

Neurofisiología de la Visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán



Neurofisiología de la Visión / Wilson Gabriel Barragan Rodríguez, /
Bogotá D.C., Fundación Universitaria del Área Andina. 2017

978-958-8953-62-5

Catalogación en la fuente Fundación Universitaria del Área Andina (Bogotá).

© 2017. FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
© 2017, PROGRAMA OPTOMETRÍA
© 2017, WILSON GABRIEL BARRAGAN RODRÍGUEZ

Edición:

Fondo editorial Areandino

Fundación Universitaria del Área Andina

Calle 71 11-14, Bogotá D.C., Colombia

Tel.: (57-1) 7 42 19 64 ext. 1228

E-mail: publicaciones@areandina.edu.co

<http://www.areandina.edu.co>

Primera edición: octubre de 2017

Corrección de estilo, diagramación y edición: Dirección Nacional de Operaciones virtuales

Diseño y compilación electrónica: Dirección Nacional de Investigación

Hecho en Colombia

Made in Colombia

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra y su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de la Fundación Universitaria del Área Andina y sus autores.

Neurofisiología de la Visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán





Índice

UNIDAD 1 Neurona y sistema nervioso central

Introducción	7
Metodología	8
Desarrollo temático	9

UNIDAD 1 Neurona y sistema nervioso central

Introducción	16
Metodología	17
Desarrollo temático	18

UNIDAD 2 Fotoquímica y retina

Introducción	26
Metodología	27
Desarrollo temático	28

UNIDAD 2 Codificación retinal

Introducción	39
Metodología	40
Desarrollo temático	41



Índice

UNIDAD 3 Agnosia

Introducción	48
Metodología	49
Desarrollo temático	50

UNIDAD 3 Agnosias visuales

Introducción	57
Metodología	58
Desarrollo temático	59

UNIDAD 4 Movimientos oculares de compensación

Introducción	66
Metodología	67
Desarrollo temático	68

UNIDAD 4 Neurofisiología de los movimientos oculares

Introducción	76
Metodología	77
Desarrollo temático	78

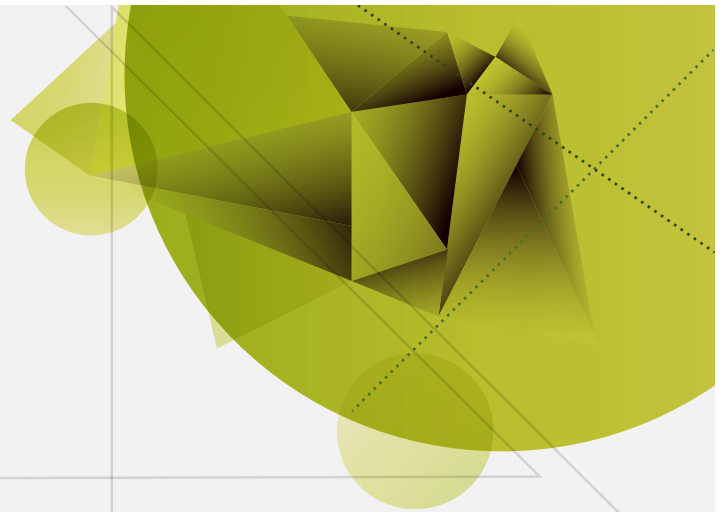
Bibliografía	82
--------------	----



1

Unidad 1

Neurona y sistema
nervioso central



Neurofisiología de la Visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

La neurona es la unidad básica del sistema nervioso. Junto con el sistema nervioso central son el soporte del aprendizaje para entender el funcionamiento nervioso total del cuerpo.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Los siguientes términos son tomados del portal de la universidad javeriana Facultad de Ciencias.

Neurona

“La neurona es la célula fundamental y básica del sistema nervioso. Es una célula alargada, especializada en conducir impulsos nerviosos.

En las neuronas se pueden distinguir tres partes fundamentales, que son:

Soma o cuerpo celular: corresponde a la parte más voluminosa de la neurona. Aquí se puede observar una estructura esférica llamada núcleo. Este contiene la información que dirige la actividad de la neurona. Además, en el soma se encuentra el citoplasma. En él se ubican otras estructuras que son importantes para el funcionamiento de la neurona”.

Dendritas: “son prolongaciones cortas que se originan del soma neural. Su función es recibir impulsos de otras neuronas y enviarlas hasta el soma de la neurona.

Axón: es una prolongación única y larga. En algunas ocasiones, puede medir hasta un metro de longitud. Su función es sacar el impulso desde el soma neuronal y conducirlo hasta otro lugar del sistema”.

Función de las neuronas

Las neuronas tienen la capacidad de comunicarse con precisión, con velocidad y distancia a otras células, como nervios, músculos o glándulas. A través de las neuronas se transmiten señales eléctricas.

Las neuronas se ajustan y se interconectan formando los tres componentes del sistema nervioso: sensorial, motoras y de integración o mixto, de esta manera, un estímulo que se captura en alguna región sensorial proporciona la información correcta que se llevó a cabo a través de las neuronas y es analizada por el componente integrador, que puede preparar una respuesta, que se lleva a cabo a través de las neuronas. Esta respuesta se realiza por una acción del motor, tales como la contracción muscular o secreción glandular (definición según el portal <http://www.moebius.org/>).

Clasificación según el tamaño

Dependiendo del tamaño de las prolongaciones, los nervios se clasifican en:

Tipo I neuronas de axones largos: pueden llegar a medir un metro, son motores en general, tienen vaina de mielina.

Tipo II neuronas sensoriales que tienen axón corto: son anatómicamente más pequeñas, su vaina de mielina es de un menor espesor (Paniagua, R. et al., 2002).

Clasificación según la polaridad

Unipolares: estas neuronas poseen solo una proyección que se ramifica en dos prolongaciones. Mientras que la rama central cumple la función de axón, la rama periférica cumple la de recibir las distintas señales, funcionando como dendrita. Las neuronas unipolares se encuentran por ejemplo, en los ganglios espinales.

Bipolares: estas neuronas contienen dos prolongaciones: una de ellas es la dendrita y la otra el axón. Las neuronas bipolares se encuentran, por ejemplo en la retina y mucosa olfatoria.

Multipolares: estas neuronas contienen varias dendritas y un axón. Esta clase de neuronas se localizan, por ejemplo, en el asta ventral de la médula espinal.

De acuerdo a la función que cumplen, las neuronas pueden clasificarse en:

Neuronas sensitivas: también conocidas bajo el nombre de aferentes, estas neuronas son las que se encargan de enviar los impulsos desde la periferia hacia el sistema nervioso central. Las sensitivas somáticas son las que conducen los estímulos del tacto, la presión, el dolor y la temperatura, las viscerales, en cambio, transmiten los estímulos que provienen de las glándulas, vísceras y vasos sanguíneos.

Neuronas motoras: estas neuronas, también conocidas como eferentes, son las encargadas de conducir impulsos desde el sistema nervioso central hasta las células efectoras. Del mismo modo que las neuronas sensitivas, existen neuronas eferentes somáticas y viscerales. Las somáticas son las que envían los estímulos hacia el músculo esquelético, las viscerales, en cambio, se en-

cargan de transmitir impulsos involuntarios a las glándulas y el músculo liso (Paniagua, R. et al., 2002).

Clasificación según su función

Neuronas sensoriales

Conducen los impulsos nerviosos de los receptores a los centros nerviosos. Capturan información que rodea al ser humano significa, tomar la información de los alrededores para ser procesada en el cerebro.

Neuronas asociativas o inter-neuronales

Permitir que las neuronas sensoriales se comuniquen con las motoras. Este tipo de neurona se encuentra exclusivamente en el sistema nervioso central.

Neuronas motoras o eferentes

Los nervios eferentes llevan los impulsos nerviosos de la SNC a los órganos efectores. Tomado del sitio web monografías.

Sinapsis

La siguiente definición es tomada de la RAE y del glosario del Departamento de Neurociencias, Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Guadalajara (México).

La sinapsis es una unión (funcional) intercelular especializada entre neuronas o entre una neurona y una célula efectora (glandular o muscular). En estos contactos se lleva a cabo la transmisión del impulso nervioso. Este se inicia con una descarga química que origina una corriente eléctrica en la membrana de la célula presináptica (célula emisora); una vez que este impulso nervioso alcanza el extremo del axón, la propia neurona segrega un tipo de compuestos químicos (neurotransmisores) que se depositan en el espacio sináptico (espacio intermedio entre esta neurona transmisora y la neurona

postsináptica o receptora). Estas sustancias segregadas o neurotransmisores (noradrenalina y acetilcolina entre otros) son los encargados de excitar o inhibir la acción de la otra célula llamada célula post sináptica.

Sistema nervioso central

El sistema nervioso central está constituido por el encéfalo y la médula espinal. Se encuentran protegidos por tres membranas: duramadre (membrana externa), aracnoides (intermedia), piamadre (membrana interna), denominadas genéricamente meninges. Además, el encéfalo y la médula espinal están protegidos por envolturas óseas, que son el cráneo y la columna vertebral respectivamente. Se trata de un sistema muy complejo, ya que se encarga de percibir estímulos procedentes del mundo exterior así como transmitir impulsos a nervios y a músculos instintivamente. Las cavidades de estos órganos (ventrículos en el caso del encéfalo y conducto ependimario en el caso de la médula espinal) están llenas de un líquido incoloro y transparente, que recibe el nombre de líquido cefalorraquídeo. Sus funciones son muy variadas: sirve como medio de intercambio de determinadas sustancias, como sistema de eliminación de productos residuales, para mantener el equilibrio iónico adecuado, transporta el oxígeno, la glucosa desde la sangre hasta las neuronas y también es muy importante como sistema amortiguador mecánico.

Las células que forman el sistema nervioso central se disponen de tal manera que dan lugar a dos formaciones muy características: la sustancia gris, constituida por el soma de las neuronas y sus dendritas, además de por fibras amielínicas; y la sustancia blanca, formada principalmente por las prolonga-

ciones nerviosas (dendritas y axones), cuya función es conducir la información, además de por fibras mielínicas que son las que le confieren ese color que presentan (Sistema nervioso, recuperado Blogspot).

Encéfalo

Está ubicado en la cavidad craneana y se ocupa de las funciones voluntarias. Es la parte superior y de mayor masa del sistema nervioso. Está compuesto por tres partes: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo.

Prosencéfalo, que se divide en:

Telencéfalo

- Corteza cerebral que incluye: lóbulo occipital (la visión), lóbulo parietal (órganos de la sensación y kinésicos), lóbulo temporal (audición y cerca al hipocampo el olfato), lóbulo frontal (el juicio, la percepción y la zona motora). Los lóbulos frontal, parietal y temporal se encargan del aprendizaje y todo el córtex se encarga del lenguaje.
- Cuerpo estriado.
- Rinencéfalo.

Diencefalo

- Epitálamo: contiene la glándula pineal, productora de melatonina.
- Tálamo: zona de control máximo de las sensaciones.
- Subtálamo: el subtálamo es la estructura diencefálica situada entre mesencéfalo, tálamo e hipotálamo. Se encuentra junto al lado medial de la cápsula interna.
- Hipotálamo: que comprende: quiasma óptico, tuber cinereum, tubérculos mamilares e hipófisis posterior que segrega dos hormonas: Oxitocina y Vasopresina;

es el centro regulador de las emociones (Sistema Límbico) y control físico (Sistema nervioso, recuperado de Blogspot).

El siguiente término fue tomado de <http://www.ecured.cu>:

Mesencéfalo (Cerebro Medio): “posee los tubérculos cuadrigéminos que son cuatro, dos superiores o anteriores relacionados con la visión y dos inferiores o posteriores relacionados con los fenómenos auditivos y es el que filtra la información entre rombencéfalo y prosencéfalo”.

Rombencéfalo es una porción de encéfalo que rodea al cuarto ventrículo cerebral; lo integran mielencéfalo y metencéfalo juntamente. Se encuentra localizado en la parte inmediatamente superior de la médula espinal y está formado por tres estructuras: el bulbo, la protuberancia anular o puente de Varolio, y el cerebelo. En él se encuentra, también, el cuarto ventrículo.

Metencéfalo

- a. Cerebelo: control movimiento, energía muscular, postura.
- b. Protuberancia o Puente de Varolio.

Mielencéfalo

Bulbo raquídeo: (médula oblonga) control de las funciones básicas como circulación de la sangre a través del corazón y respiración, tomado de <http://basesbiolps.blogspot.com/2013/05/anatomia-del-sistema-nervioso.html>

Médula espinal

La médula espinal es un largo cordón blanquecino localizado en el canal vertebral,

encargada de llevar impulsos nerviosos a los 31 pares de nervios raquídeos, comunicando el encéfalo con el cuerpo, mediante dos funciones básicas: la aferente, en la que son llevadas sensaciones sensitivas del tronco, cuello y los cuatro miembros hacia el cerebro, y la eferente, en la que el cerebro ordena a los órganos efectores realizar determinada acción, llevando estos impulsos hacia el tronco, cuello y miembros. Entre sus funciones también encontramos el control de movimientos inmediatos y vegetativos, como el acto reflejo, el sistema nervioso simpático y el parasimpático (tomado de <http://www.apuntes.eu/biologia/las-estructuras-protectoras-del-cerebro-y-el-nervio-raquideo/>).

Anatomía externa

A continuación se presentan definiciones de sistema nervioso central y periférico extraídas del sitio BuenasTareas.com.

“La médula espinal se considera el tejido nervioso más extenso del cuerpo humano, pudiendo alcanzar sus neuronas hasta un metro de largo. Con un peso de aproximadamente 30 gramos, en su completo desarrollo la médula espinal alcanza la longitud de 45 cm en los hombres y 43 cm en la mujer dentro del hueso intravertebral llamado conducto raquídeo desde el agujero magno, en la parte media arqueada del atlas hasta la primera o segunda vértebra lumbar. En efecto, en el recién nacido la médula alcanza L3, dos vértebras más abajo, y embriónariamente se encuentra hasta la base del cóccix”.

“Es de forma cilíndrica en los segmentos cervical superior y lumbar, mientras que ovoide con un diámetro transversal mayor que el anverso en los segmentos cervical

superior y torácico". "La médula es asimétrica en casi 80% de los seres humanos, siendo el lado derecho el más grande en el 75% de las asimetrías. Tal asimetría se debe a la presencia de más fibras del fascículo corticospinal descendente en el lado más grande".

"La médula espinal posee dos caras y dos bordes: una cara anterior, dos bordes laterales y una cara posterior. La cara anterior en la línea media presenta el surco medio anterior y limita lateralmente por los surcos colaterales anteriores, que son los orígenes aparentes de las raíces nerviosas motoras o eferentes de los nervios espinales y que además la separa de las caras laterales". "La cara posterior presenta un surco medio posterior que se prolonga por un tabique hasta la sustancia gris central y limita a los lados por los surcos colaterales posteriores que corresponden a los orígenes aparentes de las raíces nerviosas sensitivas o aferentes de los nervios espinales; entre ambos existe un surco llamado paramediano que dividen superficialmente la médula en 2 partes que corresponden a los haces de Goll y de Burdach".

"Presenta dos engrosamientos, uno cervical y otro lumbosacro:

'C3' a 'T3' intumescencia cervical: este engrosamiento se debe a las raíces de nervios que van a transmitir sensibilidad y acción motora hacia y desde los miembros superiores (brazo, antebrazo y mano)".

"T10' a 'L2' intumescencia lumbosacral: se debe a las raíces de nervios que permiten transmitir la sensibilidad y acción motora hacia y desde los miembros inferiores (muslo, pierna y pie)".

"En su porción inferior adelgaza rápidamente para luego terminar en punta de cono co-

nocido como cono terminal". "En las partes laterales tiene como medio de fijación a los ligamentos dentados y en la parte inferior se continua con el filum terminal que se prolonga hasta el fondo de saco dural a nivel de la segunda vértebra sacra; y que además se relaciona con el filamento cóccigeo que se inserta en el hueso cóccix".

"Tres membranas envuelven concéntricamente a la médula espinal: la piamadre, la aracnoides y la duramadre. La piamadre es la que la rodea directamente y se introduce en los surcos. Sobre ella y relacionada con una parte laxa de la aracnoides encontramos un espacio lleno de líquido cefalorraquídeo llamado espacio subaracnoideo, encima de este espacio se encuentra la parte más homogénea y distinguible de la aracnoides". "Es como una red fina, transparente y laxa que no se llega a introducir en los surcos de la médula. En algunas partes resulta difícil diferenciar la piamadre de la aracnoides. Por eso, a veces usamos el término pía-aracnoides. Finalmente, tenemos la duramadre que es la capa meníngea más externa, fibrosa y fuerte".

"Entre la aracnoides y la duramadre se encuentra un espacio virtual llamado espacio subdural".

"La médula espinal está fijada al bulbo raquídeo por arriba con su continuidad con el bulbo, en su parte media a través de prolongaciones conjuntivas para adherirse a la duramadre, aletas en las raíces de los nervios como dependencias de la piamadre, constituyendo ambos tipos de prolongaciones los ligamentos dentados. En el extremo inferior por una prolongación de la duramadre que envuelve al filum terminale, fijándose hasta la base del cóccix".

Anatomía transversal

“En un corte transversal, la médula se conforma por toda su longitud y en sus divisiones un área gris, la sustancia gris en forma de “H” o mariposa en el centro y una sustancia blanca periférica, al contrario que en el encéfalo”.

“Sus mitades se encuentran divididas de forma sagital por dos procesos: en la parte dorsal encontramos el tabique mediano posterior, largo y angosto, y ventralmente la fisura mediana anterior, que es más amplia y corta”. “Longitudinalmente se divide en 31 segmentos, uno para cada par de nervios; así, los nervios espinales quedan emplazados en ocho cervicales, doce torácicos, cinco lumbares, cinco sacros y uno coccígeo. Cada segmento tiene dos pares de raíces (dorsales y ventrales) situados de forma simétrica en la parte dorsal y ventral”.

“La sustancia gris está compuesta principalmente por neuronas y células de sostén (neuroglía). Presenta dos astas grises anteriores y dos astas grises posteriores unidas por la comisura gris”. “Esta comisura gris queda dividida en una parte posterior y una anterior por un pequeño agujero central llamado conducto ependimario o epéndimo medular, siendo éste un vestigio del tubo neural primitivo”. “A nivel torácico y lumbar también aparecen las astas grises laterales en forma de cuña que corresponden a los somas de las neuronas que forman el sistema autónomo simpático o toracolumbar. Su consistencia es más bien uniforme, aunque la sustancia que rodea al conducto ependimario es más transparente y blanda, por lo que se le ha dado el nombre de sustancia gelatinosa central”.

“La sustancia blanca de la médula es la que rodea a la sustancia gris y está formada principalmente de fascículos o haces de fibras,

viniendo a ser los axones que transportan la información. Se divide en tres regiones básicas que son la anterior, lateral y posterior”.

“El sitio de entrada de la raíz dorsal está marcada por el surco dorsolateral; así mismo, la entrada de la raíz ventral se marca por el surco ventrolateral”. “Estas referencias dividen la sustancia blanca en un funículo dorsal, uno entre los surcos, llamado funículo lateral y uno ventral, mientras que se divide aún más en los segmentos cervicales y torácicos superiores, el funículo dorsal se divide por el surco dorsal intermedio en el fascículo cuneiforme, el más lateral, y el fascículo grácil”.

“**Asta dorsal:** el asta posterior recibe axones de los ganglios dorsales a través de las raíces homónimas y contiene haces sensitivos”. “Comprende el núcleo de la columna de Clarke donde hacen sinapsis las fibras que transmiten la sensibilidad profunda inconsciente, la sustancia gelatinosa de Rolando donde hacen sinapsis las fibras que transmiten la sensibilidad termo-algésica y el núcleo propio donde hacen sinapsis las fibras que transmiten la sensibilidad táctil protopática o tacto grosero”.

“**Asta intermediolateral:** solo se encuentra en los segmentos torácicos y lumbares superiores de la médula. Contiene neuronas preganglionares simpáticas”.

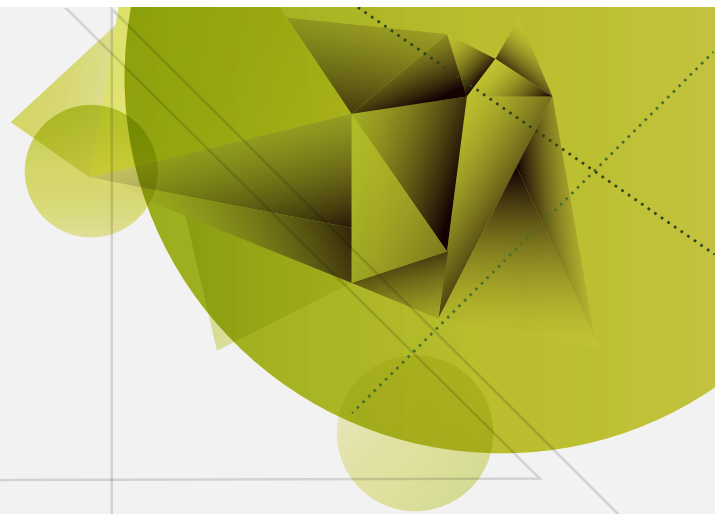
“**Asta ventral:** o asta anterior, se compone de axones de neuronas multipolares motoras. Comprende el núcleo antero-externo que inerva preferentemente los miembros y el núcleo antero-interno destinado a los músculos dorsales del tronco y del cuello”.

“**Zona intermedia:** contiene un gran número de interneuronas”.



1
Unidad 1

Neurona y sistema
nervioso central



Neurofisiología de la Visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

El sistema nervioso periférico es el encargado de realizar la parte funcional motora y mixta del sistema nervioso total.

Las células retínales de manera específica son las encargadas de realizar ese fabuloso proceso de transformar una partícula de luz en un impulso nervioso.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Las definiciones siguientes definiciones hacen referencia al sitio web <http://dsmbio.wordpress.com>

Sistema sensor

Definición: está constituido por órganos que se caracterizan por presentar receptores sensoriales encargados de captar estímulos externos e internos y transformarlos en impulsos nerviosos. Estos son conducidos al Sistema Nervioso Central para su interpretación.

Sentidos

- Se han desarrollado en los seres vivos como los instrumentos que le sirven para poder tener una relación o una interacción con el resto del universo que los rodea.
- El propósito fundamental de los órganos de los sentidos es recabar información acerca del medio circundante.
- Así, por ejemplo, es necesario ver que hay alrededor de uno para evitar cualquier peligro.
- El conjunto de órganos que componen el sistema sensible del cuerpo está formado por la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto.
- En general los elementos que nos permiten sentir o percibir la información del medio, son los receptores.

Estímulo

- Es una energía de cualquier tipo: eléctrica, mecánica, química o radiante.
- Una función de un órgano sensorial es transformar la energía del estímulo recibido en un impulso nervioso, constituyente del lenguaje común en el sistema nervioso.

La estructura general está formada por tres componentes:

- **Receptores sensoriales:** son células nerviosas o células especializadas en captar determinados tipos de estímulos (luz, sonido, frío, etc.) y transformarlos en impulsos nerviosos.
- **Vías nerviosas aferentes:** agrupación de axones neuronales que conducen el impulso nervioso desde el receptor hasta el SNC.
- **Corteza sensorial:** zona de la corteza cerebral encargada de recibir e interpretar los impulsos nerviosos a fin de percibir las diferentes sensaciones.

Clases de receptores, por su ubicación pueden ser:

- **Exteroceptores:** ubicados en la superficie corporal. Ej. Visión, tacto, temperatura.
- **Interoceptores:** ubicados en el interior del cuerpo. Se dividen en:

- **Visceroceptores:** a nivel de vísceras y vasos sanguíneos, mantiene la homeostasis del cuerpo, en general no se tiene conciencia de ellos. Ej. Hambre, náuseas, pH, temperatura del cuerpo.
 - **Propioceptores:** se encuentran al interior de los músculos, tendones y articulaciones. Nos informan sobre la posición, movimiento y fuerza muscular de las distintas partes del cuerpo. Ej. Husos neuromusculares, órganos tendinosos de Golgi.
- **Termoceptores:** captan calor, frío.
 - **Fotoceptores:** captan luz.
 - **Quimioceptores:** captan sustancias químicas.
 - **Nociceptores:** captan daño tisular.

Percepción sensorial: se refiere a un proceso mental que involucra la interpretación de una serie de sensaciones (capacidad de captar las modificaciones del ambiente externo e interno). Ej. Forma, calor, sonido o sensaciones táctiles, pueden conducir a la percepción de una persona parada en una habitación.

Por el tipo de estímulo:

- **Mecanoceptores:** captan deformación corporal (información mecánica).

Receptores químicos

Receptores	Ubicación	Sensación
Gustativos	Botones gustativos en la lengua	Diversos sabores: ácido, salado, dulce, amargo.
Olfativos	Mucosa nasal	Diversos olores
Homeostáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo carotideo y aórtico (PaO₂) • Aparato digestivo (Ph) • Bulbo raquídeo • Hipotálamo (osmóticos) • Hígado (glicemia portal) 	Indeterminada Indeterminada Indeterminada Indeterminada Indeterminada

Receptores térmicos

Receptores	Ubicación	Sensación
Terminales nerviosos para frío y calor	Piel	Fría y caliente

Receptores visuales

Receptores	Ubicación	Sensación
Conos y bastoncitos	Retina	Luminosa

Mecano – receptores sensitivos

Receptores	Ubicación	Sensación
Terminales nerviosos (presión)	Vasos sanguíneos	Indeterminada
Terminales nerviosos (volumen pulmonar)	Pulmón	Indeterminada
Terminales nerviosos (volumen vesical)	Vejiga	Indeterminada
Terminales nerviosos (distensión)	Aparato digestivo	Indeterminada
Fibra infrafusal (elongación)	Musculo esquelético	Indeterminada

Imagen 1. Receptores
Fuente: Propia.

Los términos a continuación son referenciados del sitio web <http://www.culturacientifica.org>

Sistema motor

Los sistemas sensoriales son los puntos de entrada al sistema nervioso; transforman energía física en señales neurales. Los sistemas motores utilizan señales neurales para convertir planes de acción en movimientos musculares que producen movimientos.

Los movimientos pueden dividirse en tres grandes clases según su complejidad y el grado de control voluntario:

- Respuestas reflejas, como el reflejo rotuliano, la retirada de la mano de un objeto caliente, o el tragar. Son los comportamientos motores más simples y están poco afectados por controles voluntarios. Son respuestas estereotipadas y rápidas.
- Patrones rítmicos de movimiento, como andar, correr o masticar. Combinan características de los actos reflejos y voluntarios. En general solo el inicio y el final de la secuencia son voluntarios.

- Movimientos voluntarios, son los más complejos. Se caracterizan por dos rasgos: son movimientos que se realizan con un objetivo determinado y en grandes medidas aprendidas (su ejecución mejora mucho con la práctica).

En cualquier clase de movimiento, en cualquier conducta, los músculos se relajan y se contraen. Puesto que los músculos únicamente pueden tirar de sus lugares de inserción, se requieren grupos de músculos en lados opuestos de cada articulación: los agonistas y los antagonistas.

De igual manera que existe distintos tipos de movimientos, en el SNC existe una jerarquía de estructuras que controlan esos movimientos:

- La médula espinal es la estructura más básica; es la estructura fundamental para las acciones reflejas y es el punto final de control para los movimientos voluntarios. Las respuestas reflejas pueden funcionar incluso cuando la médula espinal queda desconectada del encéfalo.
- Los sistemas descendentes del tronco del encéfalo forman el nivel siguiente.

Controlan muchos patrones rítmicos de movimiento (respiración), movimientos de ojos y cabeza, así como la postura.

- Las áreas motoras del córtex cerebral ocupa el nivel jerárquico más alto; lugar desde el que se ejecutan las órdenes de movimiento voluntario.
- Además existen otras dos regiones implicadas en el control motor: el cerebelo y los ganglios basales, que no están implicadas directamente en la producción del movimiento, sino en la regulación y modulación de las órdenes del córtex y del tronco encefálico.
- Cada componente del sistema motor contiene mapas somatotópicos del cuerpo.

Todas estas señales de control convergen finalmente sobre las motoneuronas de la médula espinal, que son las encargadas de inervar y activar los músculos esqueléticos.

Los términos a continuación son referenciados del sitio web <http://www.saberespractico.com/estudios/anatomia/los-12-pares-craneales-nombre-y-posicion/>

Pares craneales

Los 12 pares craneales son nervios encefálicos simétricos que comunican el encéfalo con distintas zonas periféricas como la cabeza, el cuello, el tórax y el abdomen.

Cada par es nombrado con un número romano progresivo que indica su posición en el encéfalo (el más ventral es el par I y el más dorsal es el par XII) o con un nombre que alude a su función.

Nombre de los 12 pares craneales

1. Nervio olfativo (I)

2. Nervio óptico (II)

3. Nervio oculomotor / Motor ocular común (III)

4. Nervio troclear / Patético (IV)

5. Nervio trigémino (V)

6. Nervio abductor / Abducens / Motor ocular externo (VI)

7. Nervio facial (VII)

8. Nervio estatoacústico / vestibuloclear / auditivo (VIII)

9. Nervio glossofaríngeo (IX)

10. Nervio vago / neumogástrico (X)

11. Nervio accesorio (XI)

12. Nervio hipogloso (XII)

Los centros nerviosos necesitan unas vías de comunicación con el resto del organismo. Estas vías son los nervios. El conjunto de nervios forma lo que se denomina sistema nervioso periférico.

El sistema nervioso periférico humano está formado por los nervios craneales (que salen del encéfalo) y nervios raquídeos (que salen de la médula). Este sistema se divide en dos grandes partes, el sistema nervioso somático y el sistema nervioso autónomo.

Sistema somático:

El sistema nervioso somático (SNSo) está formado por neuronas sensitivas que llevan información (por ejemplo, sensación de dolor) desde los receptores sensoriales (de los sentidos: piel, ojos, etc.) –fundamentalmente ubicados en la cabeza, la superficie corporal y las extremidades–, hasta el sistema nervioso central (SNC), y por axones motores que conducen los impulsos a los múscu-

los esqueléticos, para permitir movimientos voluntarios como saludar con la mano o escribir en un teclado (Tomado del sitio web chileno http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Sistema_nervioso/Sistema_nervioso_somatico.html).

Las definiciones que a continuación se presentan fueron tomadas del sitio web [venamimundo](http://www.venamimundo.com).

Sistema autónomo

También llamado a veces sistema nervioso visceral, pues se encarga del control de la

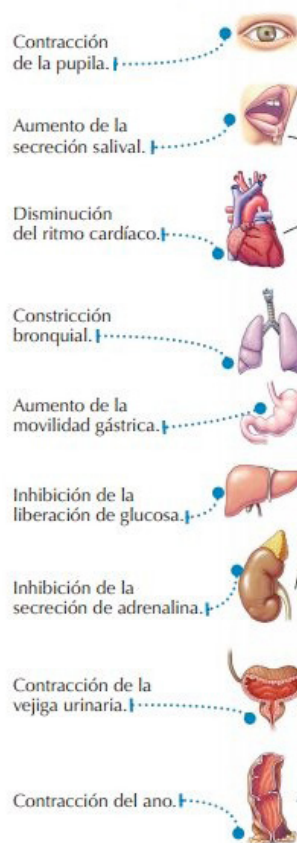
función visceral (el músculo liso, cardíaco y glándulas).

Existen músculos en el cuerpo sobre los cuales normalmente no ejercemos ningún tipo de control voluntario. Ejemplo de esto son los músculos lisos, tales como los del intestino, los de otros órganos internos, algunas glándulas y el músculo cardíaco que forma el corazón.

El sistema nervioso autónomo es el que regula el funcionamiento de nuestro corazón de forma automática. Es un sistema eminentemente automático; es decir, que «solito» se encarga de hacer los ajustes necesarios para mantener la acción necesaria sobre el entorno, acorde a la situación que nos demanda, sin participación de la conciencia.

Parasimpático

Actúa en oposición a la actividad del SN simpático, recuperando las condiciones normales para el organismo.



Simpático

Actúa en situaciones de alerta y frente a condiciones de estrés para el organismo, donde este debe reaccionar rápido y aumentar el gasto energético. Algunas acciones son:

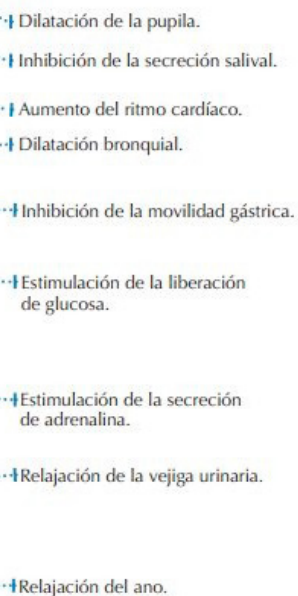


Imagen 2. Sistema nervioso

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/15507504/MegaPost-Guia-sobre-el-Sistema-Nervioso-Vol-I.html>

El sistema nervioso autónomo se divide funcionalmente en:

Sistema simpático

Usa noradrenalina como neurotransmisor, y lo constituye una cadena de ganglios. Está implicado en actividades que requieren gasto de energía. También es llamado sistema adrenérgico o noradrenérgico.

Sistema parasimpático

Lo forman los ganglios aislados y usa la acetilcolina. Está encargado de almacenar y conservar la energía. Es llamado también sistema colinérgico.

Neuronas retínales

La visión puede ser definida como la forma de saber qué está cuando miramos. ¿Pero qué pasa exactamente cuándo miramos? Para poder entender verdaderamente el complejo proceso que decodifica, por ejemplo, las palabras que vemos en esta página debido a los fotones que entran en nuestros ojos, debemos explorar el complejo amasijo de células conocido como retina. ¡Sigue leyendo para comenzar tu viaje hacia la comprensión de la percepción visual! Aunque todas las partes del ojo son importantes para la visión, la parte que es absolutamente determinante para transformar la luz en señales neurales se llama retina. Está localizada en el fondo del ojo y sus señales viajan hacia el cerebro a través del nervio óptico.

Fotorreceptores

Los fotorreceptores están constituidos por dos clases amplias de células: bastones y conos. Los bastones están concentrados en los bordes exteriores de la retina y son utiliza-

dos en la visión periférica. Son más sensibles a la luz que los conos y son responsables de casi la totalidad de la visión nocturna (también conocida como visión escotópica). Los conos están más concentrados en el centro de la retina y son el único tipo de fotorreceptor hallado en el centro de la retina (la fovea). Los conos son los responsables de la visión del color (también llamada visión fotópica). Los mamíferos normalmente tienen dos o tres tipos de conos porque para poder identificar la longitud de onda de un estímulo (es decir, su color) es necesario comparar la información producida por al menos dos tipos de conos.

Células horizontales

Se cree que existen dos tipos de células horizontales, cada uno con una forma distinta, que combinados dan información a todas las células fotorreceptoras. A pesar del número de células con las que forman sinapsis, las células horizontales representan una población relativamente pequeña de las células de la retina (menos del 5% de las células en la capa nuclear interna). Aún no se conoce la razón específica por la que existen dos clases de células horizontales; podría tener que ver con la identificación de diferencias de color en el sistema rojo-verde.

Células amacrinas

Parece que las células amacrinas permiten a las células ganglionares enviar al cerebro señales correlacionadas temporalmente: la información transmitida por la misma célula amacrina a dos células ganglionares distintas tenderá a causar que esas células ganglionares envíen señales al mismo tiempo. Se ha demostrado que las células amacrinas cuyo comportamiento ha logrado ser entendido tienen funciones muy específicas.

Células bipolares

Las células bipolares conectan fotorreceptores con células ganglionares. Su función es transmitir señales de los fotorreceptores a las células ganglionares, ya sea directa o indirectamente. Son llamadas células bipolares debido a su forma. Tienen un cuerpo celular central desde el que se extienden dos grupos diferentes de neuritas (axones y dendritas). Pueden conectarse con bastones o con conos (pero no con ambos a la vez) y también establecen conexiones con células horizontales. A diferencia de la mayoría de las neuronas, que se comunican unas con

otras mediante potenciales de acción, las células bipolares hablan con otras células a través de potenciales graduados.

Células ganglionares

Las células ganglionares son las células de salida de la información desde la retina. Sus axones salen del ojo, viajan por el nervio óptico hacia el cerebro para enviar el estímulo visual procesado hasta el núcleo geniculado lateral y forman sinapsis sobre neuronas que se proyectan a la corteza visual primaria, donde el estímulo es interpretado (Tomado de wiki.eyewire.org/es/Retina).

2

Unidad 2

Fotoquímica y
retina



Neurofisiología de la visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

La fotoquímica es el proceso fantástico de la transducción de la luz en electricidad. Este fenómeno casi mágico es el eje esencial del acto de la visión, el conocimiento y discernimiento del mismo, nos abre el espectro del entender ese funcionamiento tipo homeostasis entre la transformación de la proteína a un alcohol y así poder ver todo lo que nos rodea.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Neurofisiología de la visión

La retina tiene tres tipos de células:

- Pigmentadas: se encargan del metabolismo de los fotorreceptores.
- Neuronas:
- Células fotorreceptoras: son los conos y los bastones. Transforman los impulsos luminosos en señales eléctricas.
- Células bipolares de la retina. Conectan las células fotorreceptoras con las células ganglionares.
- Células amacrinas. Son interneuronas moduladoras.
- Células horizontales. Cumplen una función similar a las células amacrinas, son interneuronas moduladoras.
- Células ganglionares de la retina. De estas neuronas parte el nervio óptico que conecta la retina con el cerebro.
- Células de sostén:
- Astrocitos.
- Células de Müller. Su función es de soporte, sintetizan glucógeno y ceden glucosa a otras células nerviosas.

Proyecciones centrales de la retina

A excepción de cierto número de axones que se dirigen directamente hacia el hipotálamo

o hacia ciertas regiones del mesencéfalo tales como los núcleos ópticos accesorios, la mayoría de los axones de origen retiniano se terminan a nivel del cuerpo geniculado lateral y a nivel del tubérculo cuadrigémino anterior y pretecto.

Aproximadamente la mitad de las fibras nerviosas de origen retiniano se dirigen al núcleo geniculado lateral y de allí los axones de las células geniculadas pasan al área 17 de la corteza cerebral. Esta área es denominada área estriada a causa del grosor excepcional de la cuarta capa cortical que es el lugar donde terminan las fibras nerviosas de origen geniculado, numerosas conexiones unen al área 17 con las áreas peri estriadas 18 y 19. Cada área 17 recibe los influjos nerviosos provenientes de las hemirretinas correspondientes a los dos hemicampos visuales contra laterales, los cuadrantes inferiores de estas dos hemirretinas están representados a nivel de la parte inferior y anterior del área estriada y los cuadrantes superiores a nivel de la parte superior y anterior de esta área. Esta representación cortical de las porciones superior e inferior de la retina se sitúan a uno y otro lado de la cisura calcarina, la parte posterior del área estriada, igualmente a uno y otro lado de la cisura calcarina, corresponden a las regiones superior e inferior de las hemimaculas homo laterales.

Un gran número de fibras nerviosas de origen retiniano se dirigen a los tubérculos cuadrigéminos anteriores y al pretecto. Estas estructuras establecen numerosas conexiones con las regiones oculomotorias del tronco cerebral, la médula y el cerebelo e intervienen en las reacciones de orientación de los globos oculares y corporales desencadenadas por la aparición de un objeto en la periferia del campo visual. Además considero preciso insistir en dos grupos de vías que tienen un papel fisiológico importante.

Las que unen el tubérculo cuadrigémino anterior y el pretecto con el pulvinar del tálamo, de donde los influjos visuales llegan a la encrucijada temporo-parieto-occipital de la corteza cerebral. Esta vía intervendría especialmente en los movimientos de los ojos en relación con las actividades nerviosas altamente integradas y de nivel simbólico.

Las que parten de los tubérculos cuadrigéminos y que van a terminar en la formación reticulada del tronco cerebral, de donde los influjos visuales pueden llegar al centro mediano del tálamo y así irradiar a toda la corteza cerebral. Este mecanismo interviene en las reacciones de despertar, provocada por estimulación luminosa.

Es difícil disociar del estudio de las proyecciones cerebrales de la retina, la de las proyecciones centrífugas de las áreas 17,18 y 19 sobre el cuerpo geniculado lateral y el tubérculo cuadrigémino anterior, proyecciones que tienen un papel muy importante en la percepción visual.

Conexiones de los axones de la retina hacia el nervio óptico

Las fibras axonales amielínicas procedentes de las células ganglionares de la retina se

distribuyen en haces que se extienden paralelamente a la superficie de la retina y convergen a nivel de la papila óptica, formando el nervio óptico.

Especificidad sináptica en las láminas del cuerpo geniculado lateral

En el cuerpo geniculado lateral las láminas parvocelulares, reciben aferencias de las células ganglionares del sistema X de la retina, y láminas magnocelulares de las células del sistema ganglionar Y, este patrón inervacional supone que los canales receptivos codificados son modulados de forma separada. Los registros fisiológicos que comparan las propiedades del campo receptivo de las células de las láminas parvo y magno-celular del CGL han conformado esta suposición. Las células magno y parvocelulares difieren en múltiples aspectos en su representación selectiva del campo receptor.

Las principales propiedades en la representación de estos dos canales receptivos son:

- Discriminación cromática, selectiva en los canales parvocelulares.
- Respuesta a la sumación espacial.
- Las células magnocelulares presentan CR adaptados con mayor sensibilidad a los contrastes.
- Orientación selectiva.
- Sensibilidad al movimiento.
- Sensibilidad a la dirección en las células magnocelulares.
- Sensibilidad adaptativa, que determina las propiedades de la visión.
- Binocular particularmente a la instauración de la visión estereoscópica.

Este patrón de inervación retiniana sugiere que una de las principales funciones del cuerpo geniculado lateral es la de clasificar los canales retinianos en láminas diferentes. Las células de centro encendido y centro apagado están mezcladas a lo largo de las láminas magnocelulares geniculadas, sin pérdida de especificidad en sus aferencias ganglionares procedentes de las células y de centro encendido y centro apagado.

El cuerpo geniculado lateral recibe una masiva proyección de aferencias sensoriales de los sistemas receptores periféricos, que se compilan entre sí codificando información externa, de naturaleza múltiple, la proyección recíproca de esta información codificada en patrones selectivos de impulsos eléctricos por vía geniculo-cortical, modulara la información comprimida en los campos receptivos de todas las células, el papel que desempeña el sistema nuclear geniculado lateral en los mecanismos neurobiológicos de la visión es aún impreciso, las investigaciones al respecto, nos conducen a una intrincada red neural. La lógica de la arquitectura cortical; el entendimiento de la representación del procesamiento de información visual y su implicación en la maduración cerebral paralela a la adquisición de visión binocular normal e integración sensorial receptiva, son apenas un esbozo de este substrato neuronal.

Células retinales

La retina es la membrana fotosensible del ojo. El procesamiento visual en la retina lo realizan siete tipos básicos neuronales. Cinco aferentes: fotorreceptores, bipolares, horizontales, amacrinas y ganglionares. Dos tipos eferentes: las células interplexiformes (amacrinas modificadas) y las bplexiformes

(ganglionares modificadas). Los fotorreceptores hacen sinapsis con las células bipolares que transmiten el mensaje a las ganglionares. En la primera sinapsis que tiene lugar en la plexiforme externa, la señal visual es regulada por las células horizontales que contribuyen además a definir la resolución espacial de la imagen que se proyecta en la retina.

En la segunda sinapsis la plexiforme interna. Las células amacrinas organizan la resolución temporal que llevarán a cabo las células ganglionares. Son las únicas células de la retina cuya respuesta al estímulo luminoso consiste en una modulación (variación) de la frecuencia de descarga básica de los potenciales de acción que están emitiendo en situación en la oscuridad. Estas conectan mediante sus largos axones que constituyen el nervio óptico, con el tálamo en su vía aferente y con los cálculos superiores y otras estructuras encefálicas que serán las vías de retroalimentación para los reflejos visuales y movimientos oculares. Desde el tálamo la vía visual hace relevo en la corteza occipital o corteza visual primaria para culminar en la corteza visual de asociación en parte de los lóbulos temporal y parietal posterior.

Fotorreceptores

Los fotorreceptores de la retina en los primates son de dos tipos: conos que responden a niveles elevados de luminosidad y que son responsables de la visión diurna y en color (visión fotópica), y bastones con respuestas a muy baja intensidad luminosa y que permiten la visión nocturna (visión escotópica). Sin detalles ni color. En ellos tiene lugar la fototransducción es decir la transformación del estímulo luminoso en LJO impulso nervioso que será percibido en última ins-

tancia en las lonas específicas de la corteza cerebral (Tomado de <http://es.scribd.com/doc/130417687/Sensaciones-y-Persepciones>).

Campos receptores en la retina

Campo receptor de una neurona de la vía visual es la zona de la retina sobre la cual tiene que incidir la luz para que esa neurona sea estimulada y de una respuesta. Si una neurona recibe información de fotorreceptores localizados en la fovea. Su campo receptor se localiza en el punto de fijación ocular. Si la recibe de la periferia retiniana. Su campo receptor se localizará fuera y a un lado de dicho punto. En la periferia de la retina muchos fotorreceptores individuales convergen en una única célula ganglionar. Suministrando información de una zona relativamente amplia de la retina y por ende del campo visual. La visión foveal es más directa. Ya que existen allí casi el mismo número de ganglionares y de conos. Este hecho explica por qué la visión central (foveal) es muy aguda mientras la visión periférica es menos precisa.

Células bipolares

Son de dos tipos básicos de células bipolares, unas que reciben ingresos exclusivamente de conos y otras que lo hacían exclusivamente de bastones. Esto reforzaba la teoría de la duplicidad retiniana, pues establecía dos vías centrípetas para la conducción del estímulo visual: conos-bipolar de conos y bastones-bipolar de bastones. Si bien entre las primeras cabe distinguir en un primer término entre poli sinápticas o difusas y enanas.

Un solo pedículo de cono establece sinapsis con dos tipos de bipolares individuales en la

retina: la bipolar invaginante (enana), cuyas dendritas constituyen el elemento central de la triada y la bipolar plana (enana), que establece contados del tipo unión basal en la membrana no invaginada del pedículo de bastones que penetran en el complejo sináptico de las esférulas de bastones (invaginación) estableciendo cada bipolar sinapsis con muchos bastones, hasta 40 o 50. Su axón termina en la zona más interna de la capa plexiforme interna. En la capa plexiforme interna las bipolares presentan contactos sinápticos upícos con bandas sinápticas rodeadas de vesículas y dos elementos post-sinápticos: una dendrita de célula ganglionar y un proceso de célula amacrina, lo que se ha denominado diada. Han sido descritas además sinapsis recíprocas entre amacrinas y bipolares cuyo significado biológico se desconoce hasta el momento.

Respuestas eléctricas en células bipolares

Las células bipolares no generan potenciales de acción del tipo «todo o nada». Responden a los estímulos presinápticos con potenciales graduados transitorios de dos tipos: hiperpotarizarues y despolarizantes. Dado que los axones de estas células son muy cortos. Los potenciales generados en sus dendritas son también conducidos por elecirotono hacia sus terminaciones axónicas.

Vía de bastones

En la retina de gato hay una separación anatómica y funcional de vías de bastones y de conos. La vía de bastones es una cadena de por lo menos cuatro neuronas desde el fotorreceptor hasta la célula ganglionar. Los bastones forman sinapsis directas con células bipolares de bastones (en brocha). El

tamaño del campo receptor de las bipolares de bastones es mucho mayor que el tamaño de su ramificación dendrítica. Probablemente las terminaciones del axón de las células horizontales tipo B sean responsables de esta gran superficie de integración espacial para señales de bastones. La respuesta de la célula bipolar de bastones en peces, en el conejo, en el gato y en primates presenta despolarización central (centro-ON). Esta célula bipolar hace sinapsis con células amacrinas de tipo All que mantendrían la despolarización en presencia de luz. A su vez la All efectúa sinapsis mediante uniones hendidas con bipolares de conos.

Vía de conos

La vía de conos hacia las células ganglionares tiene un número menor de elementos sinápticos. Los conos que también reciben ingresos directamente desde bastones adyacentes, forman conexiones sinápticas con los cuerpos celulares de las células horizontales del tipo A y del grupo B en el gato. Los conos efectúan conexiones sinápticas con dos tipos funcionales de células bipolares que inician dos vías.

Fotoquímica de la visión

El sistema visual utiliza la banda entre 380 y 780 nm. Una reacción fotoquímica consiste en la acción de un fotón (cuanto luminoso), sobre un átomo, excitaría los electrones haciéndolos saltar a una órbita más periférica, sobrelevando la energía del átomo, hasta provocar la escisión de la molécula.

La reacción fotoquímica en la retina consiste en la acción de los fotones de luz sobre

los pigmentos de los fotorreceptores, provocando la hiperpolarización de sus membranas externas. A 20° de la fovea (zona de máxima sensibilidad), con una longitud óptima de 510 nm, se sabe que la mínima energía que debe incidir sobre el ojo para que se genere el efecto fotoquímico y se inicie una señal visual es de, $2,1 \times 10^{-10}$ hasta $5,7 \times 10^{-10}$, según la especie. Considerando la absorción y reflejo de la luz en la córnea y en otros tejidos del ojo, sabemos que bastarían de 6 a 14 fotones para iniciar la señal de activación de los fotorreceptores)(Alañon et al., s.f. & Fundación Visión).

Kuhne (1879) fue el primero que aisló una sustancia fotosensible en la retina, localizada en el segmento externo de los bastones, llamándola Eritropsina por su color rojo anaranjado brillante. Se le puso Rodopsina al utilizarse el prefijo griego Rodhos que significa rosado.

La rodopsina es una proteína conjugada incluida en la doble capa lipídica del artículo externo de los bastones, en sus discos. Está compuesta por la glucoproteína Opsina y el isómero 11- cis del aldehído de la Vitamina A o retinal, con un peso molecular de 27.000 y 41.000 daltons, respectivamente. Cuando se expone a la luz la molécula de rodopsina, el 11cis retinal, cuya estructura tiene forma acodada y está ligada a la opsina, experimenta la transformación a una configuración rectilínea, retinal todo trans. La isomerización del retinal va seguida de la disociación de la molécula en opsina libre y todo trans.

Fotorreceptores

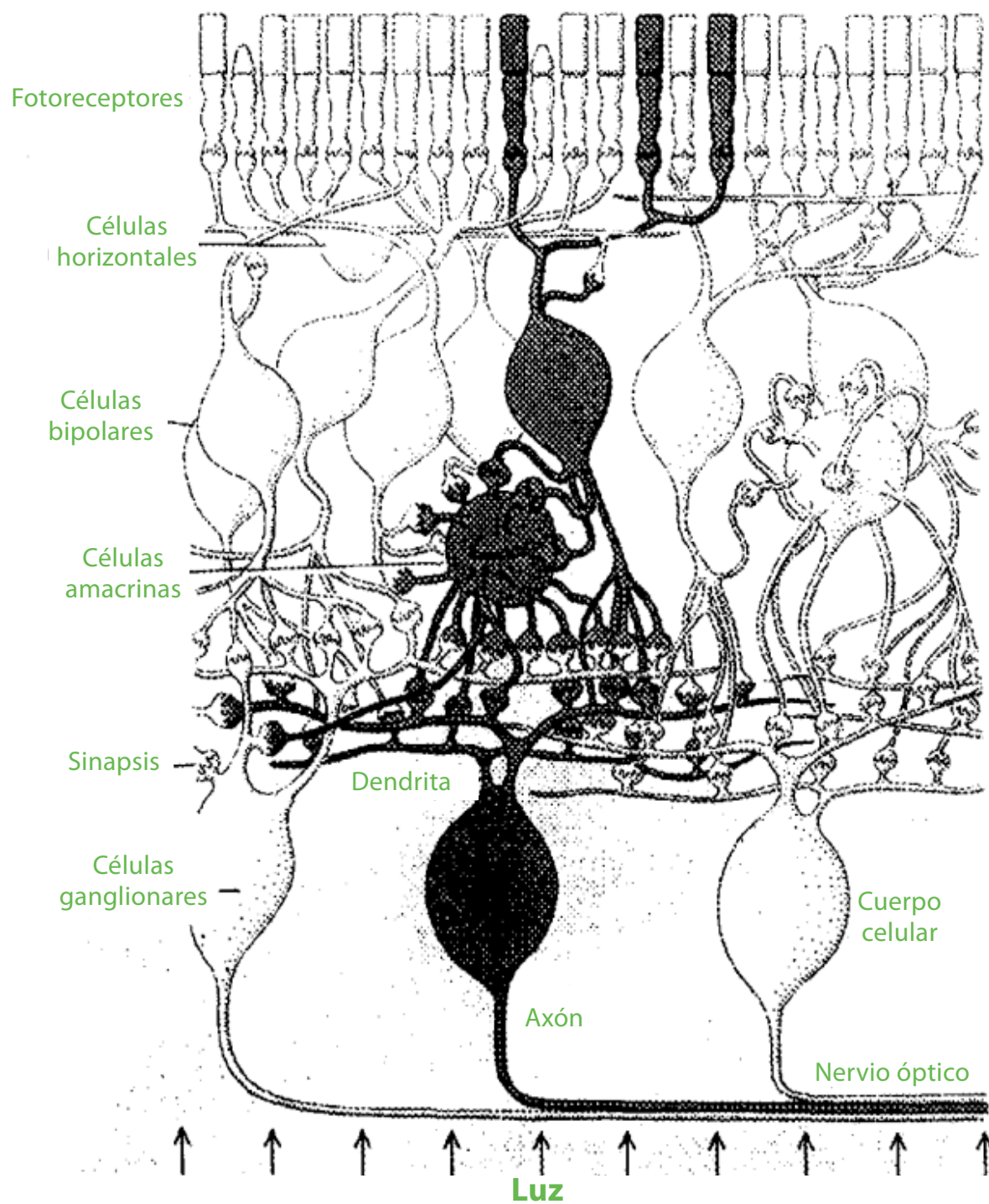


Imagen 1. Organización de las células en la retina
Fuente: <http://goo.gl/jD378c>

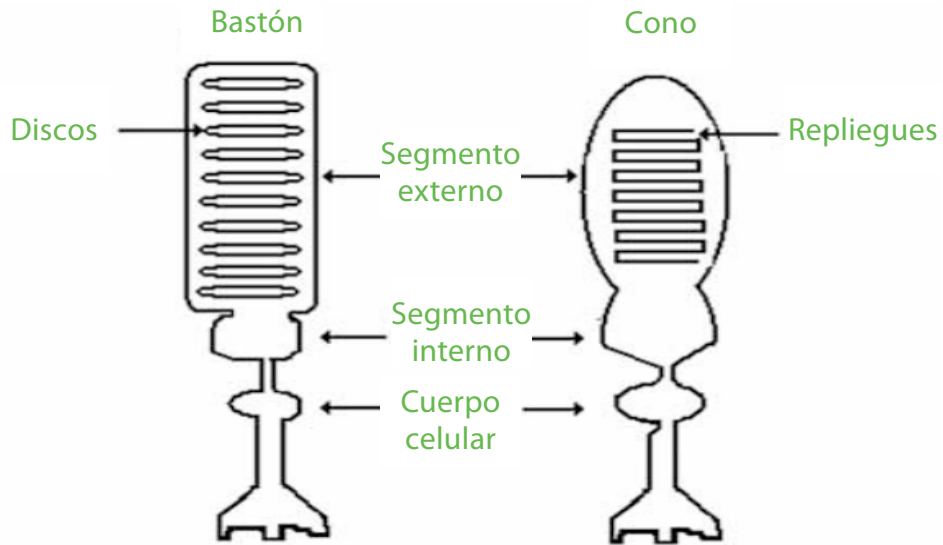


Imagen 2. Tipo de fotorreceptores
 Fuente: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revmexoft/rmo-2006/rmo066j.pdf>

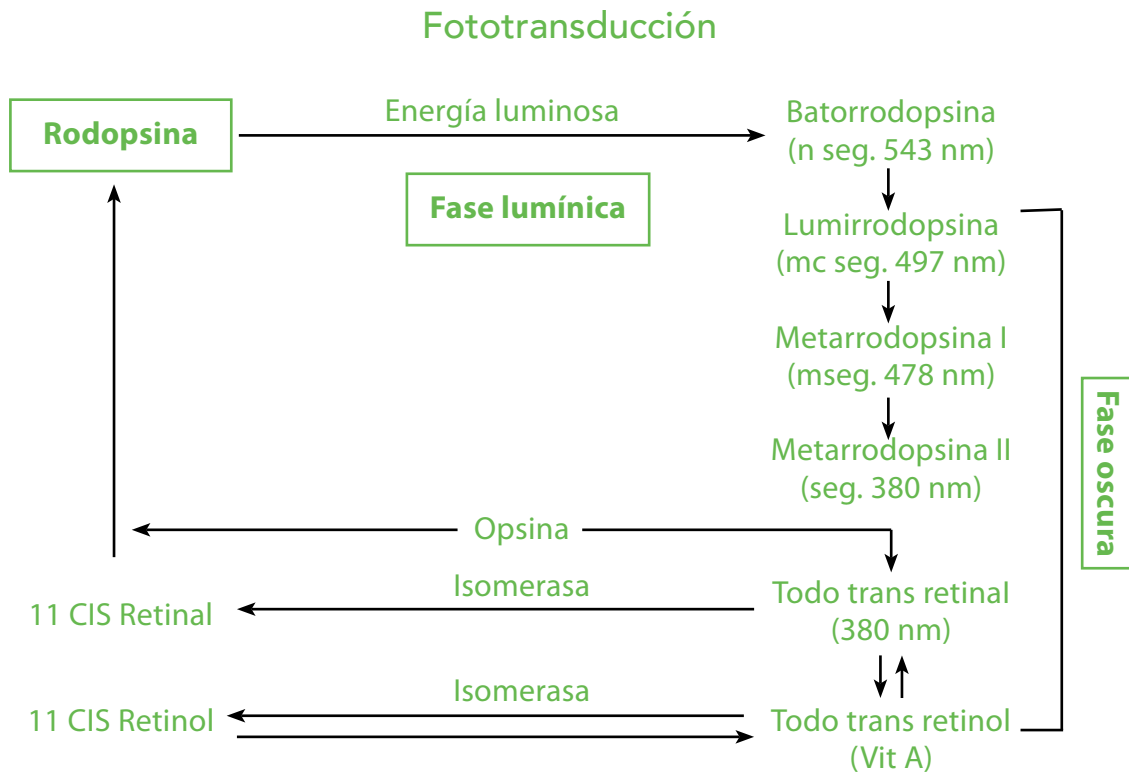


Imagen 3. Ciclo de fototransducción
 Fuente: <http://percepcion-vision-optica.com/2012/08/01/iii-procesamiento-de-la-informacion-visual-en-la-retina/>

Cuando el fotón llega a la retina debe ser absorbido por el fotorreceptor, la señal será ampliada para que sea plenamente efectiva, mediante la cascada enzimática. Las reacciones bioquímicas que tendrán lugar acaban con la hidrólisis del GMP cíclico y el cierre de los canales del sodio y el calcio. La acción del fotón en el foto-receptor desencadena la hiperpolarización de su segmento externo, es lo que denominamos **potencial de reposo**, y tiene diferente duración en conos y bastones, pudiendo prolongarse hasta 1 seg, lo cual explicaría que una imagen que se proyecta sobre la retina durante una millonésima de segundo, puede producir la sensación de que sigamos viendo esa imagen durante más de un segundo (pos imagen).

En la mayoría de células del organismo, existe una mayor concentración de sodio en el exterior respecto al interior y al contrario en el caso del potasio, más concentrado en el interior respecto al exterior. Este gradiente se mantiene gracias a la acción de la enzima sodio-potasio ATPasa. En el fotorreceptor ocurre una situación diferente. En la oscuridad, la membrana plasmática del segmento externo es muy permeable al sodio, mientras que en el segmento interno, su membrana plasmática es muy poco permeable al sodio y mucho más al potasio.

El sodio entra en el segmento externo a través de los canales del sodio (proteínas de membrana), difunde hacia el segmento interno y vuelve a salir hacia fuera por acción de la enzima ATPasa. Se establece lo que llamamos corriente oscura (Hagins 1970). La entrada de sodio es lo que provoca la despolarización en el fotorreceptor, manteniendo abiertos los canales de calcio que existen en el botón sináptico. Esto produce

una liberación constante de neurotransmisor, glutamato, hacia la célula bipolar.

Cuando llega luz a la retina se bloquea este flujo de iones. De forma casi exponencial, se frena la entrada de sodio desde el exterior, esto supone que el interior de la membrana se torna más electronegativo. El sodio sale por los segmentos internos y ya no entra por el segmento externo, se produce una hiperpolarización, es decir, disminución de la corriente oscura, así se reduce la liberación de neurotransmisor en la sinapsis (glutamato) y se genera una señal que dará como resultado la génesis de potenciales de acción en las células ganglionares.

La acción de la luz reduce la concentración de GMP cíclico, produciéndose el bloqueo en la entrada del sodio. Asimismo se produce un bloqueo en la entrada de calcio. El aumento en la concentración de sodio en el exterior activa lo que conocemos como bomba intercambiadora de sodio-calcio, lo cual provoca la liberación de calcio al exterior desde el segmento externo. La reducción del calcio intracelular inhibe la granulociclase y activa la fosfodiesterasa, así se vuelven a abrir los canales para el sodio y calcio, recuperándose el fotorreceptor tras la excitación lumínica, dejándolo listo para la llegada de un nuevo fotón.

Procesamiento neuronal mediante la convergencia

Al observar las conexiones de conos y bastones con otras neuronas de la retina, nos daremos cuenta que hay un nivel de convergencia diferente en cada uno de estos fotorreceptores. La convergencia de los bastones es mayor que la de los conos. Se admite una media de 120 bastones convergiendo

sobre una sola célula ganglionar, mientras que tan solo seis conos convergen sobre una ganglionar, esta reducción es incluso mayor en la fóvea, donde llegamos a tener conexiones unitarias, un cono ganglionar, es decir ya no habría convergencia, sería una conexión directa en la fóvea. Esta diferencia entre conos y bastones explica que la visión mediada por conos sea más precisa en la detección de detalles, mientras que los bastones tienen mejor sensibilidad al contraste y menos sensibilidad al detalle, ahora veremos esto con detalle.

Los bastones son más sensibles que los conos al contraste porque necesitan menos luz para generar una respuesta y, especialmente por el fenómeno de convergencia, que determina una sumación de las intensidades. Si tenemos dos células ganglionares que necesitan cada una de ellas 5 unidades de intensidad para activarse, y sobre la primera tenemos un conjunto de cinco bastones convergiendo sobre ella y sobre la segunda le llega la conexión de un solo cono, cuando lleguen estímulos de 1 unidad de intensidad, por ejemplo ocupando un área que activa 5 fotorreceptores, los bastones se estimularán y cada uno de ellos enviará 1 unidad sobre la cl. ganglionar de convergencia, sumando 5 unidades, el mínimo requerido para activarla, mientras que en el caso de los conos, al activarse, envían tan solo una señal de 1 unidad y, si el estímulo activa 5 conos, como cada uno conecta con una cl. ganglionar, siempre le llega a la cl. ganglionar, no hay efecto de sumación como en los bastones ya que no hay convergencia múltiple, por tanto ese estímulo sí excita la célula ganglionar de los bastones pero no las células ganglionares de los conos. Esto explica porque los bastones son más sensibles a la luz que los conos.

Cuando analizamos la capacidad de detectar detalles, vemos que el fenómeno de convergencia produce el efecto contrario. En los conos de la fóvea, gracias a que cada uno conecta con una ganglionar, permite que la resolución de la información sea mayor, podemos analizar la imagen punto por punto mientras que los bastones, como convergen varios en una ganglionar, la información se diluye y la resolución baja. Esto determina el concepto de agudeza visual, o capacidad para percibir los detalles.

En la oscuridad, la agudeza visual disminuye porque los conos dejan de funcionar y la visión se debe sólo a la acción de los bastones, con menor capacidad de resolución que los conos, por ello vemos menos nítido.

Procesamiento neural mediante excitación e inhibición

Todos los sistemas neuronales funcionan con redes neurales que forman circuitos, es decir, un conjunto de neuronas conectadas entre sí. Cuando estamos en la situación de la fóvea, donde cada cono tiene su ganglionar, la activación de un cono ganglionar, no se ve afectada por la estimulación de otros conos contiguos, mientras que en la retina periférica, donde predominan los fenómenos de convergencia, la activación de un bastón o más bastones contiguos, sí determina variaciones en la ganglionar donde convergen así, cuantos más bastones se estimulen, mayor frecuencia de respuesta en la ganglionar.

Recordemos que la retina está formada por diversos tipos de células y, la activación del receptor, cono o bastón, genera estímulos que llegan a las ganglionares a través de las células bipolares, horizontales y amacri-

nas, lo cual permite pensar que se pueden crear circuitos muy diversos, con vías de excitación o inhibición. Estas posibilidades permiten entender el concepto de campo receptor. En el ejemplo anterior, tendríamos un campo receptor correspondiente a una cel. ganglionar, en este caso la B, del tipo centro ON y periferia OFF, también llamada on-off o centro-periferia, ya que si se estimula la zona central, se da una respuesta positiva de activación pero, si se activa la zona periférica, se inhibe la respuesta de la B y, si se activan todos los receptores de esta ganglionar B, se da una respuesta mínima,

ya que la excitación de la zona central se ve inhibida por la zona periférica. Este tipo de respuesta, centro periferia, puede darse de la manera que acabamos de ver o, algo más complicada, las ganglionares A y C pueden no contactar directamente con la B, y hacerlo indirectamente mediante células de conexión, como las horizontales y amacrinás, que transmiten el efecto inhibitor, como el ejemplo anterior, pero nos permitirán entender mejor lo que conocemos como inhibición lateral, clave para la detección de contrastes.

2

Unidad 2

Codificación retinal



Neurofisiología de la visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

Presentan las principales aportaciones neuropsicológicas en el ámbito del color. En primer lugar se abordan las cuestiones relacionadas con la fisiología de la visión del color haciendo un breve recorrido explicativo de cómo se procesa el color desde la entrada sensorial de la información a través de la retina hasta su análisis en la corteza visual de asociación, así como las principales alteraciones en las áreas implicadas en dicho proceso.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Generalidades

La retina es la membrana fotosensible del ojo. El procesamiento visual en la retina lo realizan siete tipos básicos neuronales. Cinco aferentes: fotorreceptores bipolares, horizontales, amacrinas y ganglionares. Y dos tipos eferentes: las células interplexiformes y las biplexiformes. Los fotorreceptores hacen sinapsis con las células bipolares que transmiten el mensaje a las ganglionares. En la primera sinapsis que tiene lugar en la plexiforme externa la señal visual es regulada por las células horizontales que contribuyen además a definir la resolución espacial de la imagen que se proyecta en la retina. En la segunda sinapsis, en la plexiforme interna, las células amacrinas organizan la resolución temporal que llevarán a cabo las células ganglionares, únicas células de la retina cuya respuesta al estímulo luminoso consiste en una modulación de la frecuencia de descarga básica de los potenciales de acción que están emitiendo en situación de oscuridad.

Gracias a la córnea (la envoltura traslúcida del ojo) y el iris (que al cerrarse permite regular la cantidad de luz que se introduce en el ojo), se forma una imagen en la retina. La última está formada por bastones y conos.

Los bastones, que contienen un pigmento llamado rodopsina y que se encuentran

en la periferia de la retina, permiten la percepción de la luminosidad y el movimiento (visión escotópica), mientras que los conos, ubicados en una región llamada fovea, hacen posible la diferenciación de los colores (visión fotópica). En realidad, existen tres clases de conos:

- Los que son principalmente sensibles a la radiación roja (570 nm), llamados rojos.
- Los que son principalmente sensibles a la radiación verde (535 nm), llamados verdes.
- Los que son principalmente sensibles a la radiación azul (445 nm), llamados azules.

Es por esto que cuando falta un tipo de cono, la percepción de los colores no es perfecta. Esta condición se conoce como daltonismo. Según el tipo de cono defectuoso, las personas con esta anomalía de la visión se conocen como:

- Protanopes.
- Deuteranopes.
- Tritanopes.

Síntesis aditiva y sustractiva

Existen dos tipos de síntesis de color:

- La síntesis aditiva resulta de la adición de componentes de la luz. Los componentes de la luz se agregan directamente a la

emisión; este es el caso de los monitores o los televisores a color. Cuando se agregan los tres componentes, rojo, verde, azul (RGB), se obtiene blanco. La ausencia de componentes produce negro. Los colores secundarios son cian, magenta y amarillo porque:

- Verde combinado con azul produce cian.
 - Azul combinado con rojo produce magenta.
 - Verde combinado con rojo produce amarillo.
- La síntesis sustractiva permite restaurar un color mediante la sustracción, comenzando de una fuente de luz blanca, con filtros para los colores complementarios: amarillo, magenta y cian. La adición de filtros para los tres colores produce el negro y su ausencia produce el blanco.

Cuando la luz ilumina un objeto, algunas longitudes de onda se sustraen porque son absorbidas por el objeto. Lo que vemos es la combinación de las longitudes de onda que son reflejadas o transmitidas (es decir, las que no son absorbidas). Este proceso se utiliza en fotografía y para la impresión de colores. Los colores secundarios son el azul, el rojo y el verde:

- El magenta combinado con cian produce azul.
- El magenta combinado con amarillo produce rojo.
- El cian combinado con amarillo produce verde.

Se dice que dos colores son complementarios si se obtiene blanco mediante la síntesis aditiva o si se obtiene negro mediante la síntesis sustractiva.

Campo receptor de una neurona sensitiva: región de la superficie receptora en la cual la presencia de un estímulo altera la respuesta de dicha neurona. Solo si llega a esta región se altera la tasa de descargas. Se han descrito campos receptores en neuronas del sistema auditivo, somático y visual.

Células ganglionares (ON y OFF)

En la retina existen dos categorías principales de células ganglionares si nos referimos a su campo receptor: células ON y células OFF, dependiendo si la presencia de luz provoca un aumento de descargas viceversa. La disposición de los campos receptores de las células ganglionares de la retina se descubrió en gatos, consiste en una zona central de forma circular, rodeada por un anillo. La estimulación del campo en el centro o en la periferia tiene efectos opuestos. Las células ON se excitan cuando se proyecta luz en el centro de su campo receptor y se inhiben cuando la luz se proyecta en el anillo circundante (periferia). Las células OFF al contrario luz/oscuridad.

La información que procede de los fotorreceptores activan a las células bipolares (ON y OFF) y estas a su vez a las ganglionares ON y OFF.

Estas células nos permiten establecer el grado de contraste. La organización centro-periferia de las células ganglionares incrementa nuestra capacidad para detectar los contornos de los objetos cuando hay poco contraste de fondo.

Las células cuyos centros están situados en la parte brillante, pero cuyas periferias están parcialmente situadas en la región oscura tendrán una mayor tasa de actividad.

Las células ganglionares también se pueden clasificar en otros grupos según sus propiedades visuales, por ejemplo: magno y parvocelulares.

Magno: 10% de las células. Responden a objetos grandes y en movimiento. Alta sensibilidad al contraste. Rápidas. Respuesta transitoria a la iluminación. Gran campo receptivo (árbol dendrítico). Ausente en la fóvea.

Codificación del color de la retina

Teoría tricromática

Thomas Young propuso que el ojo detecta diferentes colores porque contiene tres tipos de receptores, cada uno de ellos sensible a una única tonalidad del color. Su teoría fue denominada teoría tricromática y fue sugerida por el hecho de que para los observadores humanos cualquier color puede ser reproducido mezclando tres colores, en cantidades variables, acertadamente seleccionadas de distintos puntos del espectro. En la retina humana existen dos tipos de fotorreceptores, conos (visión fotópica) y bastones (visión escotópica). A diferencia de los bastones, que forman un solo tipo morfológico y funcional de fotorreceptor, existen tres tipos de conos, responsables de la visión en color. Los picos de sensibilidad de los tres tipos de conos se sitúan aproximadamente en 420 nm (azul-violeta), 530 nm (verde) y 560 nm (amarillo-verde). Por conveniencia, los conos de longitudes de onda corta, media y larga son llamados, respectivamente, azules, verdes y rojos. La retina contiene aproximadamente la misma proporción de conos de rojo que de verde, pero un número mucho menor de conos azules.

Las alteraciones genéticas de la visión del color se deben a anomalías en uno o más

de los tres tipos de conos. La pérdida completa de un tipo de conos se conoce como dicromatismo y es el caso más común de deficiencia al color. Los tres tipos principales de dicromatismo son protanopía, deuteranopía y tritanopía. Las personas con protanopía (alteración del primer color) confunden rojo y verde. Ven el mundo en sombras de amarillo y azul; ambos colores, rojo y verde, los perciben como amarillentos. Las personas con deuteranopía (alteración del segundo color) también confunden rojo y verde y tienen también una agudeza visual normal. Los individuos con tritanopía (alteración del tercer color) tienen dificultades con las tonalidades correspondientes a las longitudes de onda corta y ven el mundo en rojos y verdes.

Teoría del proceso oponente

Hering nos dice que las tonalidades pueden ser representadas en el sistema visual como colores oponentes. Quienes estudian la percepción del color consideran que los colores primarios no pueden ser obtenidos por la mezcla de otros colores. Todos los demás colores pueden ser obtenidos por la mezcla de estos tres colores primarios. El sistema tricromático no permite explicar por qué el amarillo está incluido en este grupo. Además, algunos colores parecen poder mezclarse, mientras que otros no (es difícil imaginarse un verde rojizo o un amarillo azulado), son opuestos entre sí y, de nuevo, la teoría tricromática no puede explicar estos hechos. A nivel de las células ganglionares de la retina, el código de tres colores cambia a un sistema de oposición al color. Estas neuronas responden específicamente a pares de colores primarios, con el rojo oponiéndose al verde y el azul al amarillo. Así, la retina tiene dos tipos de células ganglionares sensibles al color: rojo-verde y amarillo-azul.

Algunas de las células ganglionares sensibles al color responden de manera centro periferia.

Por ejemplo, una célula se excitaría con el rojo y se inhibiría con el verde en el centro de su campo receptor, mientras que mostraría la respuesta opuesta en el aro periférico. Otras células ganglionares que reciben inputs de los colores no responden diferencialmente a las diferentes longitudes de onda, limitándose a codificar luminosidades relativas en el centro y la periferia. Estas células sirven como detectoras de blanco y negro.

Hering observó que ver un campo rojo genera una postimagen verde y que ver un campo verde genera una postimagen roja; ocurre un resultado similar con el azul y el amarillo.

Teoría retinex

Formulada por Land, la teoría Retinex sostiene que el sistema visual compara registros de luminosidad de una escena obtenidos para las tres bandas de onda. Por tanto, el color es el producto de dos comparaciones, una entre las superficies para la luz de la misma banda, y otra entre los tres registros de luminosidad obtenidos para las bandas de ondas. El color es una comparación entre comparaciones: cuando cambia la luminosidad cambian simultáneamente los tres registros, permaneciendo invariable el color. El cómputo final del color en términos relativos de longitud de onda se hace en un nivel avanzado, en V4.

De los experimentos realizados por Land de la visión del color con cuadros tipo Mondrian, se llega a la conclusión de que el color de un fragmento no está sólo determinado

por su longitud de onda, sino también por la composición de longitudes de onda de la luz reflejada en las superficies circundantes.

Papel de la corteza estriada en el análisis del color

Las células ganglionares de la retina codifican información sobre la cantidad relativa de luz que incide en el centro y la periferia de sus campos receptores y, en muchos casos, sobre la longitud de onda de esa luz. Sucesivamente, la corteza estriada y la corteza visual de asociación realizan el procesamiento adicional de esta información.

La información visual se recibe de las capas magnocelulares, parvocelular y coniocelular del núcleo geniculado lateral dorsal. El sistema magnocelular es más primitivo, ciego al color y sensible al movimiento, a la profundidad y a las diferencias pequeñas de luminosidad. El sistema Parvocelular transmite a la corteza visual primaria la información necesaria para la percepción del color y los detalles finos y recibe información solamente desde los conos rojos y verdes. Hasta hace poco, los investigadores creían que el sistema parvocelular transmitía a la corteza estriada toda la información referente al color. Sin embargo, la información adicional de los conos "azules" se transmite a través del sistema coniocelular.

Papel de la corteza visual de asociación

A pesar de que la corteza estriada es necesaria para la percepción visual, la información procedente de sus sistemas individuales tiene que ser combinada. Esa combinación se produce en la corteza visual de asociación. La corteza de asociación visual tiene dos

corrientes de análisis: una vía dorsal y otra ventral. La vía dorsal asciende desde el lóbulo occipital hasta el parietal posterior.

Es la vía M o **vía del dónde** y lleva información sobre el lugar donde se localizan los estímulos visuales. La otra vía, P o ventral, se dirige de manera descendente desde el lóbulo occipital hasta el lóbulo temporal inferior. La vía ventral reconoce lo que es un objeto y por eso se llama **vía del qué**.

Hasta hace poco, los investigadores creían que la corriente dorsal recibía información solamente desde el sistema magnocelular y la vía ventral la recibía solamente desde el sistema parvocelular. Pero más recientemente las investigaciones han mostrado que ambos sistemas contribuyen a la información en ambas corrientes. La corriente dorsal recibe sobretodo inputs magnocelulares, pero la corriente ventral recibe inputs aproximadamente por igual de ambos sistemas y también del coniocelular.

Las neuronas de la corteza estriada envían axones a la corteza extra estriada, la región de la corteza visual que rodea la corteza estriada. Los estudios de Zeki (1980) con animales de laboratorio indican que las neuronas de una sub-área específica de la corteza extra estriada, V4, están implicadas tanto en el análisis de la forma como en el análisis del color. Las lesiones del área V4 suprimen la constancia del color referida a la percepción precisa del color bajo diferentes condiciones de iluminación. Por otra parte, estudios de RM funcional en humanos (Hadjikhani y cols, 1998) revelan que hay una región sensible al color en la corteza temporal inferior, llamada V8. Las lesiones que provocan acromatopsia (visión sin color) lesionan el área V8 u otras regiones cerebrales que proporcionan aferencia a V8. Además de perder la

visión del color, las personas afectadas por esta lesión ni siquiera pueden imaginar colores o recordar los de los objetos que vieron antes de que ocurriera el daño cerebral.

Algunos trastornos visuales específicos de origen cerebral

La acromatopsia constituye uno de los principales trastornos visuales específicos de origen cerebral. Es la pérdida específica de la capacidad de ver el mundo en color. Los pacientes acromatópsicos tienen un mundo monótono, casi siempre descrito como consistente en **sucias sombras de gris**, una visión parecida a una película en blanco y negro (Damasio y cols., 1980).

En la acromatopsia, tanto los mecanismos retinianos que miden la visión del color, como los tres mecanismos de conos, así como también las fibras que transmiten los mensajes desde la retina hasta la corteza estriada, permanecen intactos. De ahí que el defecto sea enteramente central, y se deba a una lesión específica de la región V8 de la corteza extra estriada.

Un segundo aspecto importante, desde el punto de vista de la especialización funcional, es el grado de especificidad. Los pacientes acromatópsicos pueden leer y escribir, diferenciar formas y detectar formas y profundidades generadas a partir del movimiento, es decir, que su defecto es selectivo respecto a la visión del color.

Otros trastornos visuales de origen cerebral son:

- **Anomia del color**, en la cual no se pueden nombrar los colores aunque se pueden reconocer.
- **Agnosia del color**, donde no se pueden reconocer los colores.

- **Hemiacromatopsia:** se refiere a un estado en el cual se percibe que solo la mitad del campo visual está desprovista de color, mientras que la otra mitad aparece coloreada de manera normal.
- **Acromatopsia pasajera:** es un tipo de afección poco estudiada. Un estudio de caso único reveló el caso de un hombre de 54 años que padecía repetidos ataques los cuales iban acompañados de una pérdida repentina y pasajera de la capacidad de ver el mundo en color.
- **Acromatopsia del envenenamiento por monóxido de carbono:** es un fenómeno en el que la visión del color se conserva o resulta mucho menos afectada que otros atributos de la visión y se produce por lesión en la vía ventral.
- **Acromatopsia fantasma:** tiene lugar en pacientes que son totalmente o casi ciegos.

3

Unidad 3

Agnosia



Neurofisiología de la visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

El deterioro de la capacidad, o pérdida de la misma para dar significado a la recepción de la información sensorial (visual, auditiva y táctil), puede definirse como agnosia. Son producto de una lesión en áreas cerebrales de asociación secundaria y terciaria. Algunas de las agnosias pueden ser interpretadas como desconexiones entre habilidades perceptuales y funciones lingüísticas.

La agnosia puede ser aperceptiva, en la cual el paciente es incapaz de percibir cuando dos objetos son iguales, o asociativa, el paciente no reconoce o no identifica los objetos que se le presentan.

También conocer trastornos de articulación, se trata de una discapacidad para pronunciar de manera correcta ciertos fonemas.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Clasificación de agnosias

A partir de los diferentes sistemas sensoriales podemos dividir las agnosias en: visuales, auditivas, táctiles, gustativas y olfativas. A su vez, dentro de cada modalidad sensorial es posible establecer subdivisiones dentro de las agnosias. En el sistema visual, por ejemplo, podemos clasificarlas.

Agnosias visuales

La agnosia de imágenes es la forma más común de las agnosias visuales, la cual no se presenta de manera aislada.

- **Agnosia visual simple:** es aquella en que el paciente no es capaz de reconocer un objeto o varios al percibirlos.
- **Simultagnosia:** es aquella en que el paciente describe un objeto por partes puesto que no es capaz de percibirlo como un todo.
- **Prosopagnosia:** incapacidad para reconocer el rostro de las personas.
- **Agnosia de colores:** incapacidad para reconocer e identificar cualquier espectro del color.

Agnosias auditivas

- **Agnosia auditiva global:** el paciente es incapaz de reconocer algún impulso auditivo.

- **Agnosia auditiva parcial:** el paciente no puede reconocer estímulos o sonidos específicos, por ejemplo, una canción.
- **Agnosia de ruidos:** incapacidad para reconocer ruidos habituales de su propio entorno.
- **Agnosia de palabras:** este tipo de agnosia es conocida como sordera verbal pura y se caracteriza por ausencia de reconocimiento de las palabra.

Agnosia táctil

- **Aestereoagnosia:** incapacidad para identificar objetos usando el sentido del tacto.
- **Somatoagnosia:** Se define como una anomalía de la percepción de la relación del cuerpo y el entorno y de la conjugación de las diferentes partes del cuerpo entre sí. En algunos de los casos solo pueden identificar la mitad de su cuerpo.
- **Anosognosia:** La anosognosia se define como una falta de conciencia de la propia enfermedad.
- **Agnosia digital:** Dentro del síndrome de Gerstmann, se encuentra este tipo de agnosia digital que puede presentarse con acalculia, agrafia y desorientación derecha – izquierda. La agnosia digital consiste en no poder identificar los dedos que

se le tocan al permanecer con sus ojos cerrados.

Agnosias visuales

Concepto y tipos

El ser capaces de reconocer objetos y el mundo que nos rodea se convierte en una función tan sencilla que aceptar que algunas personas no puedan hacerlo o presenten alguna dificultad resulta complejo. Algunas alteraciones en el funcionamiento cerebral pueden cambiar la habilidad para reconocer visualmente objetos y a esta patología de le conoce con el nombre de agnosia visual. Sin embargo, esta no es el único trastorno del reconocimiento y procesamiento visual debiéndose considerar además de la ceguera cortical, la hemianopsia doble bien sea nasal o temporal, y las cegueras histérica y simulada.

Ceguera cortical

La ceguera cortical se asocia a la anulación total de la capacidad visual debida a un daño severo de la corteza visual occipital asociado a demás a daños en conexiones del geniculo, las cisuras calcarinas, las radiaciones ópticas, pero al incluir tantas zonas cerebrales se ha intentado llamar a este tipo de ceguera, ceguera cerebral.

El diagnóstico diferencial de este tipo de ceguera se debe realizar con:

- **Doble hemianopsia**, cuya principal diferencia es que no hay compromiso de la visión central. El enfermo **ve a través de un "túnel"**. Puede preceder a una ceguera cortical.
- **Ceguera histérica**, en la cual el paciente aparenta no tener percepción visual pero

se puede diferenciar porque presenta reacción de parpadeo ante una amenaza de acercamiento visual.

- **Ceguera simulada** (síndrome de Munchausen). Asociado a un trastorno psicológico en el que paciente requiere atención y simula tener una patología inexistente.

Descripción semiológica

La ceguera cortical (la más frecuente debida a un infarto bioccipital) puede ser de forma repentina o intermitente después de una hemianopsia unilateral o de entrada bilateral.

Es descrita como ceguera real o inminente y puede tener varias características asociadas:

Percepción de luz o movimiento, ausencia de alteraciones de fondo de ojo, Reflejo fotomotor conservado, no presenta reflejo de parpadeo ante una amenaza, incapacidad para recordar imágenes, y si esta se conserva se pierde la capacidad de ver en colores.

Esta negación de la ceguera puede estar asociado a la ignorancia de su padecimiento por consecuencia de la conservación de alucinaciones visuales simples o construidas por el paciente. Adicionalmente a esta negación se puede presentar por parte del paciente una recordación que reemplace la percepción visual real y del presente con imágenes del pasado, guardadas en la memoria.

La ceguera cortical se puede asociar a síntomas como confusión mental, desorientación espacial, acalculia, problemas sensitivo-motores y amnesia de tipo korsakoviana debido a daños producidos en el lóbulo

bioccipital por la presencia de infarto de las ACP (arterias cerebrales posteriores).

En la interpretación de los exámenes neurológicos realizados a los pacientes con esta sospecha, en el EEG la onda alfa está abolida o su amplitud se encuentra disminuida; y en los potenciales evocados visuales puede presentar alteraciones o estar extinguidos.

Etiología y pronóstico

Existen dos tipos de cegueras corticales, las regresivas que pueden asociarse a migraña, epilepsia o daño encefálico por hipertensión arterial; y las perdurables que se asocian a la presencia de isquemia cerebral por infarto. Por lo tanto este tipo de ceguera puede surgir como inconvenientes durante una angiografía cerebral o una intervención quirúrgica del corazón. También puede presentarse por encefalopatía, la intoxicación por dióxido de carbono o por trauma craneoencefálico y/o tumor.

El pronóstico depende de que tan profunda se presente la ceguera, es decir si conserva algo de percepción de luz y/o movimiento.

Antecedentes de agnosias visuales

Existen dos tipos de agnosias visuales, la perceptiva y la asociativa. En la primera no consigue identificar un objeto porque es no puede crear una forma consistente, en la segunda existe una imagen clara del objeto pero no se le puede dar una identidad característica.

La agnosia, se puede resumir como la alteración del reconocimiento de algunos elementos del mundo visual en ausencia de otros trastornos sensoriales y/o intelectuales.

Una agnosia visual es pura si solo se afecta la visión pero puede asociarse a una agnosia táctil o auditiva. Además, las agnosias visuales pueden afectar a los objetos, a las imágenes, a los colores o a las fisonomías, y ese tipo de alteración normalmente se presenta con dichas asociaciones.

Las agnosias tanto aperceptiva como asociativa se pueden diagnosticar por la capacidad que el paciente tenga o no de copiar dibujos, existiendo una disrupción entre la capacidad de organizar el análisis visual y el significado dado a lo observado.

Puede resultar muy difícil realizar un diagnóstico certero de las agnosias visuales, sin embargo se puede practicar como mínimo una buena toma de la agudeza visual, una evaluación del campo visual que evidencie daños tipo hemianopsia homónima o PVE que muestren normalidad o estén unilateralmente alterados no excluyen la presencia de una ceguera cortical.

Aunque pueda resultar útil realizar la prueba de sensibilidad al contraste, no son conclusivos.

Agnosia aperceptiva

Definida como la dificultad en la etapa discriminativa de la identificación visual: se presenta incapacidad para dibujar un objeto, para cotejar objetos o imágenes, u objetos con la misma forma o misma morfología o con la misma aplicación.

Existe conciencia de su incapacidad de identificar visualmente un objeto o imagen, permanecen atónitos frente a lo que quieren identificar, lo intentan, pueden describir algunas de sus características pero se cometen errores de confusión en las cuales nombran algo parecido, que cumple con alguna

de las características del objeto pero terminan nombrando otro o una de las partes del todo.

Poner en contexto al objeto y realizar algunas de las funciones que este realiza puede ayudar al sujeto, sin embargo puede realizar una identificación incorrecta por asociación de funciones. (Confundir una cuchara que se lleva a la boca, con un cigarrillo). La palpación del objeto infiere directamente en su identificación y lo podría nombrar bajo definición verbal o luego de nombrarlo.

La agnosia aperceptiva puede acompañarse de problemas del campo visual uni o bilateral.

Dislalia

Dificultad para repetir o pronunciar fonemas.

Tipos de dislalia

- **Dislalia evolutiva:** se produce durante la fase de desarrollo del lenguaje infantil, incapacidad de repetir por imitación las palabras que escucha y lo hace incorrectamente.
- **Dislalia funcional:** defecto en el perfeccionamiento de la fono articulación debido a una alteración fisiológica de los órganos periféricos. Lo más frecuente es que se produzca una sustitución, omisión o deformación de los fonemas /r/, /k/, /l/, /s/, /z/, /ch.
- **Dislalia audiógena:** su origen está en una discapacidad auditiva, la alteración entre no escuchar y hablar produce una articulación del lenguaje verbal incorrecta, logrando una confusión en el uso de fonemas con sonidos parecidos.
- **Dislalias orgánicas:** cuya causa de mala articulación es de origen orgánico, y se divide en dos clases:

- **Dislalias orgánicas:** disartrias o disglosias: son disartrias si el compromiso es a nivel del sistema nervioso central. Y son disglosias si el compromiso es por anomalías o malformaciones en labios, lengua, paladar óseo o blando, dientes, maxilares o fosas nasales.

Disartria:

Las disartrias tienen un origen variado que se asocia al tipo de trastorno neurológico sufrido por el paciente, y puede presentarse desde el nacimiento o como secuela de una enfermedad o accidente posterior que termina en una lesión cerebral. El diagnóstico diferencial entre esta y una afasia motora se da porque esta última es un trastorno del lenguaje.

Tipos de disartria

- **Disartria bulbar:** causada por una lesión en el bulbo raquídeo, afecta a los núcleos del aparato oro-linguo-faríngeo.
- **Disartria pseudobulbar:** la lesión se localiza en las vías corticobulbares, que unen la corteza cerebral, que envía los estímulos voluntarios. Puede estar asociado a infartos o a enfermedades como la esclerosis lateral miotrófica.
- **Disartria cerebelosa:** se debe a afectación del cerebelo, órgano importante en la coordinación del movimiento corporal. En este caso se da un habla escandida. Puede estar asociada a esclerosis múltiple.
- **Disartria parkinsoniana:** se presenta en asociación al Parkinson y otros síndromes parkinsonianos.

Disglosia:

- Generalmente su causa es malformación de órganos del lenguaje arriba mencionados, y ocasionalmente puede ser secundaria a parálisis, traumas y trastornos del crecimiento. Trastornos de crecimiento.
- Dependiendo del órgano afectado se clasificará en disglosias labiales, linguales, palatinas, dentales, mandibulares y nasales o rinolalia.

Está definida por la incapacidad para la articulación fonética, sin asociación de daño neurológico central. El paciente cursa con un desarrollo de su inteligencia no verbal normal, haber tenido una educación básica, no logra un discernimiento de su lenguaje suficiente para entender y lograr una comunicación adecuada.

Causas de disglosia

- **Malformaciones congénitas craneofaciales.**
- **Trastornos de crecimiento.**
- **Parálisis periféricas.**
- **Lesiones en la estructura orofacial o resecciones quirúrgicas, que provocan secuelas en los órganos afectados.**
- **Traumatismos.**
- **Problemas psicológicos.**

Según el órgano periférico del habla afectado por la malformación, se puede realizar una nueva clasificación de las disglosias.

Tipos de disglosias

- **Disglosias labiales**
Cualquier alteración de su anatomía, capacidad de movimiento normal,

resistencia puede resultar en una alteración de la fonoarticulación.

Causas: labio o paladar hendido, frenillo labial superior hipertrófico, fisura del labio inferior, parálisis facial, macrostomia (incompleta o completa), heridas labiales, neuralgia del trigémino.

- **Disglosias mandibulares**

El origen de este tipo de trastorno en la articulación de los fonemas, puede ser congénito, de desarrollo o quirúrgico, y es debido a la alteración en la forma de los maxilares. Puede haber alteración de uno o dos maxilares.

Causas: pro genie, deserción de maxilares, disostosis máxilofacial.

Entre ellas están la micrognatia, recepción maxilar superior, neoplasia maligna, atresia mandibular.

- **Disglosias dentales**

Puede ser hereditario, por desajustes hormonales, nutrición inadecuada, prótesis y ortodoncia con mala adaptación o si adecuado seguimiento.

- **Disglosias linguales**

Consecuencia articular fonética asociada a una alteración orgánica de la lengua.

En este tipo de disglosia y por el papel importante que desempeña la lengua en la articulación de los fonemas, se puede ver afectada la velocidad, exactitud y coordinación de los movimientos propios de la misma.

Causas: anquiloglosia o frenillo corto, glosectomía, macroglosia, malformaciones congénitas de la lengua, parálisis uni-bilateral del hipogloso.

- **Disglosias palatales**

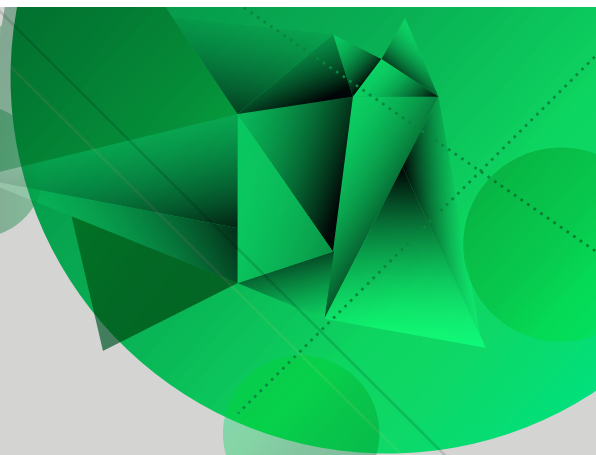
Se presenta como consecuencia de alteraciones orgánicas del paladar óseo o duro y del velo del paladar.

Causas: fisura palatina, fisura submucosa del paladar, paladar ojival, paladar corto, úvula bífida, velo largo, perforaciones.

3

Unidad 3

Agnosias visuales



Neurofisiología de la visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

Dislexia

Alteración que comprende varias características dentro de las cuales se incluye la falta de entendimiento de textos escritos y problemas de memorización de letras de forma individual o agrupada. Es más común detectarla en edad escolar media y es consecuencia de una disminución de la velocidad en el procesamiento de la información del lenguaje en el hemisferio encargado.

Discalculia

Alteración en la capacidad de procesamiento de las operaciones matemáticas. La padece población infantil entre el 3% y el 6%. Es de difícil detección y su tratamiento generalmente es mal encaminado puesto que no se sospecha una alteración de la percepción visual o de la orientación espacial y la lateralidad. No es realmente común; y se asocia como una variable de la dislexia. Quien la padece posee generalmente un coeficiente intelectual normal pero no puede realizar operaciones matemáticas, direcciones, seguir indicaciones, etc.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Definición dislexia

En ocasiones es asociada a la dislexia, la disgrafía o dificultad de escritura. La suma de estas dos alteraciones genera una dificultad leve, moderada o severa en cualquier proceso de aprendizaje, dependiendo de los síntomas asociados para cada individuo.

Estos síntomas se pueden presentar aislados o en conjunto y pueden provenir de trastornos neurofisiológicos que se asocian a una maduración lenta de su sistema nervioso o bien provenir de alteraciones psicológicas asociadas al estrés que pueda presentar al hacerse consciente de su trastorno de aprendizaje.

Causas de la dislexia

Dentro de las causas de la dislexia se describe un componente genético, debido a herencia de genes como el gen dcd2 que está activo en los centros cerebrales reguladores de la lectura. Sin embargo sus causas siguen en estudio con el fin de establecerlas de una manera más clara y obtener un mejor camino para su tratamiento.

Razón por la cual se proponen otras causas que la podrían originar:

- Causas neurológicas como pequeñas disfunciones cerebrales, sin necesariamente presentar otras alteraciones intelectuales.
- Causas emotivas: cualquier situación que involucre las emociones del paciente y pueda ser tan grave que trastorne su aprendizaje.
- Causas asociativas: no es capaz de asociar un sonido con una palabra y lo que esta significa.
- Causas metodológicas: por recibir un modelo de aprendizaje incorrecto, en el cual no se imparte con claridad la diferencia entre fonema y grafema.

Clasificación de la dislexia

Respecto a los tipos de dislexia, en primer lugar se debe distinguir entre dislexia adquirida y dislexia evolutiva. La dislexia adquirida aparece a causa de una lesión cerebral concreta. En la dislexia evolutiva, en cambio, el individuo la presenta pero sin causa aparente.

Estos dos tipos de dislexia pueden subdividirse en otros tres subtipos, según los síntomas que presenta el paciente.

Dislexia fonológica

El paciente puede hacer una lectura visual y deductiva de las palabras, no es una lectura como tal pero logra una interpretación global del texto. Lamentablemente presenta dificultades en la comprensión del mismo.

- Puede interpretar palabras conocidas pero le es totalmente imposible identificar y leer palabras desconocidas, abreviadas o inventadas.
- Comete errores visuales y de confusión visual en los que al leer una palabra interpreta y dice otra como, al leer "casa" en lugar de "casu" o "lobo" en lugar de "lopo".
- Errores en los que pueden utilizar los sufijos de manera diferente dando un sentido diferente al real de la palabra: sentía/ sentimiento, podadora/ podar.

Dislexia superficial

Se presenta de mayor forma en edades tempranas; la dificultad se presenta al leer palabras que no tienen coincidencia entre su lectura y pronunciación. Esto es más evidente en los hispano parlantes al aprender una lengua extranjera puesto que es más común encontrar palabras que se escriben de una forma pero se pronuncian de otra; además las letras pueden tener varios sonidos fonéticos que se utilizan según de acuerdo a las propias combinaciones del idioma. Por último este tipo de dislexia también se ve complicada de acuerdo con la longitud de las palabras y/o su complejidad.

Dislexia profunda o mixta

Se presenta solo en los casos de la dislexia de tipo evolutiva, y se caracteriza por daños en la lectura desde su proceso fonológico y visual. Dentro de sus características se encuentra:

- Dificultad para describir el significado de las palabras.
- Imposibilidad de identificar leyendo pseudopalabras como conjunto de letras que no tienen un significado claro, son inventadas.

- Paralexias, que se definen como la dificultad de leer en voz alta, cambiando palabras de la lectura por unas nuevas que no se encuentran en el propio idioma.
- Dificultad para palabras aisladas, abstractas, verbos y palabras de conexión dentro de oraciones "un", "el", "la" etc.).

Síntomas de la dislexia

Los síntomas de la dislexia están definidos por un conjunto de falencias que pueden incluir trastornos psicológicos, de aptitud, pedagógicos y de instrucción.

Tipos de trastornos:

Mala lateralización

La lateralidad está definida por la dominancia de un hemisferio del cuerpo sobre el otro, es decir lo que permite identificar a los sujetos como diestros, zurdos o ambidiestros. Esta dominancia se termina de instaurar hacia los cinco años de edad. Si este proceso es interrumpido por algún motivo, las consecuencias se verán reflejadas en la disminución de su capacidad de organización espacial y el lenguaje. También se verá afectado su equilibrio y propiocepción.

Alteraciones en la psicomotricidad

Las alteraciones psicomotrices pueden presentarse de manera aislada o en conjunto, manifestándose en varias características como falta de equilibrio, falta de ritmo, torpeza al realizar diferentes movimientos y pueden estar o no asociados a la instauración de una lateralidad con deficiencia.

Trastornos propioceptivos

Asociado a la dificultad para reconocer su propia ubicación y posición de su cuerpo, se verá directamente afectada su relación con

el medio que lo rodea, la ubicación espacial de los objetos que lo circundan y la relación de los mismos con su propio cuerpo.

Esto influirá también en el aprendizaje, puesto que al leer y escribir también existirá una percepción alterada del orden de las letras y las palabras.

Los **trastornos pedagógicos e instructivos** en la mayoría de los casos se descubren en la edad escolar. La presentación de los síntomas dependerá de la edad a la que se descubran y permitirán realizar un diagnóstico más acertado sobre el tipo de dislexia. Estos síntomas son percibidos por padres y maestros quienes podrán observar desde confusión en la identificación de las letras parecidas, baja comprensión, errores de lectura, inversión de letras, distracciones, etc.

Otros de los signos de dislexia es que el niño manifieste disminución de interés en sus estudios, asociado a una pérdida de la capacidad de atención, que le dificulta su concentración, aumentando el esfuerzo que debe realizar para su desempeño académico, poniéndolo en una posición de desventaja frente a sus compañeros. Esto, unido a los problemas psicomotrices, lleva en numerosas ocasiones a que el niño cree un escudo de defensa dando lugar a una desadaptación personal y social importante.

Cuando se está frente a un niño con sospecha de presentar dislexia, se deben descartar otras situaciones.

- Una visión defectuosa.
- Una audición deficiente.
- Lesiones cerebrales no identificadas.
- Coeficiente intelectual bajo no identificado.

- Trastornos emocionales.
- Patología que influya en el aprendizaje, que puedan influir en la concentración y terminen alterando el aprendizaje.
- Métodos educativos inadecuados.

Será necesario previamente evaluar el entorno del niño, su historial médico con respecto al tipo de embarazo, su nivel socioeconómico, manifestaciones de afecto, núcleo familiar, etc.

Una vez descartadas diferentes anomalías, se evaluará por medio de la aplicación de varias pruebas que permitan identificar sus características y facilitar su diagnóstico. Dentro de las pruebas a realizar por el especialista de lenguaje se encuentran:

Test de frosting: Para niños de 4 a 7 años. Se estudia el nivel de desarrollo de la percepción visual. Se consideran y evalúan su coordinación viso motora, relación espacial, entre otras.

Prueba de análisis e interpretación de lectura y escritura: sirve para la detección de los métodos de lectura y escritura utilizados por el niño y por medio de esta identificación encontrar los procesos que no están realizándose de manera adecuada.

Test de comprensión lectora: utilizado para la evaluación del nivel de comprensión aplicado en niños entre 6 y 7 años.

Adicionalmente se pueden aplicar las siguientes pruebas para la evaluación de la discapacidad psicomotriz:

Prueba de estructuras rítmicas de Mira-Stambak: se evalúa la posibilidad del niño de realizar ritmo en tres circunstancias:

creándolo de forma espontánea, reproduciéndolo desde otro creado por alguien más y comprendiendo su significado y sus componentes.

Análisis de dominancia cerebral sobre la lateralidad: basándose en evaluación de la movilidad y flexibilidad muscular, respuesta y ejecución ante diferentes órdenes, que exijan tanto motricidad fina como gruesa.

Definición de la discalculia - profundización

Trastorno asociado a dificultades del aprendizaje en matemáticas, y el cual puede presentar diferentes diagnósticos según su forma de presentación y características.

Tipos de discalculia

Se reconocen cuatro clases: discalculia primaria, secundaria, disaritmética y discalculia espacial.

- **Discalculia primaria:** trastorno derivado de una lesión cerebral, que altera única y exclusivamente la capacidad de realizar cálculos.
- **Discalculia secundaria:** se reconoce por la mala utilización de los números y la deficiencia de realizar operaciones con estos, principalmente las de tipo inverso. Otros de los signos asociados son dificultades para la ejecución del lenguaje, disminución en la capacidad de razonamiento y falta de orientación espacio-temporal.
- **Disaritmética:** el paciente tiene dificultad para comprender el funcionamiento del mecanismo de la numeración, no puede retener el vocabulario asociado a la misma y/o asimilar la forma de obtener la solución de sumas, restas, multiplicaciones o divisiones, es decir de las cuatro

operaciones básicas. Para estos individuos también es imposible contar mentalmente y utilizar los resultados para resolver problemas matemáticos.

- **Discalculia espacial:** dificultad para ordenar los números teniendo en cuenta una determinada estructura espacial.

Diagnóstico

La edad promedio de detección de la discalculia se encuentra aproximadamente entre los 6 y 8 años de edad puesto que es en este momento que escolarmente las matemáticas son abordadas como área independiente y es más fácil su detección mediante la comparación con niños de la misma edad.

La forma de conseguir un diagnóstico acertado es mediante la diferenciación, se debe realizar un estricto seguimiento del rendimiento escolar del menor ya que tiende a confundirse la discalculia con otro tipo de déficits o simplemente con el hecho de no existir una correcta motivación para el aprendizaje de las matemáticas. Se debe evaluar cuidadosamente el nivel intelectual del niño para identificar si las características lo ubican con un nivel de discalculia de tipo primario, secundario o están directamente relacionados con un bajo nivel intelectual.

Con el fin de establecer el diagnóstico, se deben aplicar una serie de pruebas que miden diferentes habilidades, estas pruebas son de alta fiabilidad, se adaptan a las variaciones acorde con la edad y desarrollo del evaluado.

Dentro de las actividades que permiten evaluar las habilidades en matemáticas, a continuación se citan varios ejemplos, los cuales pueden usarse en conjunto con las pruebas previamente nombradas:

- Dictados de números.
- Copiados de números.
- Pasatiempos o dibujos de realización de cálculos no estructurados.
- Dar solución a problemas matemáticos con una o más variables.
- Dar solución de manera lúdica a problemas de la vida cotidiana.

Una vez realizado el diagnóstico de discalculia, se recomienda apoyar dicho diagnóstico con una interconsulta por neuropsicología para de esta manera identificar posibles déficits neurológicos y definir más precisamente el problema.

Características

Dentro de las características de la discalculia se puede presentar dificultades en campos:

Perceptivo-visuales.

1. Amnésicas.
2. Orientación espacial.
3. Esquema corporal.
4. Figura y longitud.
5. Distancia y tamaño.

Entre los diferentes síntomas que se producen dentro del fenómeno de la discalculia, se pueden destacar:

- Dificultades recurrentes con la identificación de los números con los números, confusión de signos: positivo, negativo, de multiplicación y división.
- Dificultad para recordar con precisión la información numérica.
- Dificultad para realizar y comprender tablas de programación de itinerarios, cálculos mentales, señas para ubicación, direcciones, etc.

- Habilidad especial en áreas como ciencias y geometría pero tiene un límite en el que exige un nivel de utilización de matemáticas.
- Dificultad con la relación y orientación espacial, tanto la propioceptiva como la de los demás objetos.
- Dificultad con los conceptos abstractos de tiempo y dirección.
- Discapacidad total para planear desde el punto de vista financiero y/o manejo de presupuestos.
- Incapacidad para entender y recordar todo lo relacionado con secuencias matemáticas, reglas, fórmulas y orden de operaciones en general.
- Dificultad para encontrar la relación entre figura y longitud.
- Comisión de errores al transcribir, por ejemplo cuando realiza un dictado de números.
- Incapacidad de llevar la puntuación durante los juegos.
- Ansiedad y sensación de miedo al estar frente a tareas que se relacionen con actividades que incluyan operaciones matemáticas.
- Dificultades para realizar abstracciones y elaborar asociaciones a partir de material numérico.
- Utilizan los dedos para contar.
- Al presentarse varios de los síntomas y signos referidos, se requiere de la valoración de un profesional para profundizar el estudio del caso, documentarlo y confirmar o descartar el estar frente a una discalculia.

Zonas cerebrales congruentes con la presencia de discalculia.

Varios estudios realizados en niños nacidos con condiciones neurológicas no favorables o con trastornos genéticos y se ha encontrado una gran coherencia entre estos y la presencia de discalculia.

Dentro de las investigaciones para determinar el origen neuroanatómico de la discalculia, se ha incluido a personas que sufran este desorden del aprendizaje y además tengan asociado algún síndrome genético.

Se ha asociado gracias a un estudio realizado en el año 2005, a pacientes con síndrome velocardiofacial, que presentan algunas zonas cerebrales hipoactivas o de baja sensibilidad, relacionadas con el aprendizaje aritmético. De estas zonas cerebrales la que resalta por afectación, es la zona del lóbulo parietal más específicamente en el segmento horizontal del surco intraparietal y el giro angular. La primera zona es decir el surco intraparietal está encargada de la representación de las cantidades y las diferentes relaciones entre ellas; y la zona del giro angular se encarga de las operaciones de cálculo y de las tareas de procesamiento numérico que además incluya un procesamiento verbal.

Adicionalmente el área del lóbulo parietal posterior es de gran importancia en aquellos procesos que requieren atención para resolver cálculo matemático.

Otro Síndrome es el de Turner, con discalculia asociada, también confirmaron que padecían de una disminución del surco intraparietal derecho.

El lóbulo frontal al cumplir algunas funciones secundarias relacionadas con la resolución de problemas matemáticos, y al encargarse de la memoria de trabajo, la cual es necesaria para mantener presentes resultados intermedios dentro de una gran operación matemática y de organizar los pasos a seguir en las tareas y permite realizar la comprobación y corrección de los errores.

Las áreas temporal media y prefrontal derecha permiten la recuperación de la información necesaria para la resolución total del problema.

Diagnóstico diferencial

El diagnóstico diferencial se realiza entre discalculia y acalculia, en cuyo caso hace referencia a la incapacidad total de realizar cualquier tipo de cálculo asociada no a un déficit del aprendizaje como en el caso de la discalculia sino a una daño cerebral adquirido en la edad adulta.

4

Unidad 4

Movimientos oculares
de compensación



Neurofisiología de la Visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

La concepción inicial proveniente de los trabajos de Sherrington (1910), que explicaba el manejo postural corporal como una sucesión de actividades reflejas ha sido sustituida por el concepto del control central regulado a partir de aferencias periféricas y en el que intervienen todos los niveles del sistema nervioso de una forma compleja y dependiente del contexto (Pompeiano, 1994).

Las diferentes partes de los hemisferios cerebrales permiten tener una buena interpretación del cuerpo humano, que fija el sistema de referencia egocéntrico, y en la elaboración de la respuesta motora.

El cerebelo desempeña un papel importante en la regulación del movimiento al nivel de las sinergias musculares. Desde hace unos años se insiste en su papel clave en la adquisición y aprendizaje de los movimientos.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Sistemas de integración y regulación

Dentro de este apartado queremos incluir otras estructuras cerebrales, que además del cerebelo, intervienen en la regulación, interpretación y transmisión de las diferentes entradas sensoriales hacia el tálamo y la corteza cerebral. Especial mención requiere, por su relevancia en el dominio postural, la formación reticular y el núcleo de la oliva, en el tronco del encéfalo, o de los ganglios basales a nivel del diencefalo.

También incluiremos en este apartado al tálamo como estación de relevo precedente a la corteza cerebral, y donde se producen de nuevo fenómenos de control y regulación de la información sensorial.

Formación reticular

Las neuronas de la sustancia reticular están implicadas en el movimiento, la postura, el dolor, las funciones autónomas y la estimulación, y lo hacen a partir de la integración de la información proveniente del sistema vestibular, la médula espinal, el cerebelo, los ganglios basales y la corteza cerebral, son centros a los que la sustancia reticular envía sus informaciones. Además y junto a los núcleos del sistema vestibular realiza funciones de regulación del tono muscular del grupo de músculos antigravitatorios.

Núcleo de la oliva bulbar inferior

En el núcleo de la oliva bulbar se produce una convergencia e integración de la información proveniente de lo somatosensitivo, lo visual y la corteza visual. En ella, se originan las fibras que llevarán dicha información hacia el cerebelo, donde se realizará la sinapsis con las células de Purkinje haciendo parte un circuito de realimentación en el control y la regulación de la actividad cerebelosa.

Ganglios basales

Están formados por un gran número de núcleos subcorticales, siendo importantes para la disposición de la postura y los movimientos, formando así mismo un conjunto de varios sistemas en circuito que permiten entrelazar el tálamo con diferentes regiones de la corteza cerebral. Los cuatro núcleos de los ganglios basales son el cuerpo estriado (que comprende al núcleo putamen y al núcleo caudado), el globo pálido, la sustancia negra y el núcleo subtalámico.

La interconexión entre los diferentes ganglios basales es de gran complejidad, así como entre estos y el tronco del encéfalo, el tálamo y la corteza cerebral. Estos ganglios no tienen una conexión directa de entrada con la médula espinal de forma que su intervención en el control de los

movimientos es a través del resto de componentes del sistema motor. Sus aferencias principales provienen de la corteza cerebral y el tálamo, al tanto que sus aferencias regresan nuevamente a la corteza a través del tálamo y al tronco del encéfalo.

La mayoría de las aferencias de los ganglios basales son inhibitorias.

Aunque en la actualidad existan aún lagunas en la explicación de la organización y funcionamiento de los ganglios basales, no se puede discutir su intervención en las funciones esquetomotoras. (Marsden, 1980), oculomotoras e incluso cognitivas (Hallett 1990) y emocionales.

Las vías directas e indirectas permiten la conexión entre el tálamo y los ganglios basales. Las directas utilizan retroalimentación positiva, es decir la ausencia de alguna señal permite la activación de las neuronas talámicas que a su vez aumentan su actividad tálamo-cortical facilitando el movimiento. Por el contrario, las vías indirectas funcionan por una retroalimentación negativa, esto es, las aferencias de los ganglios basales inhiben a las neuronas del tálamo y por lo tanto el movimiento.

Durante la regulación y control del movimiento debe presentarse un equilibrio entre el funcionamiento tanto de la vía directa como la indirecta ya que cualquier alteración en la actividad de la vía indirecta puede traducirse en trastornos de hipoquinesia como por ejemplo acinesia, bradicinesia, temblor de reposo siendo contrario en una disminución de la actividad de esta misma vía pueden producirse trastornos de hiperquinesia como hipotonía, posturas anormales sostenidas, etc.

El quiasma óptico

Es una lámina cuadrilátera derivada de la fusión de los nervios ópticos. Se relaciona con la arteria cerebral anterior y con la comunicante anterior, posteriormente con el tuber cinerun, tallo pituitario, receso del III ventrículo, hipófisis y silla turca, y lateralmente con la arteria carótida interna y con la sustancia perforada anterior.

En el quiasma se produce el entrecruzamiento de las fibras ópticas nasales y parte de las fibras maculares. Las fibras nasales inferiores se cruzan en la parte más anterior del quiasma introduciéndose ligeramente en el nervio óptico contralateral hasta alcanzar la cintilla. Las fibras superiores se cruzan en la parte más posterior de forma directa.

En este entrecruzamiento se produce la primera fase de la estereopsis.

La cintilla óptica

Se origina en la parte posterior del quiasma. Ambas cintillas están separadas por el tallo hipofisario y el tercer ventrículo; irán rodeando al espacio perforado posterior y a los pedúnculos cerebrales hasta sinaptar con en el cuerpo geniculado lateral. Esto lo harán el 80% de las fibras, el otro 20% se desviará antes de llegar al CGL para alcanzar el mesencéfalo.

El cuerpo geniculado lateral

Es un núcleo visual primario que se encuentra en tálamo. En él se integra la información recibida a través de los axones de las cintillas. Cada CGL tiene 6 capas. En las capas 2ª, 3ª y 5ª, hacen sinapsis las neuronas temporales y en las capas 1ª, 4ª, y 5ª las fibras nasales. A su vez en las capas 1 y 2 hacen sinapsis las células ganglionares magnocelulares y en las capas 4, 5 y 6 las parvocelulares.

Cada capa del cuerpo geniculado lateral contiene una representación completa y ordenada del campo visual contralateral.

El cuerpo geniculado recibe aferencias de la cintilla óptica, del pulvinar, del córtex visual, corteza temporal media, cerebelo, tubérculos cuadrigéminos anteriores y de la formación reticular protuberancial fundamental para mantener la atención y envía aferencias a las radiaciones ópticas a retina y a los núcleos protuberanciales a cerebelo.

En él se produce el segundo grado de la estereopsis.

Las radiaciones ópticas están formadas por los axones de las neuronas del CGL y por un pequeño grupo de axones procedentes del pulvinar que van a sinaptar con la corteza visual. También las compone la vía que va desde la corteza visual al CGL. Se distinguen dos fascículos. Un dorso-lateral que porta información superior tanto nasal como temporal y alcanza el labio superior de la cisura calcarina, y otro ventral también llamado asa de Meyer que contiene la proyección de los cuadrantes retinianos inferiores nasales y temporales y va a alcanzar el labio inferior.

La lesión del asa de Meyer daría lugar a una cuadrantanopsia homónima superior.

Los axones de las radiaciones ópticas se van a proyectar en la corteza visual. La corteza visual es el lugar de la corteza cerebral en la que la información visual se va a hacer consciente. Se localiza en el lóbulo occipital, ocupando el área interna que rodea a la cisura calcarina. Se extiende desde el rodeo posterior del cuerpo calloso hasta el polo posterior occipital, al cual rebasa y aparece por la cara externa.

Clásicamente corresponde a las áreas 17, 18 y 19 de Brodmann

La corteza visual se divide en 5 áreas principales. V1, V2, V3, V4 y V5 aunque se sabe que existen múltiples que responden a la estimulación visual.

- V1 es el área visual primaria, se corresponde con el área 17 de Brodmann y forma el área estriada. Recibe toda la información procedente de las radiaciones ópticas y forma un mapa de cada punto del espacio, por eso se le dice la retina cortical. Aquí se produce el tercer grado de la estereopsis. Los axones de las células parvocelulares hacen sinapsis en las capas 2 y 3, mientras que las magnocelulares lo hacen en la capa 4B. V1 manda aferencias a las demás áreas visuales, así como a su homóloga contralateral a través del cuerpo calloso y recibe eferencias de V2, V3, V4 y V5. V1 analiza la información visual recibida por secciones del campo, las empaqueta y las distribuye por atributos y posición del estímulo en el campo visual a las diferentes áreas visuales.

- V2 es el área que rodea de forma contigua a V1, ya que están nombradas así con base a su lejanía de V1. Se sitúa entre el área estriada (17 de Brodmann) y la pre-estriada (18 y 19 de Brodmann). Esta área recibe aferencias de V1 y re-aferencias de V3, V4 y V5.

Envía eferencias a las demás áreas visuales. V2 está constituida por 3 capas. Las bandas delgadas que son selectivas a la longitud de onda las bandas gruesas que lo son a la dirección del movimiento y a la forma, y las interbandas selectiva a la forma.

- V3, V4 y V5 se corresponden con las áreas de Brodmann 18 y 19 o también llamada

área preestriada. Rodean a V1 y V2 de forma concéntrica.

- V3 recibe información referente a la forma ligada al movimiento pero independiente del color.
- V4 se encarga de la percepción del color y de la forma.
- V5, también llamada MT, está especializada de la percepción del movimiento, selectiva a la dirección pero independiente del color.

En la vía visual se distinguen cuatro sistemas paralelos que se ocupan de diferentes atributos de la visión: uno para el movimiento, otro para el color y dos para la forma.

- Las señales del sistema del movimiento son recogidas por las llamadas células ganglionares de tipo magnocelular, las cuales hacen sinapsis en el cuerpo Geniculado Lateral en las capas que reciben el mismo nombre. De aquí se dirigen a la capa 4B de V1 donde la información se hace consciente. A través de las bandas gruesas de V2 o bien directamente, alcanzan V5.
- El sistema cromático depende de V4. Las señales las recogen las células ganglionares parvocelulares y atravesando las capas parvocelulares del CGL llegan a la región globular de V1. Alcanza V4 a través de las bandas estrechas de V2 o directamente.
- El sistema encargado de la forma ligada al color depende de V4. Los estímulos son recogidos por las células X en retina que establecen sinapsis con las neuronas de las capas parvocelulares. De aquí las fibras viajan hasta la región interglobular de V1 donde se transmiten a través de las interbandas de V2 o directamente a V4.

- El sistema de la forma ligada al movimiento recoge las señales a través de las células y en retina, las cuales alcanzan las capas magnocelulares del CGL, para llegar hasta la capa 4B de V1 donde se hará consciente la información. Esta información se distribuirá a V3 directamente o a través de las bandas gruesas de V2.

El área preestriada se encarga de distribuir información visual a las áreas de asociación en el lóbulo parietal y temporal.

Conexiones corticales

Para que se establezca una total integración de la información, la corteza visual establece conexiones con:

- Retina.
- CGL.
- Corteza temporal (sistema líbico, auditivo).
- Corteza frontal (planificación, movimientos voluntarios).
- Corteza parietal (reconocimiento de planos, lectoescritura, cálculo, localización espacial, esquema corporal).
- Cuerpo caloso.

Tálamo

El tálamo es el soporte de la neurona 3ª de la vía sensitiva, constituyendo un eslabón esencial en la transferencia de la información sensitiva desde los receptores periféricos a las zonas encargadas de procesar la información sensitiva de los dos hemisferios cerebrales. El tálamo se creía era una simple estación de relevo, pero actualmente está claro que desempeña un rol muy importante en el control y la transmisión sensitiva, de tal forma que este es quien determina si la

información sensitiva alcanza o no la conciencia en la neo corteza.

Aferencias periféricas

El control postural exige un conjunto de entradas o aferencias que incluyen toda aquella información, que procede tanto del exterior como el interior (Gagey 1994), y es de vital importancia en la propiocepción, de la piel, del sistema vestibular y el visual.

Aferencias musculares

Los husos neuromusculares son los encargados de controlar las aferencias musculares. los cuales incluyen una terminación primaria, conectada a una fibra la cual tiene una sensibilidad mayor al estiramiento pasivo del músculo, sobre todo ante estiramientos rápidos de baja amplitud (del orden de 0,1 mm), y un número variable de terminaciones secundarias que, conectadas a fibras II, tienen un umbral más elevado y una mayor sensibilidad a la postura (Matthews, 1981).

Aferencias cutáneas

El grupo de las aferencias cutáneas es heterogéneo, tanto por la naturaleza de los

receptores cutáneos como por la de las fibras nerviosas aferentes. Se diferencian, por una parte, los mecano-receptores, sensibles a la presión y las vibraciones, caracterizados por un umbral bajo de activación y una forma de adaptación variable (fásica o tónica), y cuya inervación está asegurada por fibras de velocidad de conducción rápida; por otra parte, se diferencian los nociceptores, sensibles al dolor, de umbral de estimulación elevado e inervados por fibras de velocidad de conducción lenta.

Aferencias vestibulares

El sistema vestibular está situado en el oído interno e incluye dos tipos de receptores: los otolitos, quienes responden a la posición de la cabeza y su aceleración lineal, y los canales semicirculares que se ponen en juego al realizar una rotación de la cabeza y son sensibles a la aceleración angular.

Las aferencias vestibulares se distribuyen hacia los núcleos vestibulares del tronco del encéfalo y el cerebelo donde convergen con información visual. Los reflejos vestibulooculares tienen su origen en los núcleos vestibulares al realizar cualquier rotación de la cabeza quienes se encargan de equilibrar y estabilizar el entorno visual y al tono muscular durante los desplazamientos lineales a los reflejos vestibulocervicales que regulan la tonicidad muscular y los movimientos de la cabeza además de las de las extremidades en un caso de desequilibrio.

Aferencias visuales

El mejoramiento del control postural está dado en gran parte por la visión y esta se apoya en las aferencias propioceptivas y vestibulares.

En la visión interviene, no solamente la visión consciente (macular y periférica) sino también, la percepción automática del movimiento.

Definición

Sea cual sea el tipo de patrón motor al final todos consisten en organizar en el tiempo y en el espacio, una respuesta motora coordinada que afecte a todos los músculos y articulaciones del aparato osteomioarticular necesarios para determinar la acción.

Pongamos un ejemplo concreto como el de coger un lápiz que se ha caído al suelo:

1. Mantener el centro de gravedad estable: equilibrio y ajuste postural.
2. Escuchar el golpe del lápiz contra el suelo. Focalizar el origen del sonido. Reajuste postural.
3. Dirigir mi mirada hacia él: movimientos oculares, de cabeza y posiblemente del cuerpo. Focalización del objeto. Reajuste postural y del equilibrio.
4. Realizar los ajustes motores predictivos para mantener la estabilidad postural durante todo el desplazamiento y acciones posteriores.
5. Inicio del desplazamiento. Orden voluntaria.
6. Desplazamiento hacia el objeto, patrón motor involuntario y rítmico.
7. Agacharse. Reajuste postural y del equilibrio.
8. Cogerlo con precisión. Información táctil y propioceptiva.
9. Incorporarse nuevamente. Reajuste postural y del equilibrio.
10. Gratificación por conseguirlo.

En este patrón han intervenido diferentes acciones motoras voluntarias e involuntarias que han requerido diferentes entradas sensoriales y la participación de movimientos voluntarios, involuntarios y patrones motores ya establecidos y almacenados en el cerebelo.

Movimientos de la cabeza, cuerpo y ojos, visualización y enfoque del objeto, desplazamiento hacia él, aproximación y extensión de la mano y dedos, tacto fino y determina-

ción del tamaño y espesor, cogerlo con la fuerza apropiada para que no se caiga, recuperar la postura y mantenerla, etc.

Para realizar todas estas acciones han intervenido muchos centros nerviosos en diferentes niveles del SNC, además del aparato osteomioarticular que en definitiva es el ejecutor final de todo el patrón motor establecido. Los procesos, todos y cada uno de ellos sometidos a un fino control de retroalimentación continua.

En definitiva podemos asegurar que en todo patrón motor y en diferentes grados de incidencia participan:

Una entrada multi-sensorial procedente no solo de los receptores musculares y articulares implicados, sino del conjunto general de la información sensorial suministrada por las distintas modalidades y relacionadas con el proceso que genera dicho patrón.

- Los procesos cognitivos.
- Los centros de integración y ajuste fino en los diferentes niveles cerebrales: tronco, corteza motora, cerebelo y ganglios basales.
- Las moto-neuronas espinales (alfa y gamma) y el conjunto de fibras musculares dependientes que son la vía final de acción sobre el aparato osteomio-articular.

Hay un ajuste postural constante que se necesita para cumplir todas las tareas motoras que realiza normalmente un sujeto. Este ajuste se relaciona con los siguientes objetivos:

- Mantenerla posición de la cabeza y del cuerpo en respuesta a la fuerza de gravedad y a otras fuerzas externas (presión atmosférica).

- Mantener equilibrado el centro de gravedad de una especie de columna apoyada en el suelo, como es corrientemente la situación del cuerpo.
- Fijar las partes del cuerpo, que en momentos determinados le deben servir de apoyo, mientras otras realizan movimientos.

Dos mecanismos permiten realizar los ajustes posturales:

- Mecanismos de anticipación o de antero-alimentación (feedforward). Se anticipan respuestas que mantienen la estabilidad cuando se produce la alteración postural.
- Mecanismos de compensación o de realimentación que se activan por la información sensorial generada por el cambio postural.

Los ajustes posturales son reflejos rápidos inducidos por el balanceo del cuerpo y que tienen un substrato neuronal (arco) y organización fijos. Son escalonados y pueden ser mejorados por la práctica y el aprendizaje. La información sensorial que los origina se deriva de receptores cutáneos, de propio-receptores y de receptores visuales. En efecto aparecen especialmente involucrados:

- Propio-receptores musculares: son los que miden los cambios de longitud y de fuerza que se producen en los músculos de los tobillos.
- Receptores vestibulares: miden los vaivenes del cuerpo a través de los movimientos de la cabeza.
- Receptores visuales: envían información sobre los movimientos detectados en el campo visual.

Las características de estos tipos de ajustes se han estudiado usando plataformas móviles (trabajos de Nashmer y colaboradores). Al mover la plataforma hacia atrás, el sujeto responde con un balanceo hacia delante. Esta respuesta se organiza por la participación secuencial de músculos más distales o más proximales (músculos paraespinales).

Al mover la plataforma hacia delante se induce un balanceo hacia atrás el cual es contrarrestado por una inclinación del cuerpo hacia delante.

Sin embargo, a pesar de que estos tipos de respuestas aparecen como ajustes automáticos, rígidos, el tipo de conducta motora desarrollada para mantener la postura depende de la experiencia anterior del sujeto y de sus expectativas.

4

Unidad 4

Neurofisiología de
los movimientos
oculares



Neurofisiología de la Visión

Autor: Wilson Gabriel Barragán

Introducción

El camino en el proceso de la visión vemos que empieza con una fototransducción en la retina neuro-sensorial que transmite y comparte este potencial eléctrico con varias neuronas retinianas que finalmente se lo llevan las células ganglionares de la retina. Estas células ganglionares transmitirán la información hasta el geniculado lateral (CGL) pasando por el quiasma óptico en que hay un entrecruzamiento de las fibras nasales de cada ojo. El CGL es la principal estructura subcortical que procesa la información visual, consta de seis capas de células y en cada núcleo las capas 1 y 4 terminan las fibras de la hemiretina nasal contralateral y las fibras de la hemiretina temporal ipsilateral en las capas 2,3 y 5. Las capas 1 y 2 son capas magnocelulares, las capas de la 3 a la 6 son parvocelulares. Del CGL salen las radiaciones ópticas que sinaptarán el córtex visual primario mayoritariamente en la capa 4C, los axones de las células parvocelulares (P) terminan en la 4C β y los axones de las células magnocelulares (M) en la 4C α (Kandel, Schwartz y Jessel, 1997). El córtex visual primario es la primera estación de procesamiento de la visión, el córtex visual extraestriado procesará la información del detalle, forma, movimiento, etc., en sus áreas especializadas para este fin y finalmente se construirá la imagen conjunta a través de un proceso creativo. De este modo la percepción visual es un proceso creativo en el que están involucradas muchas funciones corticales. Los sistemas neuronales implicados en la mirada, el equilibrio y la postura actúan para estabilizar el cuerpo y, junto con la visión, para proveer información sobre el entorno espacial. Los seis músculos extraoculares de cada ojo son los efectores de los movimientos de los globos oculares.

Los impulsos nerviosos que controlan su contracción llegan a través de los nervios craneales tercero, cuarto y sexto cuyos núcleos se encuentran en el mesencéfalo y la protuberancia. En las motoneuronas de estos núcleos converge la información elaborada por múltiples circuitos neuronales del sistema nervioso central para codificar el grado de contracción de cada músculo en cada momento. La musculatura intrínseca del ojo, controlada por el sistema nervioso autónomo, regula automáticamente el diámetro pupilar y la curvatura del cristalino para que los rayos luminosos del entorno puedan configurar una imagen enfocada sobre la retina. La actividad de la musculatura intrínseca (acomodación), del sistema visual (visión) y de la motilidad ocular debe coordinarse y retroalimentarse constantemente para que tenga lugar la normal experiencia perceptiva visual.

Se requiere por parte del estudiante un compromiso claro frente a la preparación de los temas de esta unidad y su participación activa en las diferentes actividades propuestas.

Necesidad de los movimientos oculares

Existen numerosas evidencias que indican que existe mejor calidad de imagen con movimientos oculares que sin ellos. Sin duda, la más clara que podemos citar es la experiencia de Kelly de estabilización de la imagen retiniana. El planteamiento de esta experiencia era que la estabilización de la imagen en la retina permitiría alcanzar el máximo de agudeza visual (AV), ya que se evitaría el emborronamiento asociado al movimiento de la imagen que producen los movimientos oculares. Sin embargo, la estabilización de la imagen en la retina daba lugar a la desaparición del mismo fading. Este fenómeno se produce por la saturación de los fotorreceptores retinianos y los pequeños movimientos oculares rápidos previenen su aparición.

Además de esta evidencia, podemos encontrar otras importantes contribuciones de los movimientos oculares:

- Para fijar un estímulo, es preciso mover la cabeza, pero no es necesario determinar los movimientos oculares, ya que son sistemas automáticos de compensación.
- El campo visual es limitado, pero gracias a la combinación de movimientos oculares y de la cabeza se logra un campo visual efectivo de 360°.

- Las ventajas de la visión binocular se pueden mantener si y solo si se produce un movimiento coordinado de los dos ojos.

Clasificación de los movimientos oculares

Existen muchas y variadas clasificaciones de los movimientos oculares, atendiendo a diferentes conceptos, como por ejemplo el que sean binoculares o monoculares, reflejos o voluntarios. Sin embargo, en estas clasificaciones siempre existen movimientos de difícil clasificación, por lo que es necesario hacer uso de clasificaciones más correctas que sean claras a la hora de determinar las características del movimiento. En esa línea, la clasificación funcional de Carpenter parece la más coherente, ya que se basa en atender a la funcionalidad del movimiento. Según este criterio, podemos determinar tres tipos de movimientos:

1. Movimientos para el mantenimiento de la mirada: son aquellos que compensan el movimiento de la cabeza o de los objetos para que permanezca la mirada fija sobre el objeto. Se dan dos tipos de estos movimientos: vestibulo-oculares (compensan los movimientos de la cabeza) y optocinéticos (compensan los movimientos del objeto).

2. Movimientos para el desplazamiento de la mirada: permiten pasar la atención de un objeto a otro. Fundamentalmente, se dan tres tipos: sacádicos, persecuciones o de seguimiento y vergencias.
3. Movimientos de fijación o micromovimientos: evitan el fenómeno del fading: trémores, microsacádicos y fluctuaciones.

Movimientos para el mantenimiento de la mirada

Son aquellos encargados de mantener la mirada sobre un objeto con independencia de los movimientos de la cabeza o del objeto. Los movimientos que compensan los movimientos de la cabeza se denominan vestíbulo-oculares o vestibulares, mientras que los que compensan el movimiento del objeto se denominan optocinéticos.

Movimientos vestíbulo-oculares

Se originan en el sistema vestibular, el centro de control de nuestro sistema de posicionamiento espacial. Este sistema, situado en el oído, consiste en tres anillos dispuestos perpendicularmente entre sí, por los que corre un líquido denominado endolinfa.

Sistema vestibular del oído (izda) y posición relativa en la cabeza (dcha)

Los movimientos de este líquido permiten conocer el sentido y dirección de los movimientos de la cabeza, permitiendo activar el sistema oculomotor y compensarlos. Son movimientos involuntarios, como demuestra el hecho de que la estimulación con calor del líquido endolinfático produce movimientos oculares, al producirse corrientes

de convección que mueven la endolinfa, dando lugar a señales falsas de posición espacial.

Compensación de los movimientos de la cabeza mediante movimientos vestibulares: muy recientemente, se ha comprobado que pueden existir contribuciones voluntarias a los movimientos reflejos vestibulares, sobre todo en entornos de realidad virtual.

Movimientos optocinéticos

Son aquellos que siguen el movimiento de los objetos, aunque solo pueden compensar hasta ciertas velocidades. Cuando el movimiento es continuo, se produce un movimiento regular y rítmico denominado nistagmo optocinético.

Movimientos para el desplazamiento de la mirada

Permiten desplazar la atención de un punto a otro del espacio.

Sacádicos

Son cambios bruscos de fijación (el nombre proviene del término sacudida). Durante este movimiento, la velocidad que alcanzan los ojos es altísima, del orden de los 1000°/s (aproximadamente 1 m/s).

Uno de los principales problemas que se plantea es si existe visión durante un movimiento sacádico. Es evidente que no estamos ciegos durante su curso, ya que una sencilla experiencia lo demuestra: si durante un movimiento sacádico se produce un flash de luz, es percibido por el observador. Sin embargo, durante este movimiento no tenemos una percepción de borrosidad, debido a que la sensibilidad del sistema visual disminuye durante el movimiento, su-

primiéndose tan solo la visión de estímulos muy breves, por debajo de los 20 ms (supresión sacádica).

Movimientos de persecución o seguimientos

Son aquellos que siguen movimientos rápidos de los objetos, a diferencia de los optocinéticos, que son más lentos. Están muy relacionados con los optocinéticos, y su principal estímulo es la velocidad del objeto.

Actúan en una amplia variedad de circunstancias oculomotoras, como mantener la mirada ante derivas involuntarias del ojo o la regulación de la fijación durante movimientos vergenciales.

Versiones y vergencias

Son movimientos binoculares en los que varía el ángulo entre los dos ejes visuales (vergencias) o permanece constante (versiones). Se tratarán con profundidad en el tema.

Movimientos para el mantenimiento de la fijación

Son conocidos como micromovimientos, por su pequeña amplitud. Su función es mantener la fijación e impedir el fenómeno del fading, aunque es posible que estén involucrados en otros procesos de visión cuya finalidad se desconoce. Parecen estar relacionados también con el mecanismo de la acomodación. Permiten, en suma, que el sistema visual esté en las mejores condiciones dinámicas para tener una AV máxima.

a. Trémores: son temblores de los ojos, de muy pequeña amplitud, entre 17" y 1', y de altísima frecuencia, entre 30 y 70 ciclos/s.

b. Fluctuaciones: son de mayor amplitud (5') y frecuencia más baja (unos 5 ciclos/s).

c. Microsacádicos: son los micromovimientos de mayor amplitud, entre los 5 y 10' de arco, con una velocidad media de 10°/s.

Métodos de medida de los movimientos oculares

a. Observación directa: es el método clínico más habitual. Se basa en la observación del movimiento por parte del examinador. Tiene como principal inconveniente que es un método cualitativo, que no permite la medida y que es muy difícil observar los movimientos de baja amplitud o alta frecuencia.

b. Videofotográficos: antiguamente se hacía uso de sistemas estereoscópicos para poder fotografiar los movimientos. Hoy en día se hace uso de sistemas de video. Las secuencias de video de alta velocidad pueden ser luego estudiadas mediante sistemas informáticos para conocer los movimientos que realiza el ojo.

c. Electro-oculográfico: es el sistema más usado. Se basa en la existencia de una diferencia de potencial de unos 20 mV entre la córnea y la esclera, comportándose como un dipolo. Si se colocan electrodos en los laterales del ojo y párpados, es posible registrar los cambios de potencial eléctrico y, de ahí, deducir los movimientos que ha hecho el ojo. Su principal inconveniente es que son muy afectados por los campos eléctricos, necesitando aislar al sujeto cuando se quiere mucha precisión. Como principal ventaja es que es un sistema independiente de los movimientos de la cabeza.

d. Métodos fotoeléctricos: están basados en la reflexión de un haz de luz sobre la

- córnea. Son muy poco precisos, ya que se ven influidos por los movimientos de la cabeza, que debe fijarse.
- e. Con lentes de contacto: se usa una lente de contacto especial, con unas zonas espejadas y se registra mediante video el movimiento. Los principales problemas se asocian al movimiento de la lentilla, que evita que se puedan registrar movimientos muy rápidos.
 - f. Dispositivos de campo magnético: se basan en que el cambio de flujo magnético en una espira genera corrientes eléctricas. Son sistemas muy precisos, que no dependen del movimiento de la cabeza. El principal inconveniente es el parpadeo, que puede modificar la posición de la espira.
 - g. Cápsulas de succión: son sistemas de succión que permiten fijar la posición de un espejo en el ojo mediante una ventosa. Su principal inconveniente es el parpadeo.
 - h. Mediante imágenes de Purkinje. Este método fue desarrollado por Nelly y permitió la comprobación del fading al estabilizar la imagen en la retina. Se basa en medir la diferencia entre la primera y cuarta imagen de Purkinje, una distancia que cambia al moverse el ojo. Este método, si retroalimenta un sistema de formación de imágenes, permite estabilizar la imagen en la retina.

Bibliografía

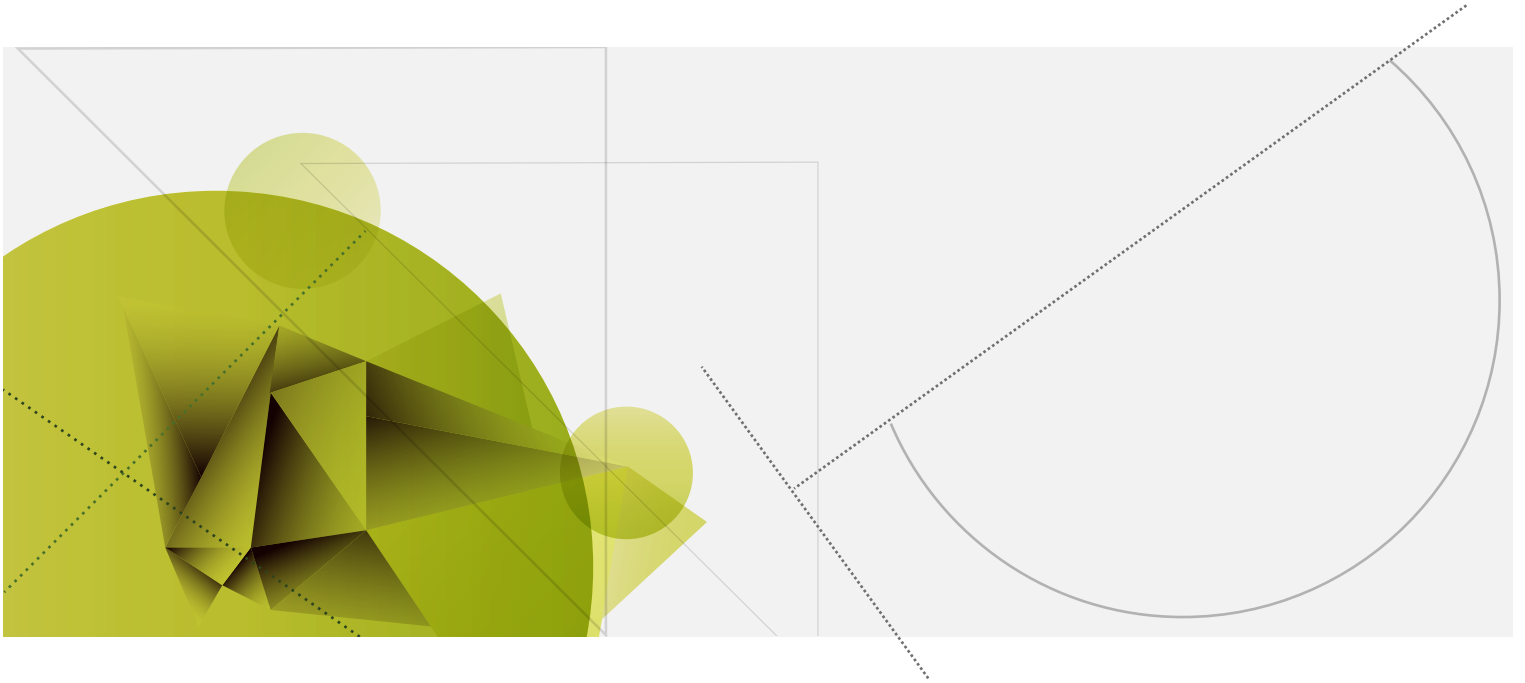
- **Ardila & Rosselli.** (2007). *Neuropsicología clínica*. México: Editorial El manual moderno.
- **Bustos, I.** (1984). *Discriminación auditiva y logopedia*. Madrid: CEPE.
- **Busto, M.C.** (1998). *Manual de logopedia escolar*. Madrid: CEPE.
- **Diccionario de la lengua española** (2001). Real Academia Española, (vigésima segunda edición).
- **Grant, L.** (December, 2008). *Journal of Neuro-Ophthalmology*.
- **Kaufman, P.L. & Albert, A.** (2004). *Physiology of the eye*. St. Lous: Mosby.
- **Pascual, P.** (1988). *La dislalia*. Madrid: CEPE.
- **Portellano.** (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: Mcgraw-Hill.
- **Snell, R.** (2001). *Neuroanatomía clínica*.
- **Wright, K.** (2006). *Handbook of pediatric Neuro ophthalmology*.

- <http://books.google.com.co/books?id=kiubi2CdTyYC&printsec=frontcover&dq=neurologia&hl=es&sa=X&ei=FWkYU-vOBZHGkQeGuoHQCQ&ved=0CDMQ6AEwAA#v=onepage&q=neurologia&f=false>
- <http://books.google.com.co/books?id=YtYhmi3hKy8C&pg=PR8&dq=neurologia&hl=es&sa=X&ei=FWkYU-vOBZHGkQeGuoHQCQ&ved=0CFgQ6AEwBg#v=onepage&q=neurologia&f=false>
- <http://books.google.com.co/books?id=r5KYygEACAAJ&dq=neuroftalmologia&hl=es&sa=X&ei=dGkYU4vzGsTAKQeN2oDADg&ved=0CDUQ6AEwAg>
- <http://books.google.com.co/books?id=INucAAAACAAJ&dq=neuroftalmologia&hl=es&sa=X&ei=dGkYU4vzGsTAKQeN2oDADg&ved=0CEEQ6AEwBA>
- <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/neurobioquimica/neuroanatomia1.htm>
- <http://www.moebius.org/resources/Trabajo+Marta+SantodomingoSdM.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos90/sentidos-generales-y-especializados/sentidos-generales-y-especializados.shtml>
- <http://sistemanervioso9d.blogspot.com/2012/07/el-snc-y-sus-partes.html>
- <http://www.ecured.cu/index.php/Enc%C3%A9falo>
- <http://basesbiolps.blogspot.com/2013/05/anatomia-del-sistema-nervioso.html>
- <http://www.apuntes.eu/biologia/las-estructuras-protectoras-del-cerebro-y-el-nervio-raquideo/>

Bibliografía

- <http://dsmbio.wordpress.com/acerca-de/tema-xiii-sistema-sensorial/>
- <http://www.saberespractico.com/estudios/anatomia/los-12-pares-craneales-nombre-y-posicion/>
- http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Sistema_nervioso/Sistema_nervioso_somatico.html
- <http://www.venamimundo.com/Demencias/Alzheimer/Ninos/SistemaNerviosoP.html>
- <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/15507504/MegaPost-Guia-sobre-el-Sistema-Nervioso-Vol-I.html>
- <http://es.scribd.com/doc/130417687/Sensaciones-y-Persepciones>
- <http://www.fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/2/fundamentos%20neuronaes.pdf>
- <http://www.fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/2/fundamentos%20neuronaes.pdf>
- http://www.ugr.es/~setchift/docs/cualia/neuropsicologia_del_color.pdf
- <http://books.google.com.co/books?id=FYi5AAAAIAAJ&q=codificacion+retinal+en+ingles&q=codificacion+retinal+en+ingles&hl=es&sa=X&ei=2VYzVM3cFtK9ggSp2YD4Bw&ved=0CEgQ6AEwBw>
- <https://project.inria.fr/keops/es/>
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19892132>
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19892132>
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25269832>

Esta obra se terminó de editar en el mes de octubre
Tipografía Myriad Pro 12 puntos
Bogotá D.C.,-Colombia.



AREANDINA
Fundación Universitaria del Área Andina

MIEMBRO DE LA RED
ILUMNO