



PERIMETRÍA DE DOBLE FRECUENCIA

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Perimetría de doble frecuencia
- Metodología psicofísica
- Umbrales
- Técnicas de Fechner para la medida de los umbrales

PERIMETRÍA DE DOBLE FRECUENCIA

El glaucoma es difícil de diagnosticar y manejar porque en las primeras etapas es esencialmente una enfermedad asintomática, y en algunos casos, el paciente con glaucoma puede tener PIOs (Presión Intraocular) normales. El diagnóstico definitivo basado en oftalmoscopia o fundoscopia biomicroscópica (lente de 90 dpt, etc) puede ser difícil. La perimetría estática automatizada blanco sobre blanco es el estándar actual para hacer un diagnóstico definitivo de glaucoma, pero la perimetría estándar puede no detectar el daño temprano. Como el glaucoma es una de las principales causas de ceguera, una parte importante de la investigación ocular moderna se está dedicando a la búsqueda de una mejor manera de diagnosticar el glaucoma. Hay dos maneras de abordar la detección temprana del glaucoma:

- Estructural (anatómica)
- Funcional (psicofísica)

A pesar de que la HRT (Tomografía Retinal de Heidelberg), GDx (Analizador de la capa de fibras nerviosas), OCT (Tomografía de Coherencia Óptica), RTA (Analizador del Espesor Retinal) o el SWAP (perimetría automatizada de onda corta) están diseñados para mejorar el diagnóstico de glaucoma, hay algunos problemas prácticos con estos instrumentos:

- HRT - costoso
- GDx – costoso
- OCT – costoso
- RTA – costoso, difícil de aprender
- SWAP – Prueba prolonga y difícil de realizar para el paciente

Una prueba ideal diseñada para la detección temprana del glaucoma debe ser:

- Sensible a los cambios glaucomatosos sutiles

- No muy costosa
- Fácil, apropiada y rápida en su uso

También se están desarrollando nuevas pruebas psicofísicas para detectar el glaucoma temprano. Una de ellas aprovecha el descubrimiento de que las células ganglionares magnocelulares se encuentran entre las primeras neuronas dañadas en el glaucoma. Por lo tanto, una prueba que aísla las células ganglionares magno debería ser muy útil. Una de estas pruebas es el **Perímetro de Doble Frecuencia de Humphrey (FDT)**. Una nueva versión de la FDT, conocida como la **Matriz**, disponible desde hace varios años (Fig 30-1). Los principios básicos de la prueba con la matriz son los mismos que con la FDT, excepto que pone a prueba más puntos, con áreas de prueba más pequeñas que en la FDT. Asimismo, su impresión de datos es similar a la conocida impresión del analizador de campo Humphrey, que hace que sea más fácil para los profesionales interpretar los resultados. Para más detalles sobre este instrumento, consulte la hoja de datos en la página web Zeiss-Humphrey:

(<http://www.meditec.zeiss.com/>)



Figura 30-1: Zeiss- Humphrey MATRIX, el cual utiliza tecnología de doble frecuencia

La página web de Humphrey Instruments describió FDT de esta manera:

[Es] el primer instrumento de campo visual que es lo bastante simple, y lo suficientemente compacto como para ser usado incluso en pre-test. Con un precio asequible, el FDT tiene años de investigación y ensayos clínicos detrás de él para validar su desempeño. El instrumento produce resultados de tamizaje en sólo 45 segundos y un umbral completo en menos de 4 minutos por ojo. Con un peso de sólo 19 libras, el FDT es el instrumento automatizado de campo visual más portátil y fácil de usar jamás se haya creado.

El estímulo de este instrumento ha sido diseñado específicamente para estimular las neuronas en el sistema magnocelular.

Consiste en una pequeña rejilla de onda sinusoidal centelleante en contra de la fase (Fig. 30-2).

- El sistema magno puede detectar el centelleo rápido, por lo que los objetivos en rejilla centellean a una velocidad relativamente rápida de 15 Hz. Esto está por encima de la FCF del sistema parvo
- El sistema magno tiene una respuesta no lineal, por lo que si se detecta, el sistema magno altera la percepción de manera que la rejilla parece tener el doble de su verdadera frecuencia espacial, de ahí el nombre de frecuencia doble. Si la respuesta fuera lineal (sistema parvo) entonces el objetivo sería una zona gris uniforme - las rejillas en contrafase se fusionan con el tiempo en un área gris uniforme
- Se utilizan rejillas de gran tamaño pues el sistema magno tiene mala resolución espacial. Sólo el sistema de parvo puede ver rejillas de alta frecuencia
- El contraste se varía hasta que la persona no puede detectar las rejillas. Si se daña un número significativo de las fibras magnocelulares, la persona va a requerir un mayor contraste para ver las rejillas. Esta es esencialmente una prueba de sensibilidad al contraste (Fig. 30-3)

PERIMETRÍA DE DOBLE FRECUENCIA (CONTINUACIÓN)

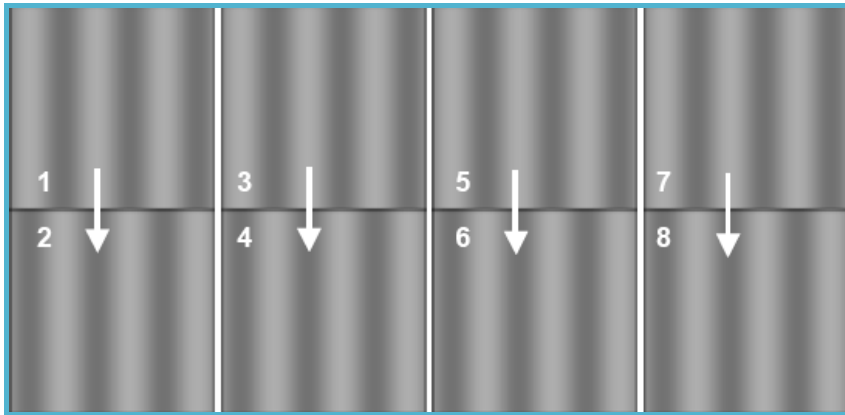


Figura 30-2: El estímulo utilizado en los equipos FDT es una rejilla en onda sinusoidal que centellea a 15 HZ. Presentando cuadros en contra fase de manera alterna (centelleo en contra fase). Los números muestran la secuencia de los cuadros

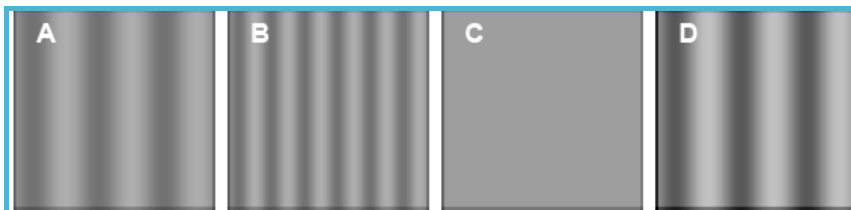


Figura 30-3: Si las neuronas magnocelulares están intactas, el estímulo presentado (A) parecerá una rejilla sinusoidal del doble de la frecuencia (B). Si existe daño de las neuronas magnocelulares como en el glaucoma, las franjas no serán visibles, y el paciente solo verá un campo gris vacío (C). El equipo tendrá entonces que incrementar el contraste de las franjas para que el paciente las vea (D)

Este equipo parece ser muy útil para realizar pruebas para glaucoma, ya que es rápido, fácil de usar e incluso puede ser más sensible que la perimetría estándar para detectar el glaucoma temprano. La prueba de umbral completo tarda sólo unos minutos. El instrumento es pequeño y fácil de transportar y el fabricante asegura que puede evaluar el paciente con hasta 3 dioptrías de error refractivo no corregido.

MÉTODO PSICOFÍSICO

(Cap. 11 de Schwartz, 2004)

Los científicos de la visión y los optómetras están interesados en evaluar el desempeño visual. Ejemplos familiares de estas pruebas clínicas de visión incluyen:

- Límite de la resolución espacial evaluada con la agudeza visual de Snellen
- Incremento del umbral evaluado con la perimetría estática automatizada
- Evaluación de la adaptación a la oscuridad con la prueba de foto estrés
- Sensibilidad al contraste con la Perimetría de Frecuencia Doble o Matriz
- Pruebas de visión al color

PERIMETRÍA DE DOBLE FRECUENCIA (CONTINUACIÓN)

P. ¿Por qué es tan importante poder evaluar el desempeño visual?

R. Cuando se prueba el rendimiento en cualquier campo, a menudo se tratan de determinar los límites de rendimiento. Por ejemplo, al describir el desempeño de un coche deportivo, no se está tan interesado en lo bien que va en velocidad crucero, sino qué tan rápido se puede ir a la máxima potencia. Usted probablemente no elegiría al ganador en un concurso de levantamiento de pesas por lo bien que levanta durante el entrenamiento de rutina, sino por el peso máximo que puede levantar. Del mismo modo, cuando se prueba la visión, por lo general tratan de probar los extremos de rendimiento visual y esto requiere la medición de los umbrales. Por ejemplo,

- La letra más pequeña
- El mínimo contraste
- La iluminación más tenue
- El mínimo tiempo de recuperación
- La más pequeña diferencia

Todas estas tareas miden la percepción de una persona de un estímulo físico. Esto entra dentro de la rama de la ciencia conocida como la psicofísica. Un concepto básico importante en la psicofísica es la idea del **umbral**, y los científicos han desarrollado técnicas sofisticadas para medir los umbrales

UMBRALES

En el caso de la visión, la palabra "umbral" implica que hay cierta magnitud clara de estímulo, que separa ver y no ver (fig. 11-1b de Schwartz, 2004). Sin embargo, como se puede recordar de algunos de nuestros laboratorios, puede ser muy difícil determinar un límite exacto. Además, la estimación del umbral puede variar de un momento a otro. Qué pasaría si se trata de medir un umbral de detección visual y se repite el experimento muchas veces?

Por ejemplo, se pre ajustar la intensidad del estímulo en algún nivel bajo y se mira si la persona lo detecta. Si se repite el experimento muchas veces, probablemente se encontrará que a veces la persona ve el estímulo, pero a veces no. Para niveles de estímulo muy bajos, la persona podría detectar el estímulo sólo, por ejemplo, el 10% de las veces. Con niveles ligeramente más altos de intensidad, la persona podría detectar más, por ejemplo el 50% de las veces, pero no todas las veces. Por último, si la intensidad es lo suficientemente alta, la persona será capaz de verlo cada vez que se presenta. Si se traza el porcentaje de detección en función de la intensidad del estímulo, es probable que se obtenga una curva de la función como la muestra Schwartz, 2004 en la Fig. 11-1C. Esto demuestra que, en lugar de un umbral claro, hay un rango de intensidad sobre el cual la probabilidad de detección de la persona aumenta gradualmente desde cero por ciento a 100%.

Cuando se traza la frecuencia de detección (eje y) como una función de la intensidad del estímulo (eje x), para muchos experimentos psicofísicos, la trama de datos se parece a una curva en forma de S. Este tipo de gráfica se conoce como una función psicométrica. La forma en S de la función se conoce como una curva en ojiva, la cual es una distribución normal acumulativa.

P. Por qué cree que muchos experimentos psicofísicos producen datos que se ajustan a una distribución normal acumulativa?

R. _____

P. ¿Por qué hay un aumento gradual de la probabilidad de detección, en lugar de un umbral bien definido? (Ver p. 239, quinto párrafo de Schwartz, 2004)

R. Cuando se evalúan umbrales, la magnitud de la respuesta neural a los estímulos es generalmente tan débil que es apenas es más grande que el ruido aleatorio de fondo en las neuronas. Con el fin de ser visto, la respuesta neural debe superar el ruido de fondo; como el ruido de fondo es variable, la respuesta neural requerida en cualquier momento para detectar el estímulo también variará. Con el tiempo, la magnitud del ruido de fondo tendrá algún valor medio con una distribución de probabilidad para valores por encima y por debajo de la media. Si la distribución de la probabilidad es una distribución normal, la función psicométrica tendrá una forma de ojiva.

TÉCNICAS DE FECHNER PARA LA MEDIDA DE LOS UMBRALES

Hasta hace unos 150 años, el conocimiento acerca de los umbrales era limitado y basada en gran parte en la especulación en lugar de estudios científicos bien diseñados. En el siglo XIX, dos científicos alemanes, **Weber** y **Fechner**, empezaron a desarrollar técnicas científicas específicamente diseñadas para el estudio de la percepción (Fig. 30-4).

Ernst Weber (1795-1878), fisiólogo y profesor de la Universidad de Leipzig, trató de determinar el incremento mínimo peso añadido un peso inicial que una persona pudiera sentir. Encontró que a medida que el peso de partida se convertía en más pesado, se requería un incremento mayor para la persona detectara una diferencia. Sin embargo, cuando se expresaba la diferencia como una fracción del peso inicial, esta era una fracción constante sobre una gran gama de pesos (fracción de Weber).

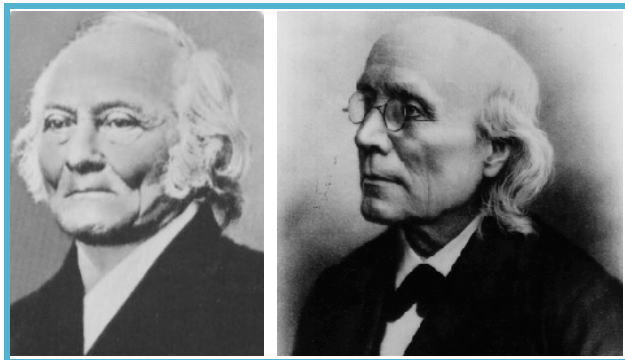


Figura 30-4: Ernst Weber (izquierda) y Gustav Fechner (derecha)

Gustav Fechner (1801-1887) fue un físico que estudió las respuestas sensoriales a los estímulos físicos. Trató de analizar y predecir las respuestas de percepción basado en las matemáticas y la física. Su famoso libro titulado, *Elemente der Psychophysik* (Elementos de Psicofísica) en 1860, y su trabajo en la percepción establecieron el campo científico de la psicofísica.

Citando de la enciclopedia de la Grolier, 1994:

Aunque la "Psychophysik" de Fechner tiene más de un siglo de antigüedad, todavía proporciona la base para la psicofísica moderna. En primer lugar, sistematizó la noción de los umbrales sensoriales. El umbral absoluto es la menor cantidad de energía estímulo necesaria para hacer ese estímulo detectable. El umbral de diferencia (también llamado la diferencia apenas notable) es la mínima cantidad de energía que debe ser añadida a un estímulo para hacer detectable un cambio. En segundo lugar, el libro de Fechner estableció los métodos para determinar estos umbrales.

Fechner desarrolló los tres métodos principales para medir los umbrales:

- Método del estímulo constante
- Método de los límites
- Método del ajuste

Cada método consiste de un procedimiento experimental y de un procedimiento de análisis matemático.

LECTURAS/REFERENCIAS SELECCIONADAS

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- **The New Grolier Multimedia Encyclopedia**, Grolier Electronic Publishing. 1994
- <http://www.meditec.zeiss.com/>