

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)**1. Calcular la refracción que obtendremos al implantar una LIO Tórica de una potencia determinada**

```
////////////////////////////////////
//////// 21      BIOMETRIA TORICA HOLLADAY I      LIO
//      NECESITA      k1 steep (potencia corneal), Eje_steep, k2 flat,
eye flat, alx (longitud axial ecografia A),
//      A (Constante A LIO), Potencia LIO (esfera,
cilindro, eje)
//      DEVUELVE      Devuelve la LIO de potencia determinada en
dioptrias (SINGLE)
//
////////////////////////////////////
FUNCTION FN_REFRACCION_BIOMETRIA_TORIC_HOLLADAY_I_LIO(VAR_RSteep,
VAR_RFlat, VAR_ALXcorregida, VAR_ACD, VAR_A3, VAR_dVertice,
VAR_LIO_Esfera, VAR_LIO_Cilindro, VAR_LIO_Eje: single):
T_FN_BIOMETRIA_TORIC_ARRAY;          // TORIC Holladay LIO ---> RX
var
  // Datos Generales Formula
  RSteep:          single;
  RFlat:           single;
  ALXcorregida:    single;
  ACD:             single;
  A3:              single; // eje
  dVertice:        single;
  LIO_Esfera:       single;
  LIO_Cilindro:     single;
  LIO_Eje:          single;
  LIO_Cilindro_Comprobar: single;
  // LIO usada Transformaciones
  LIO_Steep:        single;
  LIO_Steep_Eje:    single;
  LIO_Flat:         single;
  LIO_Flat_Eje:     single;
  LIO_EE:           single; // equivalene esferico

  // Calculos refraccion esperada
  ER_Steep:         single;
  ER_Steep_Numerador: single;
  ER_Steep_Denominador: single;
  ER_Flat:          single;
  ER_Flat_Numerador: single;
  ER_Flat_Denominador: single;
  // Refraccion esperada al inserar esa LIO notacion esferocilindrica
  ER_Esfera:        single;
  ER_Cilindro:       single;
```

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

```
ER_Eje:                                single;

datos:                                array of single; // para combinar los dos
cilindros del corneal y el sirc
begin
  // Datos Generales
  RSteep                               := VAR_RSteep;
  RFlat                                := VAR_RFlat;
  ALXcorregida                         := VAR_ALXcorregida;
  ACD                                  := VAR_ACD;
  A3                                   := VAR_A3;
  dVertice                             := VAR_dVertice;
  LIO_Esfera                           := VAR_LIO_Esfera;
  LIO_Cilindro                         := VAR_LIO_Cilindro;
  LIO_Eje                              := VAR_LIO_Eje;
  // Comprobar que notacion LIO esta con cilindro negativo
  LIO_Cilindro_Comprobar := LIO_Cilindro;
  SetLength(result, 3); // el array necesita 3 elementos
  if (LIO_Cilindro_Comprobar > 0) then // poner refraccion a
negativos
    begin
      datos :=
FN_REFRACCION_Transposicion_Cilindros(LIO_Esfera,LIO_Cilindro,LIO_Eje)
;
      LIO_Esfera      := datos[0];
      LIO_Cilindro    := datos[1];
      LIO_Eje         := datos[2];
    end;
  // Refraccion Meridional LIO Implantar
  LIO_Steep           := LIO_Esfera + ((LIO_Cilindro / 2) *
3);
  LIO_Flat            := LIO_Esfera + (LIO_Cilindro / 2);
  LIO_Steep_Eje       :=
FN_REFRACCION_Transposicion_EJE_Cilindro(A3); //180 - A3; LIO_Eje =
A3 si ese ponen alineados
  LIO_Flat_Eje        := A3;

  ER_Steep_Numerador  := (1336 * ((1.336 * RSteep) - (0.3333 *
ALXcorregida))) - (LIO_Steep * (ALXcorregida - ACD) * ((1.336 *
RSteep) - (0.3333 * ACD)));
  ER_Steep_Denominador := 1.336 * ((dVertice * (1.336 * RSteep -
0.3333 * ALXcorregida)) + ALXcorregida * RSteep) - ((0.001 *
LIO_Steep) * (ALXcorregida - ACD) * (dVertice * (1.336 * RSteep -
0.3333 * ACD) + ACD * RSteep));
  ER_Steep            := ER_Steep_Numerador /
ER_Steep_Denominador;
  ER_Flat_Numerador   := (1336 * ((1.336 * RFlat) -
(0.3333 * ALXcorregida))) - (LIO_Flat * (ALXcorregida - ACD) * ((1.336
```

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

```

* RFlat) - (0.3333 * ACD)));
  ER_Flat_Denominador      := 1.336 * ((dVertice * (1.336 * RFlat
- 0.3333 * ALXcorregida)) + ALXcorregida * RFlat) - ((0.001 *
LIO_Flat) * (ALXcorregida - ACD) * (dVertice * (1.336 * RFlat - 0.3333
* ACD) + ACD * RFlat));
  ER_Flat                  := ER_Flat_Numerador
/ ER_Flat_Denominador;

  ER_Esfera                := ER_Flat;
  ER_Cilindro              := ER_Steep - ER_Flat;
  ER_Eje                   := A3;

// paso datos al array result
SetLength(result, 3); // el array necesita 3 elementos
result[0]                 := ER_Esfera; // Esfera
result[1]                 := ER_Cilindro; // Cilindro
result[2]                 := ER_Eje; // eje
end;

```

2. Calcular la potencia de la LIO Tórica que tenemos que implantar para conseguir una Refracción final RX, deseada (o la emetropía)

```

////////////////////////////////////
//////// BIOMETRIA TORICA HOLLADAY I    RX
//      NECESITA    k1 steep (potencia corneal), Eje_steep, k2 flat,
eje flat, alx (longitud axial ecografia A),
//      A (Constante A LIO), Rx
(refraccionpostoperatoria deseada), V (distancia al vertice de las
gafas)
//      DEVUELVE      Devuelve la LIO de potencia determinada en
dioptrias (SINGLE)
//
////////////////////////////////////
FUNCTION
FN_REFRACCION_BIOMETRIA_TORIC_HOLLADAY_I_RX(VAR_SIRC_S1,VAR_SIRC_C1,VA
R_SIRC_A1,VAR_K1_Flat, VAR_EJE1_Flat, VAR_K2_Steep, VAR_EJE2_Steep,
VAR_ALX, VAR_AConstante, VAR_ACD, VAR_V: single):
T_FN_BIOMETRIA_TORIC_ARRAY; // TORIC Holladay Rx ---> LIO
var
  // Datos Generales
  ALX: single;
  ALXcorregida: single;
  datos: array of single; // para combinar
los dos cilindros del corneal y el sirc
  // Datos de Potencia Corneal
  K1_Flat: single;

```

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

```
EJE1_Flat:          single;
K2_Steep:           single;
EJE2_Steep:         single;
// cambio refractivo corneal inducido por la cirugia
S1:                 single; // Esfera
C1:                 single; // cilindro
A1:                 single; // eje
// Cilindro corneal: potencia esferocilindrica corneal
S2:                 single; // Esfera
C2:                 single; // cilindro
A2:                 single; // eje
MaxK:               single;
MinK:               single;
CK:                 single;
AK:                 single;
// Suma SIRC + Potencia corneal
Alfa:               single;
Alfa2:              single;
Beta2:              single;
Beta_tangente:      single;
Beta_tangente_Numerador: single;
Beta_tangente_Denominador: single;
Epsilon:            single;
SC:                 single;
S3:                 single; // Esfera
C3:                 single; // cilindro
A3:                 single; // eje
K_Steep_Final:      single;
A_Steep_Final:      single;
K_Flat_Final:       single;
A_Flat_Final:       single;
// radios
Rsteep:              single;
Rsteep_Eje:         single;
RFlat:              single;
RFlat_Eje:          single;
RAverage:           single;
// Lente...
A_Constante:        single;
ELP_Holladay:       single;
ACD:                single;
VARI_ACD:           single;
SF:                 single;
AG:                 single;
AG_calculo:         single;
IOL_Steep:          single;
IOL_Steep_Eje:      single;
IOL_Flat:           single;
```

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

```
IOL_Flat_Eje:          single;
IOL_Deseada_Esfera:    single;
IOL_Deseada_Cilindro:  single;
IOL_Deseada_Eje:       single;
begin
// Datos Generales
ALX                      := VAR_ALX;
A_Constante              := VAR_AConstante;
VARI_ACD                 := VAR_ACD;
SetLength(datos, 3);
// SIRC
S1                        := VAR_SIRC_S1;
C1                        := VAR_SIRC_C1;
A1                        := VAR_SIRC_A1;
// Potencia Corneal
K1_Flat                  := VAR_K1_Flat;
EJE1_Flat                := VAR_EJE1_Flat;
K2_Steep                 := VAR_K2_Steep;
EJE2_Steep               := VAR_EJE2_Steep;
MaxK                     := K2_Steep;
MinK                     := K1_Flat;
CK                       := MinK - MaxK;
AK                       := EJE1_Flat;
S2                       := MaxK;
C2                       := CK;
A2                       := AK;
//SIRC + Potencia Corneal
// Angulo alfa
Alfa                     := A2 - A1;
Alfa2                    := 2 * Alfa;
// Calcular el angulo Beta
Beta_tangente_Numerador  := (C2) * (sin(DegtoRad(Alfa2)));
Beta_tangente_Denominador := (C1 + C2 * cos(DegtoRad(Alfa2))) +
0.0000000001; // se añade el numero tan pequeño para que nunca sea 0 y
de problemas de division por 0
Beta_tangente            := Beta_tangente_Numerador /
Beta_tangente_Denominador;
Beta2                    := RadtoDeg(arctan(Beta_tangente));
// Calcular el angulo Epsilon
Epsilon                  := (Beta2 + 180) / 2;
// Calcular lo que contribuyen los cilindros al esfera:SC
SC                       := (C1 *
sqr(sin(DegtoRad(Epsilon)))) + (C2 * sqr(sin(DegtoRad(Alfa -
Epsilon))));
// Calcular Esfera final
S3                       := S1 + S2 + SC;
// Calcular el cilindro final
C3                       := C1 + C2 - (2 * (SC));
```

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

```
// Calcular el eje final
A3                                     := A1 + Epsilon;
// Comprobar que el cilindro es negativo
if (C3 > 0) then // poner refraccion a negativos
    begin
        datos                                     :=
FN_REFRACCION_Transposicion_Cilindros(S3,C3,A3);
        S3                                     := datos[0];
        C3                                     := datos[1];
        A3                                     := datos[2];
    end;
// potencia corneal final y sus radios
K_Steep_Final                             := S3 ;
A_Steep_Final                             :=
FN_REFRACCION_Transposicion_EJE_Cilindro(A3);                                     //
180 - A3;                                     /// esta mal /////
K_Flat_Final                             := S3 + C3;
A_Flat_Final                             := A3;
Rsteep                                     := (0.3375 /S3) * 1000;
RFlat                                     := (0.3375 /(S3 + C3)) * 1000;
RAverage                                 := 0.50 * (Rsteep + RFlat);
// Longitud axial corregida (grosor retiniano)
ALXcorregida                             := ALX + 0.2;
// Calculo ACD y ELP
    // si VAR_ACD es 0 ---> el programa calcula ACD de acuerdo a la
formula de Holladay, si es <> 0 usa la introducida
    if VARI_ACD = 0 then
        begin
            AG_calculo := (12.5 * ALXcorregida) / 23.45; //anchura
corneal
            if (AG_calculo > 13.5) then
                begin
                    AG := 13.5;
                end
            else
                begin
                    AG := AG_calculo;
                end;
            ELP_Holladay := (0.56 + RAverage) - (sqrt(sqr(RAverage) -
(sqr(AG) / 4)));
            SF                                     := FN_REFRACCION_BIOMETRIA_SF(A_Constante);
            ACD                                     := ELP_Holladay + SF;
        end
    else
        begin
            ACD                                     := VARI_ACD;
        end;
// Calculo Potencia en cada meridiano, steep and flat
```

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

```
IOL_Steep := (1336 * (((1.336 * Rsteep) / 0.3333) - ALXcorregida)) / ((ALXcorregida - ACD) * (((1.336 * Rsteep) / 0.3333) - ACD));
IOL_Steep_Eje :=
FN_REFRACCION_Transposicion_EJE_Cilindro(A3);
IOL_Flat := (1336 * (((1.336 * RFlat) / 0.3333) - ALXcorregida)) / ((ALXcorregida - ACD) * (((1.336 * RFlat) / 0.3333) - ACD));
IOL_Flat_Eje := A3;
IOL_Deseada_Esfera := IOL_Steep;
IOL_Deseada_Cilindro := IOL_Flat - IOL_Steep;
IOL_Deseada_Eje := A3;
// paso datos al array result
SetLength(result, 13); // el array necesita 13 elementos
result[0] := IOL_Deseada_Esfera; // Esfera
result[1] := IOL_Deseada_Cilindro; // Cilindro
result[2] := IOL_Deseada_Eje; // eje
result[3] := IOL_Steep; // IOL
result[4] := IOL_Steep_Eje; // IOL EJE Steep
result[5] := IOL_Flat; // IOL
result[6] := IOL_Flat_Eje; // IOL EJE Flat
result[7] := Rsteep; // Radio Steep de
SIRC + Astigmatismo Corneal
result[8] := A_Steep_Final; // EJE Steep de SIRC
+ Astigmatismo Corneal
result[9] := RFlat; // Radio Flat
de SIRC + Astigmatismo Corneal
result[10] := A_Flat_Final; // EJE Flat de SIRC
+ Astigmatismo Corneal
result[11] := ALXcorregida; // ALX Corregida
result[12] := ACD; // ACD Usada
end;
```

EXPLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA DE LA FÓRMULA

CALCULO LIO TÓRICA USANDO LA FÓRMULA DE HOLLADAY I (ANÁLISIS MERIDIONAL)

CONCEPTO

Con esta fórmula podemos calcular la potencia de la LIO TÓRICA a implantar así como la refracción esperada.

Se usa la fórmula de Holladay I para el cálculo de la potencia en los meridianos ortogonales.

A. CALCULAR CARACTERÍSTICAS LIO TORICA PARA ALCANZAR LA EMETROPIA

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

Deben seguirse los siguientes pasos para su cálculo:

1. CALCULAR EL S.I.R.C.

Se obtiene siguiendo las recomendaciones de Holladay.

El cilindro debe estar a Negativos

$S_{SIRC}/C_{SIRC} \times E_{SIRC}$ (Esfera Cilindro Eje)

$S1 / C1 \times E1$

2. OBTENER LA POTENCIA CORNEAL.

La potencia esferocilíndrica de la cornea se obtiene a través de la queratometria.

$S2 = \text{MaxK}$

$C2 = \text{MinK} - \text{MaxK}$

$E2 = \text{Meridiano de MinK}$

$S2 / C2 \times E2$

3. PREDECIR EL CILINDRO CORNEAL RESULTANTE TRAS LA CIRUGIA (SIRC + CORNEA)

Se combinan los dos cilindros según el método de Holladay.

$\alpha = A2 - A1$

$2\beta = \arctan((C2 * \sin^2\alpha) / (C1 + (C2 * \cos^2\alpha)))$

$\theta = (2\beta + 180) / 2$

$SC = (C1 * \sin^2\theta) + (C2 * \sin^2(\alpha - \theta))$

$S3 = S1 + S2 + SC$

$C3 = C1 + C2 - (2 * SC)$

$A3 = A1 + \theta$

De esta manera obtenemos el refracción esferocilíndrica tras combinar el SIRC y los datos de la queratometria preoperatoria: $S3 / C3 \times E3$

El cilindro debe estar en negativos, si no es así debe realizarse la transposición.

Por lo tanto el poder meridional corneal en el plano de la cornea es como sigue::

- Meridiano Mas Plano (Flat): $(S3 + C3) @ A3$

con radio $r_{flat} = (0.3375 / (S3 + C3)) * 1000$

- Meridiano Mas Agudo (Steep): $S3 @ (180 - A3)$ con

radio $r_{steep} = (0.3375 / S3) * 1000$

La media de los radios

es:

$$r_{media} = 0.50 * (r_{steep} + r_{flat})$$

4. DETERMINAR LA POTENCIA MERIDIONAL DE LA LIO EN LOS 2 MERIDIANOS (STEEP Y FLAT)

Si no conocemos la ACD es preciso calcularla según la formula de Holladay:

$ACD = \text{ELPHolladay} + SF$

$\text{ELPHolladay} = (0.56 + r_{media}) - ((r_{media}^2) - (AG^2 / 4))^{1/2}$

AG es la anchura corneal y depende de la ALX. Se calcula:

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

$$AG = (12.5 * ALX_{Corregida}) / 23.45$$

Si el resultado no puede ser mayor de 13.50, si es así $AG = 13.50$.

La potencia para alcanzar la emetropia sería para el meridiano agudo (steep):

$$LIO_{Numerador} = 1336 * (((1.336 * r_{steep}) / 0.3333) - ALX_{Corregida})$$

$$LIO_{Denominador} = (ALX_{Corregida} - ACD) * (((1.336 * r_{steep}) / 0.3333) - ACD)$$

$$LIO_{Steep} = LIO_{Numerador} / LIO_{Denominador}$$

La potencia para alcanzar la emetropia sería para el meridiano plano (flat):

$$LIO_{Numerador} = 1336 * (((1.336 * r_{flat}) / 0.3333) -$$

$$ALX_{Corregida})$$

$$LIO_{Denominador} = (ALX_{Corregida} - ACD) * (((1.336 * r_{flat}) / 0.3333) - ACD)$$

$$LIO_{Flat} = LIO_{Numerador} / LIO_{Denominador}$$

5. DETERMINAR LA POTENCIA DE LA LIO TÓRICA

Una vez se conocen los datos de los meridianos ortogonales, plano y agudo, la potencia de la LIO tórica necesaria para alcanzar la emetropia es (EN EL PLANO DE LA LIO y con el CILINDRO -):

$$\text{Esfera} = LIO_{Steep}$$

$$\text{Cilindro} = LIO_{Flat} - LIO_{Steep}$$

$$\text{Eje} = A3$$

$$LIO_{Necesaria} = LIO_{Steep} / (LIO_{Flat} - LIO_{Steep}) * A3$$

B. CALCULAR LA REFRACCIÓN RESULTANTE AL IMPLANTAR UNA LIO TÓRICA DE UNAS DETERMINADAS CARACTERÍSTICAS

Dada una LIO con las siguientes características refractivas:

$$S_{LIO} / C_{LIO} \times E_{LIO}$$

Como se pretende colocar el eje de la LIO en el mismo meridiano que el astigmatismo del paciente:

$$E_{LIO} = A3$$

Deben seguirse los siguientes pasos para su cálculo:

1. COMPROBAR QUE EL CILINDRO ESTÁ A NEGATIVOS

2. CALCULAR EN EL PLANO DE LA LIO LA POTENCIA MERIDIONAL

El equivalente esférico sería:

$$EE_{LIO} = S_{LIO} + (0.50 * C_{LIO})$$

El meridiano agudo (Steep):

$$LIO_{Steep} = S_{LIO} @ (180 - C_{LIO})$$

El meridiano plano (Flat):

$$LIO_{Flat} = (S_{LIO} - C_{LIO}) @ E_{LIO}$$

Con estos datos podemos calcular r_{steep} y r_{flat} .

3. CALCULAR LA REFRACCIÓN ESPERADA EN CADA MERIDIANO (STEEP Y FLAT) USANDO LA FÓRMULA DE HOLLADAY I

En el meridiano agudo o steep sería:

ANÁLISIS MERIDINAL DE IMPLANTES LIO TÓRICA (HOLLADAY I)

Escrito por Manuel Diego Valdearenas Martin

Domingo, 11 de Junio de 2017 19:14 - Actualizado Miércoles, 26 de Agosto de 2020 10:33

$$\begin{aligned}RX_{\text{Numerador}} &= (1336 * ((1.336 * r_{\text{steep}}) - (0.3333 * ALX_{\text{Corregida}}))) - (LIO_{\text{Steep}} * (ALX_{\text{Corregida}} - ACD) * ((1.336 * r_{\text{steep}}) - (0.3333 * ACD))) \\RX_{\text{Denominador}} &= 1.336 * ((d_{\text{Vertice}} * (1.336 * r_{\text{steep}} - 0.3333 * ALX_{\text{Corregida}})) + ALX_{\text{Corregida}} * r_{\text{steep}}) - ((0.001 * LIO_{\text{Steep}}) * (ALX_{\text{Corregida}} - ACD) * (d_{\text{Vertice}} * (1.336 * r_{\text{steep}} - 0.3333 * ACD) + ACD * r_{\text{steep}})); \\RX_{\text{steep}} &= RX_{\text{Numerador}} / RX_{\text{Denominador}}\end{aligned}$$

En el meridiano plano o flat sería:

$$\begin{aligned}RX_{\text{Numerador}} &= (1336 * ((1.336 * r_{\text{flat}}) - (0.3333 * ALX_{\text{Corregida}}))) - (LIO_{\text{Flat}} * (ALX_{\text{Corregida}} - ACD) * ((1.336 * r_{\text{flat}}) - (0.3333 * ACD))) \\RX_{\text{Denominador}} &= 1.336 * ((d_{\text{Vertice}} * (1.336 * r_{\text{flat}} - 0.3333 * ALX_{\text{Corregida}})) + ALX_{\text{Corregida}} * r_{\text{flat}}) - ((0.001 * LIO_{\text{Flat}}) * (ALX_{\text{Corregida}} - ACD) * (d_{\text{Vertice}} * (1.336 * r_{\text{flat}} - 0.3333 * ACD) + ACD * r_{\text{flat}})); \\RX_{\text{flat}} &= RX_{\text{Numerador}} / RX_{\text{Denominador}}\end{aligned}$$

4. TRASPONER A REFRACCION ESFERO-CILINDRICA

$$\begin{aligned}RX_{\text{Esfera}} &= RX_{\text{steep}} \\RX_{\text{Cilindro}} &= RX_{\text{flat}} - RX_{\text{steep}} \\RX_{\text{Eje}} &= A3\end{aligned}$$

BIBLIOGRAFÍA

1. Meridional analysis for calculating the expected spherocylindrical refraction in eyes with toric intraocular lenses, Han Bor Fam, Kooi Ling Lim, BOptom, J Cataract Refract Surg 2007;33:2072-2076.
2. Calculating the surgically induced refractive change following ocular surgery, Holladay JT, Cravy TV, Koch DD, J Cataract Refract Surg 1992;18:429-443.