



# SISTEMAS PARVO Y MAGNOCELULAR VÍAS PARALELAS

## AUTOR

**Thomas Salmon:** Northeastern State University, USA

## PAR REVISOR

**Scott Steinman:** Southern California College of Optometry, USA

## ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Neuronas retinales
- Introducción a los sistemas parvo celular (parvo) y magno celular (magno)
- Diferencias anatómicas entre las neuronas parvo celulares y magno celulares
- Anatomía comparativa de los sistemas parvo y magno
- Vías paralelas en humanos

## NEURONAS RETINALES

<b>FOTO RECEPTORES</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4 tipos (bastones, conos L, M, S)</li><li>• Simples, campos receptivos circulares</li><li>• Potenciales graduados</li><li>• Se hiper polarizan cuando los estimula la luz</li></ul>
<b>CÉLULAS HORIZONTALES</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Por lo menos 2 tipos (H1 y H2)</li><li>• Reciben señal de múltiples foto receptores</li><li>• Simples, campos receptivos circulares</li><li>• Potenciales graduados</li><li>• Se hiper polarizan cuando los estimula la luz</li></ul>

## NEURONAS RETINALES (CONTINUACIÓN)

<b>CÉLULAS BIPOLARES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por lo menos 9 tipos (enanas de centro on-/off-, difusas de centro on-/off, células bipolares de cono S, otras)</li> <li>• Reciben señales de múltiples foto receptores y células horizontales</li> <li>• Campos receptivos Centro-periferia (antagonismo espacial)</li> <li>• Se despolariza cuando se estimula (opuesto a los foto receptores)</li> <li>• Células enanas – oposición al color, frecuencia especial alta</li> <li>• Células difusas – no oponentes</li> <li>• Las características también pueden variar dependiendo de donde estén ubicadas ya sea en la retina central o periférica</li> </ul>
<b>CÉLULAS AMACRINAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antagonismo espacial</li> <li>• Potenciales de acción</li> <li>• Respuesta transitoria (percepción del movimiento) tipos de respuesta sostenida</li> </ul>
<b>CÉLULAS GANGLIONARES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por lo menos 18 tipos (enana de centro on-/off (parvo), sombrilla (magno), células pequeñas biestratificadas, otras)</li> <li>• Células bipolares enanas de centro On-/off, células ganglionares enanas de centro on-/off (parvo)</li> <li>• Células enanas – menos conexiones dendríticas</li> <li>• Células bipolares difusas de centro On-/off, células ganglionares sombrilla de centro on-/off (magno) (Fig. 12-11 de Schwartz)</li> <li>• Células sombrilla – transitorias, árboles dendríticos más grandes</li> <li>• Células bipolares cono S → células ganglionares pequeñas biestratificadas (Fig. 12-13 de Konio; Schwartz, 2004)</li> <li>• Potenciales de acción para mantener la transmisión por distancias más amplias</li> </ul>

Citando a Schwartz, 2004, al final del capítulo 12 (p 280.):

*Los foto receptores tienen requisitos sencillos para la activación: la luz difusa que cae sobre sus campos receptivos provoca una respuesta. En más localizaciones más proximales dentro de la retina, los requisitos para la activación neural son más estrictos. Las células ganglionares, por ejemplo, sólo son sensibles a estímulos que manifiestan contraste espacial.*

Desde un punto de vista teleológico, la retina está diseñada principalmente para extraer información de contraste desde el mundo visual. Esto es consistente con el papel singular que desempeña el contraste espacial en nuestra experiencia visual.

## INTRODUCCIÓN – SISTEMAS PARVO & MAGNOCELULARES

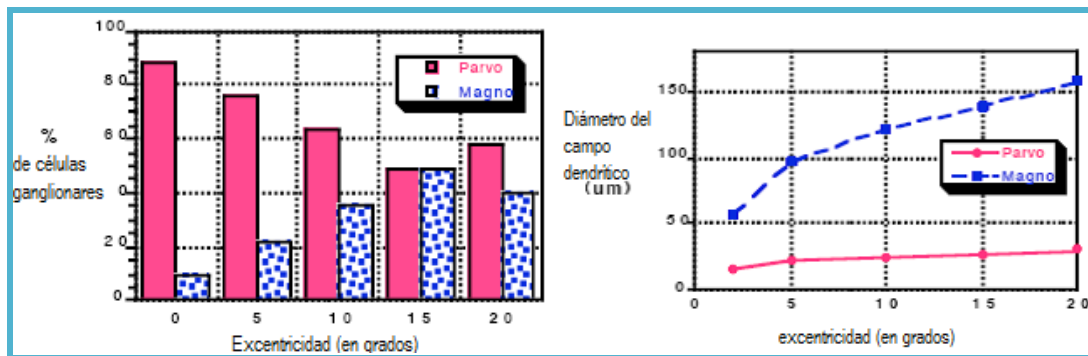
Los científicos han descubierto que al menos dos grandes vías neurales conectan la retina y la corteza visual. Estos **tractos retino-corticales** se conocen como los sistemas parvo y magno celular. El sistema celular **parvo** (L. *parvus* - pequeño) está estrechamente asociada con la visión central. Las células neuronales **magno** (L. *magnus* - grandes), están estrechamente asociadas con la visión periférica. Recientemente ha sido descubierta otra vía, la vía Konio. Cuando se habla de funciones parvo y magno, puede ser tentador equiparar funciones parvo con la visión de los conos y magno con la visión de los bastones, pero esto es incorrecto. Todos los fenómenos que se van a discutir son características de la visión de los conos en condiciones fotópicas. Se recuerda que los conos están presentes en la periferia, de hecho, más del 90% de los conos de la retina se encuentran en la periferia, no la fovea.

## NEURONAS PARVO Y MAGNO – DIFERENCIAS ANATÓMICAS

Dependiendo de las especies de animales estudiados, las células ganglionares parvo (o tipo parvo) se denominan a veces como **células beta, X, enanas o P**. Las Células ganglionares Parvo (en su mayoría foveales) tienen árboles dendríticos más pequeños y reciben sinapsis de un menor número de células (pequeña suma espacial). En la fovea, una célula ganglionar parvo recibe una sinapsis de una célula bipolar enana, que está conectada a un cono.

En la periferia, las células ganglionares magno predominan y tienen grandes árboles dendríticos que reciben la señal de muchos foto receptores (gran suma espacial) a través de las células bipolares difusas. Dependiendo de la especie, las células ganglionares magno a veces se llaman **células alfa, Y, sombrilla o M**.

Aunque la mayoría de las células ganglionares de la fovea son neuronas parvo, hay algunas células de magno en la fovea. De igual modo, aunque la mayoría de las células ganglionares en la periferia son células magno, algunas células parvo están presentes allí. Esto se resume en la figura 29-1 a continuación, que se adaptó a partir de la Figura 24 20 de Adler (9ª edición), 1992.



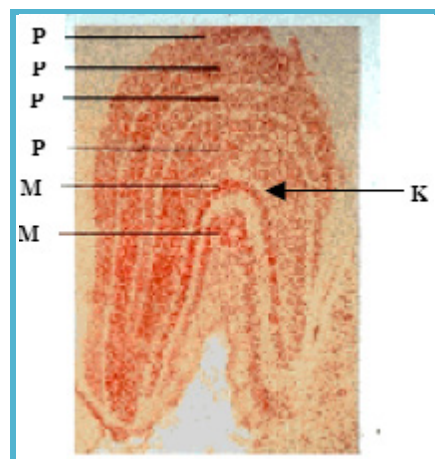
**Figura 29-1:** Número relativo y tamaños dendríticos de las células ganglionares parvo y magno

La distinción parvo / magno es obvia en el CGL. Las neuronas en el CGL se organizan en seis capas y las dos capas inferiores (ventrales) contienen neuronas gigantes que se consideran parte del sistema magno (con la etiqueta M en la Figura 29-2).

Las capas 3-6 contienen neuronas más pequeñas que se consideran parte del sistema parvo (P en la Figura 29-2).

La capa magno 1 recibe las señales de la retina contralateral (lado opuesto) y la capa 2 recibe de la retina ipsilateral (del mismo lado). Las capas parvo 3 y 5 reciben información desde la retina ipsilateral y las capas 4 y 6 reciben de del contralateral.

Las neuronas en la vía konio están situadas entre las capas 2 y 3 del CGL (K en la Figura 29-2).



**Figura 29-2:** Sección coronal que muestra las capas del CGL

## SISTEMAS PARVO Y MAGNO – ANATOMÍA COMPARADA

Los estudios de otros animales (ranas, monos, gatos) se han utilizado para entender mejor la división de las vías retino corticales en estos dos sistemas distintos, paralelos.

### RANAS

Estudios en las ranas muestran que sus células ganglionares incluyen dos clases que se pueden distinguir con base a su respuesta a ciertas características en el entorno visual. Algunas células ganglionares son más activas cuando la rana ve pequeños puntos negros. Estas células ganglionares fueron llamadas "detectores de bichos". Otras células ganglionares son más estimuladas cuando la rana ve objetos grandes, como una sombra que se mueve. Esto demuestra que hay una distinción entre las neuronas que se especializan en pequeños detalles, alta visión frecuencia espacial y los que se especializan en la visión de baja frecuencia espacial.

### GATOS

La investigación con los gatos también ha demostrado que sus células ganglionares se pueden dividir en dos clases basadas en la respuesta a los estímulos visuales. Algunos estudios probaron gatos utilizando rejillas sinusoidales. Ciertas neuronas, identificadas como células ganglionares X, mostraron una **respuesta lineal** a las rejillas ubicadas dentro de sus campos de respuesta.

En términos simples, un sistema lineal es uno en el que la respuesta total es igual a la suma de las respuestas a subpartes del estímulo. En un sistema lineal, la señal de diferentes partes del campo receptivo suman para la respuesta total.

A diferencia de las células que responden linealmente, ciertas neuronas, identificadas como células ganglionares Y, mostraron una **respuesta no lineal**, demostrando que hay dos enfoques diferentes para el procesamiento neural. La Fig. 13-3 de Schwartz, 2004, ilustra la diferencia entre las respuestas neuronales lineales y no lineales. La columna derecha muestra un campo receptivo anular para una célula ganglionar. Una raya luz que cae sobre el centro del campo receptivo estimula (respuesta positiva) las células ganglionares (arriba). Esto se demuestra por el aumento de la respuesta en la parte superior izquierda de la gráfica. Una raya luz que cae en la porción periférica del campo receptivo inhibe (respuesta negativa) la célula ganglionar, como se muestra en el gráfico inferior. Si un rayo de luz cae medio en el centro y en el medio envolvente, entonces, suponiendo una respuesta lineal, la respuesta debe ser neutral, como se muestra en el diagrama izquierdo medio. Esto ilustra una respuesta lineal y es la forma como las células X responden a las rejillas.

La columna del medio muestra que incluso cuando se espera una respuesta neutra, la célula ganglionar Y todavía muestra una respuesta de excitación. De hecho, no importa en dónde dentro del campo receptivo se coloca la rejilla, causa excitación. Esto fue interpretado como evidencia del procesamiento neural no lineal en esas células.

### MONOS

Estudios con monos Rhesus también muestran que las células ganglionares, células CGL, corteza estriada y neuronas corticales superiores parecen estar organizados en dos vías distintas. Las células de estas dos vías muestran diferentes respuestas al color, y los estímulos temporales y espaciales, como se resume en la Tabla 29.1 (versión modificada de Schwartz, 2004 de la Tabla 13-1).

**Tabla 29-1:** Características de las vías parvo y magno

	NEURONAS PARVO	NEURONAS MAGNO
<b>DISCRIMINACIÓN DEL COLOR</b>	Si (oposición del color)	No
<b>RESPUESTA NEURONAL</b>	Sostenida	Transitoria
<b>DIÁMETRO DEL AXÓN</b>	Más pequeño	Más grande
<b>TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL</b>	Más lenta	Más rápida
<b>SENSIBILIDAD TEMPORAL</b>	Baja frecuencia	Alta frecuencia

<b>SENSIBILIDAD ESPACIAL</b>	Alta resolución (20/20)	Baja resolución (20/200)
<b>LA SEÑAL RETINAL PROVIENE PRINCIPALMENTE DE</b>	Fóvea	Periferia
<b>LINEARIDAD ESPACIAL</b>	Lineal	Algunas no lineales
<b>ESPECIALIZACIÓN SENSORIAL</b>	Color / detalle especial (qué/detalles)	Movimiento (dónde/peligro!)

## SISTEMAS PARVO Y MAGNO – ANATOMÍA COMPARADA (CONTINUACIÓN)

La respuesta de los diferentes tipos de neuronas de células ganglionares y CGL (parvo o magno) al color es ilustrada en la Fig 13-4 de Schwartz, 2004.

- Las células parvo muestran diferentes respuestas dependiendo de la longitud de onda. Por ejemplo, algunas neuronas parvo muestran una inhibición (disminución de la frecuencia del potencial de acción) para longitudes de onda cortas y de excitación (aumento) para longitudes de onda largas; es decir, **oposición del color**.
- Las células Magno no muestran oposición del color, por lo tanto, no pueden discriminar longitud de onda y no pueden contribuir a la percepción del color. (figura 13-5 de Schwartz, 2004)

La respuesta temporal a la presentación del estímulo (Fig 13-6 de Schwartz, 2004) se resume a continuación:

- Las células parvo se disparan, tanto como el estímulo esté presente - **una respuesta sostenida** (Fig. 13-6A de Schwartz, 2004)
- Las neuronas magno muestran una rápida ráfaga de actividad eléctrica cuando el estímulo se enciende y cuando se apaga. Esto se llama una **respuesta transitoria** (Fig. 13-6B de Schwartz, 2004)
- Las neuronas parvo pueden responder mejor a la iluminación relativamente estable, que se asocia con menores cambios de luz temporales, y una mejor sensibilidad a las *frecuencias temporales bajas*
- Parece que la respuesta transitoria de las células magno responde mejor a los cambios rápidos en la iluminación. Esto se asocia con una *resolución temporal alta y una mejor percepción del movimiento*

La velocidad de transmisión se resume a continuación:

- Los diámetros de los axones celulares son más pequeños y transmiten señales eléctricas más lentamente
- Las neuronas celulares magno tienen axones de mayor diámetro. Los cables de gran diámetro transmiten señales eléctricas más rápido, y esto es cierto para las neuronas también. Esto contribuiría a una percepción del movimiento más rápida.

Los tamaños de los campos espaciales o campos de sumación espacial se resumen a continuación:

- Los campos receptivos parvo son más pequeños, por lo tanto, apoyan una mejor resolución espacial (mejor VA). Las células parvo son en su mayoría conectadas a las células ganglionares de la fovea en el CGL
- Las células Magno tienen campos receptivos de mayor tamaño, lo que permite una mayor sumación espacial y una mejor sensibilidad a la baja iluminación

Parece que estas dos vías paralelas en el sistema visual están especializadas en determinados tipos de percepción visual:

- El sistema magno celular está más orientado hacia la detección general o de alerta y se le conoce como el **sistema "dónde"**. Es más rápido y más sensible al movimiento. Puede ser más importante en la detección de los peligros que surgen en la visión periférica
- Una vez que se detecta un objeto, la información visual detallada (detalles espaciales, color) parece estar realizada principalmente por el sistema de parvo. Se llama el **sistema "qué"**

El daño selectivo a ciertas partes del CGL causó anomalías visuales que se esperarían de un sistema diseñado para apoyar dos funciones distintas:

- Los daños en las capas 3-6 (células parvo) causa reducida percepción del color y baja agudeza visual, sin embargo, se conserva la sensibilidad de centelleo de alta frecuencia
- Las lesiones en las capas 1-2 (células magno) del CGL causan mala detección de centelleo de alta frecuencia y una mayor dificultad en la detección de objetos grandes. La percepción del color y de alta resolución espacial no se ven afectadas

## VÍAS PARALELAS EN HUMANOS

Debido a las similitudes entre el hombre y los monos, los científicos suponen que también se aplican estos principios para el sistema visual humano. Se han ideado pruebas psicofísicas para aislar y estudiar los sistemas celulares parvo y el magno.

### REJILLAS ISOILUMINADAS

Una técnica utiliza rejillas isoiluminadas (misma luminancia) que estimulan sólo el sistema de parvo, mientras que deja el sistema magno no es estimulado (Fig 13-7 de Schwartz, 2004). Barras de diferentes colores alternadas (por ejemplo, barras de color rojo y verde) se muestran, pero la luminancia (no radiancia) de las barras es la misma. Las rayas deben ser invisibles para el sistema magno, debido a que todas son de la misma luminancia y sólo se diferencian en el color. Esto puede ser usado para probar sólo el sistema parvo a partir ya que las neuronas magno no pueden detectar las rayas.

### INCREMENTO EN LA SENSIBILIDAD

Otra estrategia es utilizar pruebas de incremento de la sensibilidad al color (espectro) (Figura 13-8 de Schwartz, 2004). El estímulo contiene dos características importantes:

- Un punto monocromático (de una sola longitud de onda de tono) que debe ser detectado sobre un fondo blanco
- Además, el estímulo está centelleando a 25 Hz

Comenzando con un muy pequeño incremento de luminancia ( $\Delta I$ ), se aumenta la luminancia hasta que la persona detecta el color y el centelleo. Estos se producen a diferentes niveles de luminancia (diferentes umbrales) que varían en función de la longitud de onda.

En algunas longitudes de onda la persona es más sensible al color y lo detecta primero, y luego ve el centelleo (440 nm). (Se recuerda que el umbral y la sensibilidad están inversamente relacionados) En otras longitudes de onda el ojo detecta el centelleo primero (más sensibilidad al centelleo), y a continuación, el color (600 nm). Esto sugiere en el trabajo por separado de los sistemas parvo (la visión del color) y magno (detección de centelleo).

Citando a Schwartz, 2004 (p 293.): "Umbrales discretos para el color y el centelleo sugieren la existencia de dos vías fisiológicas independientes. La curva de color presumiblemente representa los umbrales de codificación de color para la vía parvo sostenida, y la curva de centelleo representa umbrales para la vía magno transitoria".

## LECTURAS/REFERENCIAS SELECCIONADAS

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Adler FH and Hart WH. **Adler's Physiology of the eye: Clinical application**. 9th Edition. Mosby, USA. 1992