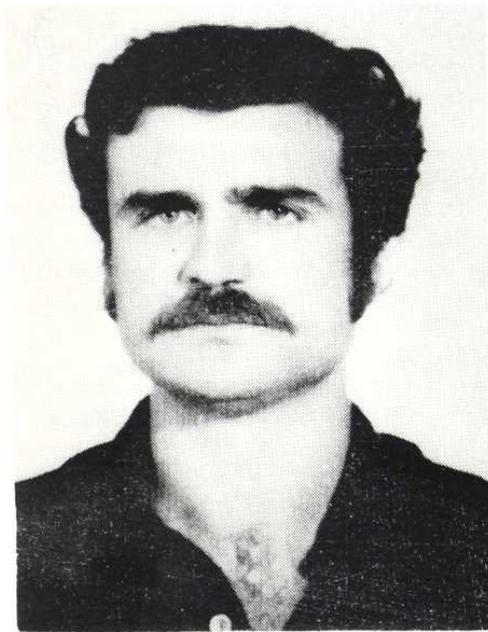


EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA TRABAJO EXPERIMENTAL EN CONEJOS

Tesis de VASILIS STATHOULOPOULOS, M. D.
BOGOTA, COLOMBIA, abril 1981



Doctor Vasilis Stathoulopoulos, residente de la Escuela Superior de Oftalmología del Instituto Barraquer de América (1977-1980) y becario de investigaciones especiales de la misma escuela (octubre 1980 abril 1981).

El nombre "Epiqueratofaquia", procede del griego, Epi Sobre, Queratoidis Córnea, Facos Lente. Significa, por consiguiente, "lente de tejido corneal sobre... la córnea".

La epiqueratofaquia pertenece dentro de una amplia gama de intervenciones plásticas, realizadas sobre la córnea, con el fin de modificar su

refracción, las cuales constituyen, por definición, el capítulo genérico "Queratoplastia refractiva".

HISTORIA

- 1949, J. I. Barraquer: Posibilidad de modificar la refracción del globo ocular por medio de intervenciones plásticas sobre la córnea. Introducción del término "Queratoplastia refractiva".
- 1953, T. Sato: Modificación de la forma corneal, practicando incisiones anteriores y posteriores, tangenciales y radiales, para la corrección de astigmatismos miópicos e hipermetrópicos, y de la miopía.
- 1953, J. Malbrán: Observaciones y técnicas para corrección de astigmatismos.
- 1958, J. I. Barraquer: Criotorno.
- 1958, J. I. Barraquer: Posibilidad de tallar injertos al torno, con valor refractivo exacto, en córnea congelada.
- 1958, J. I. Barraquer: Conservación de la transparencia de injertos laminares, tallados en córnea congelada a -79°C .
- 1958, J. I. Barraquer: Técnica para injertos y autoinjertos laminares anteriores con valor dióptrico.
- 1958, J. I. Barraquer: Posibilidad de utilizar lentes de tejido corneal incluidos interlaminarmente, para modificar la refracción.
- 1963, J. I. Barraquer: Rehabilitación de las inclusiones de lenticulos muertos.
- 1963, J. I. Barraquer: Microqueratomo.
- 1963, J. I. Barraquer: Queratofaquia - Primeros resultados clínicos.
- 1964, J. I. Barraquer: Queratomileusis.
- 1964, J. I. Barraquer: Introducción de un torno para tallar curvas, en la sala de cirugía.
- 1964, J. I. Barraquer: Uso de calculadoras electrónicas.
- 1969, J. I. Barraquer: Uso de calculadoras programables.
- 1979, J. I. Barraquer: Torno programable, con control electrónico.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

1980, T. Werblin, S. Klyce: Epiqueratofaquia: corrección de hipermetropía.

GENERALIDADES TEORICAS

La epiqueratofaquia es una intervención homoplástica, muy similar a la queratofaquia. Su única diferencia es que el lenticulo no es interlaminar, sino que va colocado sobre la superficie anterior de la córnea.

En la corrección de la hipermetropía, la córnea aumenta su espesor en el centro por el lenticulo adicional. Con ello, la cara anterior de la córnea se incurva, aumentando su poder dióptrico.

La técnica de la epiqueratofaquia consta de las siguientes etapas (Fig. 1).

- a) Resecar un disco corneal de la córnea donante, con microqueratomo o con trépano.
- b) Tallar en el criotorno (por su cara parenquimatosa), un lenticulo positivo, cuyo poder dióptrico ha estado determinado con cálculos matemáticos previos.
- c) Desepitelizar la córnea receptora, dejando la membrana de Bowman intacta (en humanos o en primates). Resecar un anillo periférico en la córnea receptora, de un diámetro menor al del lenticulo, creando un lecho adecuado para el lenticulo, lo cual ayudará a una cicatrización y epitelización rápida.
- d) Colocar el lenticulo en su lecho.
- e) Suturar el lenticulo.

Los primeros experimentos de este procedimiento se realizaron en los Estados Unidos, primero en monos y últimamente en humanos.

El presente trabajo consiste en una serie de experimentos sobre conejos, para descubrir el comportamiento biológico y funcional de estos lentes.

El trabajo se divide en 5 partes principales:

A. Parte teórica.

1. Partes y curvas del lenticulo.
2. Cálculos y geometría del lenticulo.
3. Desarrollo del programa.

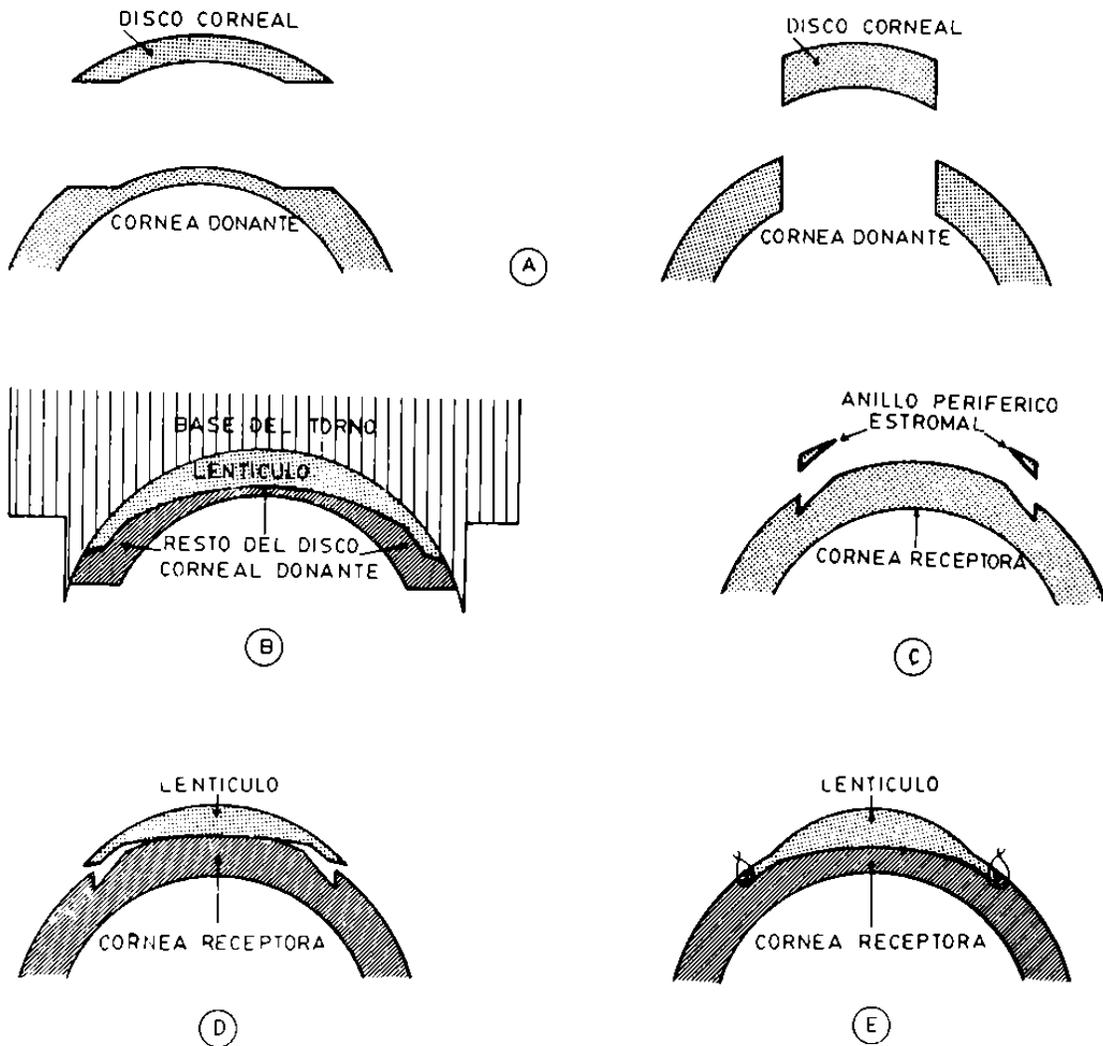


FIGURA 1

- A. Resección de un disco corneal donante, con microqueratomo (laminar) o con trépano (penetrante).
- B. Talla del disco corneal donante.
- C. Remoción del epitelio de la córnea receptora y resección de un anillo periférico, con trépano y cuchilla.
- D. Colocación del lenticulo sobre el lecho receptor.
- E. Después de la colocación de las suturas, las curvas posteriores se adaptan a las curvas correspondientes de la cara anterior de la córnea receptora y la curva anterior del lenticulo se adapta al radio final (R_f), requerido.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

- B. Material y métodos.
- C. Resultados clínicos y anatomopatológicos.
- D. Complicaciones.
- E. Comentarios.

A. PARTE TEORICA

El lenticulo para epiqueratofaquia es semejante, en forma y función, a un lente de contacto. Como en los lentes hidrofílicos, la geometría final del lenticulo dependerá de las características hidrofílicas del material del cual están tallados. En este caso, el material es tejido corneal.

Para simplificar los cálculos, el disco corneal donante se mantiene en una hidratación uniforme antes de la talla. Así, cuando la intervención ha terminado y la epitelización del lenticulo está completa, el valor del R_f está muy cerca al valor deseado.

1. PARTES Y CURVAS DEL LENTICULO

Partes (Fig. 2)

Zona óptica (Z_o), Diámetro (DL), Aleta (a), Borde (B), Espesor (EL), Espesor de la aleta (EZ_i), Poder (P).

Zona óptica (Z_o). Es la cuerda resultante, determinada por los puntos de intersección del radio de talla de la Z_o (RtZ_o) y del radio de talla de la aleta (Rta).

La Z_o delimita la parte del lenticulo con el poder dióptrico requerido. En el presente programa, tiene un valor constante de $Z_o = 6.5$ mm.

Diámetro (DL). Es la medida lineal entre los bordes del lenticulo y se delimita con el ángulo gama. Tiene un valor constante de 8 a 8.5 mm. Es necesario tener presente que DL no es el diámetro de la curvatura anterior del lenticulo.

Borde (B). Es el terminado periférico del lente en su cara posterior. Es biselado hacia adentro, con el fin de coaptarse mejor con el lecho.

Aleta (a). Es un anillo circular, de 1 mm de ancho, que rodea la Z_o hasta el borde del lenticulo. Tiene caras paralelas; por esta razón no tiene

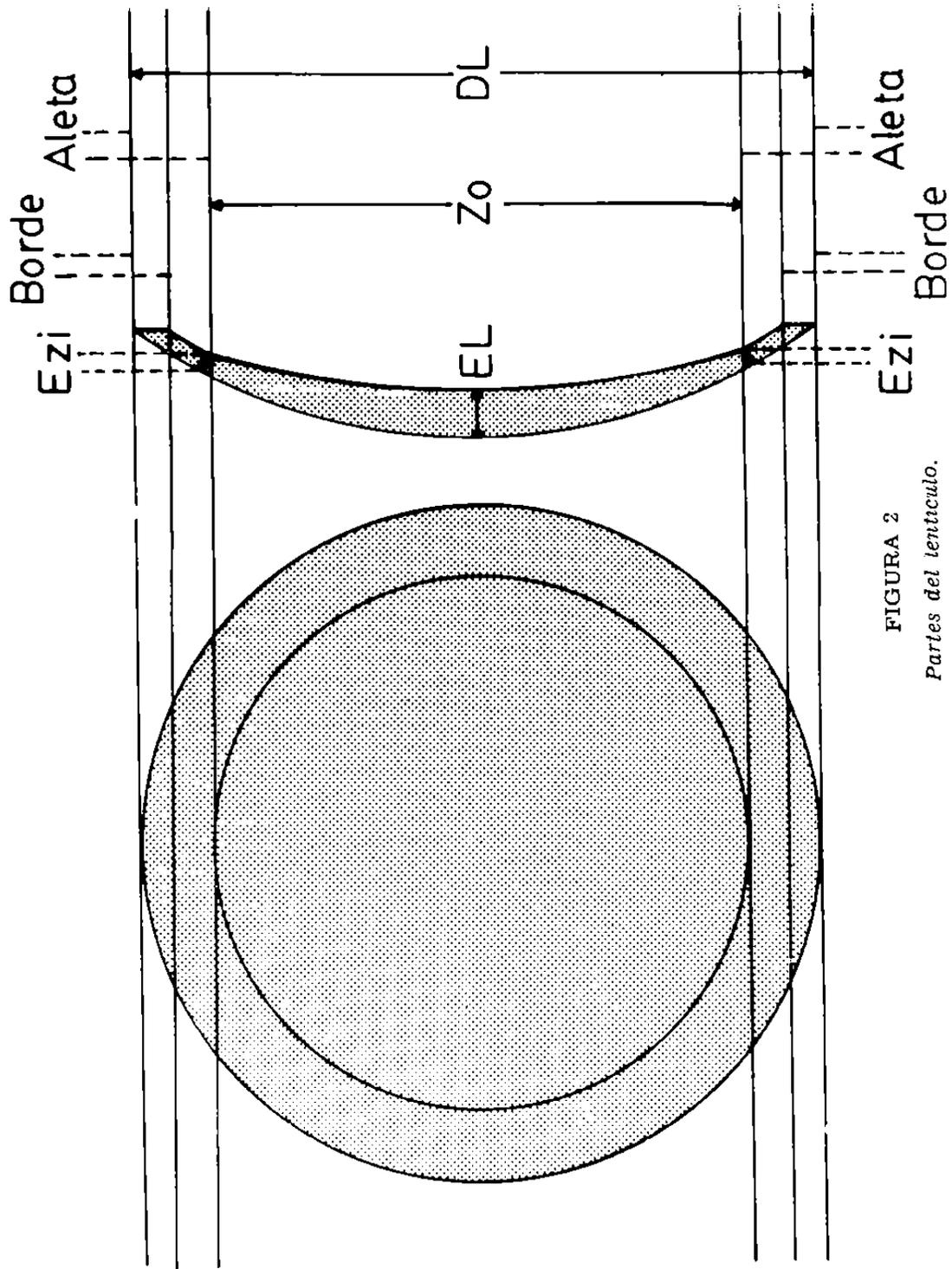


FIGURA 2

Partes del lenticulo.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

ningún valor dióptrico. Su curvatura se adapta a la curvatura de las partes periféricas de la córnea receptora.

En la aleta se colocan las suturas de unión entre el lenticulo y la córnea receptora, evitando así colocarlas sobre la Zo.

Espesor (EL). El espesor se mide en el centro óptico del lenticulo. Es un valor variable, que depende de los valores del Radio final (Rf), Radio inicial (Ri), dioptrías de corrección (en vértice) y Zona óptica (Zo).

El espesor es directamente proporcional a Dv y Zo, e inversamente proporcional a Ri y Rf (ver ejemplos de programas).

Espesor de la aleta (Ezi). Se puede llamar también espesor en la zona de intersección de RtZo y Rta. En este programa tiene un valor constante de 0.12 mm. Este espesor es suficiente para permitir la colocación de las suturas sin que el tejido se desgarré.

Poder (P). El espesor del lenticulo y el espesor en la zona de intersección (espesor de la aleta), por una Zo determinada definen el poder dióptrico del lenticulo (Fig. 3).

La incurvación que puede sufrir este lenticulo durante su adaptación sobre la base del torno o sobre la córnea del paciente es pequeña, y la variación óptica inducida no es clínicamente significativa.

Curvas (Fig. 4).

Las curvas del lenticulo varían de acuerdo a su adaptación, ya sea a la base del torno, a la córnea receptora, o en el aire.

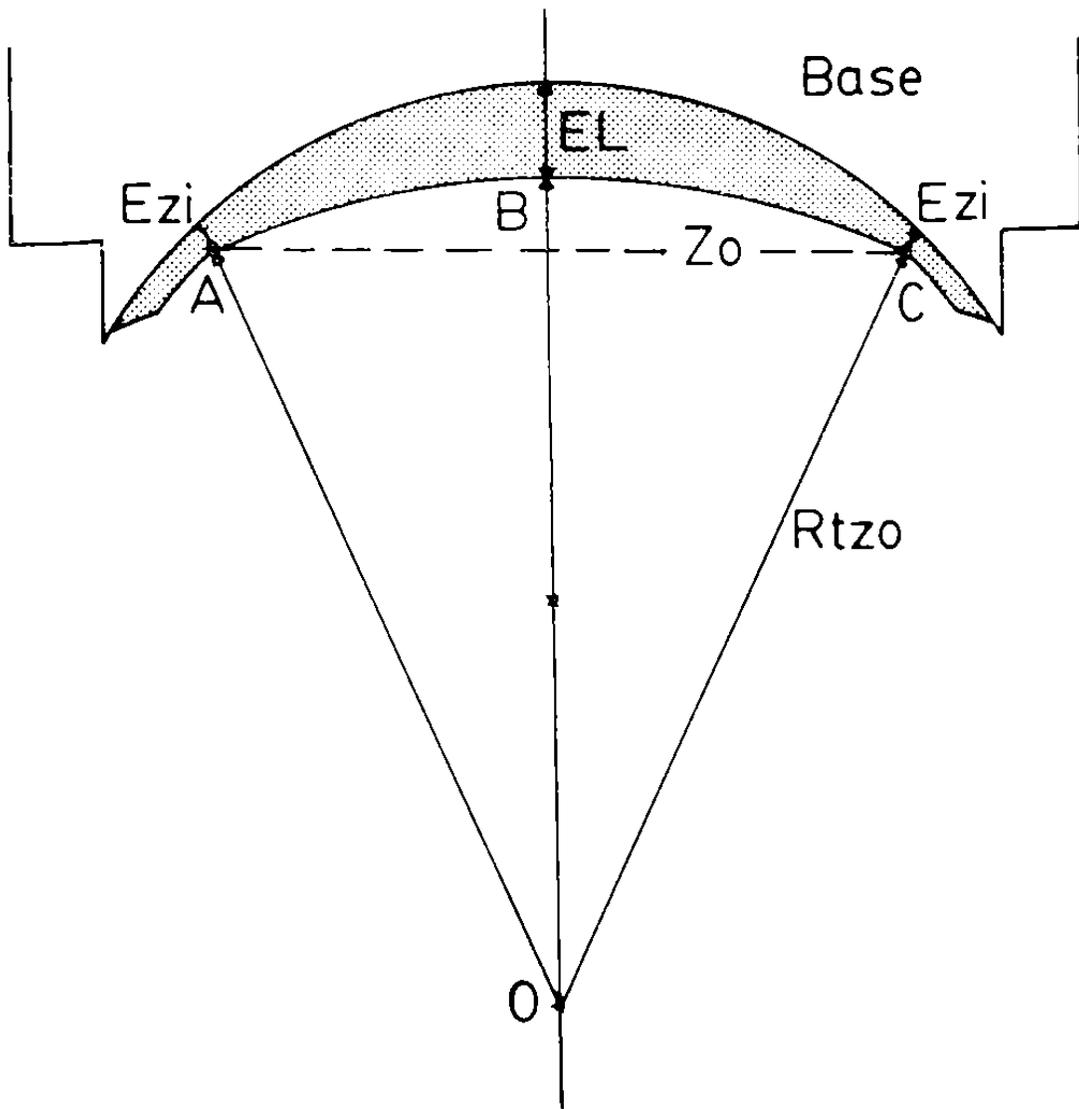
El poder permanecerá constante en cualquiera de las tres situaciones, pues siempre se mantendrá la diferencia entre la curvatura anterior y posterior, que es la que determina el poder del lenticulo.

En la Fig. 3, vemos las curvas del lenticulo colocado sobre la base del torno.

Curva anterior. Tiene un radio de curvatura igual al de la base del torno (en este caso, 7 mm). Cuando el lenticulo se adapta sobre el lecho receptor, la curva anterior correspondiente a la Zo se modifica a la de Rf (incurvándose) y la misma curva anterior correspondiente a la aleta se modifica igual a la del radio de las partes periféricas de la córnea receptora (aplanándose).

Curvas posteriores. De acuerdo a su situación, estas curvas se dividen en central, intermedia y periférica.

VASILIS STATHOULOPOULOS



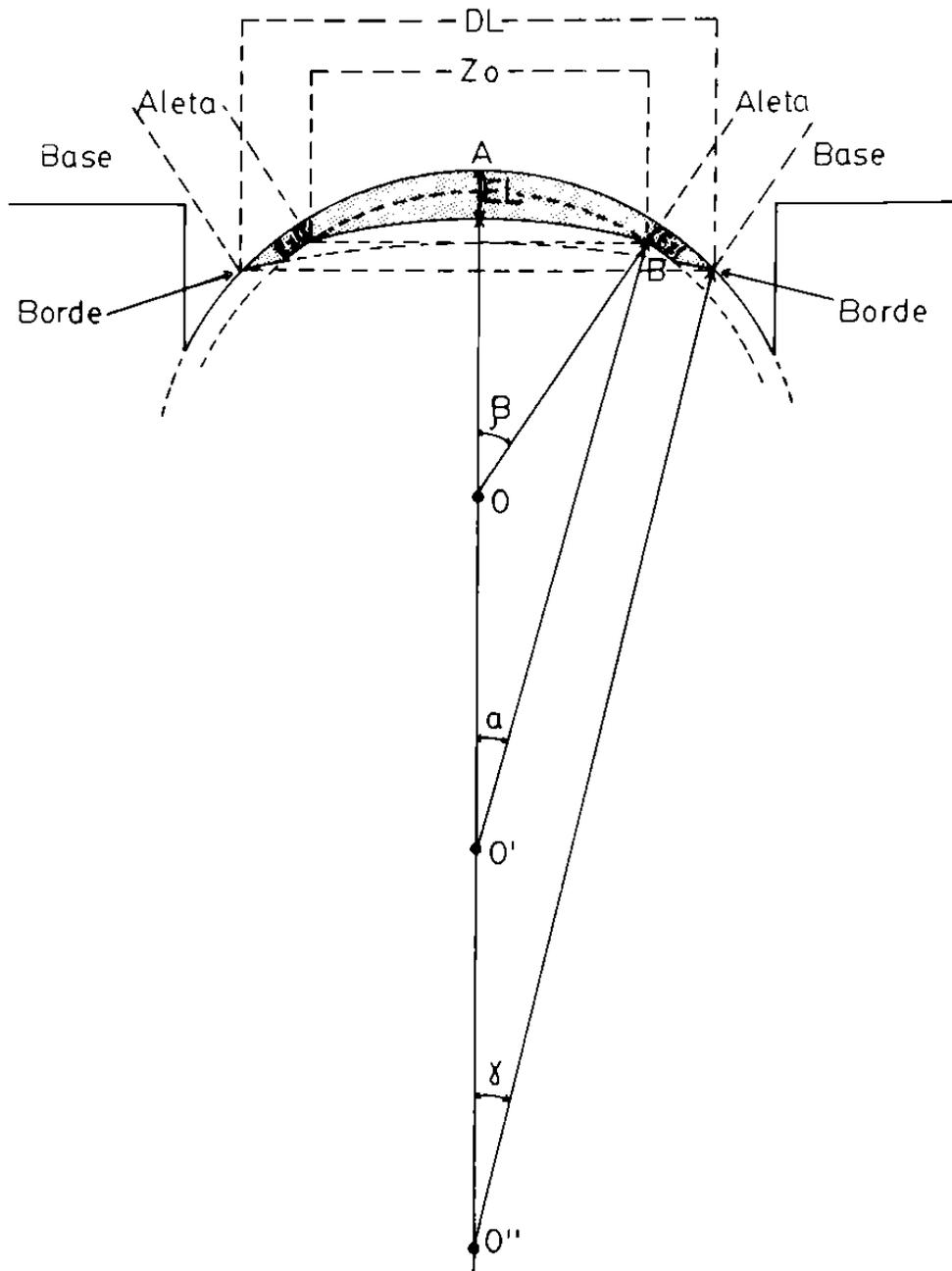


FIGURA 4

Las curvas del lenticulo, colocado sobre la base del torno:

- OA = Radio de la curva anterior o radio base (Rb).
- O'B = Radio de la curva central posterior o radio talla de la zona óptica (RtZo).
- OB = Radio de la curva intermedia posterior o radio talla de la aleta (Rta).
- O'' = Radio de la curva periférica posterior o radio talla del borde (Rtb) para delimitar el lenticulo.

VASILIS STATHOULOPOULOS

Curva central posterior. Corresponde a la zona óptica y su radio es el Radio de talla de la Zo (RtZo). En la córnea receptora, este radio se adapta al radio inicial (o sea al radio de la cara anterior de la córnea).

Curva intermedia posterior. Corresponde a la aleta y su radio de curvatura es el radio de talla de la aleta (Rta), el cual es igual a $Rta = Rb - Ezi$.

Curva periférica posterior. Corresponde a la talla del borde y su radio de curvatura es constante (28 mm). Su fin es delimitar el lenticulo del resto del disco corneal, a un diámetro (DL) requerido. Se adapta a las curvas periféricas de la córnea receptora.

2. CALCULOS Y GEOMETRIA DEL LENTICULO

El cálculo en sí es simple; basta conocer el radio de curvatura que debe adquirir la superficie anterior de la córnea del paciente para corregir la ametropía en cuestión, adaptar a esta curvatura el disco de tejido corneal dador, por su cara epitelial, y tallar su cara parenquimatosa al radio de la superficie anterior, restando el espesor del epitelio de la córnea receptora.

Naturalmente, por ser de igual forma la cara posterior del lenticulo y la anterior del ojo intervenido, la superficie epitelial de la córnea quedará con la curvatura modificada al ser repuesto el disco —ahora lenticulo—, en su lecho.

La intervención modifica el poder dióptrico de la superficie corneal anterior, en el valor de la ametropía que se debe corregir, aumentándolo según los casos. Para el cálculo, debemos partir de los siguientes factores:

Valores teóricos

a) *Radio de la superficie anterior de la córnea del paciente,* que se llamará Radio inicial (Ri). Lo anterior se consigue con el queratómetro.

b) *Cantidad de la ametropía en vértice:*

	Dc		
Dv	x. Dc	Dv	Dioptrias en vértice
1	1000	Dc	Dioptrias de corrección a x mm del vértice.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

c) *El radio que debe adquirir la córnea para corregir la supuesta hipermetropía, que se llamará Radio final (Rf).* (Fig. 6).

$$Rf = \frac{332}{\frac{332}{Ri} + Dv}$$

1.332 Índice de refracción del queratómetro, muy cercano al de la córnea (1.376).

Sin embargo, como el espesor de la córnea en su vértice óptico se engruesa (por la adición del lenticulo), el poder dióptrico final dependerá también del espesor corneal final.

El cambio inducido por esta modificación es pequeño, pero ha sido establecido por Littmann y es igual a 0.273 (Ei — Ef), en la que Ei = Espesor inicial (o preoperatorio) de la córnea y Ef = Espesor final (o postoperatorio), de la córnea. Esta cantidad debe sustraerse al valor de Rf.

Comoquiera que el valor de Ef no es conocido, J. I. Barraquer, estableció la cifra de 0.004095 x Dv como constante para zonas ópticas de 6 mm. Esta cifra proporciona un valor muy aproximado.

Entonces, la fórmula exacta queda:

$$Rf = \frac{332}{\frac{332}{Ri} + Dv} - (0.004095 \times Dv)$$

Como en el presente trabajo se trata más que todo de descubrir el comportamiento biológico de los lenticulos y no una corrección precisa, no se utilizó el segundo factor.

d) *La Zona óptica (Zo).* Se usa un valor constante, lo mayor posible.

e) *Diámetro del lenticulo (DL).* Usualmente es 2 mm mayor que la Zo.

f) *Espesor de la aleta (Ezi).* Su valor es constante, pero debe ser lo suficientemente grueso para permitir una sutura confortable. En este trabajo es de 0.12. mm.

g) *Espesor del lenticulo (EL).* El lenticulo se divide en dos partes. (Fig. 5):

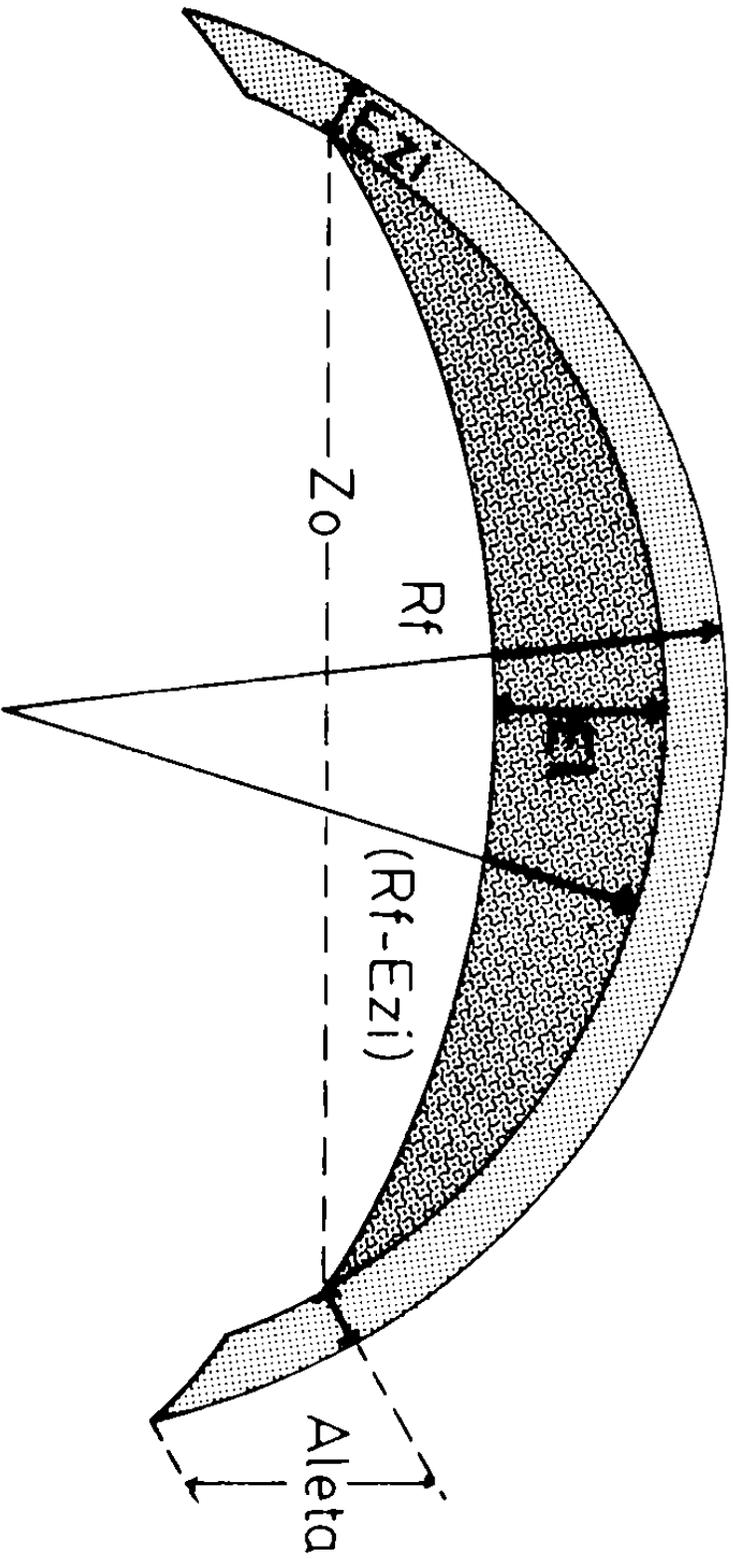


FIGURA 5

La parte del lenticulo con verdadero poder dioptrico es "la lente", que tiene espesor Ei ($Ei = EL - Ezi$).

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

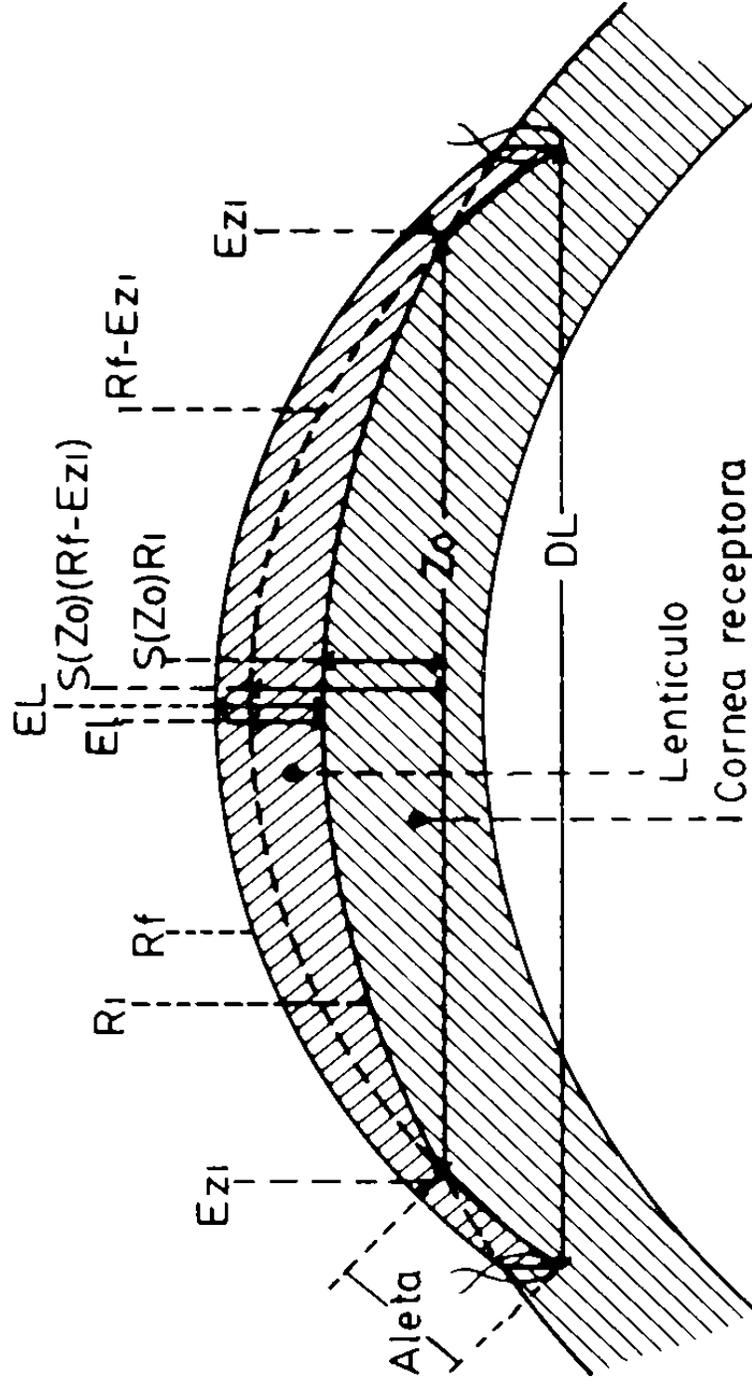


FIGURA 6

Obtención de EL .

i) La parte exterior, cuyo espesor es Ezi, delimitado por las periferias de los radios Rf y (Rf — Ezi). Es un disco corneal con caras paralelas y, por consiguiente, sin valor dióptrico.

ii) La parte inferior, que se llamará "lente", cuyo espesor en el centro es El, delimitado por las periferias de los radios (Rf — Ezi) y RtZo. Es la porción del lenticulo con caras no paralelas y, por consiguiente, con valor dióptrico.

Los cálculos para encontrar el espesor del lenticulo (EL), se hacen preoperatoriamente, con la ayuda del radio de la curvatura anterior del paciente (Ri) y del radio que debe adquirir dicha córnea para corregir la hipermetropía en cuestión (Fig. 6).

S(Zo) Ri = Ságita de un arco con radio Ri y cuerda Zo.

S(Zo) (Ri — Ezi) = Ságita de un arco con radio (Ri — Ezi) y cuerda Zo.

Cuando se conoce el radio de una circunferencia, se puede encontrar la ságita de una cuerda conocida (Zo), por la siguiente fórmula:

$$S = R - \sqrt{R^2 - \frac{Zo^2}{4}}$$

Por consiguiente:

$$El = S(Zo)(Rf - Ezi) - S(Zo)Ri$$

$$\text{y } EL = El + Ezi.$$

h) *Radio de talla (RtZo)*. Cuando ya se conocen EL, Ezi y Zo, se puede encontrar el radio de la superficie posterior del lenticulo, una vez el disco corneal esté adaptado sobre la base del torno. Este radio se llamará Radio de Talla (Rt) (Fig. 7).

Cuando el disco corneal se coloca sobre la base del torno (Fig. 7), su cara anterior se adapta al radio de curvatura de la base (Rb).

Conociendo el Ezi, la Zo y el EL, se puede encontrar una periferia, cuyo radio de curvatura (Rt), pasa por los 3 puntos A, B, C, previamente establecidos (Fig. 3).

Por consiguiente:

$$S(ZoRt) - S(Zo)(Rb - Ezi) - EL = \frac{Zo^2}{4}$$

$$\text{y } Rt = \frac{(S(Zo)Rt)^2}{2 \times (S(Zo)Rt)}$$

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

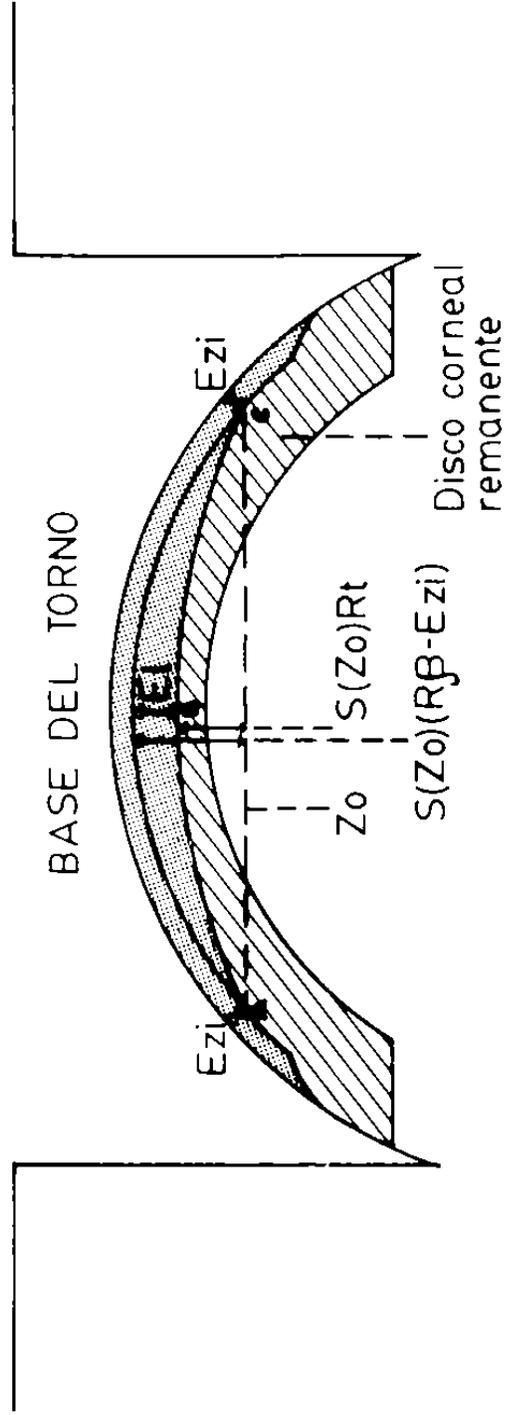


FIGURA 7

Obtención del radio de *talla* (Rt).

i) *Radio de talla de la aleta (Rta)*. Como la aleta tiene caras paralelas y un espesor (Ezi) conocido, su radio se encuentra fácilmente por la fórmula: $Rta = Rb - Ezi$ (Fig. 4).

j) *Delimitación del lenticulo (DL)*. El lenticulo se delimita a un DL requerido, por el ángulo Gama. Conociendo el radio de talla del borde (28 mm), y el DL, se encuentra el ángulo Gama (Fig. 8). El borde del lenticulo será el punto de intersección de la periferia que corresponde al Rb y de la periferia que corresponde al Rtb, teniendo como cuerda común el DL.

Factores que modifican los valores teóricos

Comoquiera que después de la muerte y durante la talla el tejido corneal no tiene las características dimensionales que tenía originalmente, y que éstas volverán a adquirirse una vez reincorporado al organismo, es necesario compensar estas modificaciones en el Rt.

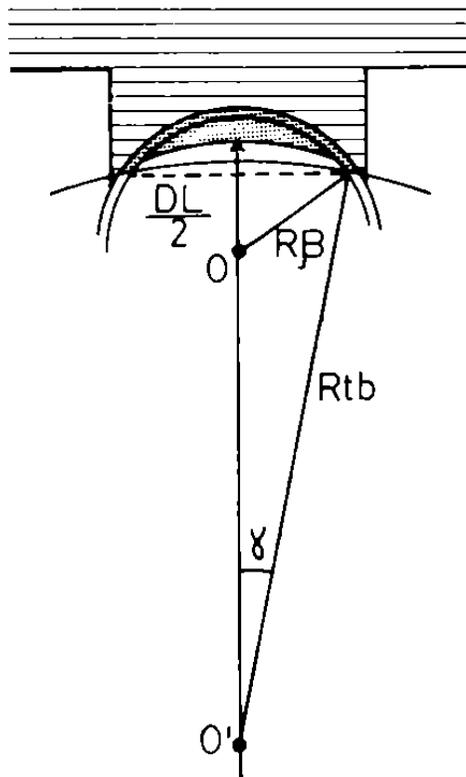


FIGURA 8

Delimitacion del lenticulo por el angulo $\hat{\gamma}$

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

Modificación de EL

Las modificaciones de EL pueden ser debidas a hidratación postmortem o a la congelación.

a) *Hidratación postmortem.* Antes de la muerte, el disco corneal tiene un espesor de Ed; después de la muerte, se hidrata y aumenta su espesor a Ed'. Si de este disco hidratado se talla un lenticulo de espesor EL, cuando el lenticulo se deshidrata su espesor disminuye considerablemente.

Por eso, en lugar de tallar EL se debe tallar $EL' = EL \times \text{Factor Post-Mortem}$.

$$\text{Factor postmortem} = \frac{Ed'}{Ed}$$

En el presente trabajo, este factor no se consideró porque se usaron córneas de conejos recién sacrificados.

b) *Congelación.* Cuando el tejido corneal se congela, su espesor aumenta.

El espesor EL se modifica en $EL' = EL \times \text{Factor de congelación}$. El factor de congelación es el mismo del agua (1.09).

Entonces, $EL' = EL \times 1.09$.

Modificación de la Zo.

La zona óptica sufre modificaciones al ser adaptada a la base y por congelación.

a) *Al ser adaptada a la base (Fig. 9).* La Zo se calculó sobre un arco AB, que tiene como radio Rf. Sobre la base del torno, que tiene un radio de curvatura mayor que Rf ($Rb > Rf$), este mismo arco \widehat{AB} resulta en una zona óptica (cuerda) mayor ($ZoRb > Zo$).

Donde $ZoRb = Zo$ adaptada sobre el radio base.

Entonces, los cálculos se deben hacer sobre el nuevo valor de la Zo, que es ZoRb (ver explicación del programa).

b) *Por congelación.* Durante la congelación, el disco corneal aumenta su espesor y disminuye su diámetro. En experimentos previos (J. I. Barraquer), el factor de contracción corneal del conejo durante la congelación se calculó en 1.05.

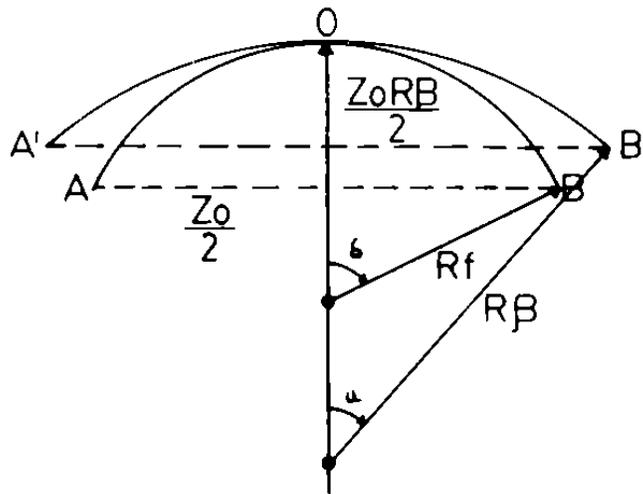


FIGURA 9

Cambio de la zona óptica, según la curvatura del arco AB.

$$\text{Entonces, } Z_0' = \frac{Z_0 R_b}{1.05}$$

(Z_0' = zona óptica congelada).

Con los datos anteriores, se puede proceder al desarrollo del programa.

3. DESARROLLO DEL PROGRAMA

A continuación se enumeran las explicaciones del Programa N° 1, para el cálculo de la Epiqueratofaquia Hipertrópica, cuyo desarrollo se encuentra al final del presente trabajo.

a) *Previa regulación del torno*

Diámetro de la base (Db) 9.00 mm. Se escoge una base con diámetro grande porque el DL tiene valores grandes.

Radio de la base (Rb) 7.00 mm. Se escoge $R_b = 7.00$ mm, porque es el radio más cercano a R_f .

Espesor de la base (E1). Igual o menor de 2.50 mm, para que el disco corneal se congele rápidamente.

Punto inicial (Pi) = 20.00

b) *Constantes*

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

El programa comienza imprimiendo VS EPI, seguido por las constantes utilizadas, que son las siguientes:

7.00	Rb	=	Radio de la base.
0.03	Ch	=	Contracción de la herramienta por el frío. La Ch, varía de torno a torno y de intervención a intervención (utilizando el mismo torno).
0.03	Cb	=	Contracción de la base por el frío. También la Cb varía de torno a torno y de intervención a intervención.
0.12	Ezi	=	Espesor de la zona de intersección.
1.05	Fcc	=	Factor de la contracción corneal. En humanos es de 1.09 y en conejos 1.05, porque carecen de Bowman.
6.50	Zo	=	Zona óptica.
28.00	Rtb	=	Radio de talla del borde.

Las constantes pueden cambiarse, siguiendo el procedimiento descrito en el manual de la Texas TI-59.

c) *Datos necesarios*

Radio inicial (Ri). Es el radio de la cara anterior del conejo. Los conejos tienen córneas casi esféricas y radios alrededor de 6.8-7.2 mm. Aquí no se restó del Ri, el espesor del epitelio, como se debe hacer en humanos, porque la corrección interesa poco en el presente trabajo.

Dioptrías en vértice (Dv). Son las dioptrías en vértice necesarias para la corrección de la supuesta hipermetropía. En los conejos se usó un valor de hipermetropía de alrededor de 12 dioptrías.

Diámetro del lenticulo (DL). En la mayoría de los casos, se usó DL = 8.50 mm.

Espesor del disco dador (Edd). El espesor del disco dador se debe medir apenas se reseca la córnea. No se utilizó el factor postmortem, porque los discos corneales se tallaron inmediatamente después de la muerte. Cuando el espesor del disco dador es menor al espesor del lenticulo en el centro, el programa imprime: "Edd insuficiente".

d) *Desarrollo de los cálculos*

Radio final (Rf). Cuando la corrección se obtiene a partir de las dioptrías en vértice (Dv), el radio final (Rf), se deduce por una transposición de la fórmula de J. I. Barraquer: $D_i + D_v = D_c$

VASILIS STATHOULOPOULOS

Donde D_i = dioptrías iniciales

D_v = dioptrías en vértice

D_c = dioptrías de corrección.

Por consiguiente:

$$\frac{1.332 - 1}{R_i} + D_v = \frac{1.332 - 1}{R_f}$$

$$\text{y } R_f = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{D_v}{332}}$$

Obtención de la Ságita del radio ($R_f - E_{zi}$) con cuerda igual a la Z_o .
(Fig. 10).

Por el teorema de Pitágoras, se deduce que:

$$SZ_o (R_f - E_{zi}) = (R_f - E_{zi}) - \sqrt{(R_f - E_{zi})^2 - \frac{Z_o^2}{4}}$$

Obtención de la Ságita del radio inicial (R_i), con cuerda igual a la Z_o .
(Fig. 10).

Por el teorema de Pitágoras, se deduce que:

$$SZ_o R_i = R_i - \sqrt{R_i^2 - \frac{Z_o^2}{4}}$$

Obtención del espesor del lente (E_l). (Fig. 10). Se debe hacer una diferenciación entre EL y E_l .

E_l = Espesor del lente. El lente es la parte del lenticulo con poder dióptrico requerido.

EL = Espesor del lenticulo. Es el espesor total del lenticulo.

$EL = E_l + E_{zi}$.

En este programa, el valor de E_l , aparece debajo del valor de R_f . Si a este valor se suma el E_{zi} , se obtendrá el espesor total del lenticulo.

Nota: Como la computadora no imprime letras minúsculas, el E_l sale impreso "EL". Por lo tanto, hay que considerar EL como E_l .

En la Fig. 10, se deduce fácilmente que $E_l = SZ_o (R_f - E_{zi}) - SZ_o R_i$.

Obtención del nuevo valor de la Z_o , al ser adaptada al radio de la base ($Z_o R_b$) (Fig. 11). Cuando un arco AB aumenta o disminuye su radio de curvatura, su respectiva cuerda aumenta o disminuye su tamaño.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

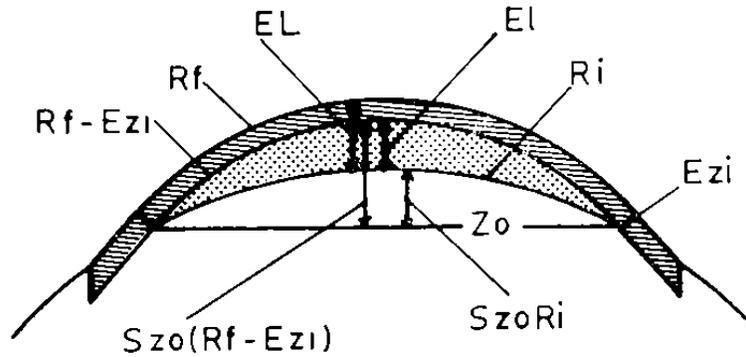


FIGURA 10
Obtención de Ei .

Entonces, como $Rf < Rb$ y $\widehat{AB} = \widehat{A'B'}$, por consiguiente, $ZoRb > Zo$.

Para obtener el valor de $ZoRb$, es necesario encontrar primero el valor de los ángulos $\hat{\delta}$ y $\hat{\omega}$ (Fig. 11).

(i) Obtención del ángulo $\hat{\delta}$

$$\text{Sen } \hat{\delta} = \frac{Zo}{2(Rf - Ezi)}$$

Por el $\text{Sen } \hat{\delta}$, la computadora da el ángulo $\hat{\delta}$ en grados.

(ii) Obtención del ángulo $\hat{\omega}$

Sabiendo que $\widehat{AB} = \widehat{A'B'}$, y por la fórmula geométrica $360^\circ = 2 \pi R$, se

$$\text{deduce que } \widehat{OB} = \frac{2 \times \pi \times (Rf - Ezi) \times \hat{\delta}}{360^\circ}$$

$$\text{y } \widehat{OB'} = \frac{2 \times \pi \times (Rb - Ezi) \times \hat{\omega}}{360^\circ}$$

Como $\widehat{OB} = \widehat{OB'}$, entonces

$$\frac{2 \times \pi \times (Rf - Ezi) \times \hat{\delta}}{360^\circ} = \frac{2 \times \pi \times (Rb - Ezi) \times \hat{\omega}}{360}$$

$$\text{y, por consiguiente, } \hat{\omega} = \frac{\hat{\delta} \times (Rf - Ezi)}{(Rb - Ezi)}$$

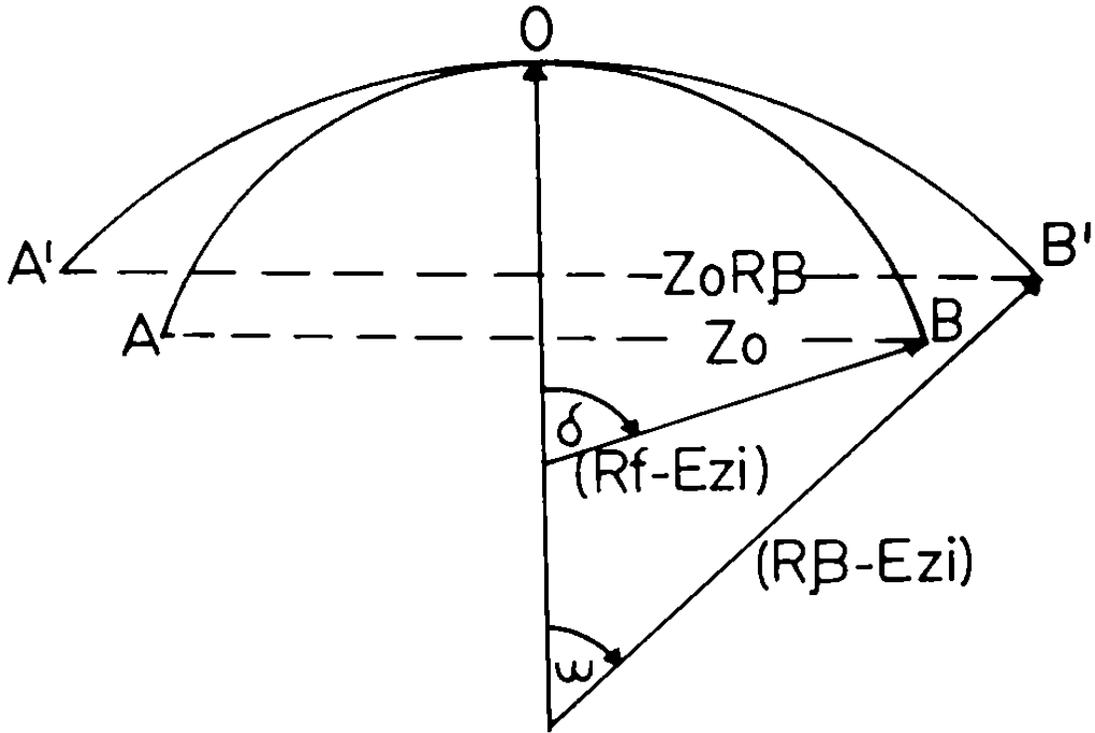


FIGURA 11
Obtención de ZoRb.

Entonces, el valor de la ZoRb sería $ZoRb = 2 \times \text{Sen } \delta \times (Rb - Ezi)$.

Obtención del espesor de la zona de intersección congelada (Ezi'). El diámetro disminuye, según el factor de contracción del tejido (humanos 1.09 y conejos 1.05). Por consiguiente,

$$Zo' = \frac{ZoRb}{1.05}$$

Obtención del espesor de la zona de intersección congelada (Ezi'). El factor de congelación del agua es 1.09; entonces $Ezi' = Ezi \times 1.09$.

Obtención del El congelado. $El' = El \times 1.09$.

Obtención del Edd congelado. $Edd' = Edd \times 1.09$.

Obtención del EL congelado. $EL' = El' - Ezi'$.

Comparación entre Edd' y EL'. Si $Edd' < EL'$, el espesor del disco es insuficiente para la corrección dada. En este caso, se debe disminuir las Dv o tomar otro disco corneal, con espesor mayor.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

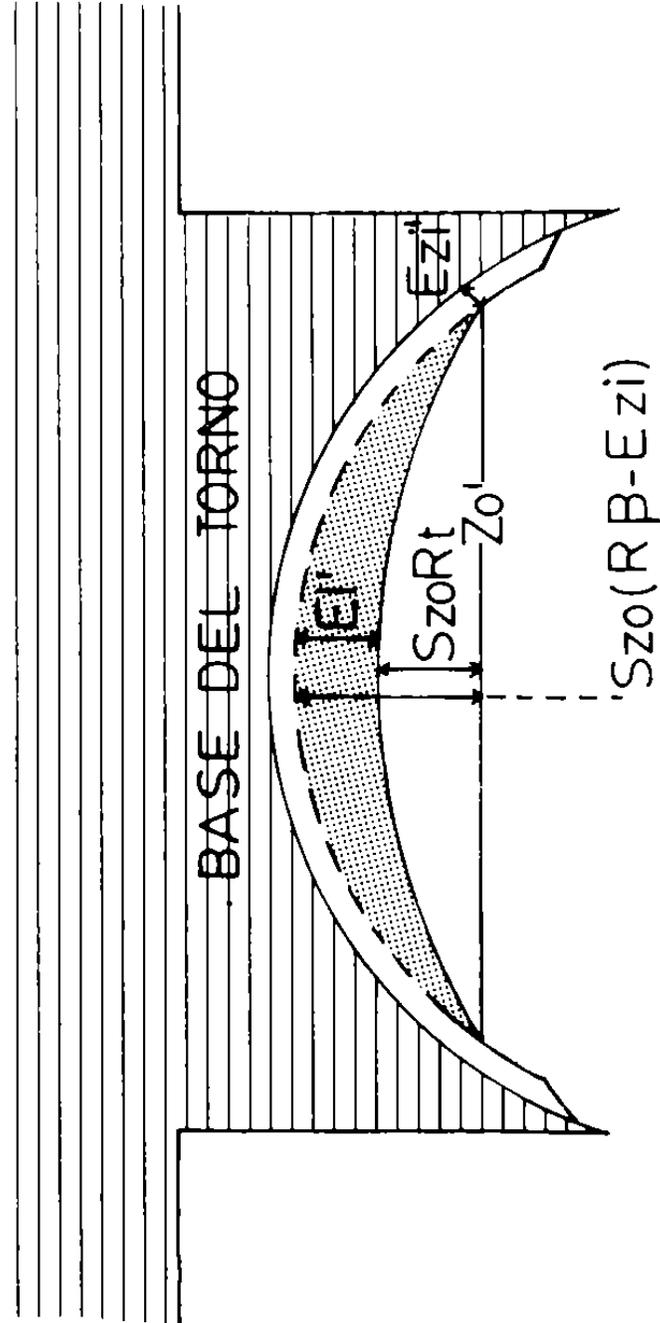


FIGURA 12

Obtención de Rt , con el disco congelado.

Obtención del radio de talla (Rt), cuando el disco corneal está congelado (Fig. 12). Primero se obtiene la SZo (Rb — Ezi').

$$SZo (Rb - Ezi') = (Rb - Ezi') - \sqrt{(Rb - Ezi')^2 - \frac{Zo'^2}{4}}$$

Conociendo el El', la SZo'Rt, se obtiene por la fórmula:

$$SZo'Rt = SZo' (Rb - Ezi') - EL'$$

Conociendo la Ságita del Rt por una cuerda Zo', es fácil encontrar el Rt:

$$Rt = \frac{(SZo'Rt)^2 + \frac{Zo'^2}{4}}{2 \times SZo'Rt}$$

Obtención del desplazamiento real (DP) (Fig. 13).

$$DP = Rt + EL' - Rb$$

Obtención del ángulo $\hat{\alpha}$ (Fig. 14). Este es el ángulo que delimita la

zona óptica. $\text{Sen } \hat{\alpha} = \frac{Zo'/2}{Rt}$. El computador invierte el Sen $\hat{\alpha}$ en grados y así se obtiene el ángulo $\hat{\alpha}$

Obtención del radio de talla final (Rt'). Con la congelación, la herramienta se retrae a Ch = 0.03.

Entonces, el valor final del Rt será $Rt' = Rt + Ch$.

Obtención del desplazamiento final (DP'). Con la congelación, la base se retrae a Cb = 0.03, por lo que en el valor del DP tenemos que sumar la Cb.

Como el punto inicial es 20.00, el DP' será:

$$DP' = Pi (DP + Cb), \text{ y } DP' = 20 - Dp - Cb.$$

Obtención del ángulo $\hat{\beta}$ (Fig. 14). Es el ángulo que permite tallar la aleta, sin que la punta de la herramienta toque la zona óptica.

$$\text{Sen } \hat{\beta} = \frac{Zo'/2}{Rta}$$

El computador convierte el Sen $\hat{\beta}$ en grados.

Obtención del radio de talla de la aleta (Rt'a).

Por consiguiente, será $Rt'a = Rb - Ezi' + Ch$.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

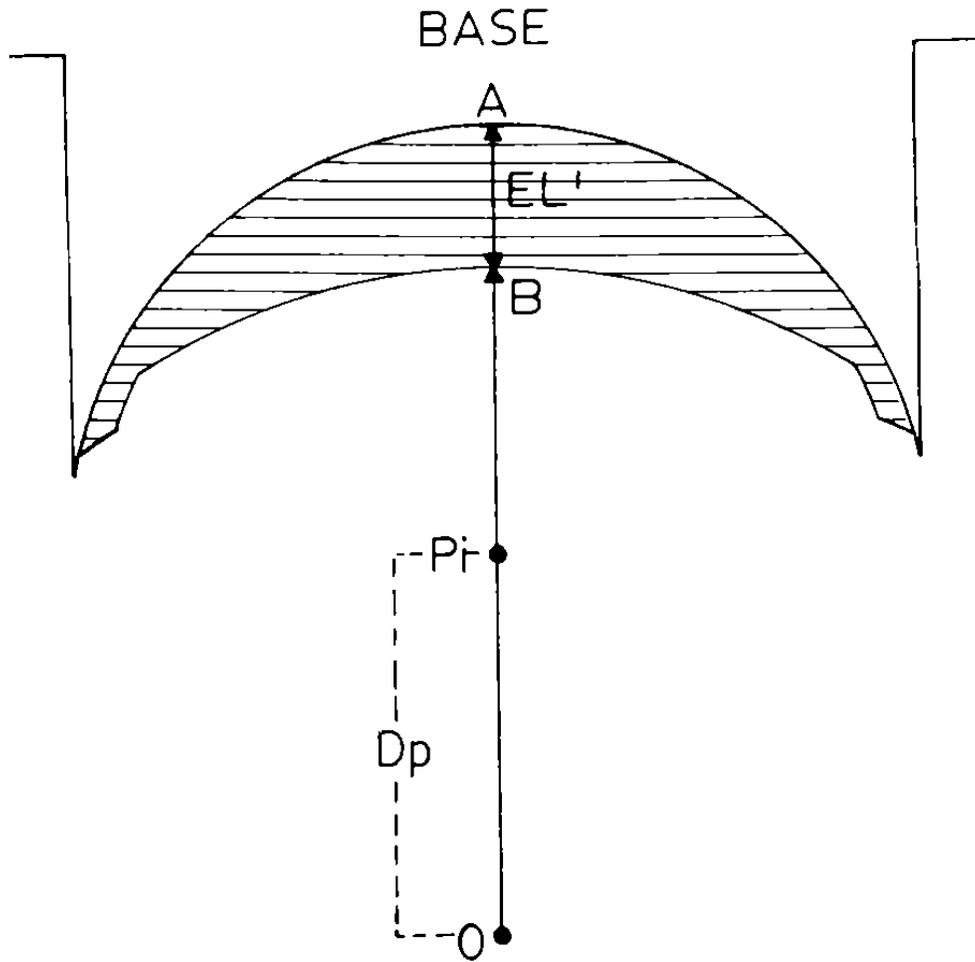


FIGURA 13

Obtencion del desplazamiento real.

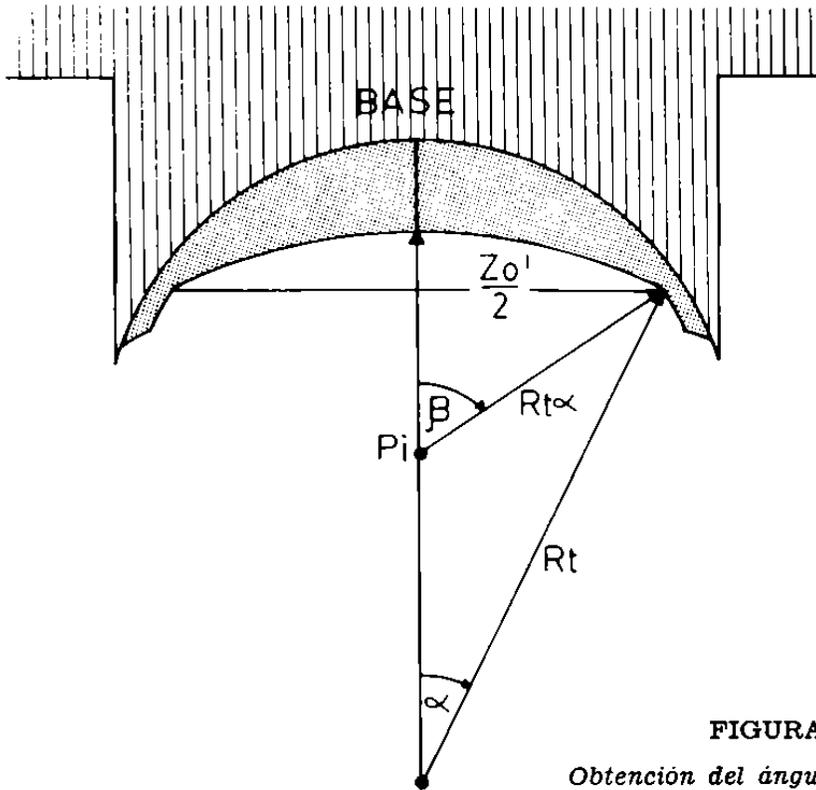


FIGURA 14
Obtención del ángulo $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$

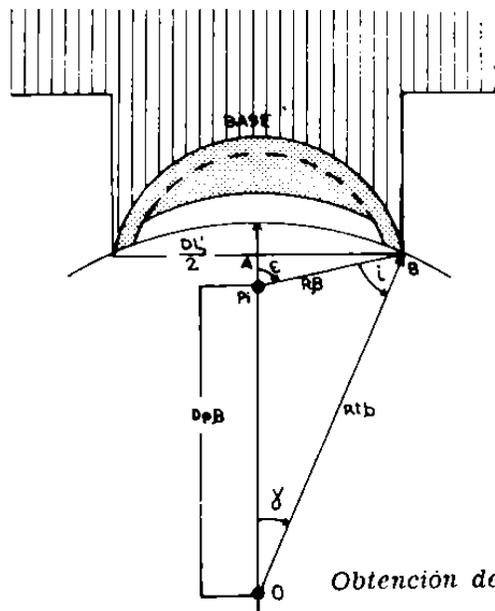


FIGURA 15
Obtención del ángulo $\hat{\delta}$ y del D_i

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

Obtención del desplazamiento para la aleta (Dp'a). Como la aleta tiene caras paralelas, no debe haber desplazamiento.

Entonces, DP'a = Pi + Cb, por efectos de congelación.

Radio de talla del borde (Rt'b). El radio de talla del borde es un valor constante de 28 mm. Cuando la herramienta se congela, Rt'b = Rtb + Ch.

Obtención del ángulo $\hat{\delta}$ (Fig. 15). Por el triángulo OAB, el

$$\text{Sen } \hat{\delta} = \frac{DL'/2}{Rtb}$$

Obtención del desplazamiento para tallar el borde (Dp' β). (Fig. 15). Por la Ley de los Senos, en el triángulo OPiB, tenemos:

$$DPb = \frac{\text{Sen } \hat{L} \times Rb}{\text{Sen } \hat{\delta}}$$

El Sen $\hat{\delta}$ ya es conocido, pero falta conocer el Sen \hat{L} .

Otra vez por el triángulo CPiB, tenemos: $\hat{L} = \hat{\xi} - \hat{\delta}$

$$\text{Sen } \hat{\xi} = \frac{DL'/2}{Rb} \quad \text{Entonces } \hat{L} = \frac{DL'/2}{Rb} - \hat{\delta}$$

En el valor de Dpb se suma la contracción que sufre la base durante la congelación, y Dp'b = Dpb + Cb.

Nota: Los símbolos con prima tienen el mismo significado, pero en estado de congelación.

B. MATERIAL Y METODOS

Desarrollo del programa y computación de éste en la calculadora electrónica programable Texas TI-59.

Con el objeto de hallar la técnica quirúrgica más adecuada y familiarizarse con el procedimiento, se utilizaron 12 ojos de 7 conejos.

Posteriormente se hizo una serie de 11 epiqueratofaquias hipermetrópicas, en 11 conejos adultos y de color blanco. En 10 de ellos, el tiempo máximo de observación postoperatoria fue de 3 meses y el mínimo de 2 meses, y en el último fue de 15 días. Este nos suministró información acerca del comportamiento de la córnea receptora después de haber quitado el lenticulo.

VASILIS STATHOULOPOULOS

En la serie de 11 conejos se practicó queratometría preoperatoria, con el queratómetro de Gambs, encontrándose que su córnea era bastante esférica y con radios de alrededor de 6.80, 7.00 y 7.20 mm.

Para la talla de lenticulos positivos se utilizó el promedio de estos radios como dato preoperatorio.

El procedimiento se dividió en 5 partes:

1. Obtención del disco corneal donante.
2. Talla del disco corneal.
3. Técnica quirúrgica.
4. Manejo postoperatorio.
5. Remoción del lenticulo de la córnea receptora.

1. *OBTENCION DEL DISCO CORNEAL DONANTE*

Con la ayuda del microscopio Zeiss, desepitelización de la córnea del conejo recién sacrificado, con esponja de polivinilo y celulosa. La desepitelización debe ser cuidadosa, procurando no hacer daño al estroma superficial.

Trepanación central, con trépano de 9 mm. Resección del disco corneal, con tijeras corneales de Castroviejo. Remoción de la membrana de Descemet, con pinzas.

El disco corneal se guarda, pegado por su parte epitelial, en las paredes de un frasco estéril, a temperatura ambiente.

El 50% de los discos corneales (5), se dejó desecando entre el frasco, por un periodo entre 30 minutos y 4 horas, mientras que el 50% restante se talló inmediatamente, sin tiempo de desecación. Como en el presente estudio el resultado funcional no es tan importante como el clínico, los discos se desecaron antes de la congelación para comprobar si existe alguna relación entre el tiempo de desecación y la transparencia del lenticulo en el postoperativo (Ver "Parte teórica").

2. *TALLA DEL DISCO CORNEAL*

Antes de empezar el procedimiento, se introducen en la calculadora TI-59 los datos: Radio inicial (Ri), Dioptrías en vértice (Dv) y Diámetro del lenticulo(DL).

EPIQUEFRATOFAGUIA HIPERMETROPICA

En seguida se mide el espesor del disco corneal donante, en el espesímetro del criotorno, para comprobar si es suficiente para la talla del lenticulo. Este dato también se introduce en la calculadora, la cual suministra todos los valores necesarios para la talla del lenticulo requerido.

El disco corneal se sumerge por 30"-60" en solución de Verde Sulfo (0.25 gm, en 100 cc de agua bidestilada), para teñirlo y así facilitar su manejo. No se utilizó la solución criopreservadora KM-26.

Colocación y centraje del disco corneal, ya teñido, sobre la base de Delrin, en el criotorno, previamente regulado (ver "Desarrollo del programa"). La membrana basal epitelial del disco debe quedar contra la base.

La talla de los lenticulos corneales se realizó en el criotorno esferador, el cual es una modificación hecha por J. I. Barraquer, del torno esferador de Levin, para la manufactura de lentes de contacto.

Congelación y talla en el criotorno del disco corneal por su cara endotelial, con la ayuda del microscopio Zeiss-OPMI-9.

Para la talla de la zona óptica se utilizaron los valores Rt' , Dp' y Alfa.

Para la talla de la aleta: $Rt'a$, Dpa' y Beta.

Para la talla del borde: Rtb' , Dpb' y Gama.

La congelación del disco toma entre 3 y 4 minutos.

Descongelación del lenticulo, sumergiéndolo en suero fisiológico, a temperatura ambiente.

El lenticulo permanece en su base hasta ser suturado en el lecho de la córnea receptora (30-60 minutos, aproximadamente).

3. TECNICA QUIRURGICA

Para la anestesia hay que preparar, en primer lugar, una mezcla de 1 frasco de Pentotal de 1 gm, con 5 ampollas de Fenobarbital de 200 mgs, diluidos en 20 cc de suero fisiológico. Se toma 1 cc de esta mezcla y se diluye a su vez en 5 cc de suero fisiológico, para administración por vía endovenosa.

Para completar la analgesia, durante la intervención se instila en el ojo 1 gota de Novesina, cada 5 minutos.

La intervención se realiza con la ayuda del microscopio Zeiss.

VASILIS STATHOULOPOULOS

Se colocan los campos y el blefaróstato colibrí.

El globo ocular se fija con 4 puntos epiesclerales de seda 7-0, en cada uno de los codos del blefaróstato. Con ello el ojo tiene una posición central, que facilita el procedimiento; además, se evitan los movimientos del globo durante la trepanación.

Se practica la remoción del epitelio, con una esponja de polivinilo mojada en alcohol absoluto. Cuando el epitelio empieza a desprenderse y a volverse opaco, la superficie corneal se irriga con suero fisiológico, para eliminar los restos de alcohol.

Los restos del epitelio se remueven primero con una esponja seca y después, con suero fisiológico. Se lava la superficie corneal, hasta que quede limpia y transparente. Si por algún motivo quedan algunas células epiteliales en la superficie corneal recipiente, en el postoperatorio se presentará epitelización de la entrecara.

La remoción epitelial se debe hacer con mucho cuidado, sin producir daño al estroma superficial. De esta manera, en el postoperatorio se evitan las queratitis estromales superficiales, que pueden llevar a la pérdida del injerto o a la formación de leucomas.

El trépano de 7 mm de diámetro, regulado para una profundidad de 0.12 mm, se usa para cortar las capas superficiales de la córnea recipiente.

El lenticulo tiene siempre un diámetro de 8.5 mm, o sea 1.5 mm mayor que la trepanación. Esto se hace con el fin de evitar la compresión de los tejidos en el momento de la sutura, evitando así los desgarros del lenticulo.

Si por cualquier razón el diámetro del lenticulo es significativamente mayor o menor de lo que se requiere, el diámetro del trépano se debe ajustar en el diámetro del lenticulo, no olvidando que lo ideal sería que el diámetro del trépano sea un poco menor que el del lenticulo.

El trépano se debe colocar perpendicularmente sobre la superficie corneal.

El globo se estabiliza mejor fijando uno de los puntos epiesclerales, con la pinza de Adson.

El trépano se presiona sobre el globo, sin rotar, para asegurar un buen centraje con el eje pupilar. Cuando se encuentra la posición correcta, el trépano se presiona y se rota, para obtener un corte superficial.

Se inspecciona el corte del trépano, para ver si la profundidad del corte es igual a todos los 360°. Si no lo es, con una cuchilla se trata de

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

profundizar en las partes en que el corte es más superficial. Con una cuchilla bien afilada, se reseca un anillo corneal, en forma de cuña, de 0.5 mm de ancho aproximadamente, a partir del borde interno de la trepanación, hacia el centro de la córnea, en 360° (Fig. 16).

El lecho que queda es siempre irregular y se supone que debe dar astigmatismo en el postoperatorio (Fig. 17).

Esta resección anular remueve parte del estroma superficial, permitiendo así que el injerto cicatrice bien.

El lenticulo se hidrata con suero fisiológico y luego se coloca sobre la córnea recipiente. Se sutura primero con 8 puntos separados y radiales, con Perlon 10-0 y luego con una sutura continua de 8 pases radiales, también con Perlon 10-0.

Los cabos se cortan al ras, con cuchilla, y los nudos se entierran en la parte de la córnea recipiente.

La aguja pasa primero por la sustancia de la aleta, a una distancia aproximada de 0.5 mm del borde del lenticulo y en seguida por el ápice de la trepanación de la córnea recipiente, saliendo otra vez a una distancia de 0.5-1 mm del borde (Fig. 18).

Se debe evitar tocar la aleta con la pinza o ejercer mucha presión cuando se aprieta el nudo, porque, siendo la aleta muy delgada, se desgarrará fácilmente.

Los bordes del lenticulo deben afrontar perfectamente con los bordes de la trepanación en la córnea recipiente, sin dejar espacios mal coaptados. Esto es básico para la buena epitelización del lenticulo y además evita problemas de epitelización de la entrecara, los cuales conducirían a la falla del injerto.

Después de suturar, se quitan los puntos epiesclerales. Se inyecta 1/2 cc de sisomicina de 10 mg, subconjuntival y se instila 1 gota de Atropina al 0.5%.

En el 50% de los conejos se aplica un vendaje por 24 horas, y en el 50% restante se practica una tarsorrafia durante 1 semana.

4. MANEJO POSTOPERATORIO

El vendaje se quita 24 horas después de la intervención y se instila 1 gota de Atropina al 0.5%, repitiendo la dosis cada 4-5 días.

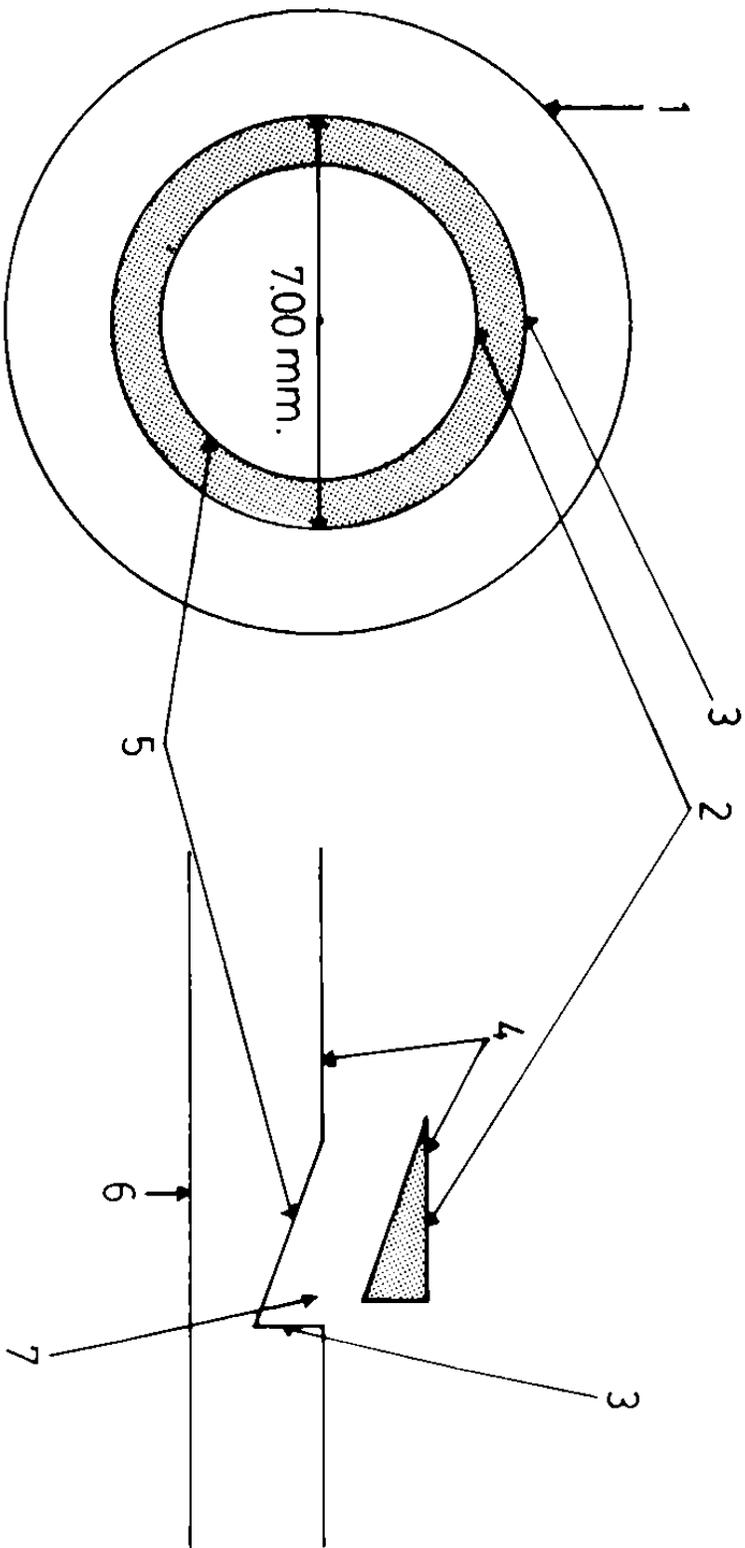


FIGURA 16

Forma ideal de la reseccion anular y del lecho remanente. 1. Limbo. 2. Anillo estromal resecaado de la cornea recipiente. 3. Corte del trepano. 4. Membrana basal epitelial. 5. Corte de la cuchilla.

EPIQUEFRATOFAQUIA HIPERMETROPICA

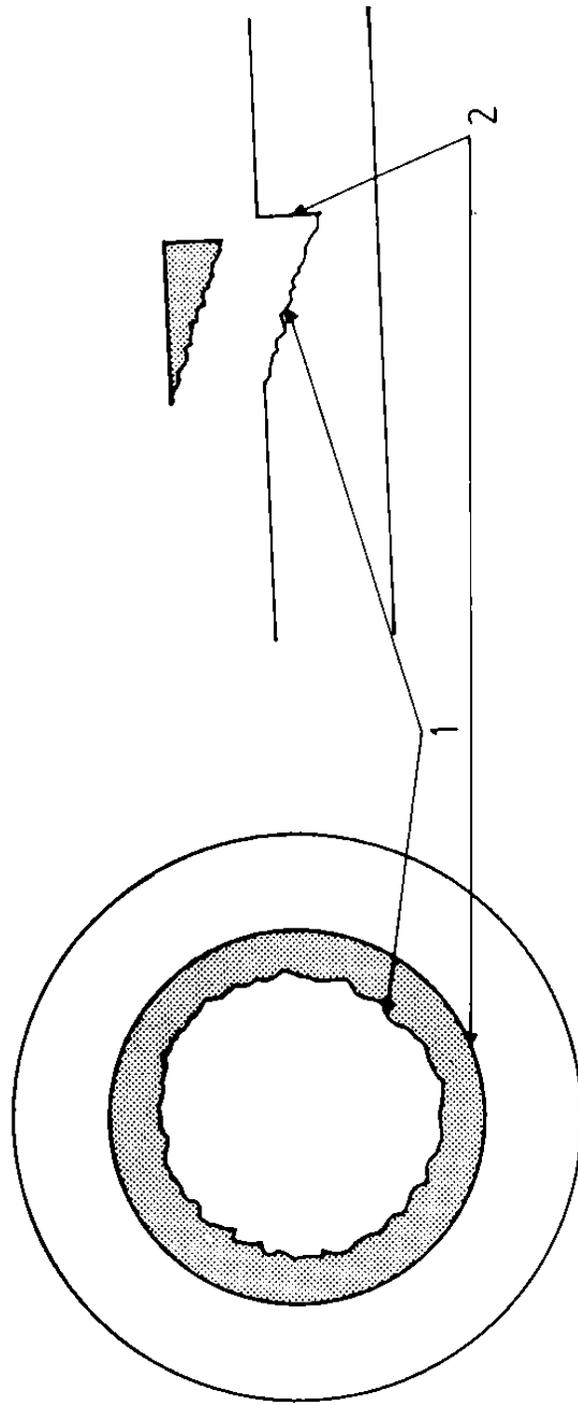
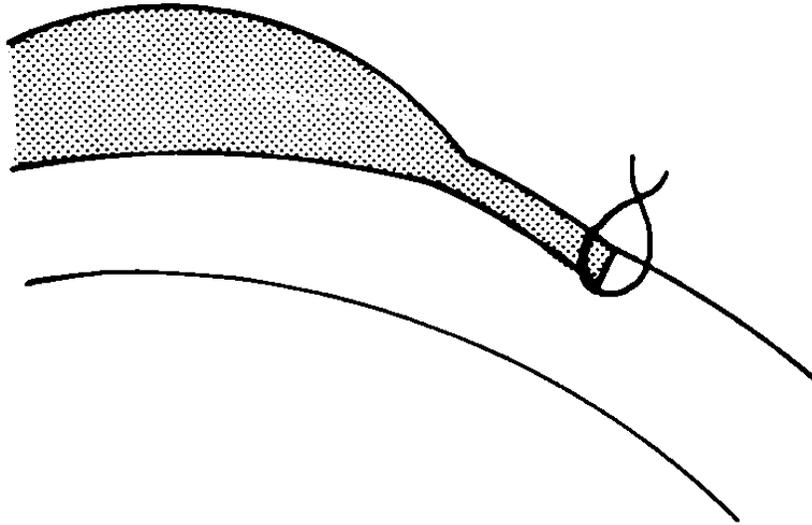
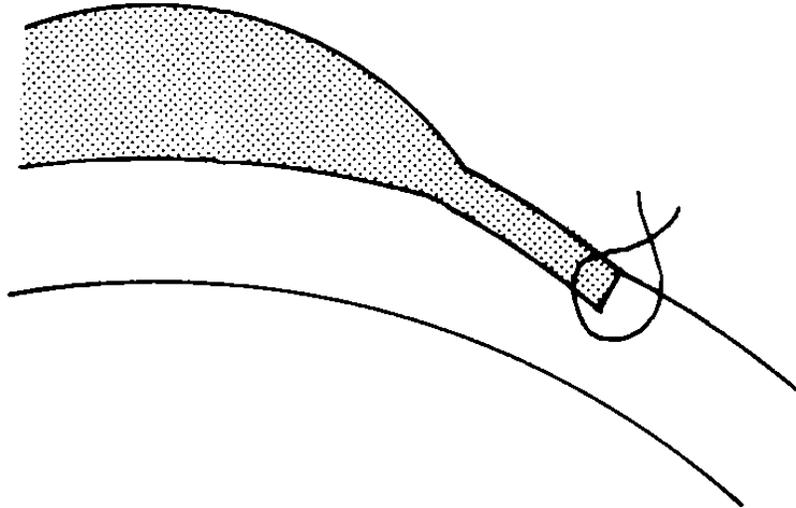


FIGURA 17

Forma real de la resección anular y del lecho. 1. Corte con tijeras o cuchilla.
2. Corte con trépano.



CORRECTO



INCORRECTO

FIGURA 18

Manera de aplicar los puntos.

EPIQUERATOFAQUIA HIPERMETROPICA

Ungüento de Fenicol (Cloramfenicol 1%), aplicado 2 veces al día, para protección contra las infecciones y para mantener el ojo lubricado hasta que se complete la epitelización. Después, éste se reemplaza por colirio Fenicol, 1 gota al día, por 3-4 semanas.

Para disminuir el proceso inflamatorio, desde el primer día se instila en el ojo 1 gota de Maxidex (Dexametazona 1%), cada 24 horas, por 3-4 semanas.

La administración del antibiótico fue más frecuente en los conejos que se infectaron; asimismo, se les suspendió la administración de corticoides.

A los conejos que presentaron fosetas de desecación sobre el lenticulo o córnea receptora se les practicó tarsorrafia temporánea, durante 1 semana, para facilitar la epitelización.

Las suturas (continua y puntos separados) se quitan tan pronto empiezan a aflojarse (20-30 días de postoperación). Si se dejan más tiempo, hay gran acumulación de moco sobre ellas y los neovasos empiezan a invadir el lenticulo desde el limbo.

5. REMOCION DEL LENTICULO DE LA CORNEA RECEPTORA

Se retiraron 2 lenticulos, en diferentes ocasiones. El primero se retiró 15 días después de la intervención, por necrosis lenticular, debida a mala coaptación en los bordes e invasión epitelial.

Bajo anestesia general, se retiraron los puntos. El lenticulo se desprendió fácilmente de su lecho, con pinzas. El epitelio se retiró con un instrumento romo, después de lo cual se aplicó un vendaje, por 24 horas. En el postoperatorio, ungüento de Fenicol, cada 12 horas, por 10 días. Observación (ver "Resultados clínicos") y enucleación, a los 65 días, para estudio histopatológico.

A los 70 días del postoperatorio, se retiró el segundo lenticulo, encontrándose en buenas condiciones de transparencia, epitelización y regularidad de las miras queratométricas.

Bajo anestesia general y con cuchilla, se practicó incisión vertical, de 3-4 mm de largo, en el centro del lenticulo, hasta llegar a la superficie de la córnea receptora. El lenticulo no estaba adherido (cicatrizado) en toda el área de la zona óptica, probablemente por la dirección paralela de

VASILIS STATHOULOPOULOS

las laminillas corneales. La única parte en donde estaba cicatrizado, era en la periferia, en donde se practicó la resección anular, en forma de cuña, en la córnea receptora. En este sitio las laminillas corneales del lentículo deben entrelazarse con la córnea receptora, lo que explica la buena cicatrización. Con la espátula piriforme, se despegó fácilmente el lentículo de esta zona y se envió para estudio histopatológico. El centro de la córnea receptora quedó transparente; en cambio, la parte periférica, correspondiente a la resección anular, quedó edematosa, por la pérdida estromal.

Se aplicó unguento de Fenicol y se practicó tarsorrafía. En el postoperatorio, unguento de Fenicol, cada 24 horas. La tarsorrafía se retiró a los 6 días (ver "Resultados clínicos").

Continúa en el Volumen 16 Nº 1.