 55° 49:25 X 140° mm: 7.39 X 125° 6.67 X 38°	Dioptrías: 1:75 3:75 mm: 0.46 0.26	2 mm.	Se incurva 2D X 1 mm. Se aplana 1.5D X 1 mm.
4) mm: 7:57 Esf. Dioptrías: 44:50 Esf.	Dioptrías: 45:75 X 125° 50:50 X 38° mm: 7.84 X 64° 6.97 X 158°	Dioptrías: 3:00 1:75 mm: 0.27 0.60	2 mm.	Se incurva 1D X 1 mm. Se aplana 0.37 X 1 mm.
5) mm: 6:69 Esf. Dioptrías: 50:50 Esf.	Dioptrías: 44:00 X 64° 48:25 X 158° mm: 6.97 X 45° 6.14 X 140°	Dioptrías: 1:50 3:75 mm: 0.28 0.55	4 mm.	Se incurva 1D X 1 mm. Se aplana 1.5D X 1 mm.
6) mm: 7:48 Esf. Dioptrías: 45:25 Esf.	Dioptrías: 48:25 X 45° 54:50 X 140° mm: 8.68 X 39° 7.15 X 125°	Dioptrías: 2:25 4:50 mm: 1.20 0.33	3 mm.	Se incurva 1.5D X 1 mm. Se aplana 1.5D X 1 mm.
	Dioptrías: 39:00 X 39° 47:25 X 125°	Dioptrías: 6:25 2:00	4 mm.	Se incurva 0.5D X 1 mm.

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DEL PLIEGUE ESCLERAL

Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias	Cantidad de tejido dentro del pliegue	Relación de astigmatismo inducido (dioptrías) por 1 mm de pliegue
7) mm: 7:54 Esf. Dioptrías: 44:75 Esf.	mm: 8.64 X 157° 7.24 X 75° Dioptrías: 39:00 X 157° 46:75 X 75°	mm: 1.10 0.30 Dioptrías: 5:75 2:00	4 mm.	Se aplana 1.4D X 1 mm. Se incurva 0.5D X 1 mm.
8) mm: 7:40 Esf. Dioptrías: 45:75 Esf.	mm: 7.65 X 46° 6.82 X 132° Dioptrías: 44:25 X 46° 49:50 X 132°	mm: 0.25 0.58 Dioptrías: 1:50 3:75	3 mm.	Se aplana 0.5D X 1 mm. Se incurva 1.25D X 1 mm.
9) mm: 6:70 Esf. Dioptrías: 50:25 Esf.	mm: 7.20 X 170° 6.50 X 64° Dioptrías: 46:75 X 170° 51:75 X 64°	mm: 0.50 0.20 Dioptrías: 3:50 1:50	2 mm.	Se aplana 1.75D X 1 mm. Se incurva 0.75D X 1 mm.
10) mm: 7:50 Esf. Dioptrías: 45:00 Esf.	mm: 8.50 X 58° 7.25 X 155° Dioptrías: 39:75 X 58° 46:50 X 155°	mm: 1.0 0.25 Dioptrías: 5:25 1:50	4 mm.	Se aplana 1.31D X 1 mm. Se incurva 0.37D X 1 mm.
11) mm: 6:37 Esf. Dioptrías: 53:00 Esf.	mm: 7.25 X 178° 6.02 X 88° Dioptrías: 46:50 X 178° 54:50 X 88°	mm: 0.88 0.35 Dioptrías: 6:50 1:5	4 mm.	Se aplana 1.6D X 1 mm. Se incurva 0.37D X 1 mm.

Promedios a) 2 mm de pliegue b) 3 mm de pliegue **Aplanamiento** 0.75 D./mm. **Incurvamiento** 1.37 D./mm.

Tabla No. 2

**MODIFICACION DE LA CURVATURA CORNEAL
RESECCION ESCLERAL**

	Distancias del limbo		Anchura resección (mm)	Longitud de la resección	No. de puntos tipo de sutura	Punción en C.V.	Queratometría	
	Borde anterior (mm)						Inicial	Post-operatoria
1)	2	2	2	6	5 (Dacrón 5/0.)	+	7.39	7.96 X 5 ⁰
2)	1	2	2	6	6 (Seda 7/0.)	+	7.35	7.24 X 165 ⁰ 8.03 X 70 ⁰
3)	2	2	2	6	3 (Nylon 8/0.)	+	7.20	7.10 X 160 ⁰ 8.00 X 65 ⁰
4)	2	2	2	5	3 (Seda 7/0.)	+	7.03	6.85 X 158 ⁰ 7.48 X 88 ⁰
5)	2	2	2	6	3 (Seda 7/0.)	+	7.10	6.34 X 174 ⁰ 7.60 X 132 ⁰
6)	1	2	2	4	4 (Seda 7/0.)	+	7.15	6.94 X 40 ⁰ 7.55 X 88 ⁰
7)	2	2	2	3	4 (Nylon 8/0.)	+	6.90	6.43 X 174 ⁰ 7.55 X 65 ⁰
8)	1	2	2	3	5 (Seda 7/0.)	+	7.28	6.60 X 165 ⁰ 7.73 X 140 ⁰ 7.08 X 35 ⁰

Tabla No. 7

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LA RESECCION ESCLERAL

Queratometría inicial		Queratometría post-operatoria		Diferencias	Cantidad de tejido reseca	Relación de astigmatismo inducido (dioptrías) por 1 mm de resección
mm:	7.39 Esf.	mm:	7.96 X 75° 7.24 X 165°	mm:	0.57 0.15	Se aplana 1.62D X 1 mm.
Dioptrías:	45:75 Esf.	Dioptrías:	42:50 X 75° 46:75 X 165°	Dioptrías:	3:25 1.0	Se incurva 0.5D X 1 mm.
mm:	7.35 Esf.	mm:	8.03 X 70° 7.10 X 160°	mm:	0.68 0.25	Se aplana 2D X 1 mm.
Dioptrías:	46:00 Esf.	Dioptrías:	42:00 X 70° 47:50 X 160°	Dioptrías:	4:00 1:50	Se incurva 0.75D X 1 mm.
mm:	7.20 Esf.	mm:	8.00 x 65° 6.85 X 158°	mm:	0.80 0.35	Se aplana 2.25D X 1 mm.
Dioptrías:	46:75 Esf.	Dioptrías:	42:25 X 65° 49:25 X 158°	Dioptrías:	4.5 2.5	Se incurva 1.25D X 1 mm.
mm:	7.03 Esf.	mm:	7.48 X 88° 6.34 X 174°	mm:	0.45 0.69	Se aplana 1.37D X 1 mm.
Dioptrías:	48:00 Esf.	Dioptrías:	45:25 X 88° 53:50 X 174°	Dioptrías:	2.75 5.5	Se incurva 2.75D X 1 mm.

Tabla No. 7

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LA RESECCION ESCLERAL

Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias	Cantidad de tejido resecao	Relación de astigmatismo inducido (dioptrías) por 1 mm de resección
5)	mm: 7.10 Esf. Dioptrías: 47:50 Esf.	mm: 7.60 X 132° 6.94 X 40° Dioptrías: 44:50 X 132° 48:75 X 40°	0.50 0.16 2 mm.	Se aplana 1.5D X 1 mm. Se incurva 0.62D X 1 mm.
6)	mm: 7.15 Esf. Dioptrías: 47:25 Esf.	mm: 7.55 X 88° 6.43 X 174° Dioptrías: 44:75 X 88° 52:50 X 174°	0.40 0.72 2 mm.	Se aplana 1.25D X 1 mm. Se incurva 2.62D X 1 mm.
7)	mm: 6.90 Esf. Dioptrías: 49:00 Esf.	mm: 7.55 X 65° 6.60 X 165° Dioptrías: 44:75 X 65° 51:25 X 165°	0.65 0.30 2 mm.	Se aplana 2.12D X 1 mm. Se incurva 1.12D X 1 mm.
8)	mm: 7.28 Esf. Dioptrías: 46:25 Esf.	mm: 7.73 X 7.08 X Dioptrías: 43:75 X 47:75 X	0.45 0.20 2.5 1:50 2 mm.	Se aplana 1.25D X 1 mm. Se incurva 0.75D X 1 mm.
Promedio		Aplanamiento	Incurvamiento	
2 mm de resección		1.67 D./mm.	1.295 D./mm.	

Se cree de mucha utilidad la hipotonía, durante el acto quirúrgico, pues por una parte facilita el cierre de la herida escleral y por otra al reducir el volumen ocular, aumenta la presión interna y a su vez también los esfuerzos esclerales, que colocan a esta última muy cerca o en el punto de cedencia, lo que haría regresar la cirugía, obteniéndose así las condiciones oculares iniciales o pre-quirúrgicas.

c. *Imbricación escleral. Resultados* (Tablas 3 y 8)

El resultado quirúrgico de incurvar el meridiano donde se practica la cirugía y de aplanar el otro meridiano a 90° , es el mismo que con los procedimientos descritos anteriormente.

—Los hallazgos en cuanto a la longitud, proximidad al limbo de la cirugía y ancho del tejido dentro de la imbricación, también son los mismos, que en el pliegue y resección esclerales, por lo cual no los repetimos pues sería redundante.

—Lo mismo se podría anotar con respecto de los resultados en cuanto al tipo de sutura y la hipotonía ocular quirúrgica.

—Hay un hecho interesante y es el de que se obtiene prácticamente la misma cantidad de incurvamiento que de aplanamiento en dioptrías, por cada milímetro del ancho de la imbricación.

d. *Esclerotomías paralelas. Resultados* (Tablas 4 y 9)

—El efecto quirúrgico logrado mediante este procedimiento es totalmente opuesto al obtenido con los procedimientos descritos anteriormente; o sea, se aplanan en el meridiano donde se practica la cirugía, incurvándose en poca cuantía el meridiano a 90° del anterior.

Se observa que se obtiene mayor cambio del radio de curvatura corneal en proporción directa a la profundidad de corte y la proximidad al limbo.

Es notoria la diferencia, con los otros procedimientos, en cuanto a la cantidad de astigmatismo inducido se refiere.

e. *Esclerotomías perpendiculares. Resultados* (Tablas 5 y 10)

Tabla No. 3

**MODIFICACION DE LA CURVATURA CORNEAL
IMBRICACION ESCLERAL**

Distancias del limbo anterior (mm)	Ancho imbricación (mm)	Longitud de la imbricación (mm)	No. de puntos tipo de sutura	Punción en C.V.	Inicial	Queratometria	
						Pre-operatoria	Post-operatoria
1)	2	5	3 (Seda 7/0.)	+	6.91 Esf.	7.48 X	145 ⁰
						6.48 X	50 ⁰
2)	2	5	3 (Seda 7/0.)	+	7.35 Esf.	8.01 X	150 ⁰
						6.81 X	61 ⁰
3)	2	5	3 (Nylon 8/0.)	+	6.90 Esf.	7.45 X	62 ⁰
						6.45 X	155 ⁰
4)	2	5	3 (Nylon 8/0.)	+	6.41 Esf.	7.80 X	58 ⁰
						6.66 X	148 ⁰

Tabla No. 8

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LA RESECCION ESCLERAL

Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias	Cantidad de tejido por debajo de la imbricación (mm)	Relación de astigmatismo inducido (dioptrías) por 1 mm de resección
mm: 6.91 Esf.	7.48 X 145° 6.48 X 50°	0.57 0.43		Se aplana 1.87D X 1 mm.
Dioptrías: 48:75 Esf.	Dioptrías: 45:00 X 145°	3:75 3:25	2 mm.	Se incurva 1.62D X 1 mm.
mm: 7.35 Esf.	8.01 X 150° 6.81 X 61°	0.66 0.54		Se aplana 1.87D X 1 mm.
Dioptrías: 46:00 Esf.	Dioptrías: 42:25 X 150° 49:50 X 61°	3:75 3:50	2 mm.	Se incurva 1.75D X 1 mm.
mm: 6.90 Esf.	7.45 X 62° 6.45 X 155°	0.55 0.45		Se aplana 1.87D X 1 mm.
Dioptrías: 49:00 Esf.	Dioptrías: 45:25 X 62° 52:25 X 155°	3:75 3:25	2 mm.	Se incurva 1.62D X 1 mm.
mm: 7.20 Esf.	7.80 X 6.66 X	0.60 0.54		Se aplana 1.75D X 1 mm.
Dioptrías: 46:75 Esf.	Dioptrías: 43:25 X 50:75 X	3:50 4:00	2 mm.	Se incurva 2D X 1 mm.
Promedio 2 mm. de imbricación	Aplanamiento 1.84 D. / mm.		Incurvamiento 1.747 D. / mm.	

MODIFICACION EXPERIMENTAL DE LA CURVATURA CORNEAL EN CONEJOS

El efecto quirúrgico obtenido es el mismo que en el de las esclerotomías paralelas, pero con el agravante que para obtener alguna cantidad medible de astigmatismo es necesario llegar hasta la cámara anterior.

CONCLUSIONES:

1. Siendo los pliegues, las resecciones y las imbricaciones unas cirugías estrictamente esclerales, tendrían la enorme ventaja de no realizar la cirugía en un medio transparente como la córnea (queratotomías de Fyodorov), sino en uno opaco como la esclera, evitándose así las disminuciones del espesor corneal que a largo plazo podrían tener efectos adversos en la propia córnea.
2. Otra ventaja indiscutible es la reversibilidad del procedimiento en caso de hipercorrección, tal como sucede en los pliegues esclerales, pues no sería sino cortar algunos puntos subconjuntivales.
3. Ya que estos procedimientos son estrictamente esclerales, las soluciones de continuidad quedan protegidas por la conjuntiva, al igual que los puntos de sutura.
4. Los reflejos corneales con estas cirugías esclerales quedan indemnes a diferencia de los procedimientos corneales.
5. La indicación primordial sería el astigmatismo mixto, debido al hecho de que tanto el pliegue escleral, como la resección escleral y la imbricación escleral, incurvan el meridiano donde se practica la cirugía, aplanando el meridiano a 90° del primero.
6. La indicación de las esclerotomías paralelas sería los astigmatismos miópicos compuestos, pero falta ver la cantidad real de astigmatismo que corrigen.
7. Las esclerotomías perpendiculares tienen el gran inconveniente que para actuar necesitan perforar la cámara anterior, que es un procedimiento no deseable.
8. Otra ventaja sería el hecho de que si se necesita hacer más cirugía, se puede realizar en el meridiano a 180° del inicial, lográndose el mismo efecto quirúrgico.

Tabla No. 4

**MODIFICACION DE LA CURVATURA CORNEAL
ESCLEROTOMIAS PARALELAS**

	Número de incisiones	distancias del limbo (mm)	Un lado No. incisiones	Ambos lados No. incisiones	Longitud de la zona de incisiones	Queratometría	
						Inicial	Post-operatoria
1)	6	1,2,3.		3 y 3	5.	7.84	8.02 X 50° 7.78 X 140°
2)	3	0.5, 1.0 y 1.5	3		5.	7.80	7.93 X 160° 7.75 X 71°
3)	4	0.5, 1.0, 1.5, 2.0	4		5.	7.63	7.96 X 180° 7.54 X 90°
4)	6	1, 2, 3.		3 y 3	8.	7.87	8.03 X 120° 7.84 X 30°
5)	4	0.5, 1.0, 1.5, 2.0	4		6.	7.69	6.89 X 20° 6.75 X 110°
6)	3	0.5, 1.0, 1.5	3		5.	7.51	7.75 X 110° 7.51 X 22°

Tabla No. 9

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LAS ESCLEROTOMIAS PARALELAS

	Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias
1)	mm: 7.84 Esf.	8.02 X 50° 7.78 X 140°	mm: 0.18 0.04
	Dioptrías: 43:00 Esf.	Dioptrías: 42:25 X 50° 43:25 X 140°	Dioptrías: 0:75 0:25
2)	mm: 7.80 Esf.	7.93 X 160° 7.75 X 71°	mm: 0.13 0.05
	Dioptrías: 43:25 Esf.	Dioptrías: 42:50 X 160° 43:50 X 71°	Dioptrías: 0:75 0:25
3)	mm: 7.63 Esf.	7.96 X 180° 7.54 X 90°	mm: 0.33 0.09
	Dioptrías: 44:25 Esf.	Dioptrías: 42:50 X 180° 44:75 X 90°	Dioptrías: 0:25 0:50
4)	mm: 7.87 Esf.	8.03 X 120° 7.84 X 30°	mm: 0.16 0.03
	Dioptrías: 43:00 Esf.	Dioptrías: 42:00 X 120° 43:00 X 30°	Dioptrías: 1:00 0:00

Tabla No. 9

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LAS ESCLEROTOMIAS PARALELAS

	Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias
5)	mm: 7.18 Esf.	mm: 7.46 X 160° 7.14 X 70°	mm: 0.28 0.04
	Dioptrías: 47:00 Esf.	Dioptrías: 45:25 X 160° 47:25 X 70°	Dioptrías: 1:75 0:25
6)	mm: 7.18 Esf.	mm: 7.34 X 0° 7.03 X 90°	mm: 0.16 0.15
	Dioptrías: 47:00 Esf.	Dioptrías: 46:00 X 0° 48:00 X 90°	Dioptrías: 1:00 1:00
7)	mm: 7.11 X 180° 6.96 X 90°	mm: 7.50 X 180° 7.11 X 90°	mm: 0.39 0.15
	Dioptrías: 47:50 X 180° 48:50 X 90°	Dioptrías: 45:00 X 180° 47:50 X 90°	Dioptrías: 2:50 1:00
8)	mm: 6.96 Esf.	mm: 7.18 X 180° 7.03 X 90°	mm: 0.22 0.07
	Dioptrías: 48:50 Esf.	Dioptrías: 47:00 X 180° 48:00 X 90°	Dioptrías: 1:50 0:50
9)	mm: 7.26 Esf.	mm: 7.11 X 180° 6.96 X 90°	mm: 0.15 0.30
	Dioptrías: 46:50 Esf.	Dioptrías: 47:50 X 180° 48:50	Dioptrías: 1:00 2:00

Tabla No. 5

**MODIFICACION DE LA CURVATURA CORNEAL
ESCLEROTOMIAS PERPENDICULARES**

1)	Distancias No. de incisiones entre incisiones (mm)	Un lado limbo No. de incisiones	Ambos lados limbo No. incisiones	Longitud de la incisión en mm	Queratometría	
					Inicial	Post-operatoria
1)	7. A 0.5	7	.	2.5.	7.85 Esf.	7.85 X 90°
2)	11. A 0.5	11	.	2.5.	7.85 Esf.	8.04 X 180° 8.23 X 28°
3)	5. A 0.5	5	.	2.5.	6.75 Esf.	7.42 X 118° 7.03 X 158°
4)	5. A 0.5	5	.	2.5.	6.75 Esf.	6.68 X 68° 7.11 X 21°
5)	6. A 0.5	6	.	2.5.	7.18 Esf.	6.43 X 111° 7.46 X 160°
6)	7. A 0.5	7	.	2.5.	7.18 Esf.	7.14 X 70° 7.34 X 0°
7)	7. A 0.5	7	.	0.5.	7.11 X 180° 6.96 X 90°	7.03 X 90° 7.50 X 180° 7.11 X 90°

Tabla No. 5

**MODIFICACION DE LA CURVATURA CORNEAL
ESCLEROTOMIAS PERPENDICULARES**

No. de incisiones entre incisiones (mm)	Distancias	Un lado limbo No. de incisiones	Ambos lados limbo No. incisiones	Longitud de la incisión en mm	Queratometría	
					Inicial	Post-operatoria
8)	A 0.5	5	.	0.5.	6.96 Esf.	7.18 X 180° 7.03 X 90°
9)	A 0.5	5	.	0.5.	7.26 Esf.	7.11 X 180° 6.96 X 90°
10)	A 0.5	5	.	0.5.	7.11 Esf.	7.26 X 180° 7.03 X 90°
11)	A 1, 2, 3, 4.	.	4 y 4	5.	8.04 Esf.	8.08
12)	A 1, 2, 3, 4.	.	4 y 4	6.	8.13 X 180° 8.04 X 90°	8.08
13)	A 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5	.	5 y 5	5.	8.04 Esf.	8.13 X 180° 8.04 X 90°
14)	A 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5	.	7 y 7	6.	8.04 Esf.	8.08 X 180° 7.85 X 90°

Tabla No. 10

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LAS ESCLEROTOMIAS PERPENDICULARES

Queratometría inicial		Queratometría post-operatoria		Diferencias	
1)	mm:	7.85 Esf.	mm:	7.85 X 90° 8:04 X 180°	mm: 0. 0.19
	Dioptrías:	43:00 Esf.	Dioptrías:	43:00 X 90° 42:00 X 180°	Dioptrías: 0. 1:0
2)	mm:	7.85 Esf.	mm:	8.23 X 28° 7:42 X 118°	mm: 0.38 0.43
	Dioptrías:	43:00 Esf.	Dioptrías:	41:00 X 28° 45:50 X 118°	Dioptrías: 2:00 2:50
3)	mm:	6.75 Esf.	mm:	7.03 X 158° 6.68 X 68°	mm: 0.28 0:07
	Dioptrías:	50:00 Esf.	Dioptrías:	48:00 X 158° 50:50 X 68°	Dioptrías: 2:00 0:50
4)	mm:	6.75 Esf.	mm:	7.11 X 21° 6.43 X 111°	mm: 0.36 0.32
	Dioptrías:	50:00 Esf.	Dioptrías:	47:50 X 21° 52:50 X 111°	Dioptrías: 2:50 0:50

Tabla No. 10

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LAS ESCLEROTOMIAS PERPENDICULARES

	Queratometría inicial		Queratometría post-operatoria		Diferencias
5)	mm:	7.18 Esf.	mm:	7.46 X 160° 7.14 X 70°	mm: 0.28 0.04
	Dioptrías:	47:00 Esf.	Dioptrías:	45:25 X 160° 47:25 X 70°	Dioptrías: 1:75 0.25
6)	mm:	7.18 Esf.	mm:	7.34 X 0° 7.03 X 90°	mm: 0.16 0.15
	Dioptrías:	47:00 Esf.	Dioptrías:	46:00 X 0° 48:00 X 90°	Dioptrías: 1:00 1:00
7)	mm:	7.11 x 180° 6.96 X 90°	mm:	7.50 X 180° 7.11 X 90°	mm: 0.39 0.15
	Dioptrías:	47:50 X 180° 48:50 X 90°	Dioptrías:	45:00 X 180° 47:50 X 90°	Dioptrías: 2:50 1:00
8)	mm:	6.96 Esf.	mm:	7.18 X 180° 7.03 X 90°	mm: 0.22 0.07
	Dioptrías:	48:50 Esf.	Dioptrías:	47:00 X 180° 48:00 X 90°	Dioptrías: 1:50 0:50
9)	mm:	7.26 Esf.	mm:	7.11 X 180° 6.96 X 90°	mm: 0.15 0.30
	Dioptrías:	46:50 Esf.	Dioptrías:	47:50 X 180° 48:50	Dioptrías: 1:00 2:00

Tabla No. 10

EQUIVALENCIAS Y DIFERENCIAS EN mm Y DIOPTRIAS DE LOS ASTIGMATISMOS
INDUCIDOS MEDIANTE LA TECNICA DE LAS ESCLEROTOMIAS PERPENDICULARES

	Queratometría inicial	Queratometría post-operatoria	Diferencias
10)	mm:	7.11 Esf.	mm:
			7.26 X 180° 7.03 X 90°
	Dioptrías:	47:50 Esf.	Dioptrías:
			46:50 X 180° 48:00 X 90°
11)	mm:	8.04 Esf.	mm:
			8.08
	Dioptrías:	42:00 Esf.	Dioptrías:
			41:75
12)	mm:	8.13 X 180° 8.04 X 90°	mm:
			8.08
	Dioptrías:	41:50 X 180° 42:00 X 90°	Dioptrías:
			41:75
13)	mm:	8.04 Esf.	mm:
			8.13 X 180° 8.04 X 90°
	Dioptrías:	42:00 Esf.	Dioptrías:
			41:50 X 180° 42:00 X 90°
14)	mm:	8.04 Esf.	mm:
			8.08 X 180° 7.85 X 90°
	Dioptrías:	42:00 Esf.	Dioptrías:
			41:75 X 180° 43:00 X 90°
			mm:
			Dioptrías:
			0.15 0.08
			1:00 0:50
			0.04
			0:25
			0.05 0.04 0:25 0.25
			0.09 0.00
			0:50 0:00
			0.04 0.19
			0:25 1:00

CALCULOS

Método empírico:

Basados en el hecho de haber partido de un ojo esférico (ver fotos del corneascopio y tablas adjuntas), lográndose inducir un astigmatismo en dicho ojo, es fácil suponer que el astigmatismo ocular está representado por dos círculos concéntricos (a y b) (Fig. 8) de diferentes radios.

Para corregir el astigmatismo, en un paciente dado, se debe lograr un círculo intermedio corrector (c) entre el a y el b, el cual a su vez tendrá un radio también intermedio (Fig. 9).

Lo que equivale a decir que el radio del círculo mayor tendrá que disminuir en una cantidad igual al incremento del radio del círculo menor, para así obtener el círculo "intermedio corrector". Es decir, el círculo "intermedio corrector" tendrá un radio que será igual a la diferencia entre el radio mayor, menos el radio menor partido en 2.

Ahora, ese círculo que hemos denominado "intermedio corrector", es el que va a corregir el astigmatismo del paciente en cuestión. Veamos un ejemplo:

Queratometría inicial (OD):

(38:00) (43:00) 0°

Radio de curvatura iniciales de la córnea:

(8.72) a 2°

(7.75) a 92°

El círculo "intermedio corrector" está en la mitad de los círculos mayor y menor, luego la diferencia (0.97), se parte por 2: $0.97 \div 2 = 0.485$ mm.

Ahora, el 0.485 — 5 D.

X — 1 D.

MODIFICACION EXPERIMENTAL DE LA CURVATURA CORNEAL EN CONEJOS

$$X = \frac{0.485 \text{ mm}}{5 \text{ D}} = 0.097 \text{ mm7D.}$$

Aproximando = 0.1 mm por dioptría.

Como regla nemotécnica se puede utilizar la siguiente:

El producto de multiplicar el valor del cilindro multiplicado por la constante 0.1.

COMENTARIO

Los experimentos en conejos tenían entre otros fines el estudio de la estabilidad del resultado quirúrgico debido a la cicatrización escleral, para compararlo posteriormente con los resultados de las cirugías corneales para astigmatismo.