



NEUROFISIOLOGÍA DE LA VISIÓN BINOCULAR

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

EL QUIASMA ÓPTICO Y EL CUERPO GENICULADO LATERAL (CGL)

Ya el ser humano tiene dos ojos, cada uno de los cuales tiene su propia imagen, estas dos imágenes de alguna manera deben ser fusionadas en una sola percepción de visión binocular normal. La fusión motora orienta los ojos por lo que están viendo el mismo objeto, sus imágenes serán similares, y caen en ubicaciones estrechamente correspondientes en las dos retinas. Los ojos entonces dan al cerebro dos imágenes que se corresponden burdamente y que se deben combinar en una sola imagen por la fusión sensorial.

La primera estructura en la que las señales de puntos de la retina correspondientes pueden ser transferidas en estrecha proximidad es el **quiasma óptico**. Un objeto en el campo visual derecho proyecta su imagen a la retina temporal del OI, pero la retina nasal de la OD. De este modo las fibras neuronales tanto del ojo derecho e izquierdo que tiene una dirección visual similar (campo derecho) se recogen y se envían a la parte izquierda del cerebro. Así mismo, se recogen y se envía al lado derecho del cerebro datos de campo visual izquierdo de los dos ojos. El CGL recibe la entrada de ambos ojos desde un hemisferio, y aunque las neuronas que reciben datos de las direcciones en las dos retinas correspondientes están en la proximidad, las neuronas del CGL son todavía **monoculares**. Es decir, cada neurona del CGL recibe una sinapsis, ya sea del ojo derecho o el izquierdo, pero no ambos. De las seis capas del CGL, 2, 3 y 5 (de abajo hacia arriba) reciben sinapsis del ojo ipsilateral (mismo lado), mientras que las capas 1, 4 y 6 reciben los axones que han cruzado de la retina contralateral (lado opuesto). (Steinman Fig. 8-4) Aunque las neuronas del CGL son monoculares, están dispuestas de manera que las que tienen direcciones visuales correspondientes están alineadas verticalmente (Steinman Fig. 8-5). Citando a Steinman (p. 242-243).

*"El resultado neto es que la decusación parcial en el quiasma ha traído las neuronas cuyos campos receptivos cubren los **puntos correspondientes** en el campo visual en estrecha proximidad en el CGL. El quiasma organiza el CGL en términos de puntos correspondientes de la retina, de manera que las neuronas de los puntos correspondientes en cada ojo son todos alineados a través de las capas de la CGL. Esta proximidad organiza las fibras que salen del CGL que van a la corteza visual de tal manera que las neuronas que "ven" el mismo punto en el espacio visual (la misma dirección visual) en cada uno de los ojos viajan juntas dentro de las radiaciones ópticas."*

Además de la organización de cada CGL en capa ipsilateral (2, 3, 5) y contralateral (1, 4, 6), se puede dividir en capas parvocelular (3-6) y magnocelular (1, 2), con base en el tamaño de las neuronas (**Steinman Fig. 8-4**). Las neuronas magnocelular (magno) y parvocelulares (parvo) en el CGL son parte de las dos vías paralelas que comienzan con las células ganglionares de la retina y que continúan hasta la corteza visual. Estas dos vías participan en funciones visuales distintas, que se resumen en la Tabla 32.1, abajo. Aunque la mayoría de los científicos creen que las primeras interacciones binoculares verdaderas no ocurren hasta la corteza visual, algunos han especulado que puede haber algo de inhibición binocular rudimentaria entre las señales neuronales recibidas por las capas adyacentes en el CGL, como se ilustra en la **Fig. Steinman. 8-6**.

ESTEREOPSIS ESTÁTICA FINA Y DE MOVIMIENTO GRUESA

La mayor parte de las funciones visuales que figuran en la tabla 32.1 se refieren a la psicofísica y neurofisiología Visuales (aspectos sensoriales monoculares de la visión). La última fila de la Tabla 32.1 añade funciones binoculares que están asociadas con las dos vías, es decir, dos sub-categorías de la estereopsis. Como se discutió brevemente en la unidad 27, los científicos han encontrado que la estereopsis es procesada por dos subsistemas fisiológicos llamados:

- **Estereopsis estática fina** (asociada con la vía parvo)
- **Estereopsis de movimiento gruesa** (asociada con la vía magno)

Tabla 32.1 Características de las vías parvo y magno.

	Sistema Magno	Sistema Parvo
Discriminación del color	No	Si (oposición del color)
Respuesta neuronal	Transitoria	Sostenida
Diámetro del axón de la célula ganglionar	Más grande	Más pequeño
Transmisión de la señal	Más rápida	Más lento
Sensibilidad temporal	Alta frecuencia	Baja frecuencia
Sensibilidad espacial	Baja resolución	Alta resolución
Principal recepción de la retina	Periférica	Fóvea
Linealidad espacial	Alguna, no linealidad	Lineal
Especialización sensorial	Movimiento (sistema de alerta del dónde)	Color / detalles (sistema que detalla el qué)
Visión binocular	Estereopsis de seguimiento del movimiento	Estereopsis estática fina

Algunas propiedades de la estereopsis estática fina (parvo) son:

- Disparidades pequeñas: de 2 segundos de arco a 20 minutos de arco (objetos cercanos al punto de fijación; de tal forma que el objeto está cerca del centro del horóptero)
- Latencia 250 ms (más lento que la estereopsis gruesa)
- Asociada primariamente con la visión central
- Funciona mejor con los objetos estacionarios o de movimiento lento
- Funciona mejor con las frecuencias espaciales más altas ($> 3c/g$)
- Puede detectar diferentes colores

Algunas propiedades de la estereopsis de movimiento gruesa (magno):

- Rango de disparidad: Desde 40 segundos de arco hasta grados.
Este sistema es más fuertemente estimulado por los objeto ubicados fuera y distantes del horóptero
- Latencia de 130 ms (la estereopsis gruesa es procesada cerca de dos veces más rápido que la estereopsis fina)
- Asociada principalmente con la visión periférica
- Funciona mejor con los objetos de movimiento rápido
- Más sensible que la estereopsis estática a las frecuencias espaciales bajas
- Insensible al color

NEUROANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA ESTEREOPSIS FINA ESTÁTICA

En la **Fisiología de Adler del ojo**, la **figura. 23-22** (novena edición; similar a la Fig. 29-5 en la 10ª edición) muestra las seis capas del CGL a la izquierda y la organización en parte de la corteza visual primaria. La porción superior del cubo está cerca de la superficie cortical y las capas inferiores son más profundas. **Figura 14-14** de Schwartz muestra una vista similar de la corteza visual primaria. Se debe tener en cuenta que se organiza en áreas de tinción oscura (conocidas como los **blobs**) y con regiones más blancas en el medio, las **interblobs**.

También tenga en cuenta que ciertas capas etiquetadas como R o L, contienen neuronas que reciben información principalmente del ojo derecho o el izquierdo. Debido a que el ojo derecho o izquierdo domina las neuronas dentro de esas regiones, se les conoce como las columnas de **dominancia ocular**.

La vía desde las células ganglionares parvo pasa a través de las capas parvo celulares del CGL (superior; 3, 4, 5, 6) y se conecta con las neuronas en la capa IVC β en la corteza visual primaria (V1). Consultar **Schwartz 14-16**, o Adler fig. 23-22 (29-5 en la última edición). En este punto las neuronas V1 se siguen considerando monoculares ya que reciben el aporte sólo del ojo derecho o del izquierdo, dependiendo de si se encuentran en la columna de dominancia ocular del ojo derecho o izquierdo.

Las neuronas de esta capa proyectan a las capas II y III en la parte más alta del área V1, y es aquí donde se encuentran las primeras **neuronas binoculares**. Las neuronas son binoculares ya que reciben el aporte de ambos ojos (**Steinman Fig. 8-7**).

Los científicos han encontrado cuatro tipos de neuronas binoculares en el área V1 del mono que parecen estar involucradas en la **estereopsis fina estática**. Estas responden más fuertemente a los objetos situados en o muy cerca del punto de fijación (pequeña disparidad binocular). Las respuestas para los cuatro tipos de células se muestran en la **Fig. Steinman . 8-15 y la figura de Adler. 24-21** (9ª edición).

- Células "Sintonizadas para cerca" (TN) responden más fuertemente a objetos situados ligeramente fuera pero más cerca que el horóptero (900 a 1800", o 15-30 minutos de arco de la disparidad cruzada) y son inhibidas por objetivos situados más lejos o más cerca de esto.
- Células "Sintonizadas para lejos" (TF) son similares, pero responden a objetivos situados en el lado opuesto del horóptero. También son inhibidas por objetivos situados en otros lugares.
- Células "Sintonizadas cero" (T0) responden más fuertemente a objetivos situados muy cerca del horóptero, teniendo una disparidad de menos de 180" (3 minutos de arco). Steinman se refiere a estas como las células sintonizadas excitadoras (p. 257). Son inhibidas por objetos situados en otra parte..
- las neuronas "Sintonizadas inhibitorias" (TI) no se activan cuando los objetos están cerca del punto de fijación, pero se activan por objetos que se encuentran a más de 180" por fuera de cada lado del horóptero.

Cada uno de estos tipos de neuronas parecen estar dispersos por las capas V1 II y III, y en el mono, en el IVA, también (los seres humanos no tienen IVA capa).

NEUROANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA ESTEREOPSIS GRUESA DE MOVIMIENTO

La vía magno celular se extiende desde las células ganglionares magno en la retina, a las dos capas magno ventrales del CGL (1, 2), y se conecta con las neuronas en la capa IVC α en la corteza visual primaria (V1). En este punto, las neuronas individuales son todavía monoculares - que reciben de entrada del ojo derecho o el izquierdo, dependiendo de si se encuentran en columna de dominancia ocular de la derecha o la izquierda. Estas neuronas envían axones hasta capa IVB (Schwartz ver Fig. 14-16, la figura de Adler 23-22, y Steinman Fig. 8-7; En la 10ª edición de Adler, la figura 29-5 dice IIIB). Es aquí que se encuentran las primeras neuronas binoculares, en el sistema magno. Los científicos han encontrado dos tipos de neuronas binoculares en la V1 del mono que parecen estar involucradas en la estereopsis gruesa de movimiento. Están fuertemente estimuladas por grandes disparidades binoculares, y por lo tanto se cree que participan en el procesamiento de estereopsis gruesa de movimiento. Las respuestas de estos dos tipos de células se muestran en la **figura 24-22 de Adler**.

- Las neuronas de cerca (NE), responden fuertemente a objetos situados de 450-7.200 " (7,5 minutos de arco a 2 grados) más cerca que el horóptero (disparidad cruzada), pero son inhibidas por objetos situados en el lado opuesto de la horóptero.
- Las neuronas de lejos (FA), son lo contrario y están sintonizadas para responder a objetos de 450-7200 " (7,5 minutos de arco a 2 grados) más allá del horóptero (disparidad no cruzada). Los objetos en el lado cercano del horóptero las inhiben.

Según Tychsen (Adler Capítulo 24), el 50% de las neuronas de V1 son sensibles a la disparidad horizontal y esto incluye un número aproximadamente igual de los seis tipos de neuronas binoculares (TN, TE, T0, TI, NE y FA). Alrededor del 50 % de las neuronas V1 no son sensibles a una disparidad en particular y son llamadas neuronas "planas" (FL).

La proporción de las neuronas sensibles a la disparidad binocular aumenta de 50% en V1 a 66% en V2 y al 80% en V3. Además, las zonas más altas parecen especializarse en una cantidad cada vez mayor de disparidad con una mayor recepción de la visión periférica, como se ilustra en la figura. 32.1 (Fig. Forma modificada de **Adler 24-26**).

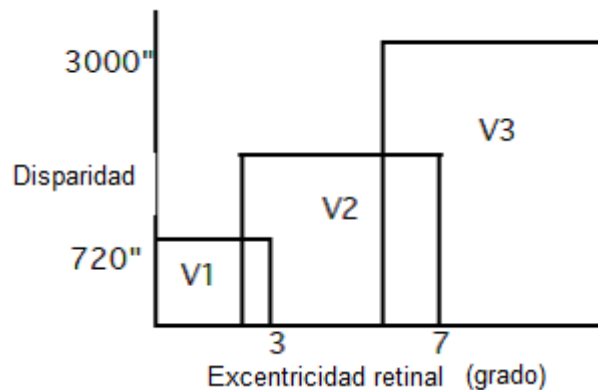


Figura 32.1 Neuronas de alto orden.

Tanto el tracto parvo como el magno se proyectan en el área V2, pero a diferentes regiones dentro de V2 como se ilustra en la figura. 32.2 a continuación y en **Adler fig. 23-22**.

MÁS ALLÁ DEL ÁREA V1

La vía de magno se extiende a V3 y V5 (también llamado MT), que contiene muchas neuronas que son sensibles al movimiento, pero no a color. Las neuronas en V5 parecen estar especialmente diseñadas para recibir la percepción de efectos de profundidad monoculares tales como el paralaje de movimiento, y el efecto de profundidad cinética, así como el **movimiento en profundidad** binocular, la estereopsis en movimiento y están especializadas en la detección de movimiento más rápido que las neuronas de V1. Esto, combinado con su sensibilidad a las disparidades más grandes, sugiere que esta área soporta la estereopsis gruesa. La corteza MT se conecta con las neuronas de más alto nivel en el área temporal superior (MST) y la corteza parietal media que parece que procesar otras percepciones de movimiento y profundidad, como el **flujo óptico** y de **orientación en el espacio** (Ver Steinman p. 262)

Estas se encuentran en las proximidades de las áreas en los lóbulos temporal y parietal que parecen iniciar los movimientos oculares, tales como seguimientos suaves, movimientos sacádicos y vergencias. Por el lado parvo, las proyecciones blob e interblob alcanzan el área V4 a través de V2. Las neuronas blob-parvo de V4 parecen apoyar la visión del color, mientras que los que vienen de la ruta de interblob-parvo parecen apoyar la visión de la forma y la estereopsis estática. También pueden apoyar el mantenimiento de la fusión motora (convergencia). Esto se resume en la figura 32.2, que fue reproducida de la **figura de Adler. 24-27**.

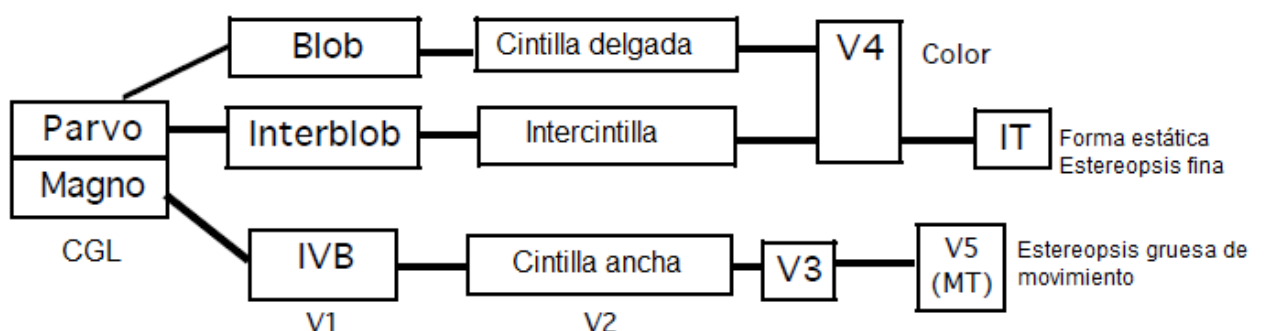


Figura 32.2 Principales vías que soportan la estereopsis estática fina y la gruesa de movimiento.

CAMPOS RECEPTIVOS Y ESTEREOPSIS

El campo receptivo de una neurona se puede medir experimentalmente mediante los registros que se obtienen de un electrodo que se coloca cerca de una neurona particular. Durante la grabación de la actividad eléctrica de las células, los estímulos visuales, como luces, se mueven en el campo visual de cada ojo. Cuando la luz se encuentra en el campo receptivo de esa neurona, esta será fuertemente estimulada

Las neuronas monoculares en la corteza visual son estimuladas por la recepción de un solo ojo. A partir de la segunda sinapsis en la corteza visual, se encuentran con las primeras neuronas binoculares. Estas tienen campos receptivos en ambos ojos, por lo que son capaces de responder a las recepciones de uno de los ojos. Pero los científicos han encontrado que responden más vigorosamente cuando son estimuladas por el estímulo correcto presentado a los campos receptivos de *ambos* ojos al mismo tiempo. Como se muestra en la **Fig. Steinman 8-8**, la suma binocular de las señales neurales sólo se producirá si los estímulos presentados al mismo tiempo en el campo receptivo de cada ojo tienen la orientación, forma y tamaño correcto.

Schwartz en la figura. 14-10 muestra que, mientras los ojos están fijos en un cierto punto, los campos receptivos correspondientes en los dos ojos, que estimulan una neurona en particular, parecen estar localizados en lados opuestos del punto de fijación. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que en un cierto punto en el espacio, los dos campos receptivos se superponen. Con la localización de un estímulo de luz en este punto en el espacio, se estimularán ambos campos receptivos al mismo tiempo. De esta manera, se puede ver que una cantidad específica de disparidad estimulará de óptimamente la neurona binocular, este es un sistema que permite a ciertas neuronas codificar una cantidad particular de la disparidad y, por tanto, una percepción estereoscópica específica de la distancia.

La Figura 8-12 en Steinmann y la fig. 24-26 de la octava edición de Adler ilustran cómo experimentos similares se han realizado con animales de laboratorio para ver si una neurona particular, se sintoniza a un cierto tipo y la cantidad de disparidad correspondiente a un objeto situado en un punto particular en el espacio. Los campos receptivos monoculares pueden coincidir con un punto frente a, en o detrás del horóptero. Un objeto que se encuentre en ese punto va a estimular fuertemente la neurona.

BASES NEUROLÓGICAS DE LA FUSIÓN BINOCULAR

Recordemos que la estereopsis es el más alto nivel de la fusión sensorial. Antes de esto, el sistema visual debe ser capaz de identificar objetos similares (simultáneamente o grado 1 de fusión de Worth) en las imágenes de los ojos derecho e izquierdo y combinarlas en una sola imagen (grado 2 de Worth, la fusión plana). La tarea de encontrar una coincidencia entre las características similares en las dos imágenes monoculares se llama correlación binocular. Alrededor de la mitad de las neuronas del área V1 parece ser activas para la detección de similitudes de forma, contraste y textura. Estas neuronas parecen ser en parte las responsables de correlación binocular. Esto se puede probar usando correlogramas como se ilustra en la figura. 32.3 a continuación.

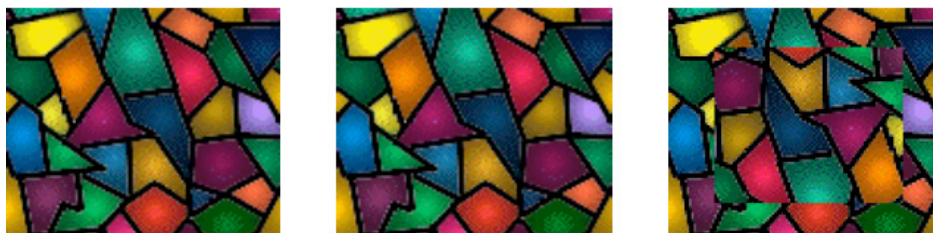


Figura 32.3 Ejemplos de imágenes correlogramas (izquierda y en el medio) e imágenes que contienen porciones no correlacionadas (izquierda y derecha).

Los patrones de la izquierda y el medio son copias exactas. Esto representa un 100% de correlación binocular. Las imágenes izquierda y derecha contienen características que no coinciden, lo que representa que no hay correlación binocular. Mediante el control de la cantidad de correspondencias en los objetos de las pruebas presentadas a los

ojos derecho e izquierdo, es posible estudiar cómo las diferentes neuronas responden a diferentes grados de correlación binocular.

En situaciones de visualización naturales es posible recibir imágenes correlacionadas y no correlacionadas en las dos retinas. Obviamente, cuando los dos ojos están fijando el mismo objeto las imágenes serán altamente correlacionadas (aunque puede haber pequeñas diferencias). Se debe tener en cuenta que la correlación y la disparidad son diferentes. En disparidad binocular, los elementos coincidentes se desplazan un poco lateralmente. Cuando no hay correlación, puede que no haya características correspondientes entre las dos imágenes.

Las imágenes altamente correlacionadas pueden presentarse a los dos ojos cuando los ojos están fijando un punto en el espacio vacío, mientras que imágenes diferentes más allá del punto de fijación caen en los puntos correspondientes en las dos retinas (**Figura de Adler 24-24**). Esto creará rivalidad y confusión, ya que imágenes diferentes están en puntos correspondientes.

Los científicos que estudian la visión binocular han encontrado que ciertas neuronas y combinaciones de neuronas son estimuladas por diferentes grados de correlación y esto puede proporcionar la base neurológica para los fenómenos binoculares tales como la supresión. Esto también se puede demostrar por los potenciales evocados visuales con correlogramas.

El sistema visual es capaz de responder rápidamente a las imágenes no correlacionadas sin interrumpir la continuidad de la visión. Por ejemplo, si a alguien le está bloqueando la visión la cabeza de otro, la imagen de la cabeza se suprime de forma rápida, para continuar viendo la imagen monocular recibida por el ojo que no está bloqueado.

NEURONAS CORTICALES SIMPLES Y COMPLEJAS

Los estudios con células ganglionares de la retina y las neuronas del CGL demostraron que estas neuronas responden con campos receptivos circulares que tienen la organización de centro-periferia (antagonismo espacial). Cuando los científicos trataron de estudiar las neuronas del área V1 con estímulos circulares similares, las neuronas parecían no responder.

En la década de 1950 los científicos Hubel y Wiesel descubrieron que las neuronas de primer orden en la corteza visual responden mejor a las líneas, barras o bordes en lugar de puntos. Se refirieron a estas neuronas como **células simples**.

Además de tener una forma alargada, los estímulos también tenían que tener una orientación específica con el fin de estimular una célula sencilla en particular (**Schwartz. Fig. 14-4**). Como se muestra en la **Figura de Schwartz. 14-5**, campos receptores de las células simples tienen regiones excitatorias e inhibitorias, y algunas responden mejor a las barras, mientras que otras responden mejor a los bordes.

Dado que los campos receptivos del CGL son anulares y hacen sinapsis con las células simples en la corteza visual, los científicos creen que, en efecto, la suma de los campos receptivos CGL circular (como se muestra en la **figura de Schwartz 14-6**) forma complejos de campos receptivos alargados de células simples del área V1. La creciente complejidad de los campos receptivos con mayores niveles de procesamiento neuronal se conoce como **procesamiento serial o jerárquico**.

Más allá de células simples están las células complejas, cuyos campos receptivos requiere que el estímulo se mueva en una dirección particular. Las células complejas aparentemente reciben el aporte de células simples, pero los campos receptores de las células simples no se suman de forma lineal. Por lo tanto, los campos receptivos complejos carecen de algunas de las características presentes en los campos receptivos simples. Estas no son tan sensibles a la posición y no tienen regiones discretas excitatorias e inhibitorias.

RESPETO MACULAR Y CUERPO CALLOSO

(Steinman Capítulo 8, p. 245-246; Adlers Capítulos 23, p. 738, Capítulo 24, p. 795-797)

A menudo se asume que hay una división estricta entre las retinas nasal y temporal, de tal manera que todas (y únicamente) las fibras nasales cruzan en el quiasma óptico y todas (y únicamente) las fibras temporales no se cruzan. En ese caso, los objetos en el campo visual izquierdo estimularían las retinas nasal izquierda y temporal derecha y

con el finalmente la corteza visual derecha. La corteza visual derecha recibiría la información del campo visual izquierdo de ambos ojos, por lo que sería posible detectar la disparidad y la estereopsis. Si hubiera una estricta nasal / división temporal, sin embargo, la estereopsis en la línea media sería imposible ya que ni la corteza visual derecha ni la izquierda tendrían recepción de ambos ojos.

Sin embargo, se conoce que la estereopsis es muy buena hacia el centro del campo visual - es decir, ya sea más cerca o más lejos que el punto de fijación. ¿Cómo es esto posible? Hay dos posibles mecanismos.

1. En lugar de tener una estricta división nasal / temporal, parece (al menos en monos) que hay un poco de superposición central (alrededor de 1-2°). Por lo tanto, algunas fibras temporales cruzan con la nasal y algunas de la nasal permanecen sin cruzar al temporal en el quiasma óptico. De esta manera, la corteza visual tanto derecha como izquierda pueden recibir información de ambos ojos para la visión central y la estereopsis sería posible.

2. Además, parece que algunas de las fibras de la corteza visual derecha e izquierda cruzan hacia el lado opuesto a través del cuerpo calloso.

Steinman describe un caso clínico interesante en el que una persona tuvo una lesión que cortó el quiasma óptico. La persona que todavía tenía algo de visión estereoscópica de la visión central. Esto sólo puede ser posible si hay transferencia callosa. Ver Steinman para más detalles. Adler también presentó una interesante discusión sobre este tema.

SUMACIÓN BINOCULAR Y PVE

Los PVEs se utilizan para medir la respuesta de la corteza visual primaria a la visión, y muestran una respuesta más fuerte para la visión binocular que monocular. Se han realizado pruebas en las que se presentó un estímulo en el ojo derecho, y otro al ojo izquierdo, sin permitir la fusión binocular. Se registró la respuesta de PVE. A continuación, los mismos estímulos fueron presentados a los ojos, pero esta vez se permitió fusionar binocularmente. En ese caso, el VEP mostró una respuesta más fuerte. Esto proporcionó evidencia electrofisiológica de la sumación binocular.

Del mismo modo, las pruebas se han hecho con correlogramas de puntos al azar que se presentan en el ojo derecho y el izquierdo. Cuando no se permite la fusión binocular (por ejemplo, debido a las disparidades verticales), la respuesta PVE no es tan fuerte como cuando se fusionaron objetos similares que tienen la misma cantidad de correlación con estereopsis (por ejemplo, cuando las disparidades eran horizontales). Esto es también evidencia de que los PVEs pueden demostrar la sumación binocular. También leer sobre la prueba PVE en la "frecuencia de golpe" p. 250-251 de Steinman.

BIBLIOGRAFÍA

- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 8.
- Kaufmann PL. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992. Chapter 23 and 24
- Benjamin W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999. Chapter 14.
- Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of visual science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1997.
- Kaufmann PL, Alm A and Francis HA. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Schor CM and Cuifreda KJ. **Vergence eye movements: Basic and clinical aspects**. Butterworth, Michigan. 1983.
- Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis. 1996.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heinemann, 1995.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.