

Prácticas de Visión Binocular

Curso 2005/2006

1 EL HORÓPTERO LONGITUDINAL

1.- OBJETIVO

Determinar el horóptero longitudinal utilizando el criterio del plano fronto-paralelo aparente.

2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

El horóptero se define como el lugar geométrico de los puntos del espacio objeto cuyas imágenes se forman sobre puntos correspondientes de la retina. Recordemos que los puntos correspondientes son los que, estimulados simultáneamente, dan lugar a una percepción única.

Para determinar el horóptero existen diferentes criterios. Experimentalmente uno de los más utilizados es el del plano fronto-paralelo aparente, cuya justificación es la siguiente:

Si los ojos convergen hacia un punto P (figura 1) y el punto lateral Q es percibido a la misma distancia quiere decir que las imágenes del punto Q se forman en puntos que no presentan disparidad retineana.

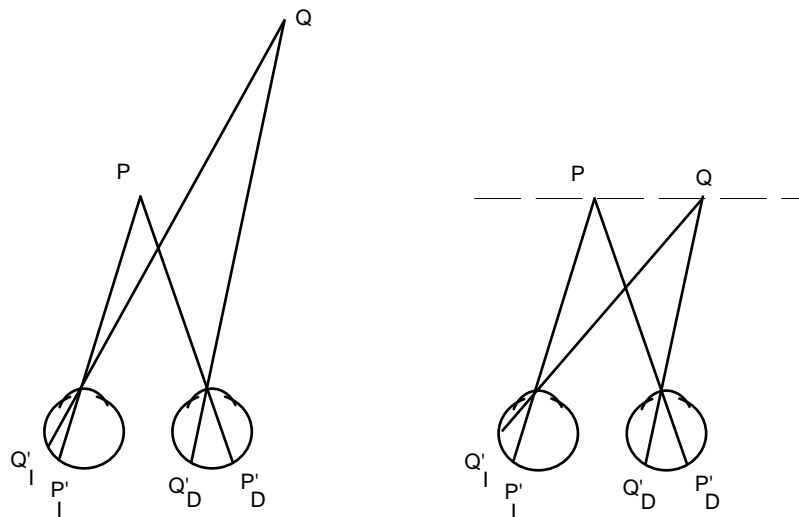


Figura 1

Debido a que los puntos P y Q están en el mismo plano en el espacio visual, el criterio para determinar el horóptero recibe el nombre de **Plano Frontoparalelo Aparente**.

El Horóptero para un punto de fijación dado es una superficie en un espacio de 3 dimensiones. Sin embargo, a efectos prácticos, se considera la intersección de este horóptero con el plano visual que pasa a través del punto de fijación y de las dos pupilas de entrada, obteniéndose el horóptero longitudinal.

Una primera consideración al horóptero es considerar que los puntos correspondientes de la retina son los que equidistan de la fóvea. El horóptero así obtenido es un círculo que pasa por el punto de fijación y los centros de las pupilas de entrada, denominado Círculo de Vieth-Muller. (Figura 2)

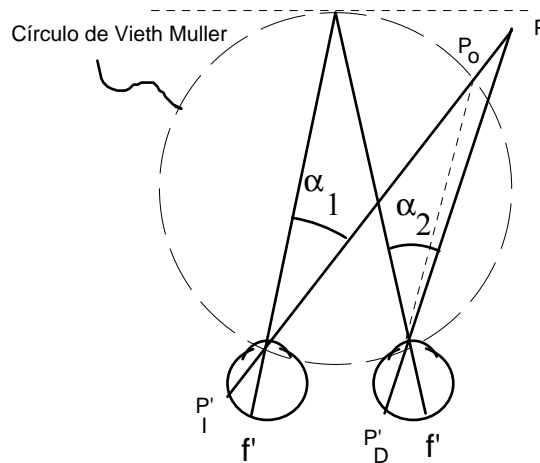


Figura 2

Sin embargo, al determinar experimentalmente el horóptero no se obtiene siempre un círculo, sino que su forma varía con la distancia del punto de fijación. Este es el horóptero de Hering-Helmholtz-Hillebrand que para una distancia de 2m tiene forma recta, para distancias inferiores es cóncavo y para distancia superiores es convexo.(Figura 3)

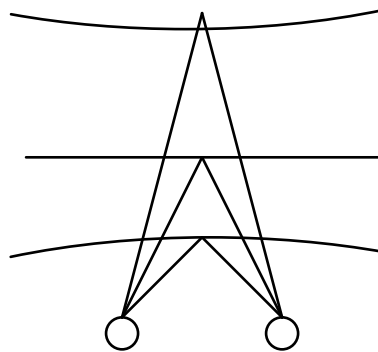


Figura 3

El instrumento utilizado para determinar el horóptero utilizando el criterio del plano fronto-paralelo aparente consiste en 7 varillas de pequeño diámetro seis de las cuales pueden ser desplazadas por el observador a lo largo de unos carriles que forman un ángulo constante respecto de la posición de los ojos. El cilindro fijo sirve de punto de fijación. Es importante que los extremos de estos cilindros y los extremos de la pantalla difusora de fondo no sean visibles, a fin de evitar la influencia de este factor empírico de tamaño sobre los resultados obtenidos. (figura 4)

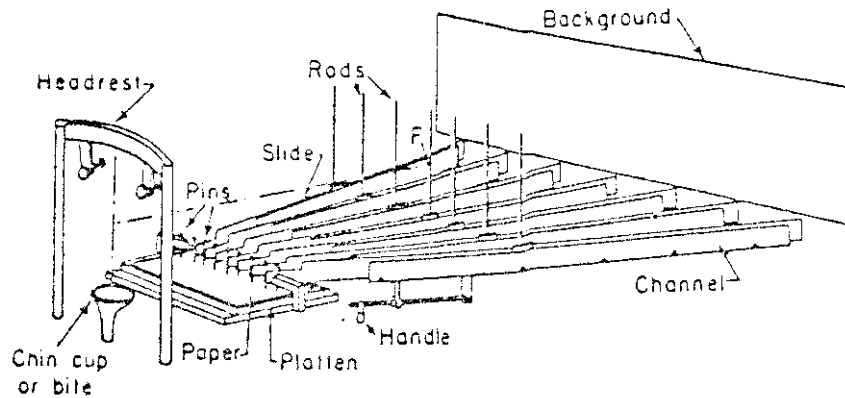


Figura 4

3.-MATERIAL UTILIZADO

- Instrumento para determinar el Horóptero.
- Mentonera

4.-REALIZACIÓN PRÁCTICA

Situar al observador con la cabeza apoyada en la mentonera y ajustarla de forma que la altura de sus ojos esté al nivel de la apertura de la pantalla del instrumento. Situar la varilla fija a 60 cm del plano corneal del sujeto y en su plano medio. Es importante realizar esta operación con la máxima precisión posible a fin de evitar que se produzcan distorsiones en la forma del horóptero.

Una vez situado correctamente el observador, le pedimos que vaya desplazando todas las varillas hasta conseguir que se encuentren en un mismo plano frontal aparente. La persona puede ir ajustando las posiciones de la varilla las veces que sea necesario hasta obtenerlo. Anotaremos la posición de las diferentes varillas y repetiremos la operación 10 veces. Representaremos la media de los 10 resultados obtenidos para cada uno de los carriles en la figura que se encuentra al final del guión; uniendo los puntos de los diferentes carriles obtendremos el horóptero longitudinal.

Es muy importante advertir al observador de que mantenga la fijación en la varilla vertical mientras varía la posición de las demás para obtener el plano fronto-paralelo aparente.

Los ángulos que subtienden los carriles de nuestro aparato son los siguientes (figura 5)

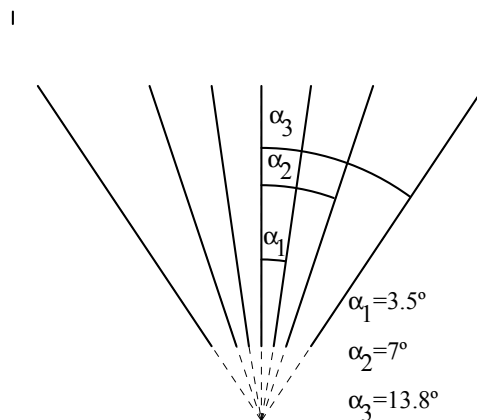


Figura 5

5.-RESULTADOS

- 1) Determinar el horóptero longitudinal utilizando el criterio fronto-paralelo aparente para dos distancias (60 cm y 100 cm) y para dos observadores
- 2) Comparar los resultados obtenidos con los de vuestro compañero de prácticas. Comenta las diferencias

2

RELACIÓN CONVERGENCIA ACOMODACIÓN

1.- OBJETIVO

Obtener la gráfica de la relación convergencia-acomodación determinando las amplitudes relativas de convergencia y acomodación para diferentes distancias de observación.

2.-MATERIAL

Prismas
Test
Gafas de prueba o foróptero

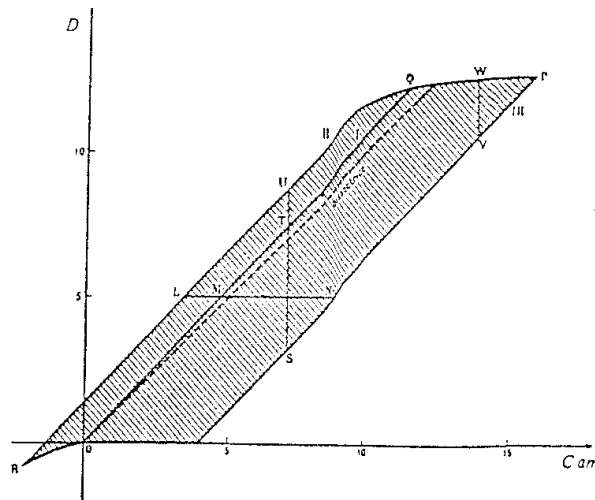
3.-FUNDAMENTO TEÓRICO

Para el émétrope se verifica que, dado un punto de fijación a una distancia x en metros, la convergencia será $1/x$ ángulos métricos y la acomodación $1/x$ dioptrías.

Cuando hay una ametropía se rompe esta identidad y de hecho, un miope, por ejemplo, en el remoto no acomoda y en cambio converge. Un miope de -2 D tiene su remoto a -0.5 metros. En este punto su acomodación será de 0 D mientras que su convergencia será de 2 a.m.

Este hecho nos señala una flexibilidad en la relación C/A, por lo que es interesante estudiar sus resortes elásticos.

Podemos representar esta relación mediante la gráfica convergencia-acomodación, que para un émétrope tiene la siguiente forma:



Gráfica 1.-Tomado de "Physiological Optics".- Le Grand, El Hague

La variación de convergencia para un valor de acomodación determinado es la amplitud relativa de convergencia, que corresponde al segmento LN sobre la gráfica. La variación de acomodación para un valor de convergencia determinado es la amplitud relativa de acomodación, que corresponde al segmento SU sobre la gráfica.

4.-REALIZACIÓN PRÁCTICA

a)Amplitud relativa de convergencia

Situaremos un test a una cierta distancia lo que nos determinará la acomodación. Para aumentar la convergencia utilizaremos prismas de base temporal, que nos producirán un movimiento de adducción en ambos ojos.

Aumentaremos la potencia de los prismas hasta que aparezca la diplopia (punto de ruptura). Anotaremos el valor de la potencia prismática correspondiente a este punto (hay que tener en cuenta que la potencia prismática que produce la ruptura es la suma de las dioptrías antepuestas en cada uno de los ojos).

Para disminuir la convergencia utilizaremos un prisma de base nasal que nos producirá un movimiento de abducción en ambos ojos. Mediante un procedimiento similar al anterior determinaremos el punto de ruptura en base nasal.

La diferencia entre los valores de la potencia prismática correspondiente al punto de ruptura nos dará la amplitud relativa de convergencia.

b) Amplitud relativa de acomodación

Situaremos un test a una cierta distancia lo que nos determinará la convergencia. Para variar la acomodación en ambos ojos utilizaremos lentes esféricas de potencia positiva para disminuir su valor y lentes negativas para aumentarlo.

Situaremos las lentes negativas delante de los ojos e iremos aumentando su potencia hasta que el test nos parezca borroso. De esta forma obtendremos la acomodación máxima para un determinado valor de convergencia. Repitiendo el proceso con lentes positivas obtendremos la acomodación mínima. La diferencia entre ambos valores es la amplitud relativa de acomodación.

5.-RESULTADOS

Realizaremos una determinación de los puntos de ruptura y de las acomodaciones máxima y mínima. Para poder hacer la conversión de ángulos métricos a dioptrías prismáticas deberemos determinar la distancia interpupilar.

- a) Determinar los puntos de ruptura y de recuperación y la amplitud de convergencia para los valores de acomodación $A= 0$, $A= 1D$, $A=2D$ y $A= 3D$.
- b) Determinar la amplitud relativa de acomodación para unos valores de convergencia $C= 0$, $C= 1$, $C=2$. y $C= 3$ a.m.
- c) Con estos datos trazar la gráfica convergencia-acomodación comparándola con la teórica y comentando las posibles diferencias. Expresar la convergencia en dioptrías prismáticas conociendo la relación:

$$C(\Delta) = DIP(cm) \cdot C(am)$$

3 AGUDEZA VISUAL ESTEREOSCÓPICA

1.-OBJETIVO

Determinar la agudeza visual estereoscópica utilizando diferentes métodos psicofísicos de medida.

2.-FUNDAMENTO TEÓRICO

La visión estereoscópica permite la percepción de los objetos en profundidad. Esta propiedad del sistema visual basada esencialmente en la disparidad binocular (figura 1).

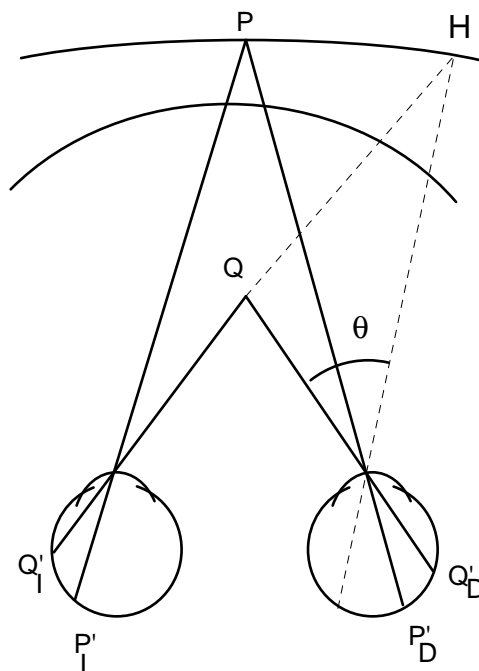


Figura 1

Si una persona fija un punto P, otro punto situado por delante de él y que no se encuentre dentro del espacio de Pánum formará su imagen sobre puntos no correspondientes en la retina y por lo tanto presentarán una cierta disparidad binocular. Únicamente los puntos que se encuentran sobre el horóptero presentan una disparidad binocular nula. Por lo tanto podemos medir esta magnitud mediante el ángulo

Sin embargo, generalmente las disparidades no se refieren al horóptero y lo que se determina es la disparidad geométrica (figura 2)

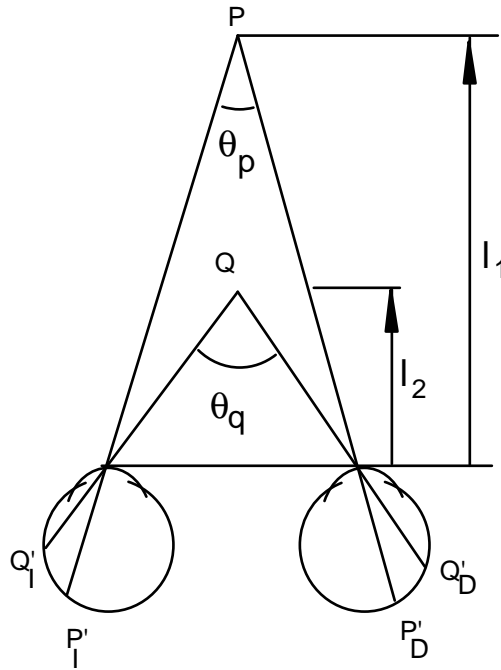


Figura 2

Si θ_p y θ_q son los ángulos que subtenden P y Q respecto de los ojos, la diferencia $\theta_p - \theta_q$ es la disparidad geométrica o paralaje binocular de los puntos P y Q. Es decir:

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_q$$

donde $\Delta\theta$ representa la disparidad geométrica.

Si el punto P se encuentra a una distancia l_1 de la línea interpupilar y el punto Q a una distancia l_2 :

$$\theta_p = p / l_1 \qquad \theta_q = p / l_2$$

donde p representa la distancia interpupilar de la persona.

Por lo tanto, podemos calcular el paralaje binocular como:

$$\Delta\theta = p \left(\frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_2} \right) = \frac{p(l_2 - l_1)}{l_2 l_1} = \frac{p\Delta l}{l_2 l_1}$$

donde Δl es la diferencia entre l_1 y l_2 .

Como la diferencia entre l_1 y l_2 no es muy grande comparado con sus valores absolutos podemos considerar l_1 aproximadamente igual a l_2 quedando:

$$\Delta\theta = \frac{p\Delta l}{l^2}$$

donde $l = (l_1 + l_2) / 2$

La agudeza visual estereoscópica se define como el mínimo valor de la disparidad binocular que puede ser percibido, o lo que es lo mismo., el mínimo valor de la disparidad geométrica que de lugar a una impresión de percepción en profundidad. Su valor se expresa en minutos de arco.

Normalmente la agudeza visual estereoscópica es muy elevada. Como valores normales se puede suponer el intervalo [10-100]" , pero puede llegar incluso a valores menores de 4".

Como todo umbral psicofísico, la agudeza visual estereoscópica es variable y debe ser determinada mediante métodos adecuados. Además de esta dependencia del método utilizado podemos señalar la influencia de los factores empíricos de profundidad y de la separación de los objetos sobre los resultados obtenidos.

Una forma utilizada normalmente para determinar la agudeza visual estereoscópica consiste en emplear dos cilindros de pequeño diámetro manteniendo la fijación en uno de ellos y desplazando el otro lateralmente hasta que sean percibidos en planos distintos. Es importante que los extremos de los cilindros no sean visibles para evitar la influencia de este factor empírico en los resultados. Este instrumento se conoce con el nombre de Aparato de Howard-Dolman (figura 3)

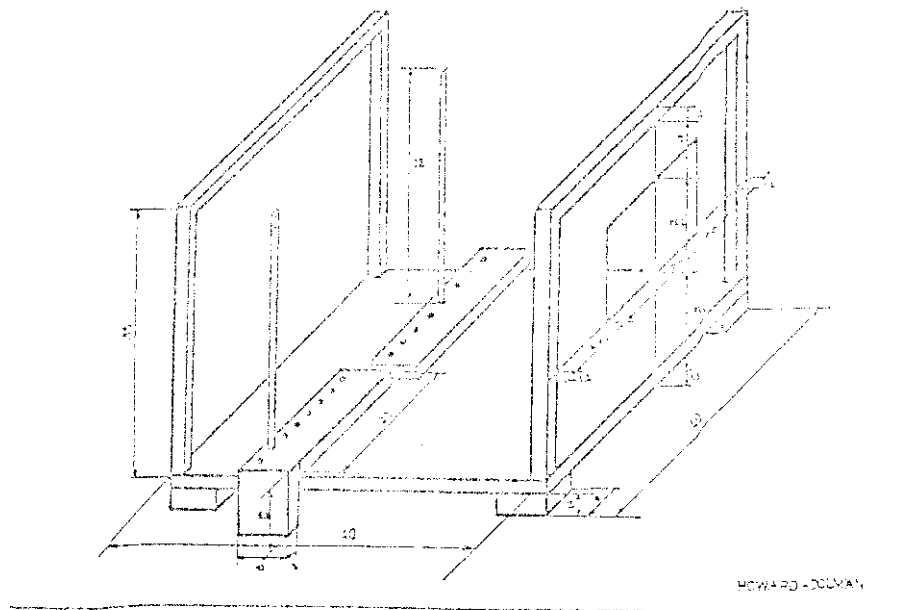


Figura 3

3.-MATERIAL UTILIZADO

Mentonera
Aparato de Howard-Dolman

4.-REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para determinar la agudeza visual estereoscópica utilizando el aparato de howard-Dolman utilizaremos dos métodos psicofísicos de medida.

a) Método del ajuste

En este método los dos cilindros permanecen expuestos continuamente. El observador fija su mirada en el cilindro que no varía su posición y vamos desplazando lentamente el móvil hacia atrás hasta que lo vea en un plano distinto. A continuación lo desplazamos lentamente hacia delante hasta que el observador los perciba en el mismo plano. Repetiremos este procedimiento 10 veces y la media de los

desplazamientos realizados es la distancia d_l que nos permitirá calcular la agudeza visual estereoscópica $\Delta\theta$ utilizando (1).

El procedimiento debe repetirse desplazando el cilindro móvil por delante del fijo y volviendo a obtener $\Delta\theta$. ¿Coinciden las agudezas visuales estereoscópicas obtenidas para el cilindro móvil por delante o por detrás del fijo?. Tratar de explicarlo

b) Método de los estímulos constantes

Con el aparato situado a una cierta distancia determinaremos una posición para el cilindro móvil en que se percibe claramente más cerca y una posición en que se percibe claramente más lejos del cilindro fijo. Dividiremos el intervalo entre la posición del cilindro fijo y las posiciones extremas del cilindro móvil en tres partes, de forma que tendremos un total de 7 posiciones. Asignaremos el número 0 a la posición del cilindro fijo y + 3 a las posiciones extremas lejanas y cercanas respectivamente (Figura 4)

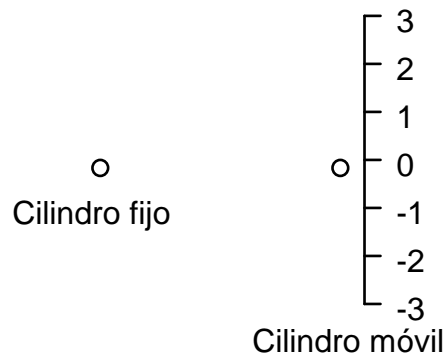


Figura 4

Situaremos el cilindro móvil en una de las seis posiciones distintas de la posición 0 de forma aleatoria y lo expondremos durante un período tiempo limitado (1 segundo) al observador, el cual deberá indicarnos si lo percibe más lejos que el cilindro fijo.

Las respuestas del tipo "no estoy seguro" o "a la misma distancia" se deben evitar y en todo caso el observador debe responder siempre con una respuesta afirmativa o negativa. Esta operación la repetiremos hasta realizar 20 determinaciones para cada una de las posiciones, es decir, 140 determinaciones en total. A continuación representaremos en una gráfica el porcentaje de respuestas de un tipo para cada posición. (Figura 5)

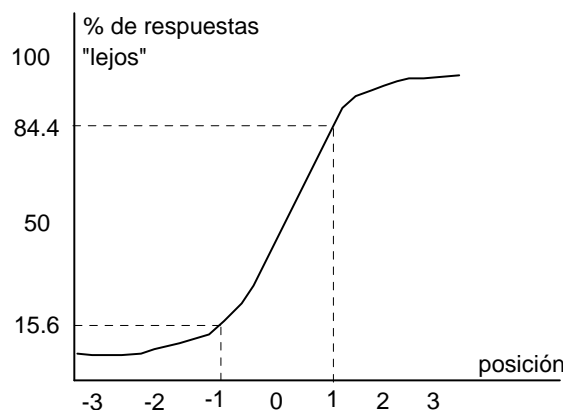


Figura 5

La forma típica de esta curva es la de una ogiva como puede observarse en la figura. La distancia correspondiente a un porcentaje de respuestas del 50% es la que nos indica cuando los cilindros son percibidos en un mismo plano.

El parámetro que se utiliza normalmente para determinar la Agudeza Visual estereoscópica es la desviación estándar σ que representa el valor en el cual están comprendidos el 68.8% de las respuestas correctas, es decir, el 34,4% por encima del punto medio situado en el 50%. Por lo tanto, las distancias correspondientes a los porcentajes del 84.4% y de 15.6% restadas de la correspondiente al 50% nos dará el valor $\Delta\ell$ a partir del cual podremos calcular la agudeza visual estereoscópica $\Delta\theta$ utilizando (1).

5.-RESULTADOS

- 1) Determinar, para los dos observadores, la agudeza visual estereoscópica con cada uno de los dos métodos explicados para una distancia de observación fija de 1 m.
- 2) Para la misma distancia que el apartado anterior realizar una determinación monocular que permite poner de manifiesto la influencia de los factores empíricos monoculares en la percepción de profundidad.
- 3) Comparar los valores obtenidos de la agudeza visual estereoscópica con cada uno de los métodos y para una distancia de 60 cm. consideradas. Analizar también las diferencias entre la A.V.E. cuando el cilindro se sitúa por delante o por detrás del cilindro móvil. ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de cada uno de los métodos utilizados?

4 CURVA DE VERGENCIAS FORZADAS

1. OBJETIVOS

Determinar la curva de disparidad de fijación versus forias.

2. MATERIAL

- Ordenador
- Gafa de prueba
- Lentes prismáticas
- Filtros rojo y azul

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

La disparidad de fijación consiste en una pequeña desviación de los ejes visuales respecto a un punto de fijación dado. Esta desviación suele producirse dentro de los límites de las áreas de Panum, no superando generalmente los 6' de arco en visión foveal, aunque puede llegar a más de 20' de arco en visión extrafoveal.

Generalmente, la disparidad de fijación puede determinarse mediante tests de alineamiento vernier en visión disociada. En estos, se presentan al observador dos líneas verticales, de forma que cada una de ellas sea fijada con un ojo diferente y se le pide al observador que las alinee manteniendo la fijación en un punto que hace de estímulo fusional. La figura 1. Muestra un ejemplo de este tipo de tests.

Curva de vergencias forzadas

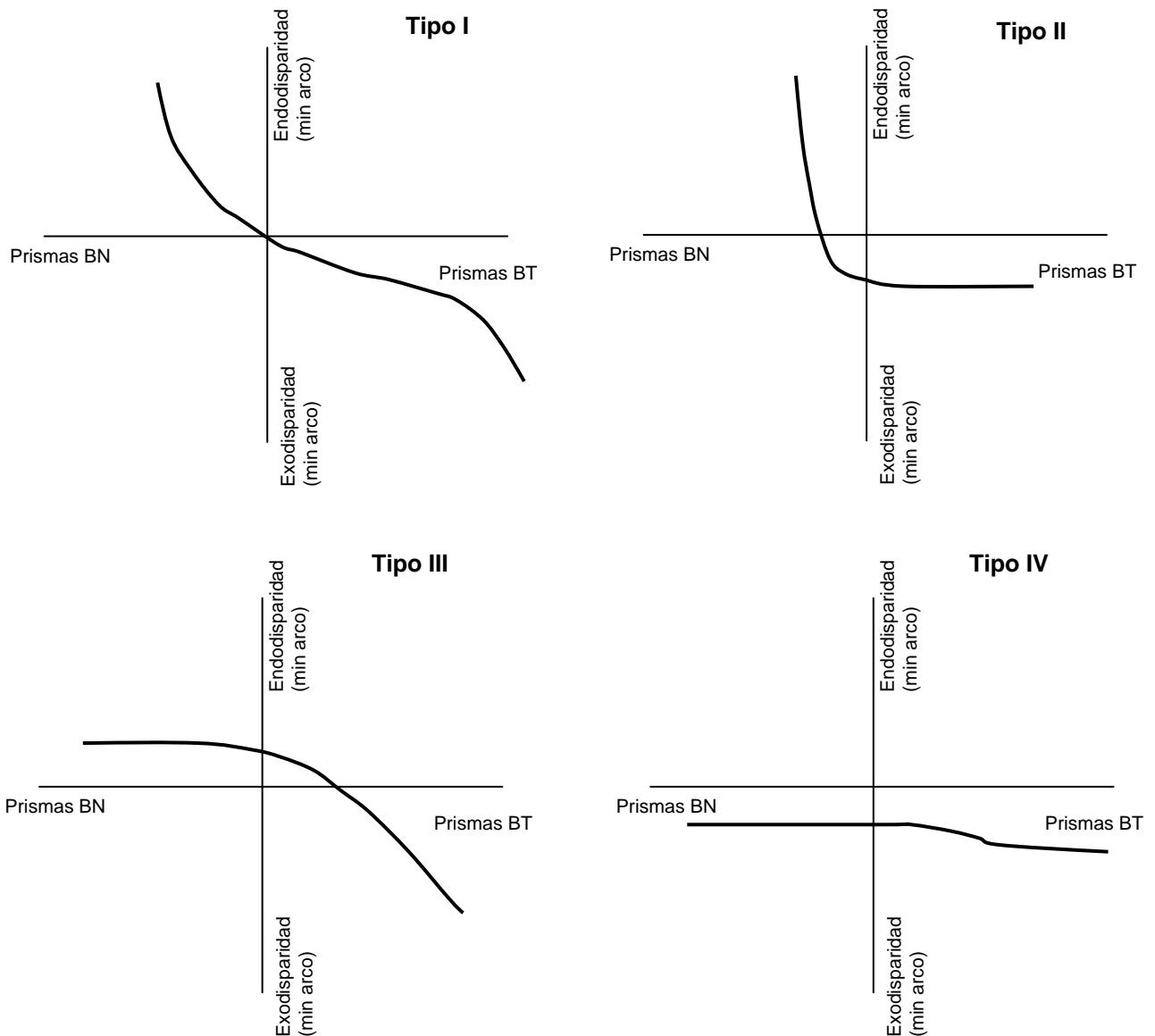
Cuando colocamos prismas de base temporal frente a los ojos, aumenta la convergencia necesaria para mantener la fijación. Si realizamos la medida de la disparidad de fijación para diferentes valores de vergencias forzadas, obtendremos la curva de vergencias forzadas. El corte con el eje y indicaría la disparidad de fijación en ausencia de prismas y el corte con el eje x la cantidad de potencia prismática necesaria para reducir la disparidad de fijación a cero.



OXO

La curva de vergencias forzadas varía ampliamente de un sujeto a otro, pero Ogle (1967) describió cuatro tipos fundamentales de curvas. El Tipo I (figura 2) es una sigmoide en la que se observa como la disparidad de fijación aumenta rápidamente con el valor de potencia prismática, tanto en la dirección de base temporal como nasal. La curva de Tipo II muestra una rápida variación de la disparidad cuando disminuye la convergencia requerida, y un valor constante de disparidad con los prismas de base temporal (figura 3). En el caso del Tipo III se produce el caso contrario: la disparidad no varía cuando disminuye la convergencia, pero varía rápidamente cuando ésta aumenta. Por último en el Tipo IV, se observan cambios pequeños tanto si se aumenta como si se disminuye la convergencia.

En aproximadamente un 25% de la población, existe un cambio en el comportamiento de las curvas, pasando del tipo I cuando el punto de fijación es cercano al tipo II con un punto de fijación lejano.



4. REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para medir la curva de vergencias forzadas, haremos uso de un programa informático desarrollado específicamente para realizar alineamientos vernier en visión disociada. Para ello, utilizaremos un filtro rojo (OD) y otro azul (OI), que colocaremos en la gafa de prueba.

El programa que se utiliza permite alinear dos líneas verticales mientras se mantiene la fijación en un punto central, variando la posición de la superior con las teclas A-S. Cuando se considere que están alineadas, pulsaremos la tecla Q y el programa nos dará automáticamente la distancia entre las dos líneas (Δd) en mm. Para pasar a minutos de arco, basta con hacer uso de la relación:

$$DF (^{\circ}) = 60 \cdot \arctg (\Delta d / D)$$

Siendo D la distancia de observación.

Para medir la curva tomaremos 7 valores de potencia prismática de BT (0,4,6,8,10, 12 y 14 Δ) y 7 valores de BN (0,4,6,8,10, 12 y 14 Δ), siempre que se mantenga la haplopi, determinando para cada valor de convergencia tres veces la disparidad de fijación.

5. RESULTADOS

- 1) Determinar la curva de vergencias forzadas para los dos observadores, a una distancia de visión cercana (60 cm) y otra lejana (3 m)
- 2) Clasificar las curvas obtenidas según la clasificación de Ogle
- 3) ¿Existen diferencias entre los observadores? Comenta las diferencias en visión cercana y lejana.

5 ANISOMETROPÍA Y ANISEICONIA

1. OBJETIVOS

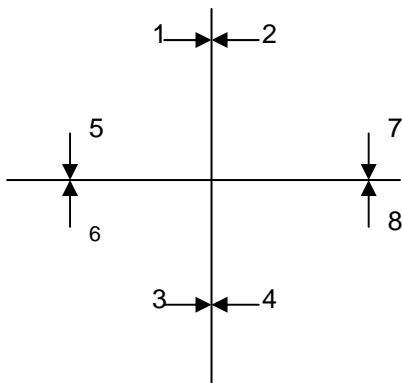
Determinar la elipse aniseicónica para una aniseiconia inducida.

2. MATERIAL

- Ordenador
- Gafa de prueba
- Lentes esféricas y cilíndricas
- Filtros rojo y azul

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

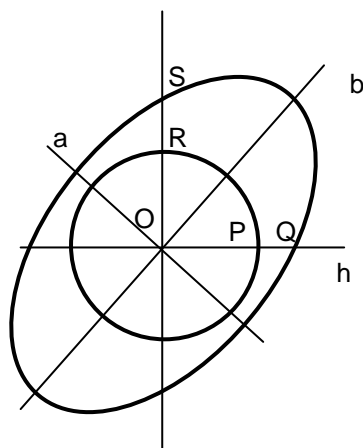
La aniseiconia se produce por la diferencia de tamaño de las imágenes retinianas. Esta diferencia puede ser debida a una diferencia del valor de la ametropía de cada uno de los ojos (anisometropía) o a causas receptoriales o corticales. En general, la aniseiconia puede compensarse mediante lentes isogonales que permiten variar el tamaño de una de las imágenes retinianas.



La aniseiconia se mide haciendo uso de eiconómetros espaciales. En éstos, se puede determinar la variación del tamaño de las imágenes retinianas mediante un test que es presentado en visión disociada, de forma que el ojo derecho ve una imagen y el izquierdo otra. Si hacemos uso del test de la figura 1, el ojo derecho vería las flechas 2,4,6,8 y el izquierdo las 1,3,5,7. Cuando el sujeto alinea las flechas pares con las impares, podemos tener una medida directa de la diferencia de tamaños de un ojo con respecto al otro.

A partir de los valores de ajuste, podemos calcular el aumento de la imagen en la dirección vertical (v) y horizontal (h).

Sin embargo, es evidente que el aumento de la imagen de un ojo con respecto al otro no tiene porqué ser en las direcciones vertical u horizontal y ni siquiera tiene que ser el mismo. Podemos generalizar el problema del aumento de una de las imágenes retinianas debido a la aniseiconia suponiendo que un círculo perfecto en un ojo degenera en una elipse en el otro. Esta elipse, conocida como elipse aniseicónica, nos permite conocer con exactitud los aumentos de la imagen en las dos direcciones principales de la elipse, a y b.



A partir de la figura es evidente que, de los datos del eiconómetro obtenemos dos aumentos, h y v que vienen dados por:

$$v = OS/OR$$

y

$$h = OQ/OP$$

Podemos relacionar estos valores con a y b

A través de las expresiones:

$$a=0.5(v+h+f)$$

$$b=0.5(v+h-f)$$

donde $f=(v-h)/\cos 2\theta$

siendo θ el ángulo que esta girada la elipse respecto el eje h.

Para calcular el ángulo θ es preciso conocer el ángulo de desviación entre los ejes horizontales y verticales de un ojo con respecto a otro, δ_v . En general, tomaremos este ángulo como fijo y de valor $+0.5^\circ$. El ángulo θ lo calcularemos como:

$$\tan 2\theta = 3.5\delta_v/(v-h)$$

4. REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para el desarrollo de la práctica partiremos de una eiconómetro de comparación directa implementado en el ordenador. Mediante este eiconómetro podemos conocer los aumentos en cuatro direcciones: 0° (h), 90° (v), 45° y 135° (el ordenador proporciona el aumento en tanto por uno y hay que pasarlo a tanto por cien). Los filtros se colocarán de forma que el rojo esté en el OD y el azul en el OI.

Para simular aniseiconías, induciremos una anisometropía colocando una lente negativa delante del ojo derecho de diferentes potencias, que serán anuladas por la acomodación del ojo. En estas condiciones, tendremos que cada ojo proporciona un tamaño de imagen retiniana diferente. Para realizar la práctica, se medirá la aniseiconia inducida con lentes de -1 y $-2D$, en cada uno de los dos componentes de la pareja.

Para medir la elipse aniseicónica, se tomará la media de 10 medidas del aumento en cada una de las direcciones.

Para simular una aniseiconia donde se genere una elipse (diferente aumento en dos direcciones), colocaremos una lente cilíndrica negativa de la mayor potencia posible que sea tolerada por el observador. Haremos 10 medidas de los aumentos en todas las direcciones colocando el eje de la lente a 0 , 45° y 90° , tomando después la media y desviación estándar

Es muy importante que, en todas las medidas, la distancia observador-pantalla sea fija. Por ello, una vez fijada la distancia de observación más cómoda (60cm, por ejemplo), hay que mantenerla durante toda la práctica para que los resultados sean comparables.

La representación de la elipse se puede hacer de forma directa, dibujando en un diagrama polar (aumento/ángulo) los datos de las 6 direcciones. Se comparará este resultado con el obtenido matemáticamente tomando sólo las direcciones h y v y un δ_v promedio fijo de 0.5° .

5. RESULTADOS

- Determinar la elipse aniseicónica para anisometropías inducidas con lentes esféricas de -1 y $-2D$, para los dos observadores.
- Determinar la elipse aniseicónica para anisometropías inducidas con lentes cilíndricas de $-1D$ con el eje colocado a 0 , 45 y 90° , para los dos observadores.