

11234

17
Sci

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ASTIGMATISMO INDUCIDO, SU CALCULO Y ANALISIS

T E S I S

Presentada por:

DR. EDUARDO CHAVEZ MONDRAGON

En opción al título de

OFTALMOLOGO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INSTITUTO DE OFTALMOLOGIA "FUNDACION CONDE DE VALENCIANA"

México, D.F. 1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I.	INTRODUCCION	1
II.	ANTECEDENTES	5
III.	MATERIAL Y METODO	19
IV.	RESULTADOS	31
V.	ANALISIS DE RESULTADOS	34
VI.	DISCUSION Y CONCLUSIONES	48
VII.	RESUMEN	51
VIII.	BIBLIOGRAFIA	52

INTRODUCCION

El astigmatismo se define como una condición refractiva en la cual existe una variación de poder en los diferentes meridianos del ojo. Generalmente un meridiano es de mayor y otro de menor poder, a lo que se conoce como meridianos principales, Borish (1).

Donders fue el primero en corregir un defecto visual que se podía remediar con lentes cilíndricos. Sin embargo, la primera descripción precisa del astigmatismo como tal, es crédito de Thomas Young en 1800.

George Biddle Airy, en 1825, encontró que requería un lente compuesto para corregir los dos principales focos de su ojo, describiendo la construcción del primer lente esfero-cilíndrico. Los primeros lentes americanos de este tipo fueron hechos independientemente del trabajo de Airy en 1828.

En 1866 John Green produjo el primer reloj astigmático. Para esta época no se tenía ninguna notación específica para la localización del eje, sin embargo H. Knapp sugirió lo que ahora se conoce como la notación standard.

La mayor fuente de astigmatismo es debida a la superficie anterior de la córnea, la cual exhibe generalmente astigmatismo directo o con la regla. Existe también algo de astigmatismo provocado por la superficie posterior, llamado inverso o contra la regla. Además de esto se describen otras causas, como la cristalinea.

Sheard (1920) encontró un reflejo del cristalino alrededor del eje horizontal de 10 grados que podía producir un astigmatismo contra la regla de 0.50 D.

Cox (1938) sugirió que las diferencias en el grosor de la cápsula del cristalino también pueden inducir astigmatismo.

Morgan, Mohny y Olmstead (1943), sugirieron la posibilidad de astigmatismo lenticular en animales debido a contracción irregular de las fibras ciliares.

Carter (1963) encontró astigmatismo residual de origen lenticular, independientemente de la edad entre los 17 y 50 años.

Por otro lado, Marton (1942) describió otras causas potenciales de este error refractivo, esto es: tracción de músculos extraoculares sobre la esclera, posición foveal excéntrica en relación al eje visual, cambios vítreos con alteración en su índice e irregularidades del fondo (1).

Por lo anterior, resulta obvio el valor clínico de este estado en la cirugía de catarata, lo cual desarrolla una preocupación creciente desde que Yves en 1722 reporta su primera extracción intracapsular y posteriormente Daviel (1752) publicara la técnica extracapsular, iniciándose de manera rutinaria el análisis del astigmatismo postquirúrgico y posteriormente el del inducido con la idea de contar con una herramienta cuantitativa que permitiera tener un punto de comparación para las diferentes modificaciones a técnicas, esto con la tendencia de disminuir este astigmatismo.

Al evolucionar las técnicas quirúrgicas y disminuir el tamaño de la incisión a 3 mm, con el advenimiento de la facoemulsificación, (Kelman 1967 (2) y 1975 (3)) y el lente intraocular de silicón, aunado a la cada vez más frecuente y temprana cirugía de catarata (4), el astigmatismo postoperatorio tenía mayores posibilidades de reducirse al mínimo.

De esta forma, la rehabilitación del paciente áfaco, pseudoáfaco o postqueratoplastia penetrante debe procurarse lo antes posible, razón que ocupa múltiples publicaciones año con año en las revistas de la especialidad.

Así, desde hace varios años, es amplio el enfoque de las investigaciones de las diferentes variables que modifican el astigmatismo postoperatorio.

ANTECEDENTES

La preocupación ya mencionada por este importantísimo factor, es decir, el astigmatismo inducido es primordial en la rehabilitación del paciente postoperado, despertando estudios de todo tipo de variables que influyen en su control, así tenemos múltiples estudios que de una forma u otra enfatizan y proponen mecanismos que abaten este astigmatismo. A continuación sólo se menciona una pequeña muestra de éstos:

Masket (5) prevee reducciones de las oscilaciones astigmáticas netas a menos de 1.50 D con resultados ópticos estables y rápidos en el postoperatorio temprano y tardío manejando variables tales como, incisión pequeña por facoemulsificación, cierre de herida escleroescleral con nylon 10-0 en forma continua con control queratométrico y tonométrico.

Newman y cols. (6) comparan incisiones de 3-4 mm para lente de silicón, con incisión de 6 mm para lente de PMMA de 5.8 mm de diámetro y con incisión de 10 mm de extracción extracapsular, concluyendo que el astigmatismo inducido en los primeros 2 grupos fue considerablemente menor a los 3 y 6 meses con agudezas visuales no corregidas de 20/40 o mejor.

Shepherd (7) compara el astigmatismo inducido por cálculo vectorial en 99 cataratas con incisiones de 4 mm a la semana, un mes y 3 meses de postoperatorio, logrando resultados tan favorables como 0.13 D con la regla a la semana a 0.22 D de astigmatismo inducido contra la regla a los 3 meses.

Kansas (8) hace modificaciones en la incisión y cierre escleral en heridas pequeñas para facoemulsificación.

Esto ha llevado no solo al intento del control del astigmatismo inducido en el postoperatorio, llenando más allá al intentar manejar el astigmatismo preexistente en el momento quirúrgico de la extracción de catarata, Shepherd (9).

Otro factor ampliamente estudiado es el campo de las suturas, comparándose los diferentes materiales y técnicas de cierre.

Masket (10) compara nylon 10-0, nylon 9-0 y poliéster 10-0, demostrando reducción del astigmatismo inducido iatrogénico con la regla con nylon 10-0.

Sin embargo, Cravy (11) al comparar el astigmatismo inducido con nylon 10-0 y 9-0 encuentra cambios

excesivamente tardíos en el astigmatismo por hidrólisis de este material recomendando el uso de mersilene.

Parker (12) analiza los cambios en el astigmatismo inducido a lo largo de 3 años posteriores al último corte de suturas en EECC y suturas de nylon 10-0 interrumpidas, concluyendo en un aumento de astigmatismo contra la regla a lo largo de este plazo.

La queratoplastia penetrante ha sido otro punto estudiado en la remoción de suturas para la reducción del astigmatismo inducido (13).

De esta forma, se ha manejado la queratografía para este propósito, calculando el cambio astigmático por análisis vectorial para mostrar incrementos por la remoción de suturas de más de 45 grados al meridiano más curvo, Harris y cols (14).

El análisis de estos trabajos solo es una pequeña muestra de la gran cantidad de variables que se pueden estudiar, resultando ser una piedra angular el cálculo del astigmatismo inducido, citado en todos estos estudios. Así Troutman (15) desde 1973 expone medidas para el control astigmático para catarata como para queratoplastia penetrante, sirviendo esto de apoyo para la realización del trabajo publicado en 1975 por Jaffe y Clayman (16)

sobre la fisiopatología del astigmatismo corneal, el cual es considerado por autores como Stainer (17) como un trabajo clásico el cual funda las bases matemáticas del cálculo del astigmatismo inducido. El propio Stainer utiliza la variedad de leyes de senos y cosenos para la evaluación de astigmatismo inducido en su estudio.

El trabajo de Jaffe y Clayman (16) estudia 1557 cataratas en las cuales se utilizaron suturas continuas, interrumpidas, de diferentes materiales y profundidad de colocación así como son las de incisión. Debido a que se presentaban situaciones dispares entre el astigmatismo postoperatorio (K_3) y el astigmatismo inducido (K_2), esto es $K_3 > K_2$ en la que el cirujano no había deformado la córnea tanto como la queratometría lo indicaba, o cuando $K_3 < K_2$ en la que el efecto corneal era excesivo comparado con la queratometría postoperatoria, resultaba obvia por esto, la necesidad de calcular el efecto en la curvatura corneal por la cirugía de catarata, éste es la diferencia entre astigmatismo preoperatorio (K_1) y postoperatorio (K_3).

Su cálculo es simple si los ejes están 90 grados separados

$$K_1 = 1.00 \times 90^\circ$$

$$K_3 = 1.00 \times 180^\circ$$

$$K_2 = 2.00 \times 180^\circ$$

Donde: K1 = astigmatismo preoperatorio

K3 = astigmatismo postoperatorio

K2 = astigmatismo inducido

Esto no resulta tan sencillo si los ejes son mayores o menores de 90° o difieren las magnitudes de ambos, razón por la cual se calcula K2 por tres sistemas diferentes resultando esta la primera ocasión en que se aplican para extracción de catarata.

METODO VECTORIAL

Basado en una variación de la técnica del paralelogramo, en la cual conocemos K1 y K3 y deseamos obtener K2, el cual resulta ser la única medida significativa que evalúa el cambio en la curvatura corneal por el cirujano.

Para esto es necesario la construcción de un triángulo (fig 1), (se asigna una unidad preestablecida para representar esquemáticamente la magnitud de cada vector). Utilizando un ejemplo:

$$K1 = 2.00 \times 25^\circ$$

$$K3 = 1.75 \times 49^\circ$$

(Para su análisis siempre se duplica el valor de los ejes)

K2 se encuentra como una línea punteada que une a K1

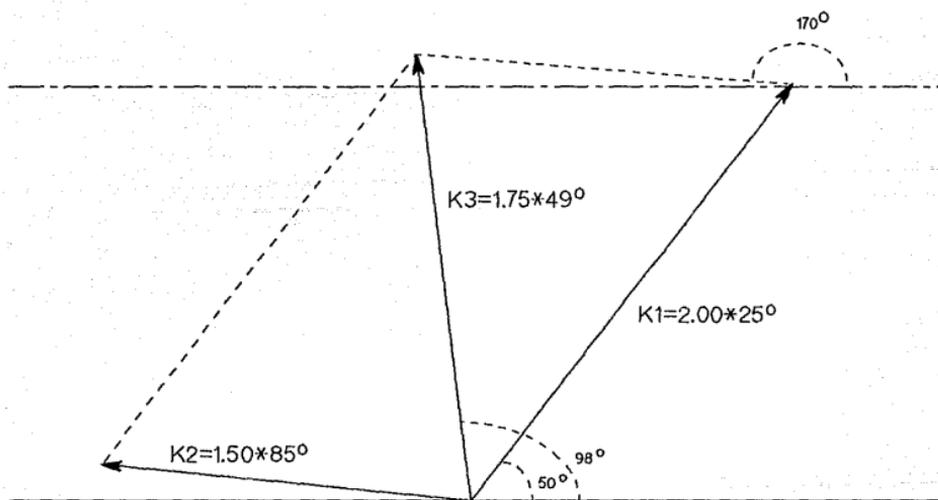
METODO VECTORIAL

FIGURA 1

y K3, se dibuja una línea paralela al origen para poder medir K2, el cual resulta de 160° , es decir, $K2 = 1.50 \times 85^\circ$.

El ángulo de K2 siempre debe medirse alrededor del final de K1.

En otro ejemplo: $K1 = 3 \times 25$ y $K3 = 1.50 \times 100$, $K2 = 4.36 \times 110$, de esta forma se ilustra lo impráctico de utilizar K3 para evaluar una técnica quirúrgica.

COORDENADAS RECTANGULARES

Método altamente preciso en el que x es abscisas y y las ordenadas. (Fig. 2).

En este esquema cualquier punto puede representarse en estas coordenadas, es decir x es positiva a la derecha del origen y negativa a la izquierda del mismo, y es positiva arriba y negativa abajo de este mismo origen.

Se ejemplifica en la figura 2: $x = +3, -3, y = +2, -2$ K representa la amplitud del astigmatismo (recordar que se encuentra representado como el doble de sus ejes), el ángulo está representado por θ , de aquí:

$$\cos \theta = x/K \quad y \quad x = K \cos \theta$$

$$\text{sen } \theta = y/K \quad y \quad y = K \text{ sen } \theta$$

COORDENADAS RECTANGULARES

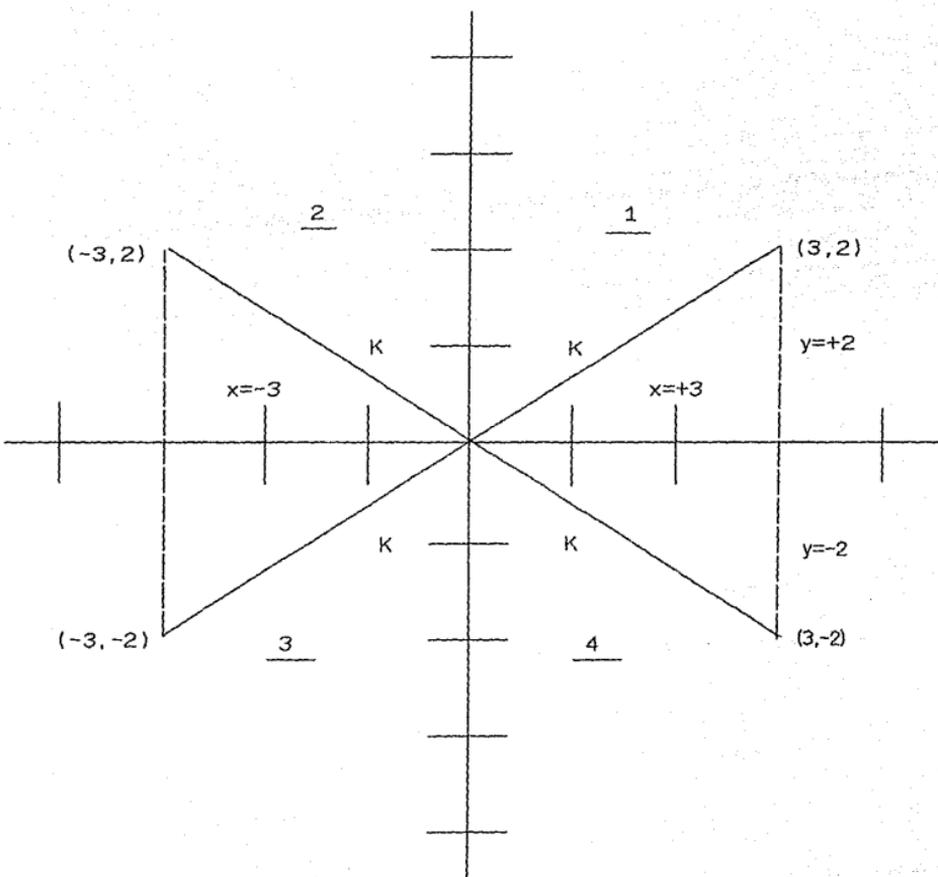


FIGURA 2

De esta forma se determinan las coordenadas x , y , para $K1$ y $K3$, entonces:

$$K1 = (x_{K1}, y_{K1})$$

$$K3 = (x_{K3}, y_{K3})$$

De aquí $K2$ se calcula substrayendo las coordenadas x y y de $K1$ de las de $K3$:

$$K2 = K3 - K1$$

$$= (x_{K3} - x_{K1}, y_{K3} - y_{K1})$$

$$= (x_{K2}, y_{K2})$$

Al tratarse de un triángulo rectángulo $K2$ representa la hipotenusa, x el cateto adyacente a θ y y el cateto opuesto, por lo que según el teorema de Pitágoras

$$K2^2 = x_{K2}^2 + y_{K2}^2$$

$$K2 = \sqrt{x_{K2}^2 + y_{K2}^2}$$

Lo anterior resuelve la amplitud de $K2$. El eje se calcula de la siguiente manera:

$$\tan \theta = y/x \quad y \quad \theta = \arctan y/x$$

Si θ es negativa sumar 360° para convertirlo en ángulo positivo. Determinar el cuadrante en que se encuentra $K2$, es decir las coordenadas rectangulares x, y . Si θ está en el cuadrante correcto dividir entre dos para

determinar el eje de K2 (recordar que los ejes están duplicados). Si θ está en un cuadrante equivocado sumar 180° y dividir entre dos. Ejemplo (figura 3).

$$\text{Teniendo } K1 = 3.00 \times 25^\circ$$

$$K3 = 1.50 \times 100^\circ$$

Encontrar K2

$$K1 (x_{K1}, Y_{K1})$$

$$x_{K1} = 3.00 \cos 50^\circ = 1.93 \text{ donde } \cos 50^\circ = 0.64$$

$$Y_{K1} = 3.00 \text{ sen } 50^\circ = 2.30 \text{ donde } \text{sen } 50^\circ = 0.77$$

$$K3 (x_{K3}, Y_{K3})$$

$$x_{K3} = 1.50 \cos 200^\circ = -1.41 \text{ donde } \cos 200^\circ = -0.94$$

$$Y_{K3} = 1.50 \text{ sen } 200^\circ = -0.51 \text{ donde } \text{sen } 200^\circ = -0.34$$

$$K2 (x_{K3} - x_{K1}, Y_{K3} - Y_{K1})$$

$$K2 = (-1.41 - 1.93, -0.51 - 2.30)$$

$$= (-3.34, -2.81)$$

Ambos valores están en el cuadrante tres (figura 2), donde la abscisa y la ordenada son negativas.

$$\begin{aligned} K2 &= \sqrt{(-3.34)^2 + (-2.81)^2} \\ &= 4.36 \end{aligned}$$

$$\tan \text{ de } \theta = Y_2/x_{K2}$$

$$\theta = \arctan -2.81/-3.34 = 40^\circ$$

El valor 40° está en el cuadrante uno, por lo que se suma 180° y se divide entre 2.

AMPLITUD

$$K1 = 3.00 \times 25^\circ$$

$$K3 = 1.5 \times 100^\circ$$

$$K2 = (-3.3, -2.8) \text{ QUAD 3}$$

$$K2 = \sqrt{(-3.3)^2 + (-2.8)^2}$$

$$K2 = 4.36$$

$50^\circ(1.9, 2.3)$

$200^\circ(-1.4, -0.5)$

EJE

$$\tan \theta = -2.8 / -3.3$$

$$\theta = \arctan 0.8515$$

$$\theta = 40^\circ \text{ (QUAD 1)}$$

$$\theta + 180^\circ = 220^\circ$$

$$\theta / 2 = 110^\circ$$

$$X = K \cos \theta$$

$$Y = K \text{ sen } \theta$$

$$\cos 50^\circ = 0.64$$

$$\text{sen } 50^\circ = 0.77$$

$$\cos 200^\circ = -0.94$$

$$\text{sen } 200^\circ = -0.34$$

$$4.36 \times 110^\circ$$

FIGURA 3

$$\theta = (40^\circ + 180^\circ)/2 = 110^\circ$$

$$K_2 = 4.36 \times 110^\circ$$

LEY DE SENOS Y COSENOS

Estas funciones trigonométricas sirven para la solución de cualquier triángulo en el que se conoce cualquiera de sus partes.

Ley de cosenos

$$K_2^2 = K_1^2 + K_3^2 - 2K_1K_3 \cos k_2$$

Ley de senos

$$K_1/\sin k_1 = K_2/\sin k_2 = K_3/\sin k_3$$

Donde K_1 = Astigmatismo preoperatorio

K_3 = Astigmatismo postoperatorio

K_2 = Astigmatismo inducido

k_1 = Angulo opuesto a K_1

k_3 = Angulo opuesto a K_3

k_2 = Angulo opuesto a K_2

La magnitud de K_2 se encuentra por la Ley de Cosenos y el ángulo k_3 (el ángulo opuesto a K_3) por la Ley de los Senos.

$$\text{Si } K_1 = 3.00 \times 25^\circ$$

$$K_3 = 1.50 \times 100^\circ \quad (\text{ figura 4 })$$

K2 POR LA LEY DE LOS COSENOS

$$\begin{aligned}
 K_2^2 &= K_1^2 + K_3^2 - 2 K_1 K_3 \cos k_2 \quad (k_2 = 200^\circ - 50^\circ = 150^\circ) \\
 &= 3.00^2 + 1.50^2 - 2(3.00)(1.50) \cos 150^\circ \\
 &= 11.25 - 9 \cos 150^\circ \quad (\cos 150^\circ = -0.866) \\
 &= 11.25 + 7.794 \\
 &= 19.044 \\
 K_2 &= 4.36
 \end{aligned}$$

K3 POR LA LEY DE LOS SENOS

$$\frac{K_3}{\sin k_3} = \frac{K_2}{\sin k_2} \quad \sin k_3 = \frac{K_3 \sin k_2}{K_2}$$

$$\operatorname{Arcsen} \frac{K_3 \sin k_2}{4.36} = k_3$$

$$\operatorname{Arcsen} \frac{1.50 \sin 150^\circ}{4.36} = k_3$$

$$\operatorname{Arcsen} \frac{1.50 \times 0.50}{4.36} = k_3$$

$$\operatorname{Arcsen} 0.172 = k_3$$

$$k_3 = 9.9^\circ$$

El ángulo de K_1 es 50° (duplicado), su ángulo suplementario es 130° , esto se suma al ángulo k_3 (9.9°). Para completar el círculo se requieren 220° . Así que el eje es 110° .

Por lo anterior se calculó el astigmatismo inducido en los 1 557 casos estudiados para las variables ya descritas.

Con el antecedente bibliográfico de Jaffe y Clayman resulta no solamente una herramienta sino un requisito el cálculo del astigmatismo inducido en cualquier investigación.

La Oftalmología, al igual que cualquier rama de la ciencia se encuentra sumergida en el vertiginoso cambio de la modernización, nos encontramos con publicaciones que brindan programas para computadora, en un afán de acelerar los procesos de investigación. Tal es el caso del programa publicado por Lugo y McPherson 1985 (18). Razón por la cual es un objetivo del presente trabajo mostrar un programa para el cálculo por coordenadas rectangulares y Ley de Senos y Cosenos para su empleo en cualquier estudio de investigación.

MATERIAL Y METODO

Se desarrolló el programa en un equipo Commodore 16 en lenguaje BASIC calculando el astigmatismo inducido por dos métodos: el de Coordenadas Rectangulares y el de Ley de Senos y Cosenos, evaluándose cien casos por ámbos métodos, con una diferencia máxima de más-menos 5%. Se incluye el listado del programa.

LISTADO DEL PROGRAMA

```
1  PRINT"CLEAR"
2  COLOR 4,6,6: COLOR 0,6,6
3  PRINT"ASTIGMATISMO INDUCIDO"
4  PRINT
5  PRINT"DR. EDUARDO CHAVEZ MONDRAGON"
6  PRINT
7  PRINT"INSTITUTO DE OFTALMOLOGIA"
8  Z=1
9  GOSUB 440
10 IF Z=1 THEN 12
11 PRINT"CLEAR"
12 PRINT
13 PRINT"VALORES DE K1"
14 PRINT
15 INPUT"K1 DIOP= ";E:INPUT"K1 ANG= ";F
19 PRINT
20 PRINT"VALORES DE K3"
29 PRINT
30 INPUT"K3 DIOP= ";G:INPUT"K3 ANG= ";H
31 GOTO 1850
32 GOSUB 1720
34 GOSUB 120
```

```

35  U=F:V=H
37  F=F* /180:H=H* /180
40  F=F*2:H=H*2
42  IF E=G AND F=H THEN 47
45  IF G=0 THEN 170
47  GOSUB 1740
48  GOTO 600
50  K=E*COS(F):L=E*SIN(F):M=G*COS(H):N=G*SIN(H)
60  O=M-K:P=N-L
70  I=SQR((O)^2+(P)^2)
80  J=ATN((P)/(O))
85  J=J*180/
90  GOSUB 200
96  PRINT
97  VOL 8
98  SOUND 1,834,20
99  PRINT
100 PRINT"K2= ";I;" X ";J
105 GOTO 600
110 END
120 PRINT
130 PRINT"SOLUCION POR EL METODO DE"
140 PRINT
150 PRINT"COORDENADAS RECTANGULARES"
155 PRINT

```

```
160 RETURN
170 I=E:J=F/2:J=J*180/
180 GOTO 97
200 IF J<0 THEN 430
210 IF D>0 AND P>0 THEN 250
220 IF D>0 AND P<0 THEN 260
230 IF D<0 AND D>0 THEN 270
240 IF D<0 AND P<0 THEN 280
250 Q=1:GOTO 290
260 Q=4:GOTO 290
270 Q=2:GOTO 290
280 Q=3
290 IF J>=0 AND J<90 THEN 330
300 IF J>=90 AND J<=180 THEN 340
310 IF J>=180 AND J<270 THEN 350
320 IF J>=270 AND J<=360 THEN 360
330 R=1:GOTO 370
340 R=2:GOTO 370
350 R=3:GOTO 370
360 R=4
370 IF Q=R THEN 400
380 GOSUB 500
390 GOTO 290
400 IF U=V THEN 420
405 IF U=180 AND V=180 THEN 415
```

```
408 J=J/2
410 RETURN
415 J=J
417 RETURN
420 J=U:GOTO 415
430 J=J+360:GOTO 210
440 E=0:F=0:G=0:H=0:K=0:O=0:P=0:I=0:U=0:V=0:J=0:Q=0
      :R=0
450 RETURN
500 IF J>=180 THEN 550
510 J=J+180
520 RETURN
550 J=J+180-360
560 RETURN
600 PRINT
602 PRINT"SOLUCION POR EL METODO DE LA LEY DE LOS"
605 PRINT
610 PRINT"SENOS Y COSEENOS"
615 PRINT
620 F=U:H=V
625 GOSUB 1640
630 F=F*2:H=H*2
640 IF E=0 THEN 1460
645 IF G=0 THEN 2030
650 IF F=360 THEN LET F=0
```

```
660 IF H=0 THEN LET H=360
665 IF H=360 AND F<180 THEN LET H=0
670 IF F=180 AND H=0 THEN 1380
680 IF F=0 AND H=180 THEN 1380
690 IF F=0 AND H=180 THEN 1380
700 IF F=180 AND H=180 THEN 1380
710 IF F=0 AND H = 360 THEN 1380
720 IF E=G AND F=H THEN 726
722 GOTO 740
726 GOTO 1590
728 GOTO 1680
740 GOSUB 950
750 IF T=2 OR T=3 THEN 770
760 M= -M
770 IF F>=0 AND F<= /2 THEN LET B=1
772 IF F>= AND F<=3* /2 THEN LET B=3
774 IF H>=3* /2 AND H<=2* THEN LET Y=4
776 IF H>= AND H<=3* /2 THEN LET Y=3
778 GOSUB 1810
780 IF B=1 AND Y=4 THEN 830
782 IF B=1 AND Y=3 THEN 830
784 IF B=3 AND Y=1 THEN 790
786 IF Y=5 THEN 800
788 IF F>H THEN 830
790 J=F-M+
```

```
800 GOTO 1490
830 J=F+M+
840 GOTO 1490
950 F=F* /180:H=H* /180:L=H-F:L=ABS(L)
960 IF L< THEN 980
970 GOSUB 1660
980 K=E^2+G^2-2*E*G*COS(L)
990 K=SQR(K)
1000 IF L> /2 THEN 1050
1010 P=COS(L):P=ABS(P)
1020 O=G*P
1030 IF O>E THEN 1070
1040 IF O=E THEN 1080
1050 T=3
1060 GOTO 1090
1070 T=1:GOTO 1090
1080 T=2:GOTO 1090
1090 IF T=2 THEN 1350
1100 M=(G*SIN(L))/K
1110 A=0:I=1:S=0.05:U=1
1120 GOTO 1130
1130 X1=SIN(A)
1140 IF A>= /2 THEN 1290
1150 IF I=400 THEN 1320
1160 IF X1<M THEN 1190
```

```
1170 IF X1>M THEN 1230
1180 IF X1=M THEN 1270
1190 X2=X1-M: X2=ABS(X2)
1200 IF X2<0.01 OR S<0.0001 THEN 1270
1210 A=A+S: I=I+1
1220 GOTO 1130
1230 X2=X1-M: X2=ABS(X2)
1240 IF X2<0.01 OR S<0.0001 THEN 1270
1250 A=A-S: S=S/2: A=A+S: I=I+1
1260 GOTO 1130
1270 M=A
1280 GOTO 1360
1290 IF U>2 THEN 1320
1300 A=0: I=1: U=U+1
1310 GOTO 1130
1320 PRINT
1330 PRINT"ERROR DE APROXIMACION, CHECAR LOS DATOS"
1340 END
1350 M= /2
1360 V=E*SIN(F): W=G*SIN(H)
1370 RETURN
1380 F=F* /180: H=H* /180
1390 E=E*COS(F): G=G*COS(H)
1400 K=E-G: K=ABS(K): E=ABS(E): G=ABS(G)
1410 IF E>G THEN 1440
```

```
1420 J=H
1430 GOTO 1490
1440 J=F
1450 GOTO 1490
1460 IF G=0 THEN 1590
1470 K=G:J=H* /180
1480 GOTO 1490
1490 J=J*180/
1500 IF J>360 THEN 1530
1510 IF J<0 THEN LET J=J+360
1520 GOTO 1540
1530 J=J-360
1540 J=J/2
1550 IF J>180 AND J<360 THEN LET J=J-180
1555 VOL 8
1557 SOUND 1,834,20
1560 PRINT
1570 PRINT"K2= ";K;" X ";J
1575 Z=Z+1
1580 GOTO 1680
1590 PRINT
1600 PRINT"NO EXISTE UN ASTIGMATISMO"
1610 PRINT
1620 PRINT"INDUCIDO POR LA OPERACION"
1625 PRINT
```

```
1630 GOTO 1680
1640 T=0: I=0: S=0: A=0: U=0: V=0: W=0: X1=0: X2=0: B=0: Y=0
1650 RETURN
1660 L=2* -L
1670 RETURN
1680 PRINT
1690 INPUT"CONTINUAMOS (S/N) ";A$
1700 IF LEFT$(A$,1)="S" THEN 9
1710 END
1720 PRINT
1730 INPUT"ALGUNA CORRECCION EN LOS DATOS (S/N) ";B$
1740 IF LEFT$(B$,1)="S" THEN 12
1750 RETURN
1760 PRINT
1765 PRINT
1770 PRINT"NO EXISTE UN ASTIGMATISMO"
1780 PRINT
1790 PRINT"INDUCIDO POR LA OPERACION"
1795 PRINT
1800 RETURN
1810 IF H<F+ THEN LET Y=0
1820 IF H=F+ THEN LET J=2*
1830 IF H=F+ THEN LET Y=5
1840 RETURN
1850 IF F>180 OR H>180 THEN 1870
```

ESTA TERCERA NO DEBE
SALIR DE LA GOMA

```
1860 GOTO 32
1870 PRINT
1880 PRINT"EL VALOR DE LOS ANGULOS NO"
1890 PRINT
1900 PRINT"PUEDA SER MAYOR DE 180 GRADOS"
1910 PRINT
1920 INPUT"CORRIGE USTED LOS DATOS (S/N) ";D$
1930 PRINT
1940 IF LEFT$(D$,1)="S" THEN 12
1950 IF F>180 THEN LET F=F-180
1960 IF H>180 THEN LET H=H-180
1970 PRINT"LOS NUEVOS VALORES SON:"
1980 PRINT
1990 PRINT"K1 DIOP= ";E;" K1 ANG= ";F
2000 PRINT
2010 PRINT"K3 DIOP= ";G;" K3 ANG= ";H
2020 GOTO 32
2030 K=E:J=F* /180
2040 GOTO 1490
```

Se estudiaron cien casos sometidos a cirugía de catarata en el Departamento de Segmento Anterior del Instituto de Oftalmología "Fundación Conde de Valenciana", en el periodo comprendido entre enero de 1987 a diciembre de 1989.

Los criterios de inclusión son los siguientes: Expediente clínico completo (según requisitos del servicio), de donde se obtuvo agudeza visual inicial, queratometría inicial, tipo y fecha de cirugía, queratometría final (aproximadamente a los tres meses postoperatorios), agudeza visual final, refracción final de ser posible, valoración de fondo de ojo y nota aclaratoria en caso de complicaciones. Como criterios de exclusión se consideraron cualquier falta de la información descrita anteriormente , en el caso en que aun se manejara astigmatismo postoperatorio a los tres meses, imposibilidad para obtener queratometrías por irregularidad corneal, opacidad de medios y enfermedades de indole sistémico.

RESULTADOS

Se recogieron 95 expedientes clínicos completos de los cuales 59 eran mujeres y 36 hombres. Encontrando un rango de edad de entre 16 y 85 años, con una media de 68.

Se efectuaron seis extracciones intracapsulares, tres cirugías endocapsulares y 91 cirugías extracapsulares. Todos los casos se suturaron con nylon 9-0 y 10-0.

Se intervinieron 51 ojos derechos y 49 ojos izquierdos, ésto es 100 ojos en total. En cinco casos se intervinieron ambos ojos.

Se encontró que el astigmatismo queratométrico preoperatorio (K1) está distribuido de la siguiente manera:

0 a 1.00	=	75%
1.25 a 2.00	=	20%
más 2.00	=	5%
Total 100%		

Ningún caso fue mayor a 4.00 D de queratometría preoperatoria

Aproximadamente a los tres meses postoperatorios una

vez completado el manejo de astigmatismo quirúrgico se encontró lo siguiente:

0	a	1.00	=	29%
1.25	a	2.00	=	32%
2.25	a	4.00	=	27%
4.25	a	8.00	=	12%
Total				100%

No se encontró ningún caso superior a 8.00 dioptrías.

En términos de magnitud el promedio de astigmatismo preoperatorio K1 fue de 0.86 D.

De la misma forma la amplitud promedio del astigmatismo postoperatorio fue de 2.21 D.

Por último, el astigmatismo promedio inducido fue de 2.24 D.

Ahora bien, si investigamos la magnitud promedio del astigmatismo postoperatorio en relación al ojo intervenido encontramos:

K3 : OD = 2.05
 OI = 2.38

Así mismo, también podemos obtener el promedio del astigmatismo inducido por ojo.

K2 : OD = 2.10

OI = 2.40

Al referirnos al astigmatismo postoperatorio encontramos el siguiente comportamiento final del eje

	0° - 90°	91° - 180°
O.D.	37 (72.54%)	14 (27.45%)
O.I.	26 (53.06%)	23 (46.93%)

Partiendo del astigmatismo final queratométrico al astigmatismo inducido calculado tenemos que fue mayor en 41%, menor en 36% e igual en 23%.

ANALISIS DE RESULTADOS

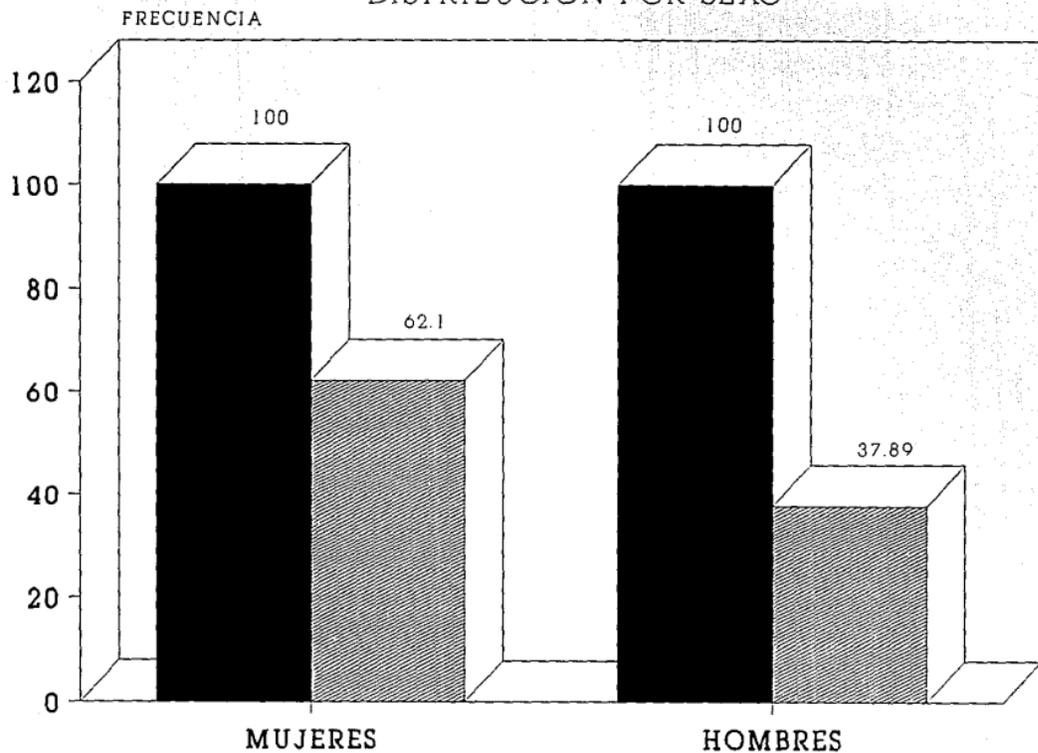
Al estudiar estos cien casos en el Departamento de Segmento Anterior nos encontramos con una distribución por sexo de 62.1% para mujeres y 37.89% para hombres, distribución epidemilógica muy semejante a la publicada en la literatura mundial; Morgan y Schwab 1985 (19) reportan en su estudio epidemológico una distribución por sexo de 64% para mujeres y 36% para hombres (gráfica 1).

El promedio de edad encontrado fue de 60.4 años comparado con 71.8 años para Morgan y Schwab, dato no equiparable en ambos estudios ya que el presente evaluó casos de pacientes jóvenes intervenidos por catarata traumática y en el estudio de Morgan se consideran 221 pacientes de 50 años y más.

En el estudio se observaron básicamente tres tipos de cirugía, con una franca dominancia por la extracción extracapsular de catarata (91%) y polos alejados en técnicas en desuso como la extracción intracapsular y por otro lado, en su forma endocapsular cada vez más frecuente. Este resultado era de esperarse, ya que durante los años de estudio la técnica extracapsular era la más ampliamente utilizada (gráfica 2).

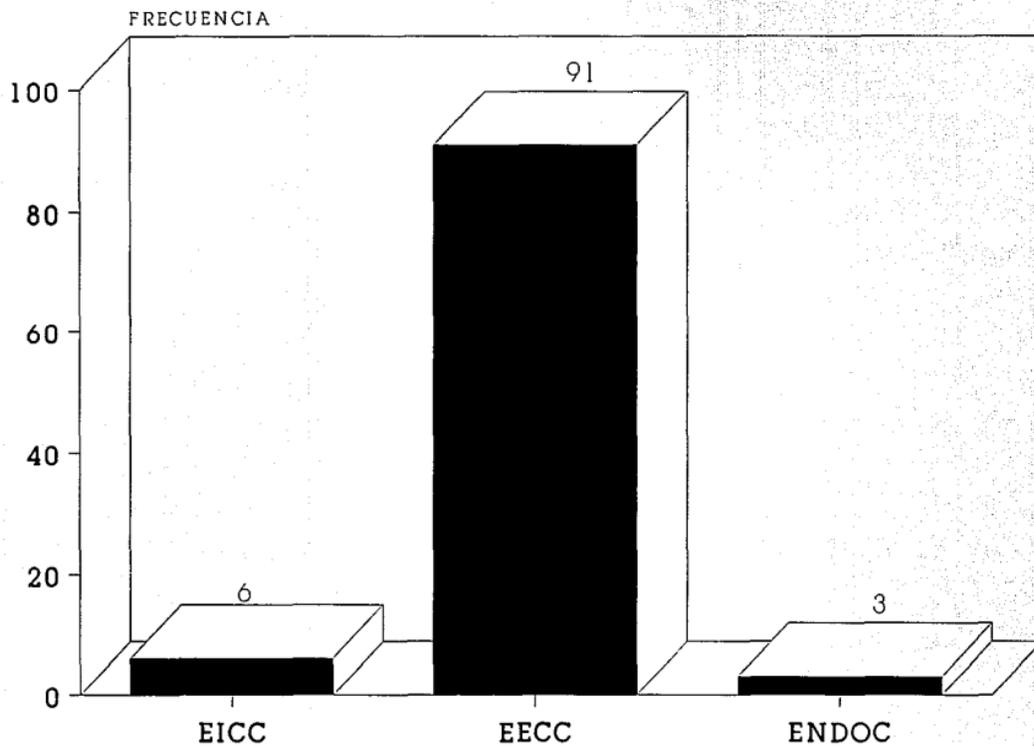
ASTIGMATISMO INDUCIDO

DISTRIBUCION POR SEXO



ASTIGMATISMO INDUCIDO

TIPO CIRUGIA



No hubo una diferencia significativa entre la frecuencia de ojos derechos y ojos izquierdos intervenidos (gráfica 3).

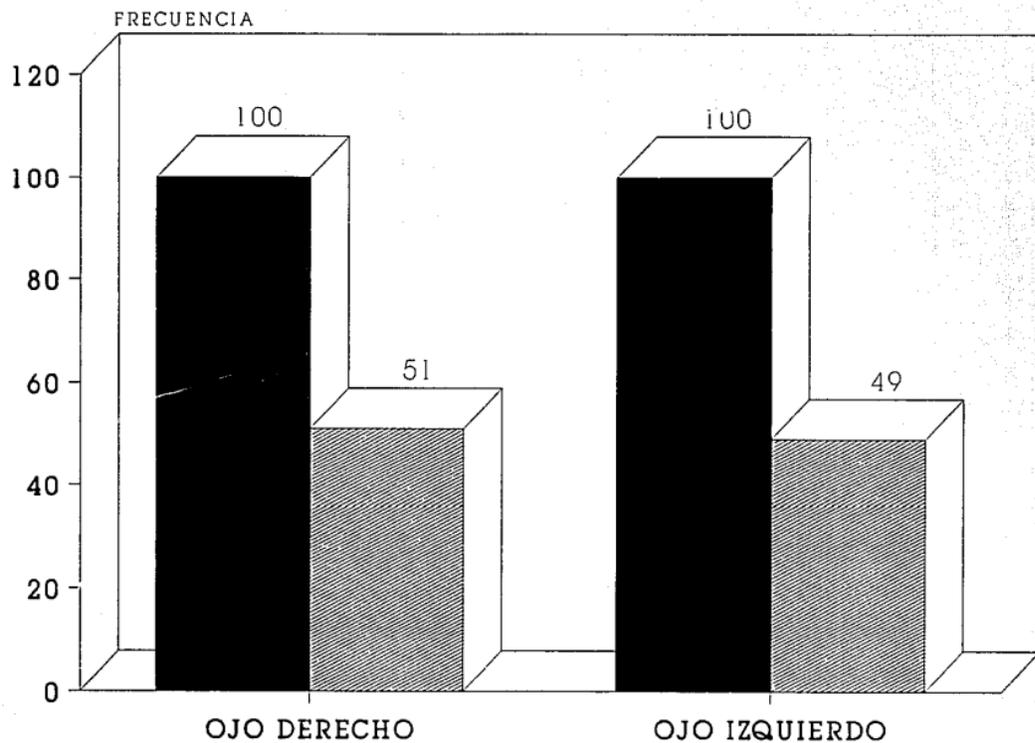
El astigmatismo queratométrico preoperatorio tiene una franca tendencia a inclinarse hacia valores muy bajos, esto es 75% por abajo de 1.00 D (gráfica 4).

Sin embargo, la distribución del astigmatismo queratométrico postoperatorio, se presenta como una meseta entre las 0 y 4.00 D (88%), resaltando el aumento tan importante de frecuencia entre 2.25 y 4.00 D (27%) contra 5% del astigmatismo preoperatorio, además de encontrar un 12% muy significativo con valores tan altos como 4.25 a 8.00 D (gráfica 5).

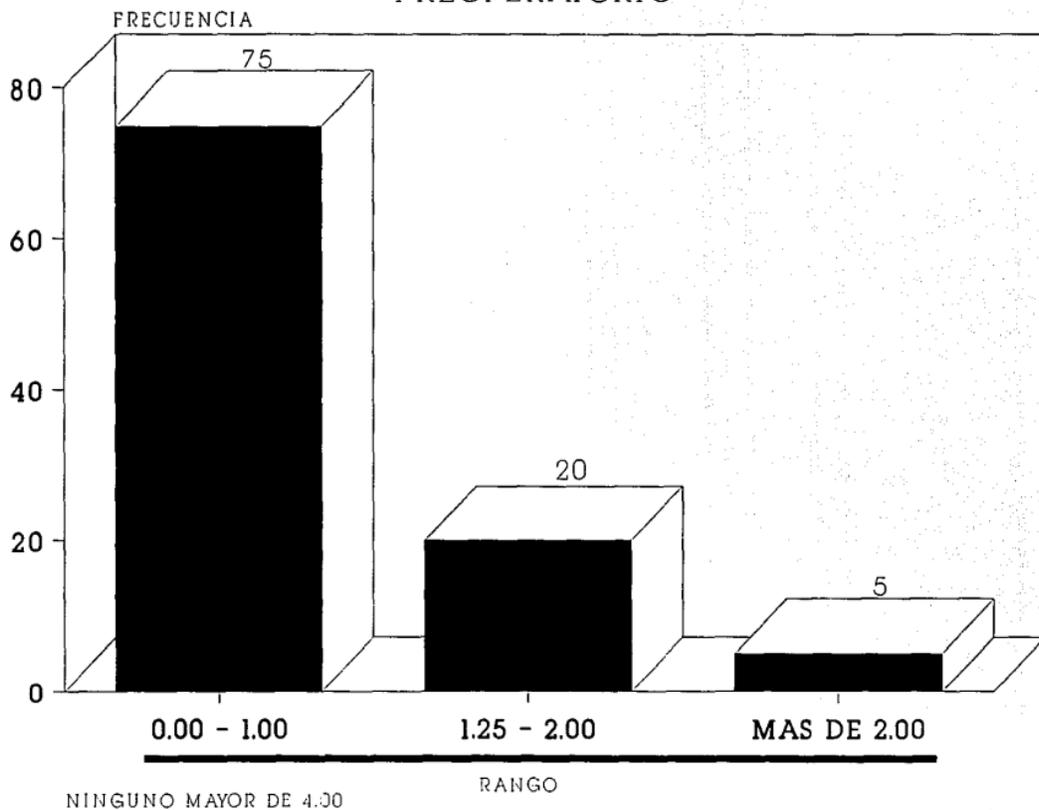
Así mismo, la magnitud del astigmatismo preoperatorio (0.86 D) creció tanto como casi tres veces para el postoperatorio (2.21 D) y muy similar con la magnitud del astigmatismo inducido 2.24 D (gráfica 6). Este último resultado parece indicar que el valor de K3 llega a ser muy semejante al de K2 situación sorprendente. Al inicio de este estudio pensábamos encontrar un astigmatismo inducido significativamente mayor al astigmatismo postoperatorio, tal vez este valor se diluya por la cantidad de casos evaluados, ya que, encontramos casos

ASTIGMATISMO INDUCIDO

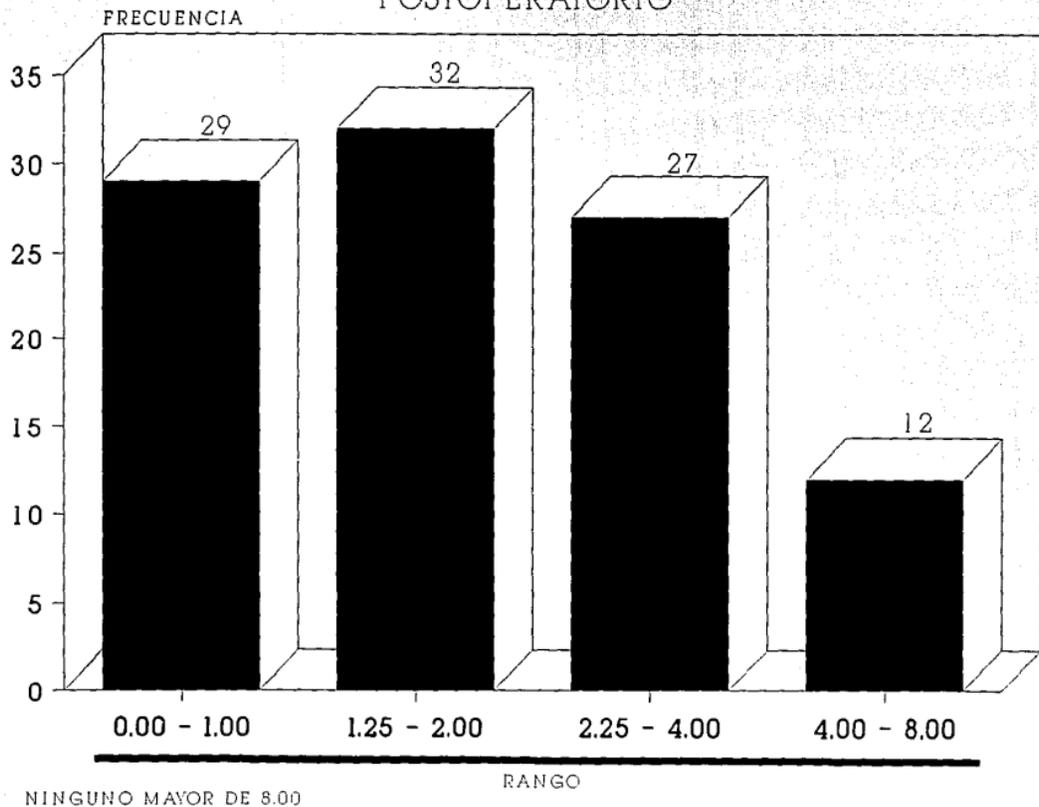
FRECUENCIA OJO INTERVENIDO



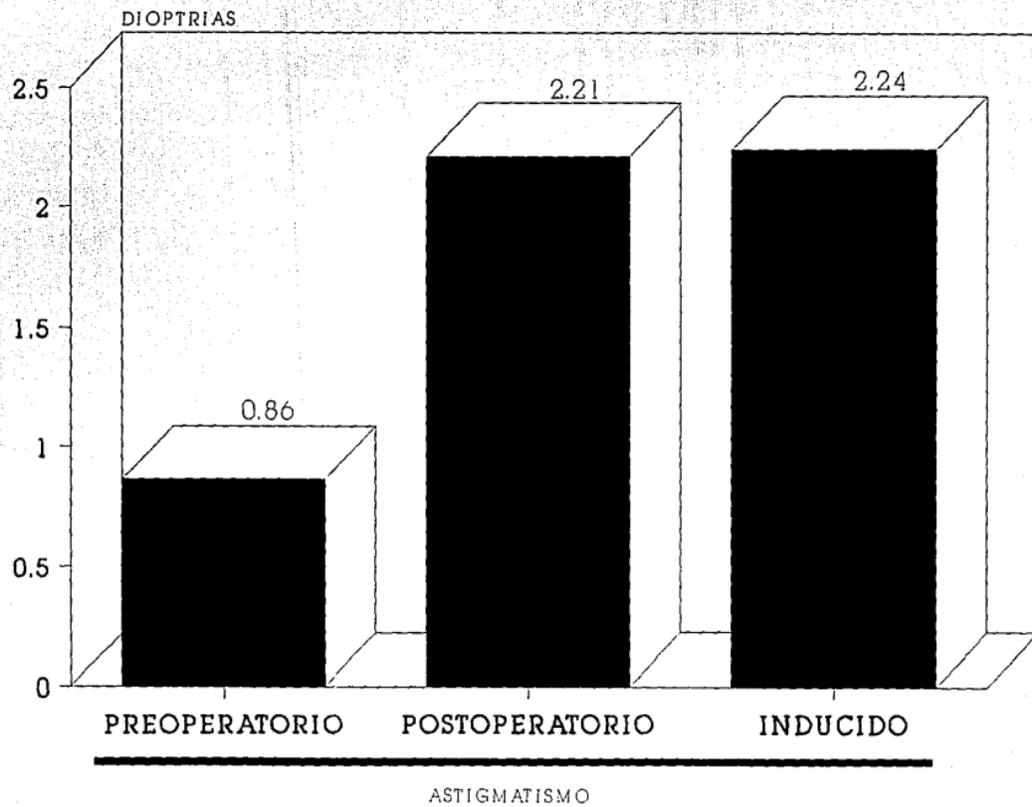
ASTIGMATISMO INDUCIDO
ASTIGMATISMO QUERATOMETRICO
PREOPERATORIO



ASTIGMATISMO INDUCIDO ASTIGMATISMO QUERATOMETRICO POSTOPERATORIO



ASTIGMATISMO INDUCIDO PROMEDIO



como por ejemplo el de $K1 = 1.00 \times 180^\circ$, $K3 = 2.25 \times 100^\circ$ y $K2 = 3.20 \times 96^\circ$, es decir casi una dioptría más de astigmatismo inducido que el queratométrico, en contraposición el caso de $K1 = 0.75 \times 180^\circ$, $K3 = 5.00 \times 140^\circ$ y $K2 = 4.92 \times 135^\circ$ en el que prácticamente resulta igual $K3$ y $K2$ existiendo casos en los que también $K2$ es menor a $K3$. Sin embargo, nos parece que debe calcularse el astigmatismo inducido cuando se trata de evaluar diferentes técnicas quirúrgicas a fin de conocer los resultados reales.

Si revisamos las cifras obtenidas en cuanto a magnitud promedio del astigmatismo postoperatorio en cada ojo por separado encontramos que éste es ligeramente mayor en el ojo izquierdo, como también se comprueba al revisar el astigmatismo inducido del mismo, tal vez debido a que en la mayor parte de los cirujanos es un poco más compleja la sutura de este ojo por la dificultad anatómica de la posición de la nariz.

Además encontramos una franca tendencia en el ojo derecho (72.54%) a quedar con astigmatismo entre 0° y 90° , una vez más, tal vez la posición anatómica entre el ojo y la mano derecha del cirujano provoca inducir con mayor facilidad dejar más apretadas las suturas nasales,

que consecutivamente deja astigmatismo con eje entre 0° y 90° (gráfica 7).

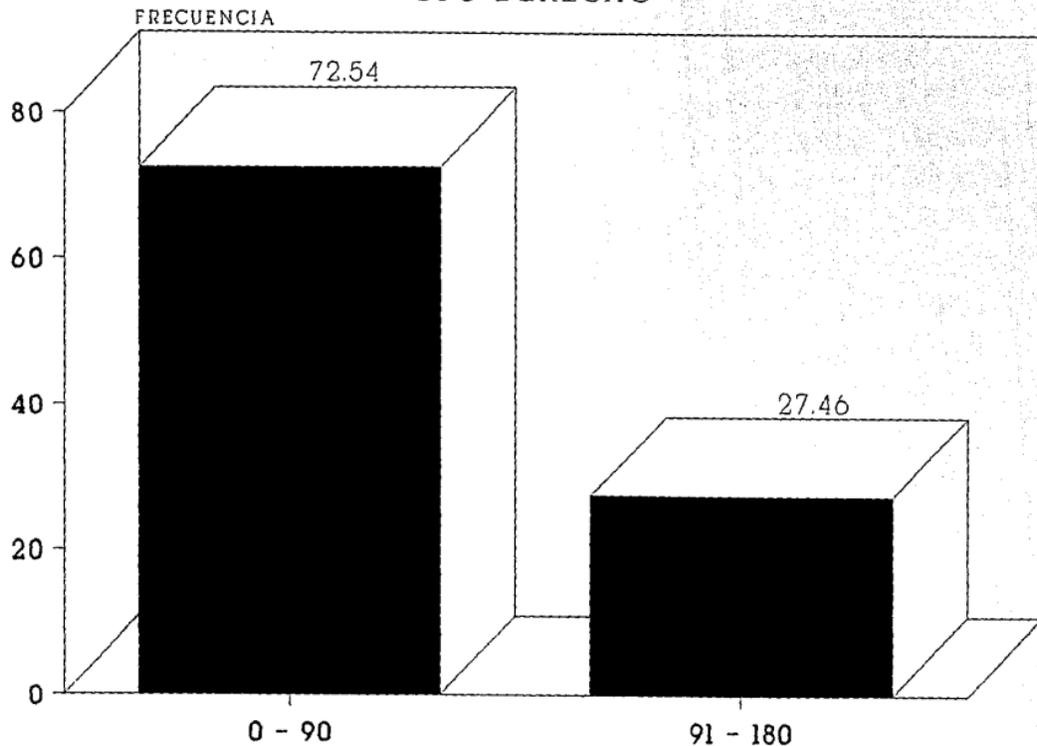
Por otro lado la posición misma de la nariz tal vez contrarresta este efecto de facilitamiento para la mano derecha de forma tal que en el ojo izquierdo prácticamente son iguales los resultados entre 0° y 90° , 91° y 180° (gráfica 8).

Es importante también que en esta evaluación se consideren casos en particular, ya que si encontramos un paciente ideal con astigmatismo postoperatorio cercano a neutro, probablemente tenga alteraciones de índole sensorial, considerando que durante la mayor parte de la vida el paciente ha presentado cierta agudeza visual y esta acostumbrado a su error refractivo. Así, un paciente con astigmatismo postoperatorio considerado despreciable para la visión lejana en realidad tendrá alteraciones sensoriales debidas al astigmatismo inducido, el caso específico es K1 1.00 X 160° , K3 0.50 X 90° , este último probablemente despreciable para su control óptico, sin embargo el astigmatismo inducido es de 1.42 X 76° , lo que deberá ser sujeto a investigaciones posteriores para conocer ¿si podría ésto provocar inconformidad en el paciente?.

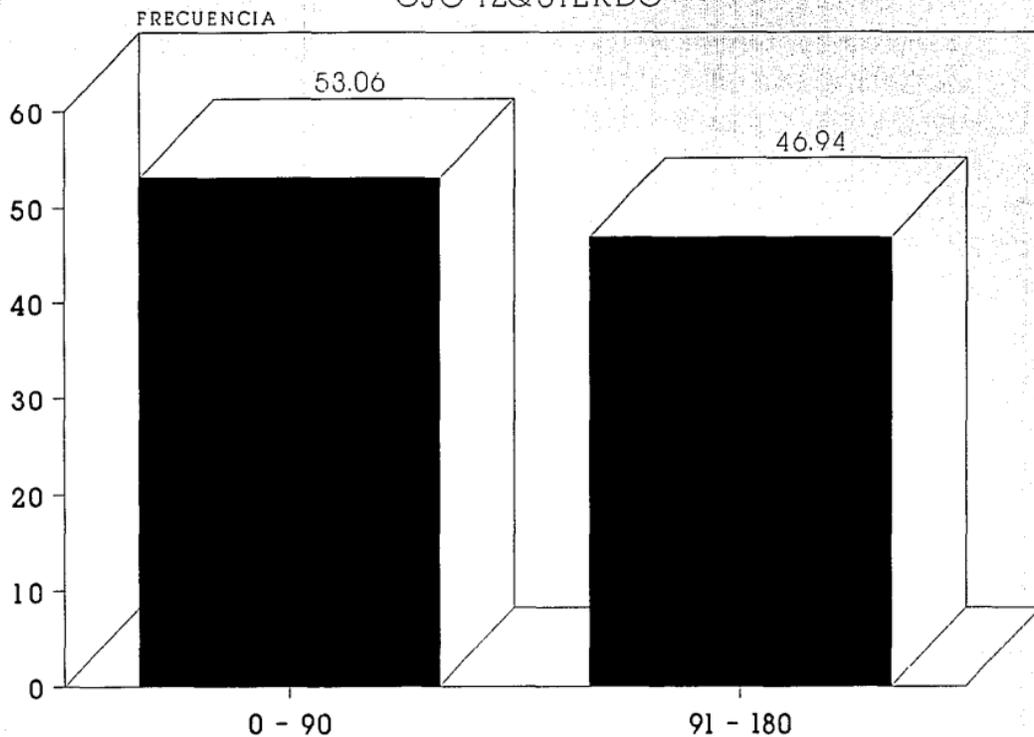
ASTIGMATISMO INDUCIDO

EJE DEL ASTIGMATISMO POSTOPERATORIO

OJO DERECHO



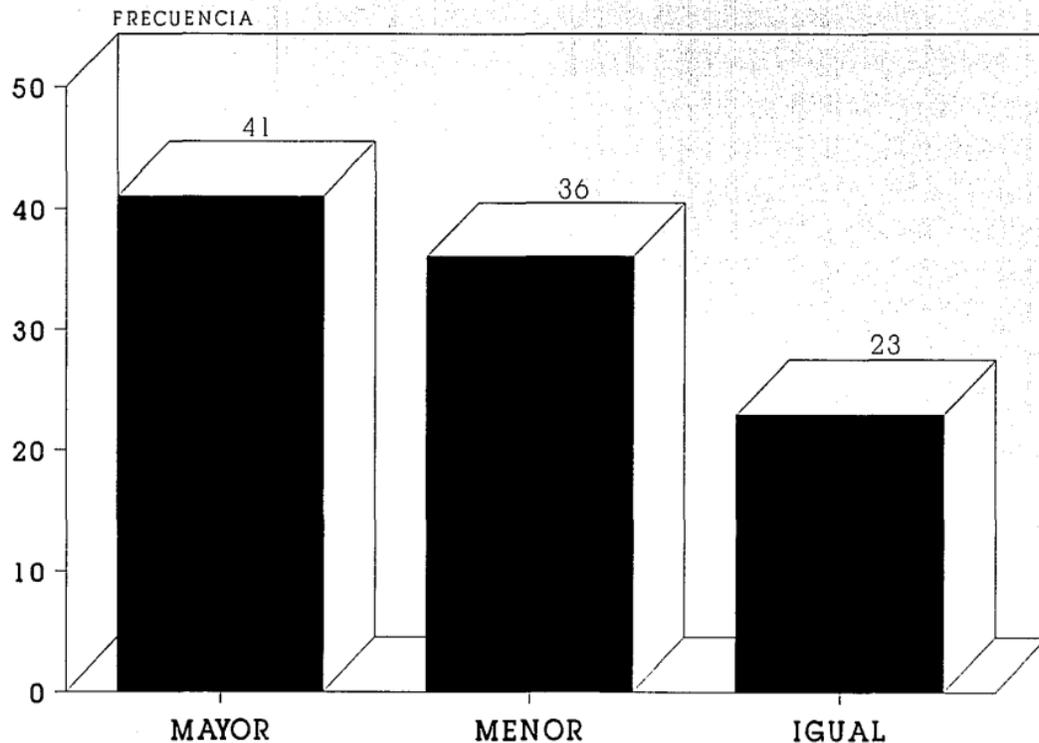
ASTIGMATISMO INDUCIDO
EJE DEL ASTIGMATISMO POSTOPERATORIO
OJO IZQUIERDO



Consideramos en este estudio que resulta casual un valor semejante entre astigmatismo postoperatorio y astigmatismo inducido basándonos en lo siguiente: el astigmatismo inducido fue mayor que el postoperatorio en 41% de los casos, menor en 36% e igual en 23% (gráfica 9), ésto obligaría aparentemente a encontrar un valor superior de astigmatismo inducido, sin embargo, como ya se había mencionado es probable que este resultado se diluya por el número de la muestra y al sumar y restar las diferencias de forma casual dé un resultado semejante entre ambos. Pensamos que esta situación no ocurrirá al revisar otras series y evaluar resultados de técnicas quirúrgicas.

ASTIGMATISMO INDUCIDO

ASTIGMATISMO QUERATOMETRICO INDUCIDO



DISCUSION Y CONCLUSIONES

Como ya se mencionó, cualquier estudio que tenga por objeto proponer técnicas para abatir el astigmatismo postoperatorio, con el fin de rehabilitar al paciente lo antes posible, debe incluir como requisito indispensable el cálculo del astigmatismo inducido, como lo propone Jaffe y Clayman (16). De esta forma, actualmente todos los estudios sobre estas técnicas lo incluyen (12), (14), (17 etc), entre otros.

En función de lo anterior se debe contar con esta herramienta de modo que cualquier investigador en este u otro centro hospitalario de enseñanza y docencia tenga acceso al mecanismo para evaluar sus resultados, así fué un objetivo del presente trabajo desarrollar un sistema que evaluara por dos métodos (Coordenadas Rectangulares y Ley de Senos y Cosenos) el astigmatismo inducido, por lo que se incluye como parte del trabajo el listado del programa.

Desde el punto de vista epidemiológico el comportamiento por sexo se distribuye conforme lo publicado en la literatura mundial (19).

Como era de esperarse , en el período en que se realizó el estudio la técnica con mucho, más frecuente es la EECC (91%), con dos extremos, la EICC en desuso, y la nueva cirugía endocapsular, cada vez más frecuente.

El valor queratométrico del astigmatismo inicial es bajo, 75% con menos de una dioptría.

Sin embargo, la distribución postoperatoria es más uniforme en valores desgraciadamente más altos, esto es, aumentando la frecuencia en los rangos de 1.25 a 2.00 (32%) y 2.25 a 4.00 (27%), con cifras mayores de 4.00 en un 12%, que debe ser un punto de atención para reevaluar técnicas de cierre en nuestro hospital escuela.

En nuestro estudio la amplitud del astigmatismo inducido es casi tres veces mayor que el preoperatorio, sin embargo, es muy semejante al postoperatorio. De lo anterior pensamos se trata de una situación coincidente, ya que como se había mencionado encontramos que el astigmatismo inducido fue mayor en 41% al postoperatorio.

De esta forma la suma de los valores de astigmatismo inducido de una manera casual se equilibraron, dando una cifra semejante al postoperatorio, situación que pensamos no ocurrirá en otras series.

El astigmatismo en el ojo izquierdo fue ligeramente mayor tal vez como consecuencia de la dificultad de cirujanos diestros al intervenir ojos izquierdos.

Asimismo, se induce más frecuentemente astigmatismo en el ojo derecho entre 0° y 90° , debido a la facilidad de la mano derecha en la aplicación de los puntos nasales del ojo derecho, situación que no ocurre en el ojo izquierdo, tal vez por la dificultad anatómica que representa la posición de la nariz.

RESUMEN

Desde hace varios años se conoce que el único método objetivo para comparar técnicas quirúrgicas en la cirugía de catarata es el astigmatismo inducido postoperatorio. De esta forma desde que Jaffe y Clayman describieron tres métodos matemáticos para su cálculo se usa como una herramienta rutinaria en todos los estudios de investigación, no solamente en la cirugía de catarata sino en cualquier manejo queratorrefractivo.

En el presente trabajo se desarrolla un sistema para computadora en lenguaje Basic que calcula el astigmatismo inducido por los sistemas de coordenadas rectangulares y Ley de Senos y Cosenos. Se analizan cien casos intervenidos en el Instituto de Oftalmología "Fundación Conde de Valenciana".

BIBLIOGRAFIA

- (1) Clinical Refraction. Vol. 1. Borish, Irvin M. 3a. Edition, The Professional Press, Inc. U.S.A. 1975.
- (2) Kelman: Atlas of Cryosurgical Techniques in Ophthalmology. Stlouis, C.V. Mosby, 1966.
- (3) Kelman CD: History of Emulsification and Aspiration of Senile Cataracts. Trans Am Acad Ophthalmol Otolaringol 78: OP5, 1974.
- (4) Cataract Surgery in the 1980s. Ophthalmic Procedures Assesment. American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology. Instrument and Bock Supplement. 1988.
- (5) Keratorefractive aspects of the scleral pocket incision and closure method for cataract surgery. Masket, S.- J. Cataract Refract Surg 15 (1): P 70-77, Jan, 1989.
- (6) Small incisions to control astigmatism during cataract surgery. Neumann, AC, McCarty, GR, Sanders, DR, Raanan, MG.- J. Cataract Refract Surg. 15 (1): P 78-84, Jan, 1989.
- (7) Induced astigmatism in small incision cataract surgery. Shepherd, JR.- J. Cataract Refract Surg. 15 (1): P 85-88, Jan. 1989.
- (8) Modified pocket incision: a simplified technique for astigmatism control and wound closure. Kansas, PG.- J. Cataract Refract Surg. 15 (1): P 93-95. Jan. 1989

- (9) Correction of preexisting astigmatism at the time of small incision cataract surgery. Shepherd, JR.- J. Cataract Refract Surg. 15 (1): P 55-57. Jan. 1989
- (10) Comparison of suture materials for closure of the scleral pocket incision. Masket, S.- J. Cataract Refract Surg. 14 (5): P 548-551. Sep. 1988.
- (11) Long-term corneal astigmatism related to selected elastic, monofilament, nonabsorbable sutures. Cravy, TV.- J. Cataract Refract Surg. 15 (1): P 61-69, Jan. 1989.
- (12) Long-term evolution of astigmatism following planned extracapsular cataract extraction. Parker, WT, Clorfeine, GS. Arch Ophthalmol. 107 (3): P 353-357. Mar. 1989
- (13) Selective suture removal can reduce postkeratoplasty astigmatism. Perry S. Binder. Ophthalmology. 92 (10): P 1412-1416. Oct. 1985.
- (14) Keratography as a guide to selective suture removal for the reduction of astigmatism after penetrating keratoplasty. Harris, D. et.al. Ophthalmology. 96 (11): P 1597-1607. Nov. 1989.
- (15) Microsurgical control of corneal astigmatism in cataract and keratoplasty. Troutman, RC. Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol. 77: P 563-572. 1973.
- (16) The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction. Jaffe, NS, Clayman, HM. Tr Am Acad Ophtha & Otol. 79: P 615-630. July-Aug. 1975.
- (17) The natural and modified course of post-cataract astigmatism. Stainer, GA. et.al. Ophthalmic Surgery. 13 (10): P 822-827. Oct. 1982.
- (18) A simple database computer program for ophthalmic use. Lugo, M. McPherson, SD. AJO. 99: P 411-414. April. 1985.

- (19) Epidemiologic aspects of senile cataract extraction stratified by visual acuity, age, and sex. Morgan, LW. Schwab, IR. AJO. 100: P 520-522. Oct. 1985.