



INTRODUCCIÓN A LA DISPARIDAD DE FIJACIÓN

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

HAPLOPIA & ÁREA DE PANUM

Los objetos ubicados en el horóptero dan lugar a la **haplopi**a, que significa visión única fusionada. Lo contrario de haplopi es **diplopi**a o visión doble. Un **haploscopio** es un instrumento que presenta un objetivo diferente a cada ojo. Al hacerlo, es posible controlar las dos imágenes de la retina y sus disparidades de forma independiente. Las imágenes pueden estar fusionadas binocularmente, dando al sujeto una percepción de haplopi. Los haploscopios a veces se utilizan clínicamente para la terapia visual (TV), y por los científicos para estudiar la visión binocular y percepción del espacio (Figura 20.1a). Algunas aplicaciones modernas interesantes de los principios haploscópicos se ven en la realidad virtual y en los visualizadores que se colocan en la cabeza, como los utilizados por los militares (Figura 20.1b).

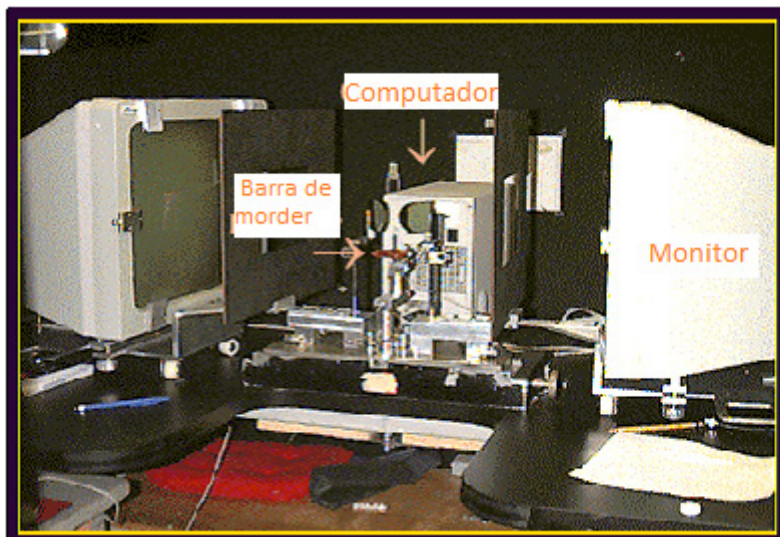


Figura 20.1 (a) Ejemplo de un haploscopio de laboratorio utilizado en la investigación de la visión binocular.
(b) Ejemplo de un visualizador montado en un casco. (<http://www.keo.com/SIMEYE100A.htm>)

En el entorno visual normal, un solo objeto es visto por los dos ojos, y el cerebro debe fusionar las imágenes en una sola. Si el objeto se encuentra en la horóptero, las imágenes del ojo derecho e izquierdo se fusionan en haplopi porque caen en los puntos correspondientes. Si el observador mantiene la fijación, y un objeto se mueve hacia delante o hacia atrás del horóptero, las imágenes empezarán a caer sobre puntos que no se corresponden. A pesar de la disparidad retiniana creciente, la percepción se mantendrá dentro de los límites haplopícos. Cuando las

disparidades de la retina llegan a ser demasiado grandes para que el sistema visual fusione, se percibirá la diplopia. Esto marca el límite del **espacio / zona de Panum** (Figure 20.2).

Algunas características del área de Panum son:

- Es más pequeña cerca de la fovea, alrededor de 6-10 minutos de arco a cada lado del horóptero.
- La estereopsis se inicia alrededor de los 2-10 segundos de arco a cada lado del horóptero, cerca del centro del área de Panum.
- El área de Panum se expande periféricamente a cerca de 30-40 minutos de arco a 12° de la fovea. En algunos casos, objetos de hasta 2-3° de disparidad se pueden fusionar.
- La extensión del área de Panum no es constante, puede variar dependiendo del individuo, las condiciones y métodos de la prueba.

DISPARIDAD DE FIJACIÓN

Cuando se mide el horóptero, con frecuencia se asume que los ejes visuales están convergiendo correctamente en el punto de fijación, el cual es el punto central del horóptero. Es posible, sin embargo, que en algunos casos el horóptero no pase a través del punto de fijación. En estos casos, aun cuando el sujeto intenta fijar el bastón central, hay aun algo de disparidad retinal entre las dos foveas. Por lo que, la intersección de los ejes visuales no es en los horópteros, y los ejes visuales estaban ligeramente hiper o hipo convergiendo con respecto al punto de fijación. A esta falta de alineación residual durante la fijación bifoveal se llama **disparidad de fijación**.

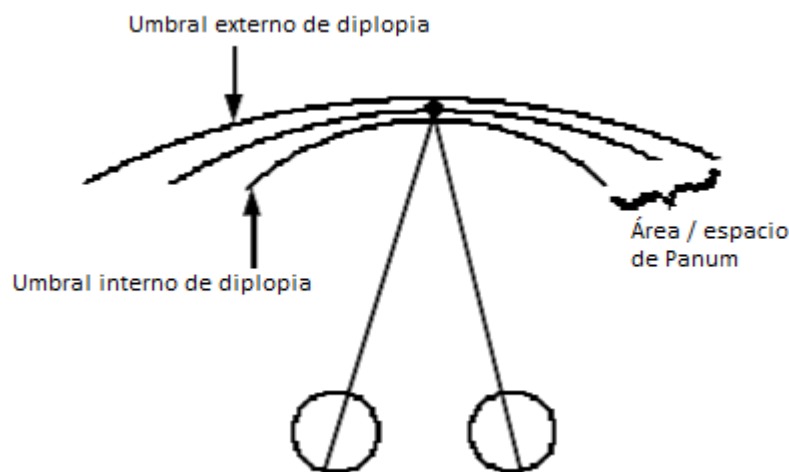


Figura 20.2 Área de Panum.

Disparidad de fijación y disparidad de vergencia

Ya que es posible fusionar las imágenes que están dentro del área de Panum, no es absolutamente necesario que ambas foveas fijen al mismo punto para alcanzar la fusión binocular. De hecho, una pequeña cantidad de disparidad puede ser beneficiosa.

Recuerde que la fusión motora es uno de los prerrequisitos para la fusión binocular. La fusión motora lleva los ejes visuales de cada ojo hacia el punto de fijación. La disparidad de vergencia se subdivide en **disparidad de vergencia gruesa** y **fin**. La disparidad de vergencia fina está cercanamente relacionada con la disparidad de fijación, porque este es el mecanismo que responde a la disparidad retinal y trabaja para afinar la posición de los ejes visuales.

Figura 20.3, Adaptada del capítulo de Saladin Forometría y Estereopsis (Borish, Capítulo 20), es similar a la cartilla de análisis sistemático (Borish Fig. 5-16) que usted ya ha visto. Una referencia alternativa es Cuiffreda y Hung, 1988.

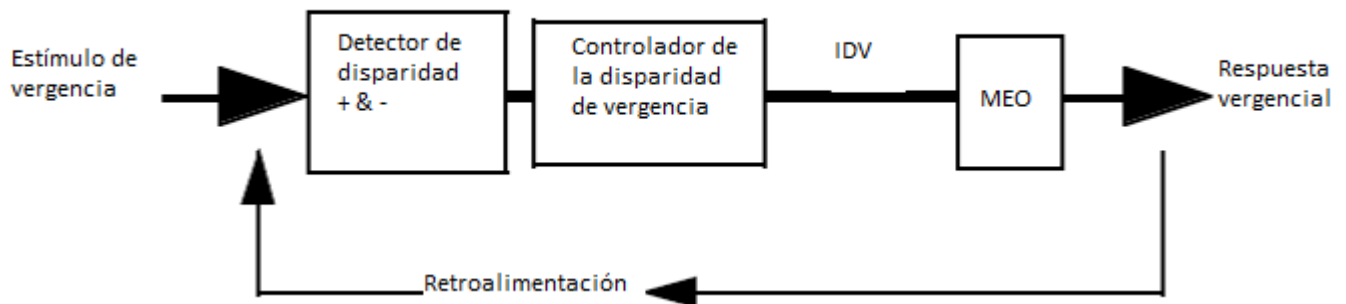


Figura 20.3 El sistema de disparidad de vergencia considerado de manera aislada de otros componentes.

Cuando se cambia la atención de un punto de fijación distante a uno cercano, se crea una demanda de convergencia o estímulo vergencial. Un sistema detector de disparidad siente la disparidad positiva (**disparidad cruzada**) y transmite esta información al controlador de disparidad vergencial. El controlador estima la magnitud de convergencia requerida y ajusta la inervación de disparidad de vergencia (IDV) para provocar un movimiento vergencial grueso, el cual disminuye la disparidad.

Poco después, el controlador realiza una innervación para una respuesta motora fina – Los MEOs reducen la disparidad casi a cero. Sin embargo, recuerde que usualmente no se reduce el ángulo de la disparidad completamente a cero. De ser así, el estímulo para el sistema de disparidad de vergencia sería cero y los ojos se irían de regreso a la posición fisiológica de reposo. Cuando los ojos se han movido cierta cantidad hacia afuera, la disparidad estimulará nuevamente el detector de disparidad de vergencia y activará la disparidad de vergencia nuevamente.

Generalmente el límite de la disparidad de vergencia de los pacientes con exoforia está justo delante de la fijación, pero dentro del área de Panum. Por lo que se espera observar una ligera **disparidad de fijación exo** en los pacientes con exoforia. Esto deja una pequeña cantidad de disparidad positiva que estimula una continua convergencia fusional fina (Fig 20.4).

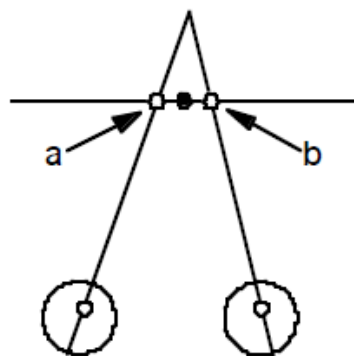


Figura 20.4 Ejemplo de disparidad de fijación exo.

En el caso de la endoforia, los ojos tienden a favorecer una postura hiper convergente respecto del punto de fijación. Durante la fusión binocular, la disparidad de vergencia fina la reduce, pero no perfectamente. Usualmente una cantidad pequeña residual de disparidad negativa o **disparidad de fijación endo**, queda y esto ayuda a estimular la respuesta de divergencia (Fig 20.5).

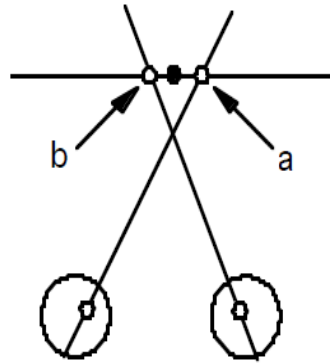


Figura 20.5 Ejemplo de disparidad de fijación endo.

Si el paciente mantiene la fijación a la misma distancia por más de unos minutos, la adaptación vergencial comienza a hacerse cargo, y esto disminuye algo de la demanda al controlador de la disparidad de vergencia.

Se espera que persista una pequeña cantidad de disparidad de fijación, pero una disparidad de fijación excesivamente grande puede imponer una demanda excesiva al sistema de disparidad vergencial.

Dirección Visual y Disparidad de Fijación

En la presencia de una disparidad de fijación, las imágenes caen en puntos retinales no correspondientes, y tienen direcciones visuales oculocéntricas ligeramente diferentes. Dónde aparecerán localizadas en el espacio? De acuerdo con la ley de Hering de la dirección visual binocular, la dirección visual de imágenes que caen en puntos retinales ligeramente dispares es el promedio de las dos direcciones visuales.

Por lo tanto, ante la presencia de una disparidad de fijación (asumiendo que la disparidad está repartida igual entre los dos ojos) la localización aparente de la imagen fusionada será el verdadero punto de fijación (vea las Figuras 20.4 y 20.5).

MEDIDA DE LA DISPARIDAD DE FIJACIÓN

La medida de la disparidad de fijación es útil ya que provee información acerca de que tan bien está funcionando el sistema vergencial y puede ayudar en el diagnóstico y tratamiento de los problemas clínicos de la binocularidad. Si usted puede determinar dónde se intersectan los ejes visuales, puede describir qué tan grande es la disparidad de fijación en términos de disparidad angular. El ángulo de disparidad será la diferencia entre el ángulo de la vergencia al punto de fijación y el punto real de intersección.

Muchas pruebas clínicas están diseñadas para medir la disparidad de fijación, pero en lugar de encontrar el punto donde los dos ejes se intersectan, usualmente determinan la relación de los ejes visuales de los dos ojos con cada uno. En la Figura 20.4, observe la ubicación de los puntos 'a' (en el eje visual del OI) y el punto 'b' (en el eje visual del OD) en relación con el punto de fijación. En este caso de una disparidad de fijación exo el punto 'a' está a la izquierda y el punto 'b' está a la derecha. Desde la geometría (Asumiendo que la DP y la distancia de fijación tienen un valor conocido) se puede calcular la disparidad de fijación angular desde las posiciones de los puntos 'a' y 'b'. Esto también está ilustrado en la **Fig. 24-35 de Adler**.

Debido a que las disparidades de fijación deben ocurrir dentro del área de Panum, son pequeñas, usualmente de solo unos minutos de arco. La Figura 20.5 da un ejemplo de una disparidad de fijación endo. En este ejemplo, el punto 'a' (eje visual OI) cae a la derecha del punto de fijación y el punto 'b' (eje OD) cae a la izquierda. Una vez más, la dirección percibida binocularmente es derecho al frente, pero la dirección oculo céntrica de cada ojo es diferente.

Si usted pudiera colocar una etiqueta en los ejes visuales de cada ojo, vería que la etiqueta para el OD (b) ahora cae a la izquierda del punto de fijación; la etiqueta para el OI (a) cae a la derecha del punto de fijación. En efecto, las pruebas clínicas que miden la disparidad de fijación de alguna forma etiquetan o marcan el eje visual de cada ojo, y muestran donde se localizan, en relación con el punto de fijación, durante la fijación binocular.

Las disparidades de fijación son importantes porque pueden ayudar al examinador a determinar la cantidad correcta de prisma a prescribir para corregir las forias horizontales y verticales. La presencia de una disparidad de fijación grande puede causar tensión ocular.

Tomado de Tychsen (Visión Binocular, Capítulo 24 en Adler 9th edición):

“La disparidad de fijación no se debe confundir con la disparidad binocular: la disparidad de fijación es un desalineamiento de los ejes visuales; la disparidad binocular es la estimulación de regiones retinales no correspondientes por un objeto que se encuentra fuera del horóptero”

DISEÑO DE PRUEBAS CLÍNICAS PARA MEDIR DISPARIDAD DE FIJACIÓN

Debido a que la disparidad de fijación es un desalineamiento de los ejes visuales que ocurre durante la fusión binocular normal, las pruebas que miden la disparidad de fijación deben:

- Permitir una fusión binocular, esto es, que porciones del objeto de la prueba deben ser vistos y fusionados por ambos ojos.
- Tener alguna forma de etiquetar o marcar la dirección visual oculo céntrica de cada ojo, para mostrar la desviación relativa al punto de fijación. De alguna forma la dirección visual monocular de cada ojo debe ser identificada cuando los ojos están fusionando binocularmente.

La mayoría de las pruebas cumplen con estos requisitos usando polarizados. Una porción de la tarjeta, conocida como **un asegurador de la fusión**, no es polarizada, y puede ser visto por ambos ojos. Una parte es polarizada y vista solo por el ojo derecho; otra parte está polarizada cruzada y visible sólo para el ojo izquierdo. La Figura 7.6 muestra cómo se puede realizar. Varios ejemplos de la prueba clínica de disparidad de fijación se muestran en **Borish Figs. 20-15, 16, 17**.

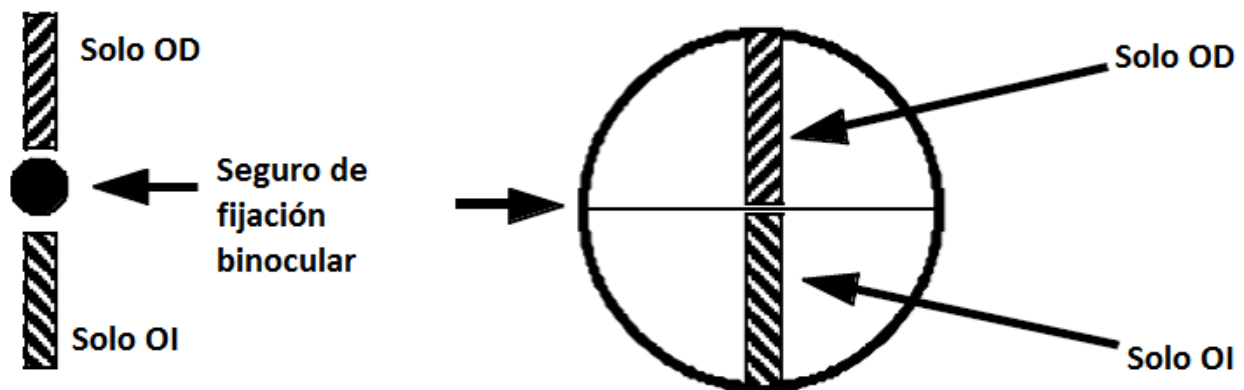


Figura 20.6 Dos pruebas de disparidad de fijación horizontal diseñada para su uso con anteojos polarizados.

En general, las pruebas clínicas para la disparidad de fijación horizontal están diseñadas para que el ojo derecho vea la parte superior de la tarjeta, y el ojo izquierdo vea la inferior. Verifique esto antes de realizar una prueba de disparidad de fijación. La disparidad de fijación medida puede variar dependiendo del tamaño del seguro de fijación, pero un estándar clínico es utilizar un seguro de fusión de $1,5^\circ$. Esto equivale al tamaño de la fovea libre de bastones, y a una distancia de evaluación de 40 cm, un círculo de $1,5^\circ$ tiene un diámetro de aproximadamente 1 cm. Muchas de las pruebas de disparidad de fijación no cuentan con un pequeño punto de fijación central, como se ve en la figura 20.6-izquierda, pero usan la abertura redonda que contiene las líneas polarizadas como el seguro de la fijación (Figure 20.6, derecha).

BIBLIOGRAFÍA

- Benjamin, W. **Borish's Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006. Chapter 5 and Chapter 20, 21.
- Ciuffreda and Hung's model (**Dual-mode behaviour in the human accommodation system**). **Ophthalmological and Physiological Optics** 1988 8, 327-332.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Goss DA. **Ocular accommodation, convergence, and fixation disparity: A manual of clinical analysis**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1995.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heinemann, 1995.
- Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.
- Kaufmann PL, Alm A and Francis HA. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.
- Schor CM and Ciuffreda KJ. **Vergence eye movements: Basic and clinical aspects**. Butterworth, Michigan. 1983.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 3. Pp: 58-62, 87-88.
- Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis. 1996.