



SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, EEUU

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, EEUU

ESTE CAPITULO CONTIENE UNA REVISIÓN DE:

- Sensibilidad al contraste como prueba de función espacial.
- Frecuencias espaciales altas al límite de FSC.
- Comparación- agudeza de Snellen & frecuencia espacial.
- Mejorando la calidad de la imagen.

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE COMO UNA PRUEBA DE VISION ESPACIAL

La prueba de la visión espacial constituye una gran parte de la labor del optómetra, porque estamos muy preocupados de que tan bien el paciente ve las imágenes. Esto es importante por sí mismo, pero también porque la visión espacial subnormal puede indicar un error refractivo no corregido o una enfermedad ocular.

La agudeza de Snellen es una manera de examinar la visión espacial, pero una descripción más completa de la visión espacial es la función de sensibilidad al contraste (Figura 15-1). Ver y entender Schwartz, 2004 Fig. 7-11. Traza los límites de la visión espacial; es decir, la frontera entre ver y no ver. Para probar la sensibilidad al contraste, presentamos un estímulo y variamos dos parámetros básicos:

- El tamaño de estímulo (frecuencia espacial)
- El Contraste del Estímulo.

En clínica las pruebas de sensibilidad al contraste, la orientación de las rejillas generalmente se mantiene constante, para simplificar el procedimiento de la prueba.

Para entender mejor la sensibilidad al contraste (y agudeza visual), considere lo que sucede cuando se mantiene una de las variables, ya sea el tamaño (frecuencia espacial) o el contraste constante y variar la otra. Por ejemplo, como cambia la visibilidad de un objetivo si se mantiene constante su contraste, pero se varía su tamaño? Al tomar como objetivo, una letra, más pequeña, se torna más difícil de ver, hasta que se excede el límite de la agudeza visual. Al

disminuir el tamaño del objeto, se aumentan las frecuencias espaciales contenidas en ese objeto, por lo que este cambio de parámetro se indica con el movimiento de izquierda a derecha en la rejilla de FSC.

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE COMO UNA PRUEBA DE VISION ESPACIAL (CONTINUACION)

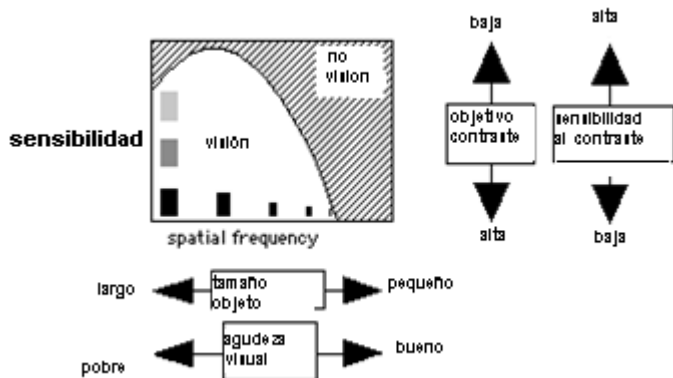


Figura 15-1: variables FSC

O, podemos mantener constante el tamaño del objeto, pero disminuir el contraste hasta que el objetivo ya no pueda ser visto. Este cambio de parámetro puede estar indicado por un cambio en la dirección vertical de la rejilla de FSC. En cualquier acercamiento (contraste- constante / cambio de tamaño o tamaño constante / cambio de contraste), el punto final de la prueba se da cuando la persona no pueda ver el objetivo. Por lo tanto, estamos tratando de localizar un punto en la curva de FSC que separa el ver del no ver. Hay que Tener en cuenta que la agudeza visual de Snellen toma un sólo un punto del FSC.

Q.Cuál punto?

A. _____

Para obtener una imagen completa de FSC de una persona, hay que trazar muchos puntos a lo largo de la curva, pero esto puede tomar mucho tiempo. A cambio, puede ser suficiente medir los puntos necesarios que permita establecer la figura del FSC. La figura 15-2 muestra el formato de recolección de datos utilizado para registrar el FSC de un paciente utilizando el sistema de sensibilidad al contraste Vector-Visión (<http://www.vectorvision.com>). Mide tan sólo cuatro puntos, en las frecuencias espaciales 3, 6 12 y 18 ciclos por grado, por lo que es una prueba rápida y fácil de realizar. Dado que el equivalente del 20/20 en frecuencia espacial es de 30 ciclos por grado, usted debe notar que la prueba de Vector-Visión, al igual que con otras pruebas comerciales de sensibilidad al contraste, no prueba la frecuencia de corte de sensibilidad al contraste (Fig.15- 3). A cambio, la prueba se limita a evaluar las frecuencias bajas y media.

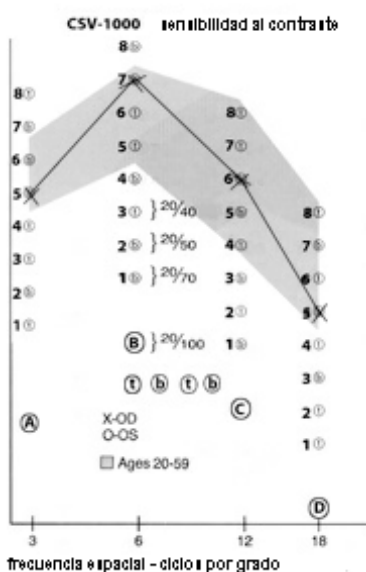


Figura 15-2: Copia del formulario proporcionado por Vector-Vision, para registrar la sensibilidad al contraste con su tabla.

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE COMO UNA PRUEBA DE VISION ESPACIAL (CONTINUACION)

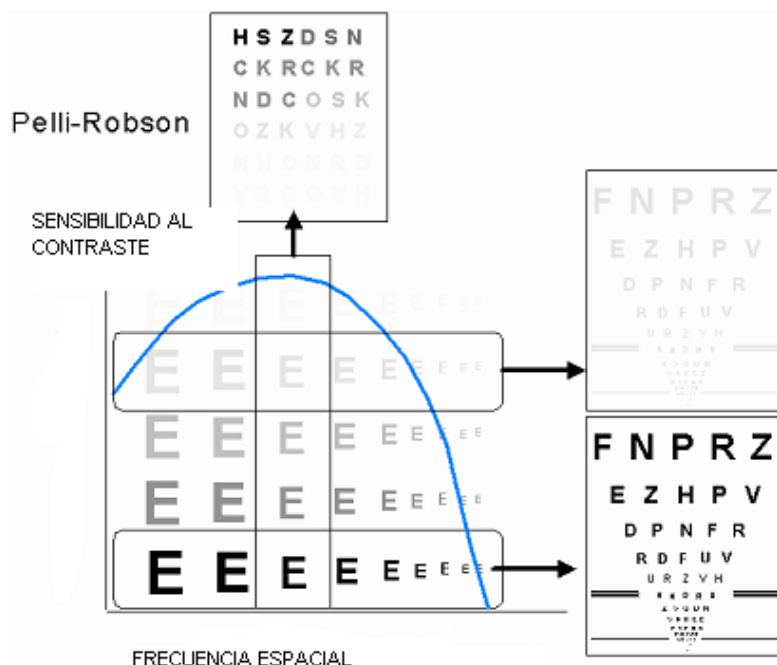


Figura 15-3: Ejemplos de formatos visuales que evalúan tanto la sensibilidad al contraste (arriba) o la agudeza visual (a la derecha; el contraste bajo parte superior, contraste alto parte inferior). Estos se comparan con los de función de sensibilidad al contraste. Copiado de la web site de la Sociedad Británica de Cirugía Refractiva.

LIMITE DE LAS FRECUENCIAS ESPACIALES ALTAS EN EL FSC

La reducción en la sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales altas se debe principalmente a las limitaciones físicas de la óptica del ojo. Es por eso que la forma de la MTF humana y la FSC son muy similares a las frecuencias espaciales altas. Para pupilas de gran tamaño, las aberraciones son principalmente las que degradan la calidad de imagen y reducen el MTF a cero. Para las pupilas de tamaño pequeño, las aberraciones son insignificantes y la difracción se convierte en el factor limitante. Esto evidencia que el ojo está sano y presenta buena óptica; es decir, un sistema con buen enfoque (sin defecto refractivo) y sin dispersión (sin cataratas, u opacidad de medios).

Se encontrará una reducción mayor tanto en la MTF y la FSC en las frecuencias espaciales altas si el desenfoque (defecto refractivo esférico) se añade al sistema. Schwartz, 2004 Fig. 7-13 ilustra lo que ocurre al FSC cuando una persona presenta un defecto refractivo no corregido. La frecuencia de corte se desplazará a una frecuencia espacial baja. Esto significa que la persona requiere de una letra más grande para leerla en la cartilla de agudeza visual.

¿Y si tuviera óptica perfecta? Que limitaría las frecuencias espaciales altas que una persona pueda ver? Sería entonces limitada por el espacio entre los fotorreceptores. Esto se ilustra en la Figura 15-4, a parte inferior y Schwartz 2004 fig. 7-12.

La rejilla más pequeña que se puede observar se encuentra cuando el ancho de una barra oscura o clara (medio ciclo) es igual al diámetro de un cono fotorreceptor. Tenga en cuenta que estamos considerando la visión foveal, en el que cada cono está conectado a una célula ganglionar, y la suma de áreas espaciales son iguales al diámetro de un cono.

LIMITE DE LAS FRECUENCIAS ESPACIALES ALTAS EN EL FSC (CONT.)

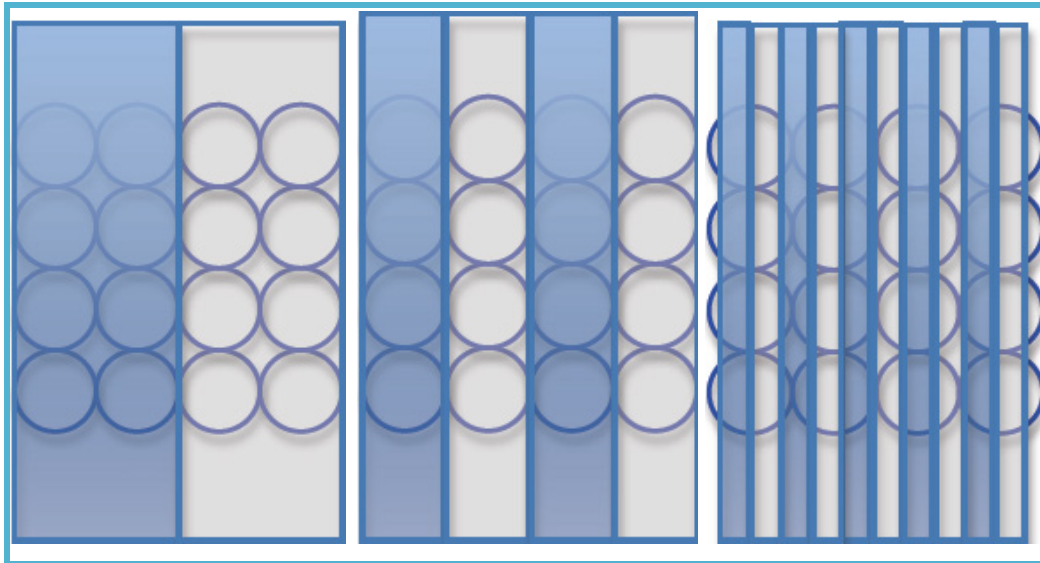


Figura 15-4: Rayas anchas (izquierda) cubre múltiples fotorreceptores y son fácilmente resueltas si una banda ancha es igual al diámetro de un fotorreceptor (en el centro), la rejilla es aún resuelta. Si las rayas son más estrechas que un fotorreceptor (derecha), la matriz ya no puede resolver las franjas

Para frecuencias espaciales más altas que estas (rejillas más finas), las barras blancas y oscuras pueden caer sobre un fotorreceptor, y no será capaz de resolverlas como dos. Por lo tanto, la rejilla más pequeña resoluble es la que en un ciclo completo es igual al grosor de dos fotorreceptores. En otras palabras, se requieren un mínimo de dos fotorreceptores para resolver correctamente un patrón de rejilla.

Esto se afirma en el **teorema de Nyquist**, que, en efecto dice (en el caso de la visión), que la frecuencia espacial más alta que los conos de la fóvea pueden resolver correctamente son la frecuencia cuyo grosor de medio ciclo es igual al grosor de un cono.

Basado en el teorema de Nyquist y la dimensión de los conos en la fóvea, podemos calcular el límite teórico de la resolución espacial, que esta detreminado por el diámetro de un cono foveal:

- los conos de la fóvea son alrededor de $2\ \mu\text{m}$ de diámetro.
- Un ciclo requiere de dos conos, por lo que el ancho de un ciclo es de $2 \times 2\ \mu\text{m} = 4\ \mu\text{m}$.
- Un grado en la fóvea es aproximadamente $300\ \mu\text{m}$ de ancho.
- ¿Cuántos ciclos (cada uno $4\ \mu\text{m}$ de ancho) caben en un grado ($300\ \mu\text{m}$ de ancho)? $300/4 = 75$.

$$\frac{300\ \mu\text{m} / \text{grados}}{4\ \mu\text{m} / \text{ciclos}} = 75 \text{ ciclos/grados}$$

• Esta es la **frecuencia de Nyquist**, o la frecuencia de corte determinada por la geometría de la matriz del cono. En otras palabras, esta es la frecuencia espacial más alta que un ojo humano normal podría resolver si tuviera una óptica perfecta

• Para convertir la frecuencia espacial a su equivalente en Snellen, divida 600 por 75 (ver nota parte inferior). El equivalente de 75 c / dis 20/8 ($6 / 2.4$). Por lo tanto, si usted tuviera óptica perfecta, la matriz del cono foveal limitaría la agudeza visual a alrededor de 20/8 ($6 / 2.4$).

COMPARACIÓN – AGUDEZA DE SNELLEN & FRECUENCIA ESPACIAL

Al comparar la frecuencia fundamental en una letra de Snellen o rejilla de onda cuadrada con la correspondiente onda sinusoidal de rejilla, puede convertir la fracción de Snellen a la frecuencia espacial equivalente (para la frecuencia fundamental) en ciclos por grado (Fig.15-5) mediante el uso de el factor de conversión sencillo de 600 representados en las siguientes ecuaciones:

$$\text{CPG} = 600 / \text{DENOMINADOR DE SNELLEN}$$

$$\text{DENOMINADOR DE SNELLEN} = 600 / \text{CPG}$$



Figura 15-5: Considerado un estímulo visual, existen similitudes obvias entre una E de Snellen (izquierda) y una rejilla cuadrada de onda (en el centro), y entre una rejilla cuadrada de onda y una rejilla de onda sinusoidal.

MEJORANDO LA CALIDAD DE LA IMAGEN

La función de sensibilidad al contraste proporciona la manera completa para describir la calidad de la visión espacial de una persona, es decir, lo bien que el/ella ve las imágenes. Si mejoramos la visión de una persona, vamos a ver una mejoría en su función de sensibilidad al contraste. Dos curvas de FSC se muestran en la Figura 15-6. La curva sólida es más alta y se extiende mas hacia la derecha. Describe un ojo con mejor visión que la curva inferior.

- Una FSC más a la derecha indica una mejor agudeza visual, la persona puede ver un objeto más pequeño.
- Un FSC alto significa una mejor sensibilidad al contraste, la persona puede ver un objeto con menor contraste

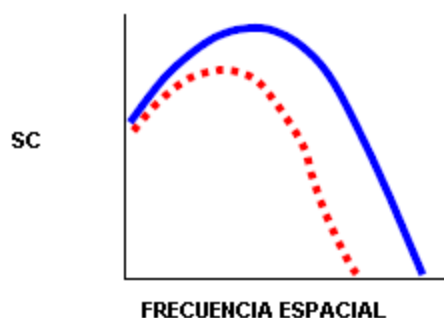


Figura 15-6: La curva superior indica una mejor SFC

La forma más común como mejoramos la visión espacial de nuestros pacientes es mediante la corrección de los defectos refractivos. Esto expande el FSC moviendo la curva más a la derecha, aumentando su altura. En baja visión, una persona puede haber disminuido la agudeza visual debido a una enfermedad macular. En este caso, el problema no es un defecto refractivo; la retina limita la mejor agudeza visual que esta persona puede alcanzar. Podemos ayudar a estos pacientes con magnificadores ópticos. En términos de la FSC, ¿qué hace una lupa? Aumenta el tamaño de la imagen retiniana, lo que es equivalente a la reducción de sus frecuencias espaciales. Esto se ilustra en la Figura 15-7 por la flecha A, que comienza desde un punto fuera de la FSC (invisible), y se desplaza a la izquierda, a un punto dentro de la FSC (visible).

MEJORANDO LA CALIDAD DE LA IMAGEN (CONT.)

Otra forma de mejorar la visibilidad de los objetos es aumentando el contraste. La flecha B en la figura 15-7 así lo ilustra. Un objeto invisible con poco contraste (parte superior del FSC) se hace visible cuando el contraste se incrementa hasta el punto que cae dentro de FSC. Los optometras utilizan esta técnica para mejorar la visibilidad de abrasiones corneales añadiendo fluoresceína a la película lágrimal. A la luz blanca, una abrasión presenta bajo contraste que en una córnea transparente se torna invisible. sin embargo, con fluoresceína la abrasión brilla en contraste con su fondo (Fig.15-8). La angiografía con fluoresceína se utiliza para mejorar la visibilidad de las lesiones sutiles de la retina, tal como la neovascularización, mejorando el contraste. Un ejemplo se muestra en la Figura 15-9.

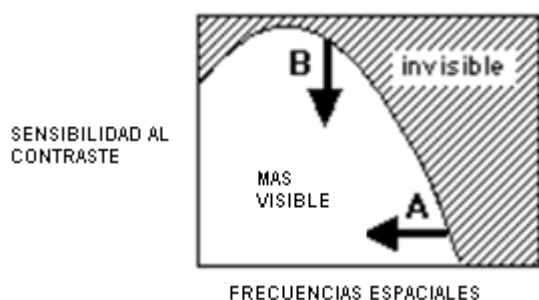


Figura 15-7: Dos formas de mejorar la visibilidad

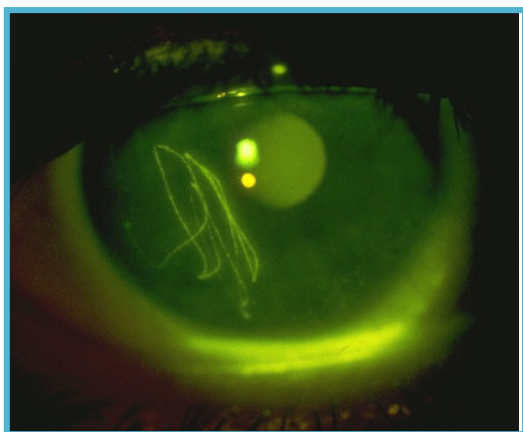


Figura 15-8: abrasion corneal con fluoresceina. (copiado con autorización del Dr. Ralph Latimer)

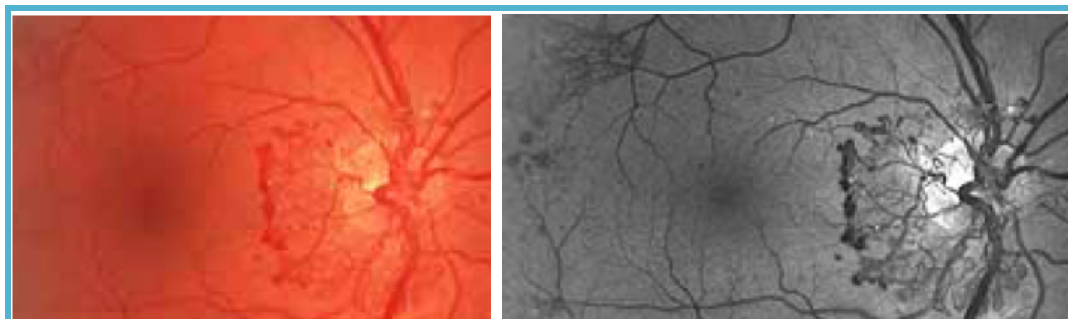


Figura 15-9: Dos imágenes de la misma retinopatía diabética, con y sin angiografía fluorescente. La vasculatura retinal, incluyendo la neovascularización, es más visible debido a un mayor contraste

MEJORANDO LA CALIDAD DE LA IMAGEN (CONT.)

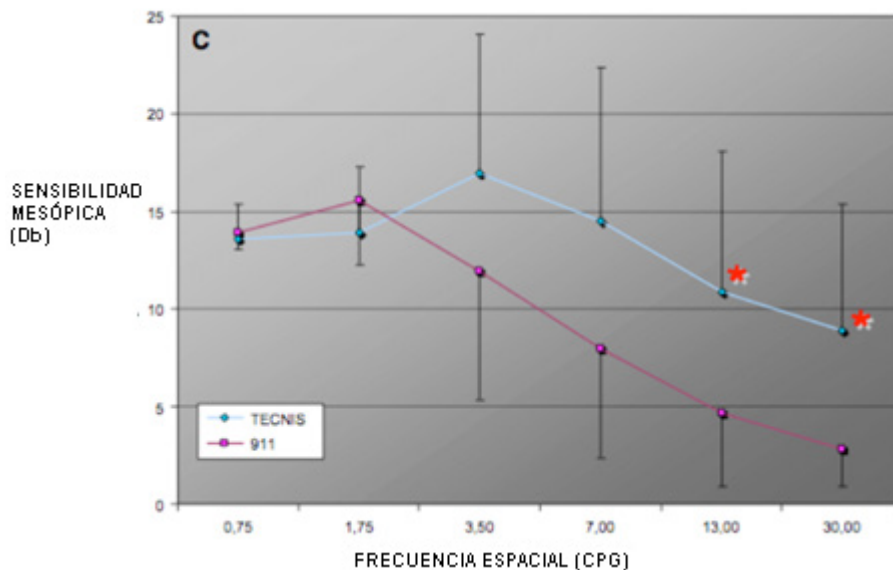


Figura 15-10: Ejemplo de una función de sensibilidad al contraste

La edición de febrero de 2007 del Diario de Catarata y Cirugía Refractiva (JCRR siglas en inglés): *Calidad de la visión después de la cirugía de cataratas posterior a la implantación Technis 9000* compara la media del rendimiento visual de dos lentes intraoculares en condiciones mesópicas (figura 15-10). Probado en 40 ojos de cada grupo con 6 meses post operatorio. La media de la agudeza visual post operatoria mejor corregida (logMAR) fue de $0,03 \pm 0,05$ (media \pm DE) en el grupo Tecnis y $0,01 \pm 0,05$ en el grupo de 911 CeeOn Edge ($P = 0,41$). También evaluaron el rendimiento óptico y encontraron una media $Z_4^0 = 0,01 \pm 0,06 \mu\text{m}$ para el LIO Tecnis y $Z_4^0 = 0,16 \pm 0,12 \mu\text{m}$ para una pupila de 5,0 mm.

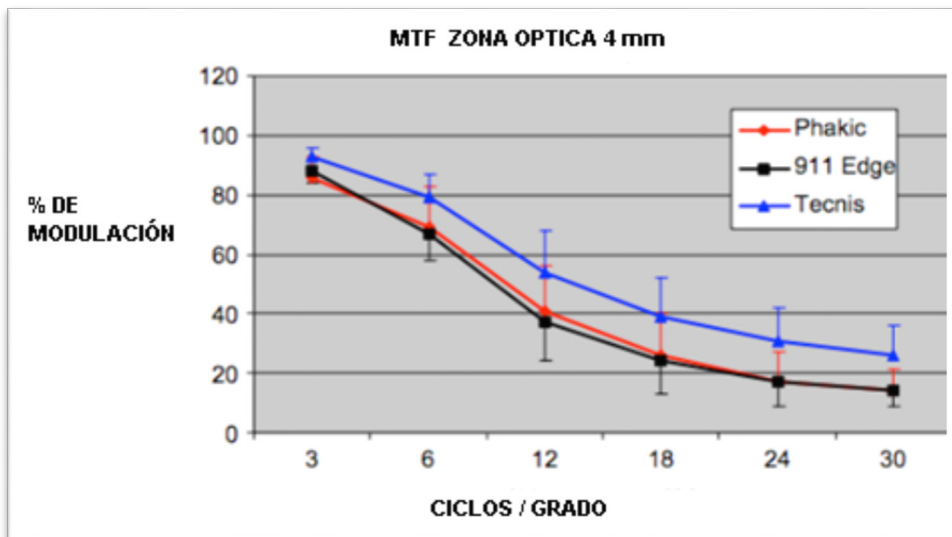


Figura 15.11: Ejemplo de MTF

De la misma edición JCRR - Belluci et al. Aberración esférica y coma con un lente intraocular esférico y esférico en ojos normales de la misma edad. - Diario de Catarata y Cirugía Refractiva. 2007 33 2: 203-209 - La media de aberración para 30 ojos divididos en tres grupos, fueron estudiados y comparados al MTF de los tres lentes intraoculares (ver Fig 15-11).

SELECCION DE LECTURAS Y REFERENCIAS

- Schwartz SH. Percepción Visual - Una orientación clínica, 3^a Edición. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004