

BASES NEUROMORFO- FISIOPATOLÓGICAS DEL SISTEMA NERVIOSO Y SU IMPACTO PSICOPEDAGÓGICO EN EL ORGANISMO HUMANO

*Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso
Graciela Hernestina Zambrano Pincay
Patricio Yosue Vallejo Pilligua
Nivea Katherine Vallejo Valdivieso
Gelen Melissa Bravo Cedeño
Luis Alejandro Vallejo Valdivieso
María Elena Moya Martínez*

Medicina y Salud



**BASES
NEUROMORFOFISIOPATOLÓGICAS
DEL SISTEMA NERVIOSO Y SU
IMPACTO PSICOPEDAGÓGICO EN
EL ORGANISMO HUMANO**

*Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso
Graciela Hernestina Zambrano Pincay
Patricio Yosue Vallejo Pilligua
Nivea Katherine Vallejo Valdivieso
Gelen Melissa Bravo Cedeño
Luis Alejandro Vallejo Valdivieso
María Elena Moya Martínez*



Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L.

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

© del texto: **los autores**

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/ Els Alzamora, 17- 03802- ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com

Primera edición: **septiembre 2019**

ISBN: **978-84-120756-0-1**

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/Med.2019.69>

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL SISTEMA NERVIOSO	7
1.1. Sistema nervioso	7
1.1.1. Formación del tubo neural y cresta neural.....	7
1.1.2. Sistemas nerviosos central y periférico	9
1.1.3. Sistema nervioso autónomo	12
1.1.5. Ganglios.....	14
1.1.5. Nervios craneales y raquídeos	15
CAPÍTULO II: ESTRUCTURA ANATOMOFUNCIONAL DEL SISTEMA NERVIOSO	17
2.1. Neuronas	17
2.1.1. Estructura de la neurona.....	18
2.1.2. Clasificación de las neuronas	19
2.1.3. Estructura de la neurona y núcleo.....	20
2.1.4. Unidad anatómica y funcional	27
2.1.5. Transmisión del impulso nervioso	28
2.1.6. Transmisión del impulso nervioso a través de la sinapsis	30
2.1.7. Clasificación de sinapsis neuronales	31
2.1.8. Neurotransmisores	32
CAPÍTULO III: DIVISIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO	33
3.1. División del sistema nervioso	33
3.1.1. Principales divisiones del sistema nervioso central.....	33
3.1.2. Encéfalo	34
3.1.3. Prosencéfalo: cerebro	34
3.1.4. Cerebelo	36
3.1.5. Bulbo raquídeo	37
3.1.6. Mesencéfalo	37
3.1.7. Rombencéfalo	38
3.1.8. Metencéfalo	38
3.1.9. Mielencéfalo.....	38
3.1.10. Médula espinal	38
CAPÍTULO IV: DESARROLLO EMBRIONARIO DEL OJO.....	41
4.1. Ojo.....	41
4.1.1. Embriogénesis.....	41
4.1.2. Organogénesis.....	41
4.1.3. Cristalino.....	42
4.1.4. Retina.....	43
4.1.5. Iris.....	44
4.1.6. Cornea	44
4.1.7. Cuerpo vítreo.....	45
4.1.8. Nervio óptico.....	45

4.1.9. Nervio oculomotor	46
4.1.10. Nervio troclear	47
4.1.11. Nervio abducen	49
4.1.12. Fondo de ojo	50
CAPÍTULO V: ANATOMÍA NEUROFTÁLMICA.....	53
5.1. Anatomía ósea de la órbita	53
5.1.1. Pared superior o techo de la órbita	53
5.1.2. Pared inferior o suelo de la órbita	53
5.1.3. Anatomía vascular de la órbita	55
5.1.4. Vías visuales aferentes	56
5.1.5. Vías visuales eferentes	58
CAPÍTULO VI: LA RETINA.....	59
6.1. Retina	59
6.1.1. Función nerviosa de la retina	60
6.1.1.1. <i>Fotoquímica de la visión</i>	61
6.1.1.2. <i>Epíteto pigmentario de la retina</i>	62
6.1.1.3. <i>Aspectos generales sobre la retina</i>	62
6.1.1.4. <i>Construcción anatómica de la retina</i>	62
6.1.1.5. <i>La fotoquímica</i>	63
6.1.1.6. <i>La foto transducción</i>	63
6.1.2. Fase de recuperación o adaptación	63
6.1.3. Proyecciones de la retina	64
6.1.4. Estesiología del sistema visual.	65
6.1.5. Nervio óptico.....	66
6.1.6. Vías nerviosas ópticas	66
6.1.7. El globo ocular	67
CAPÍTULO VII: EL OJO: SISTEMA ÓPTICO	69
7.1. Anatomía del ojo humano.....	69
7.1.1. División macroscópica y su división funcional.....	69
7.1.2. Errores de refracción.....	70
7.1.2.1. <i>La miopía</i>	70
7.1.2.2. <i>Hipermetropía</i>	72
7.1.2.3. <i>Astigmatismo</i>	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL SISTEMA NERVIOSO

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí, ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dra. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Magister María Elena Moya Martínez

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí). Coordinadora de Posgrados.

1.1. Sistema nervioso

El sistema nervioso está compuesto básicamente por células especializadas cuya función es recibir estímulos sensitivos y transmitirlos a los órganos efectores, sean musculares o glandulares. Los estímulos sensitivos que se originan fuera o dentro del organismo se correlacionan dentro del sistema nervioso y los impulsos eferentes son coordinados de modo que los órganos efectores funcionan juntos y en armonía para el bienestar del individuo.

1.1.1. Formación del tubo neural y cresta neural

A inicios de la tercera semana de desarrollo, el embrión ya posee las tres capas germinativas, las cuales son el Endodermo, Mesodermo y Ectodermo.

La Formación de la notocordal ocurre a inicios de la 3° semana de desarrollo. Las células prenotocordales se invaginan desde la fosita primitiva, migran cefálicamente hacia la lámina precordal, la que se encuentra ubicada al lado de la membrana bucofaríngea, formándose la placa notocordal. La notocorda definitiva se forma porque las células de la placa notocordal proliferan y se desprenden del endodermo, creando un cordón. El principal rol de la notocorda es la inducción de la formación del Sistema Nervioso. Esto lo hace a través de moléculas que actúan sobre el ectodermo cercano formando el neuroectodermo. El tejido embrionario que se encuentra alrededor de la notocorda (mesodermo) van a formar a las vértebras,

donde en el adulto existen restos de notocorda a nivel del núcleo pulposo de los discos intervertebrales.

En la formación del Tubo Neural debemos tener claro el concepto de Neurulación: Comprende los procesos desde inducción notocordal, hasta el cierre del neurólogo caudal. Comienza su desarrollo en la 3^o semana, en la línea media de la región dorsal del embrión entre la membrana bucofaríngea y la fosita primitiva. Donde la notocorda en desarrollo más el mesodermo adyacente estimulan al ectodermo (neuroectodermo) a diferenciarse, donde se engruesa, formando así la placa neural. En el día 18 del desarrollo, los bordes laterales de la placa neural se elevan y forman los pliegues neurales; la porción media entre ambos pliegues se conoce como surco neural. Hacia el final de la 3^o semana, los pliegues neurales se elevan aún más, se acercan y se fusionan irregularmente en la línea media formando el tubo neural. La fusión comienza en la región cervical, y sigue desde cefálico y caudal. Mientras ocurre la fusión, los bordes libres del ectodermo superficial se separan del tubo neural, formándose el epitelio epidérmico. La fusión de los pliegues neurales no ocurre simultáneamente, la luz del tubo comunica con la cavidad amniótica a través de los neuroporos craneal y caudal. El cierre del neuroporo craneal se cierra aproximadamente en el día 25, y el neuroporo caudal se cierra en el día 27, ambos cierres coinciden con el establecimiento de la circulación sanguínea hacia el tubo neural.

Cuando los pliegues neurales se acercan en la línea media para fusionarse un grupo de células neuroectodérmicas ubicadas en las crestas de cada pliegue neural (por lo que se denominan crestas neurales) pierden su afinidad con las células de la vecindad. La migración activa de las células de la cresta neural hacia el mesodermo adyacente transforma el neuroectodermo en una masa aplanada e irregular que rodea al tubo neural.

Luego del cierre completo del tubo neural, comienza el desarrollo de la región caudal del tubo (segmentos sacros bajos y coccígeos) mediante procesos de canalización y diferenciación regresiva. Como remanentes de estos procesos quedan el ventrículo terminal y el filum terminal.

El extremo craneal se dilata y forma tres vesículas encefálicas primarias:

- Prosencéfalo (cerebro anterior)
- Mesencéfalo (cerebro medio)
- Rombencéfalo (cerebro posterior)

En el día 29 del desarrollo, el prosencéfalo se divide en dos vesículas: en Telencéfalo y Diencefalo; el mesencéfalo continuo igual; y el Rombencéfalo se divide en Metencéfalo y Mielencéfalo. El tercio caudal del tubo se alarga y disminuye su diámetro formando la médula espinal. El neurocele (cavidad del tubo neural) se estrecha y forma el canal central (o del epéndimo) de la médula espinal, la que se continua con las cavidades de los ventrículos encéfalicos.

1.1.2. Sistemas nerviosos central y periférico

El sistema nervioso es una red compleja de estructuras especializadas (encéfalo, medula espinal y nervios) que tienen como misión controlar y regular el funcionamiento de los diversos órganos y sistemas, coordinando su interrelación y la relación del organismo con el medio externo. El sistema nervioso está organizado para detectar cambios en el medio interno y externo, evaluar esta información y responder a través de ocasionar cambios en músculos o glándulas. El sistema nervioso central se divide en dos grandes sistemas: 1) sistema nervioso central (SNC) compuesto por el encéfalo y la medula espinal; y 2) sistema nervioso periférico (SNP), dentro del cual se incluyen todos los tejidos nerviosos situados fuera del sistema nervioso central. El SNC está formado por el encéfalo y la medula espinal. El encéfalo es la parte del sistema nervioso central contenida en el cráneo y el cual comprende el cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo o encefálico. La medula espinal es la parte del sistema nervioso central situado en el interior del canal vertebral y se conecta con el encéfalo a través del agujero occipital del cráneo.

El SNC (encéfalo y medula espinal) recibe, integra y correlaciona distintos tipos de información sensorial. Además, el SNC es también la fuente de nuestros pensamientos, emociones y recuerdos. Tras integrar la información, a través de funciones motoras que viajan por nervios del SNC ejecuta una respuesta adecuada. El sistema nervioso periférico está formado por nervios que conectan el encéfalo y la medula espinal con otras partes del cuerpo. Los nervios que se originan en el encéfalo se denominan nervios craneales, y los que se originan en la medula espinal, nervios raquídeos o espinales. Los ganglios son pequeños acúmulos de tejido nervioso situados en el SNP, los cuales contienen cuerpos neuronales y están asociados a nervios craneales o a nervios espinales. Los nervios son haces de fibras nerviosas periféricas que forman vías centrifugas (desde el SNC a los órganos efectores). El sistema nervioso se divide en dos partes principales, con propósitos descriptivos: el sistema nervioso central que consiste en el encéfalo y la médula espinal, y el sistema nervioso periférico que consiste en los nervios craneales y espinales y sus ganglios asociados.

En el sistema nervioso central el encéfalo y la médula espinal son los centros principales donde ocurren la correlación y la integración de la información nerviosa. Tanto el encéfalo como la médula espinal están cubiertos por membranas, las meninges, y suspendidos en el líquido cefalorraquídeo; además están protegidos por los huesos del cráneo y la columna vertebral.

El sistema nervioso central está compuesto por una gran cantidad de células nerviosas excitables y sus prolongaciones, denominadas neuronas, que están sostenidas por tejido especializado denominado neuroglia. El interior del sistema nervioso central está organizado en sustancia gris y sustancia blanca. La sustancia gris consiste en células nerviosas incluidas en la neuroglia y es de color gris. La sustancia blanca consiste en fibras nerviosas incluidas en la neuroglia y es de color blanco debido a la presencia de material lipídico en las vainas de mielina de muchas de las fibras nerviosas.

El sistema nervioso periférico, los nervios craneales y raquídeos, que constan de fascículos de fibras nerviosas o axones, conducen información desde y hasta el sistema nervioso central. En resumen, el sistema nervioso central está formado por el Encéfalo y la Médula espinal, se encuentra protegido por tres membranas, las meninges.

En su interior existe un sistema de cavidades conocidas como ventrículos, por las cuales circula el líquido cefalorraquídeo. El *encéfalo* es la parte del sistema nervioso central que está protegida por el cráneo. Está formado por el cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo. El *cerebro* es la parte más voluminosa, está dividido en dos hemisferios, uno derecho y otro izquierdo, separados por la cisura interhemisférica y comunicados mediante el *Cuerpo Calloso*. La superficie se denomina corteza cerebral y está formada por relegamientos denominados circunvoluciones constituidas de sustancia gris. Subyacente a la misma se encuentra la sustancia blanca. En zonas profundas existen áreas de sustancia gris conformando núcleos como el tálamo, el núcleo caudado o el hipotálamo.

El cerebelo está en la parte inferior y posterior del encéfalo, alojado en la fosa cerebral posterior junto al tronco del encéfalo. *Tronco del encéfalo* el cual está compuesto por el mesencéfalo, la protuberancia anular y el bulbo raquídeo. Conecta el cerebro con la médula espinal. La médula espinal es una prolongación del encéfalo, como si fuese un cordón que se extiende por el interior de la columna vertebral. En ella la sustancia gris se encuentra en el interior y la blanca en el exterior.

En cambio, el sistema nervioso periférico está formado por los nervios, craneales y espinales, que emergen del sistema nervioso central y que recorren todo el cuerpo, conteniendo axones de vías neurales con distintas funciones y por los ganglios periféricos, que se encuentran en el trayecto de los nervios y que contienen cuerpos neuronales, los únicos fuera del sistema nervioso central.

Los nervios craneales, son 12 pares que envían información sensorial procedente del cuello y la cabeza hacia el sistema nervioso central. Reciben órdenes motoras para el control de la musculatura esquelética del cuello y la cabeza.

Los nervios espinales son 31 pares y se encargan de enviar información sensorial (tacto, dolor y temperatura) del tronco y las extremidades y de la posición y el estado de la musculatura y las articulaciones del tronco y las extremidades hacia el sistema nervioso central y, desde el mismo, reciben órdenes motoras para el control de la musculatura esquelética que se conducen por la médula espinal.

Una división menos anatómica, pero mucho más funcional, es la que divide al sistema nervioso de acuerdo al rol que cumplen las diferentes vías neurales, sin importar si éstas recorren parte del sistema nervioso central o el periférico

El sistema nervioso periférico consta de los nervios craneales y raquídeos y de sus ganglios asociados.

Los nervios craneales y raquídeos están compuestos de fascículos de fibras nerviosas sostenidas por tejido conjuntivo.

Hay 12 pares de nervios craneales, que salen del encéfalo y pasan a través de agujeros del cráneo. Hay 31 pares de nervios raquídeos que salen de la medula espinal y pasan a través de los agujeros intervertebrales de la columna vertebral. Los nervios raquídeos reciben su denominación según las regiones de la columna vertebral con las que se asocian: 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacro y 1 coccigeo.

Cada nervio raquídeo está conectado a la medula espinal por dos raíces: la raíz anterior y la raíz posterior.

La raíz posterior consta de fascículos de fibras nerviosas denominadas fibras aferentes, que transportan impulsos nerviosos al sistema nervioso central. La función del sistema nervioso consiste en recibir los estímulos que le llegan tanto del medio externo como interno del organismo, organizar esta información y hacer que se produzca la respuesta adecuada.

El sistema nervioso (SN), es el encargado de gobernar la función organizada de nuestros aparatos en el cual capta los estímulos externos por medio de receptores, los traduce a impulsos eléctricos que conduce al sistema nervioso central (SNC), a través de un sistema de conductores (nervios), y así, el SNC elabora una respuesta enviada por los nervios y efectuada por otros sistemas o tejidos en respuesta al estímulo.

1.1.3. Sistema nervioso autónomo

También llamado sistema nervioso vegetativo o (incorrectamente) sistema nervioso visceral, está formado por el conjunto de neuronas que regulan las funciones involuntarias o inconscientes en el organismo (*por ejemplo*: movimiento intestinal, sensibilidad visceral).

Cabe mencionar que neuronas de ambos sistemas pueden llegar o salir de los mismos órganos si es que éstos tienen funciones voluntarias e involuntarias (y, de hecho, estos órganos son la mayoría). En algunos textos se considera que el sistema nervioso autónomo es una subdivisión del sistema nervioso periférico, pero esto es incorrecto ya que, en su recorrido, algunas neuronas del sistema nervioso autónomo pueden pasar tanto por el sistema nervioso central como por el periférico, lo cual ocurre también en el sistema nervioso somático. La división entre sistema nervioso central y periférico tiene solamente fines anatómicos. A su vez el sistema vegetativo se clasifica en simpático y parasimpático, sistemas que tienen funciones en su mayoría antagónicas. Tenemos en nuestro cuerpo aproximadamente 150.000 kilómetros de nervios que recorren todo nuestro organismo.

El sistema nervioso autónomo es la parte del sistema nervioso central implicado en la inervación de las estructuras involuntarias, como el corazón, músculo liso y glándulas del cuerpo, y está en sí se distribuye por los sistemas nervioso central y periférico.

Se puede dividir en dos partes, la simpática y la parasimpática y en ambas hay diferentes fibras nerviosas aferentes y eferentes. Tal como su nombre lo indica, su funcionamiento se da en forma automática, ya que se encarga de controlar el funcionamiento de los distintos Órganos Vitales, por lo que no tenemos voluntad alguna de sus funciones ni control, siendo también llamado Sistema Nervioso Visceral.

El sistema nervioso autónomo o vegetativo es el conjunto de neuronas sensoriales y motoras que conectan el sistema nervioso central con los diversos órganos internos:

corazón, pulmones, estómago, etc. Las respuestas que se producen en el sistema autónomo son involuntarias; es decir, actos que se realizan sin que intervenga nuestra voluntad. Así se regulan las actividades internas del organismo, tales como: el número de latidos del corazón y el funcionamiento del sistema digestivo y del sistema respiratorio. El sistema nervioso autónomo o vegetativo está compuesto por dos subsistemas: el sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático.

Tanto el sistema nervioso somático como el sistema autónomo pueden responder ante el mismo estímulo. Se divide en dos sistemas nerviosos autónomos: el simpático y el parasimpático. Las funciones de uno y otro son antagónicas, logrando así un balance funcional que tiende a mantener la homeostasis corporal.

Sistema Nervioso Simpático: se encarga de activar la mayor parte de los órganos del cuerpo para que trabajen de forma más intensa, salvo los relacionados con la digestión.

Sistema Nervioso Parasimpático: relaja la actividad de la mayoría de los órganos, menos los relacionados con la digestión. Casi todos los órganos están inervados por ambos S.N.A., Simpático y Parasimpático, que ejercen sobre ellos acciones antagónicas. Como excepción, se puede destacar las glándulas sudoríparas, los músculos erectores del pelo, los riñones y la mayoría de los vasos sanguíneos, que sólo reciben inervación simpática, mientras que las glándulas lacrimales únicamente poseen conexiones parasimpáticas.

El sistema simpático activa al organismo para situaciones de emergencia, como respuestas de lucha y huida, aumentando la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea, acelerando el ritmo respiratorio y dilatando las vías respiratorias, elevando la concentración de glucosa en sangre, estimulando la liberación de adrenalina y noradrenalina, e inhibiendo los sistemas que no participan en las situaciones de estrés, como el aparato digestivo.

El sistema parasimpático, por el contrario, regula las actividades que tienden a conservar energía en los periodos de descanso o recuperación: disminuye la frecuencia cardíaca y estimula las funciones digestivas.

Algunas de las principales acciones antagónicas de los sistemas simpático y parasimpático son las siguientes:

Simpático: Incrementa el gasto energético frente a condiciones adversas:

- Dilata la pupila
- Acelera el ritmo cardiaco
- Vasoconstricción arterial
- Disminuye el peristaltismo intestinal
- Aumenta la secreción de las glándulas sudoríparas
- Relaja la musculatura bronquial

Parasimpático: Evita un excesivo gasto energético:

- Contrae la pupila
- Disminuye el ritmo cardiaco
- Vasodilatación arterial
- Aumenta el peristaltismo intestinal
- Disminuye la secreción de las glándulas sudoríparas
- Contrae la musculatura bronquial

1.1.5. Ganglios

Los ganglios pueden dividirse en ganglios sensitivos raquídeos y ganglios de los nervios craneales y ganglios autónomos.

Ganglios sensitivos

Los ganglios sensitivos situados en la raíz posterior de cada uno de los nervios raquídeos inmediatamente proximales a la unión de la raíz con la correspondiente raíz anterior reciben la denominación de ganglios de la raíz posterior. Los ganglios similares que se encuentran también a lo largo del curso de los nervios craneales V, VII, VIII, IX y X reciben la denominación de ganglios sensitivos de dichos nervios.

Ganglios autónomos

Los ganglios autónomos con frecuencia de forma irregular están situados a lo largo del curso de las fibras nerviosas eferentes del sistema nervioso autónomo se encuentran en las cadenas simpáticas paravertebrales alrededor de las raíces de las grandes arterias viscerales del abdomen y próximos a las paredes de diversas viseras incluidos en su interior.

La función del sistema nervioso periférico (SNP) es conectar el sistema nervioso central (SNC) a los miembros y órganos del cuerpo. El sistema nervioso periférico (SNP) es el encargado de coordinar, integrar y regular nuestros órganos internos por medio de respuestas involuntarias o actos reflejos.

Por lo expuesto el sistema nervioso somático está compuesto por nervios craneales y raquídeos.

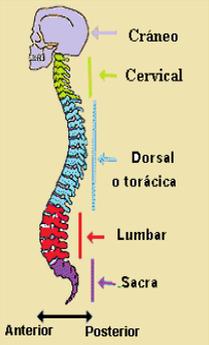
1.1.5. Nervios craneales y raquídeos

Los nervios craneales y raquídeos están compuestos de fascículos de fibras nerviosas sostenidas por un tejido conjuntivo, hay 12 pares craneales que salen del encéfalo y pasan a través de los agujeros intervertebrales de la columna vertebral los nervios raquídeos los reciben su denominación según las regiones de la columna vertebral con las que se asocian 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo. Obsérvese que hay 8 nervios cervicales y solo 7 venas cervicales y que hay 1 nervio coccígeo y 4 vertebras coccígeas.

Cada nervio raquídeo está conectado a la medula espinal por dos raíces la raíz anterior y la raíz posterior:

La raíz anterior: consta de fascículos de fibras nerviosas que transportan los impulsos nerviosos los envía lejos del sistema nervioso central tales fibras nerviosas reciben la denominación de fibras eferentes que van a los músculos esqueléticos y hacen que se contraigan y reciben la denominación de fibras motoras sus células se hayan en el asta anterior gris de la medula espinal

La raíz posterior: consta de fascículos de fibras nerviosas denominadas fibras eferentes que transportan impulsos nerviosos al sistema nervioso central dado que estas fibras están implicadas en la conducción de información sobre las sensaciones de tacto, calor, temperatura y vibración, reciben la denominación de fibras sensitivas, y estas se encuentran en la parte posterior denominadas ganglio de la raíz posterior. Individualmente, los pares de nervios raquídeos reciben el mismo nombre del segmento de la médula espinal al que están conectados, más su correspondiente número, como se indica en el siguiente cuadro:

Pares de Nervios Raquídeos	
Cervical (nuca) del C1 al C8	
Dorsal (espalda) del D1 al D12	
Lumbar (espalda baja) del L1 al L5	
Sacra (final de espalda) del S1 al S5	
Cóccix donde sólo se encuentra el nervio coccígeo	

CAPÍTULO II: ESTRUCTURA ANATOMOFUNCIONAL DEL SISTEMA NERVIOSO

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí, ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dra. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

2.1. Neuronas

Las células del sistema nervioso especializadas en la obtención y transmisión de datos son las neuronas, que para ello utilizan procesos electroquímicos. Las neuronas están siempre recogiendo y evaluando información sobre el estado interno del organismo y del ambiente externo e intercambiándola entre sí (comunicación neuronal) para que las necesidades de la persona puedan ser suplidas.

Tenemos alrededor de cien billones de neuronas (100.000.000.000.000), el tamaño de las mismas puede oscilar entre 4 y 100 micras y su forma puede ser variada. La estructura de una neurona se asemeja a la de las demás células del cuerpo en los siguientes aspectos: está envuelta por una membrana plasmática, su núcleo contiene información genética, su citoplasma dispone de organelas, como mitocondrias (generadores de energía), ribosomas (sintetizadores de proteínas), retícula endoplasmático, etc.

Además de ser las células más antiguas y más largas de nuestro cuerpo, las neuronas también tienen sus particularidades:

- Poseen extensiones especializadas llamadas dendritas, que reciben información y axones, que la transmiten.
- Presenta estructuras específicas, como las sinapsis, así como sustancias químicas específicas, como los neurotransmisores.

2.1.1. Estructura de la neurona

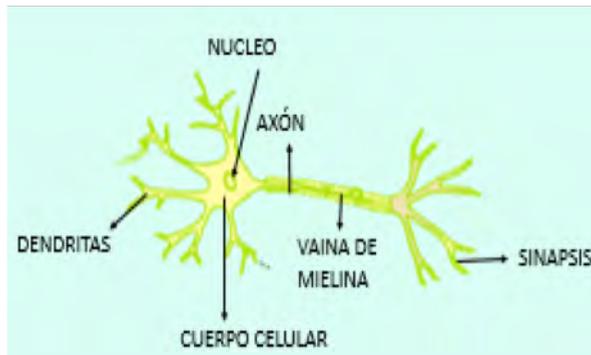


Figura 1. Estructura de las neuronas. Fuente: elaboración propia.

Dendritas: Principales unidades receptoras de la neurona.

Cuerpo celular

- **Núcleo:** unidad que contiene la información genética.
- **Axones:** principales unidades conductoras de la neurona.
- **Terminales presinápticos:** región en que las ramificaciones de los axones de una neurona (presináptica) transmiten señales a otra neurona (postsináptica). Las ramificaciones de un único axón pueden formar sinapsis con otras mil neuronas.
- **Capa de mielina:** sustancia grasa que ayuda a los axones a transmitir mensajes con mayor rapidez.
 - Núcleo: está recubierto de una membrana y en él se encuentra el material genético (cromosomas) y la información para el desarrollo de la célula y la síntesis de las proteínas necesarias para su sustento y supervivencia.
 - Nucléolos: producen ribosomas (organelos compuestos de ácido ribonucleico y proteínas) necesarios para que el material genético sea transcrito en las proteínas.
 - Cuerpos de Nissl: son grupos de ribosomas utilizados para la producción de proteínas.
 - Retículo endoplasmático: es un sistema de tubos utilizados para el transporte dentro del citoplasma (todo lo que existe dentro de la célula, fuera del núcleo). La presencia o no de ribosomas caracteriza el tipo de retículo endoplasmático: si hay ribosomas, se trata de la retículo endoplasmático

rugoso, importante para la síntesis de las proteínas; si no los hay, se trata de la retícula endoplasmática liso.

- **Aparato de Golgi:** es la estructura celular responsable de la segregación de glicoproteínas y mucopolisacáridos.
- **Microfilamentos/micro túbulos:** Es el sistema responsable del transporte de materiales dentro de la neurona y que también puede ser utilizado en la estructura de la célula.
- **Mitocondria:** es un orgánulo que produce la energía necesaria para las actividades celulares. Es la fuente generadora de ATP (energía).

2.1.2. Clasificación de las neuronas

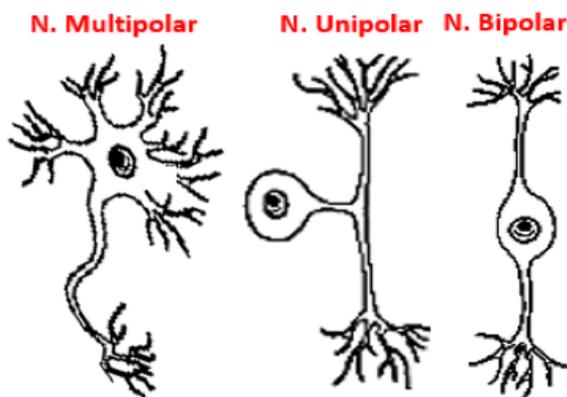


Figura 2. Clasificación de las neuronas. Fuente: elaboración propia.

Una forma de clasificar las neuronas es por el número de extensiones que salen del soma (cuerpo celular).

Neuronas Bipolares: tienen dos procesos que se extienden desde el soma (ejemplos: células de la retina, células del epitelio olfativo).

Neuronas Pseudounipolares: (ejemplo: células del ganglio basal dorsal). En realidad, estas células tienen dos axones en lugar de un axón y una dendrita. Un axón se extiende centralmente hacia la médula espinal, y el otro lo hace hacia la piel o el músculo.

Neuronas Multipolares: tienen muchos procesos que salen del soma. Sin embargo, cada neurona sólo tiene un axón (ejemplos: neuronas motoras medulares, neuronas piramidales, células de Purkinje).

Las dendritas se extienden como las ramas de un árbol incrementando la superficie de la neurona y aumentando el espacio disponible para recibir contactos sinápticos procedentes de otras neuronas; dichas dendritas reciben dichos impulsos aferentes directamente sobre la superficie de su membrana o sobre pequeñas excrescencias de la membrana denominadas espinas dendríticas que se proyectan varias micras hacia el exterior. El tamaño y ramificación de las dendritas varía según el lugar y la función de la neurona.

Las dos primeras funciones neuronales, es de recibir y procesar la información recibida, generalmente ocurren en las dendritas y el cuerpo celular. Las señales recibidas pueden ser excitatorias, es decir tienden a provocar que la neurona dispare (generar un impulso eléctrico), o inhibitorias, o que tienden a impedir que la neurona dispare.

La mayoría de las neuronas reciben muchas señales en todas sus ramificaciones dendríticas. Una sola neurona puede tener más de un conjunto de dendritas y puede recibir varios miles de señales. El que una neurona dispare un impulso depende de la suma de todas las señales inhibitorias y excitatorias que recibe. Si se logra activar la neurona, el impulso nervioso, o potencial de acción, esto se conduce por el axón.

Las neuronas, como otras células, tienen un cuerpo celular (llamado soma). El núcleo de la neurona se encuentra en el soma. Las neuronas necesitan producir muchas proteínas y la mayoría de las proteínas neuronales se sintetizan en el soma. Varias extensiones (apéndices o protuberancias) se proyectan desde el cuerpo celular. Estas incluyen muchas extensiones ramificadas cortas, conocidas como dendritas y una extensión separada que suele ser más larga que las dendritas, conocida como axón.

2.1.3. Estructura de la neurona y núcleo

Dendritas: Principales unidades receptoras de la neurona.

Cuerpo celular

- **Núcleo:** unidad que contiene la información genética.
- **Axones:** principales unidades conductoras de la neurona.
- **Terminales presinápticos:** región en que las ramificaciones de los axones de una neurona (presináptica) transmiten señales a otra neurona (postsináptica). Las ramificaciones de un único axón pueden formar sinapsis con otras mil neuronas.

- **Capa de mielina:** Sustancia grasa que ayuda a los axones a transmitir mensajes con mayor rapidez.
- **Núcleo:** El núcleo está recubierto de una membrana y en él se encuentra el material genético (cromosomas) y la información para el desarrollo de la célula y la síntesis de las proteínas necesarias para su sustento y supervivencia.
- **Nucléolos:** Los nucléolos producen ribosomas (organelas compuestas de ácido ribonucleico y proteínas) necesarios para que el material genético sea transcrito en las proteínas.
- **Cuerpos de Nissl:** Son grupos de ribosomas utilizados para la producción de proteínas.
- **Retícula endoplasmática:** Es un sistema de tubos utilizados para el transporte dentro del citoplasma (todo lo que existe dentro de la célula, fuera del núcleo). La presencia o no de ribosomas caracteriza el tipo de retícula endoplasmática: si hay ribosomas, se trata de la retícula endoplasmática rugosa, importante para la síntesis de las proteínas; si no los hay, se trata de la retícula endoplasmática lisa.
- **Aparato de Golgi:** Es la estructura celular responsable de la segregación de glicoproteínas y mucopolisacáridos.
- **Microfilamentos/microtúbulos:** Es el sistema responsable del transporte de materiales dentro de la neurona y que también puede ser utilizado en la estructura de la célula.
- **Mitocondria:** es un orgánulo que produce la energía necesaria para las actividades celulares. Es la fuente generadora de ATP (energía).

La neurona está compuesta por un cuerpo celular denominado soma con su núcleo y cierto número de prolongaciones como las ramas, procesos o extensiones polares; presentan prolongaciones que se emergen de sus cuerpos celulares y se denominan neuronas multipolares como es las dendritas y axón. Poseen extensiones especializadas llamadas dendritas, que reciben información y axones, que la transmiten.

Las neuronas son las unidades funcionales básicas del sistema nervioso y generan señales eléctricas llamadas potenciales de acción que les permiten transmitir información rápidamente a largas distancias.

De acuerdo con sus funciones, las neuronas que se encuentran en el sistema nervioso humano se pueden dividir en tres tipos: sensoriales, motoras e interneuronas.

Las neuronas sensoriales recaban información sobre lo que está sucediendo dentro y fuera del cuerpo, y la llevan hacia el SNC para que se pueda procesar. Por ejemplo, si recoges un trozo de carbón caliente, las neuronas sensoriales que tienen terminaciones en las yemas de tus dedos transmiten la información al CNS de que el carbón está muy caliente.

Las neuronas motoras obtienen información de otras neuronas y transmiten órdenes a tus músculos, órganos y glándulas. Por ejemplo, si recoges un trozo de carbón caliente, las neuronas motoras que enervan los músculos de tus dedos causarían que tu mano lo soltara.

Las interneuronas, que solo se encuentran en el SNC, conectan una neurona con otra. Este tipo de neuronas recibe información de otras neuronas (ya sean sensoriales o interneuronas) y transmiten la información a otras neuronas (ya sean motoras o interneuronas).

Por ejemplo, si recoges un trozo de carbón caliente, la señal de las neuronas sensoriales en las yemas de tus dedos viajaría a las interneuronas de tu médula espinal. Algunas de estas interneuronas señalarían a las neuronas motoras que controlan los músculos de tus dedos (para soltar el carbón), mientras que otras transmitirían la señal por la médula espinal hasta las neuronas en el cerebro, donde se percibiría como dolor.

La mayoría de las neuronas tienen la misma estructura general, pero la estructura de neuronas individuales varía y se adapta a la función específica que una neurona (o tipo de neuronas) necesita desempeñar. Los diferentes tipos de neuronas muestran una gran diversidad en tamaño y forma, lo cual tiene sentido dada la enorme complejidad del sistema nervioso y el gran número de tareas diferentes que realiza.

Las mitocondrias: se encuentran dispersas por todo el cuerpo celular, dendritas y axones. Tiene una forma esférica o de bastón.

Las neuronas poseen un gran número de mitocondrias dispersas en el citoplasma. Las dendritas y axón también poseen mitocondrias: En el axón las mitocondrias se disponen en intervalos regulares y son muy abundantes en las terminales axonales. Las crestas mitocondriales no sólo se disponen transversalmente sino también paralelamente a su eje longitudinal. Se han detectado desplazamientos de mitocondrias a través microtúbulos entre el pericarion y sus prolongaciones.

A diferencia de la mayoría de las células del organismo, las neuronas carecen de capacidad de almacenamiento de energía, por tanto, necesitan un aporte constante de glucosa y oxígeno circulante. Esto explica las consecuencias graves que tiene una disminución considerable del flujo sanguíneo cerebral.

En algunas neuronas de la sustancia negra, núcleo dorsal del vago, locus coeruleus, y ganglios simpáticos y de la raíz posterior se observan unos gránulos de color negro o pardo oscuro compuestos de melanina y de función desconocida. Por otra parte, algunas neuronas presentan gránulos dispersos de color marrón amarillento y forma irregular formados de lipofuscina. Estos gránulos son cúmulos de residuos insolubles de la actividad enzimática lisosomal y son típicos en neuronas envejecidas. Su cantidad aumenta con el tiempo e incluso llegan a desplazar al núcleo, alterando la función neuronal. El hierro conforma otro pigmento que aumenta con la edad en algunos grupos neuronales como el globus pallidus y sustancia negra. En todo el SNC se han detectado diferentes tipos de gránulos secretores, los cuales varían en tamaño y tipo de contenido; por ejemplo, las catecolaminas están en vesículas de 80 a 120 nm con una región central densa.

El citoesqueleto de las neuronas es muy importante en el soporte de organelos y en el mantenimiento de la configuración y función celular. La impregnación argéntica permite ver en el pericarion neuronal un conjunto de elementos fibrilares de 2 micras de diámetro denominados neurofibrillas, las cuales forman una trama entre los organelos y se extienden hasta las prolongaciones de la neurona. Lo más probable es que las neurofibrillas sean haces formados de neurofilamentos (10 nm. de diámetro). Estos últimos son proteínas de la familia de las citoqueratinas y tienen semejanza con los filamentos intermedios de otros tipos celulares. Están compuestos por pequeños filamentos trenzados entre sí formando heterodímeros; cuatro dímeros forman un protofilamento, dos protofilamentos forman una profibrilla y dos profibrillas enrolladas forman un neurofilamento. En un corte transversal el neurofilamento aparece como un pequeño túbulo de pared gruesa y una región central clara. En la enfermedad de Alzheimer, las proteínas de los neurofilamentos se modifican, lo que origina los típicos ovillos de degeneración neurofibrilar.

Los microfilamentos: (3 a 5 nm. de diámetro) están formados de actina, estos se concentran en la periferia del citoplasma, inmediatamente por debajo de la membrana plasmática, donde se forman una malla densa. Junto con los microtúbulos, los microfilamentos desempeñan un papel clave en la formación de las nuevas prolongaciones celulares y la retracción de las antiguas. Ayudan también a los microtúbulos en el transporte axónico.

Microtúbulos: miden aproximadamente 25nm de diámetro, y se encuentran entremezclados con los neurofilamentos. Se extiende por todo el cuerpo celular y sus prolongaciones. En el axón los microtúbulos se hallan dispuestos en paralelo, con un extremo apuntando al cuerpo celular y el otro apuntando en sentido distal, alejándose del cuerpo celular.

Los microtúbulos y los microfilamentos proporcionan un trayecto de estaciones que permite a los orgánulos específicos se muevan a través de motores moleculares. El movimiento de detención y arranque está causado por la disociación periódica de los orgánulos a partir del trayecto o por la colisión con otras estructuras.

Lisosomas: son vesículas unidas a la membrana que miden 8nm de diámetro. Actúan en la célula como “barrenderos” intracelulares, y contiene enzimas hidrolíticas.

Centriolos: son pequeñas estructuras en pares que se encuentran en las células nerviosas en división. Cada centriolo es un cilindro hueco cuya pared está compuesta de haces de microtúbulos. Se asocian con la formación del huso durante la división celular y en la formación de los microtúbulos. Los centriolos se encuentran también en las células nerviosas maduras, donde se cree que están implicados en el mantenimiento de los microtúbulos.

La lipofuscina: (material pigmentario) forma gránulos de color pardo amarillento en el interior del citoplasma. Se cree que se produce como resultado de activación lisosómica, y representa un producto metabólico de degradación. La lipofuscina se acumula con la edad.

Melanina: estos gránulos se encuentran en el citoplasma de las células de ciertas partes del encéfalo. Su presencia puede relacionarse con la capacidad sintetizadora de catecolamina de estas neuronas, cuyo neurotransmisor es la dopamina.

Neurofibrillas: tienen a su cargo el moldeado de la forma celular y la redistribución de su contenido, actúa también como un sistema micro circulatorio para el transporte de pequeñas moléculas intracelulares.

El flujo axónico o axonal, se refiere al transporte de materiales que ocurre a través del axón bien sea desde el cuerpo neuronal hasta las terminaciones nerviosas (transporte anterógrado rápido) o en sentido opuesto (transporte retrógrado lento), el último ocurre en menor grado es decir es más lento. El flujo axónico anterógrado tiene una velocidad de 100 a 400 mm por día y se refiere al transporte de proteínas y sustancias transmisoras o sus precursoras. El flujo axónico lento o retrógrado tiene una velocidad de 0.1 a 3 mm por día y se refiere al transporte del axoplasma e incluye

microfilamentos y microtúbulos. El flujo axónico retrógrado explica de qué modo los cuerpos celulares de las células nerviosas responden a los cambios en el extremo distal de los axones. Todo el transporte axonal es llevado a cabo por los microtúbulos con ayuda de los microfilamentos.

Las neuroglías; también llamadas células gliales, son células del sistema nervioso. Forman parte de un sistema de soporte y son esenciales para el adecuado funcionamiento del tejido del sistema nervioso. A diferencia de las neuronas, las células gliales no tienen axones, dendritas ni conductos nerviosos. Las neuroglías son más pequeñas que las neuronas y son aproximadamente tres veces más numerosas en el sistema nervioso. También son mucho más abundantes que las neuronas; en el SNC de los vertebrados hay de diez a cincuenta veces más células gliales que neuronas.

Astroцитos: son las células gliales más abundantes y se denominan de esta manera por su forma estrellada. Se encuentran en el cerebro y la médula espinal. Son neuroglia en forma de estrella que reside en las células endoteliales del SNC que forman la barrera hematoencefálica. Esta barrera restringe qué sustancias pueden ingresar al cerebro. Los Astroцитos protoplasmáticos se encuentran en la sustancia gris de la corteza cerebral, mientras que los astroцитos fibrosos se encuentran en la sustancia blanca del cerebro. Otras funciones de los astroцитos incluyen el almacenamiento de glucógeno, la provisión de nutrientes, la regulación de la concentración de iones y la reparación de neuronas. Las funciones son:

- Suministro de nutrientes a las neuronas: ejercen de enlace entre el sistema circulatorio (donde se encuentran los nutrientes que las neuronas necesitan) y las neuronas.
- Soporte estructural: se encuentran entre las neuronas y proporcionan soporte físico a las neuronas y consistencia en el encéfalo.
- Reparación y regeneración: las células gliales mantienen su capacidad de dividirse a lo largo de la vida (algo que no pueden hacer las neuronas). Cuando se produce una lesión en el SNC los astroцитos proliferan y emiten un número de prolongaciones (estos cambios se denominan gliosis). Los astroцитos limpian la zona lesionada, ingiriendo y digiriendo los restos de neuronas mediante fagocitosis. Además, los astroцитos proliferan para “llenar el vacío” dejado por la lesión. Por otra parte, los astroцитos podrían tener un papel muy importante en la regeneración de las neuronas debido a que liberan diversos factores de crecimiento.

- Separación y aislamiento: actúan como una barrera entre las neuronas sobre la difusión de diferentes sustancias como los iones o los neurotransmisores (los astrocitos aíslan las sinapsis impidiendo la dispersión del neurotransmisor liberado por los botones terminales).
- Captación de transmisores químicos: los astrocitos pueden captar y almacenar neurotransmisores.

Los oligodendrocitos son estructuras del sistema nervioso central que envuelven algunos axones neuronales para formar una capa aislante conocida como vaina de mielina. La vaina de mielina, compuesta de lípidos y proteínas, funciona como un aislante eléctrico de los axones y promueve una conducción más eficiente de los impulsos nerviosos las funciones de este son: Forman la capa de mielina del SNC: un solo oligodendrocito puede mielinizar diferentes segmentos de un mismo axón o de axones diferentes (de 20 a 60 axones diferentes). El oligodendroglía también tiene una función protectora sobre los axones no mielinizados, ya que los rodea y los mantiene fijos. El oligodendroglía forma la vaina de mielina en el SNC; hay enfermedades autoinmunitarias que destruyen la capa de mielina: en la esclerosis múltiple las células que forman la mielina no son reconocidas por el organismo como propias y son destruidas. Esta enfermedad es progresiva, y según la cantidad y función de neuronas que pierden la mielina las consecuencias serán más o menos graves.

Las microglía son *células extremadamente pequeñas del sistema nervioso central* que eliminan los desechos celulares y protegen contra microorganismos (bacterias, virus, parásitos, etc.). Se piensa que las microglías son macrófagos, un tipo de glóbulo blanco que protege contra la materia extraña. También ayudan a reducir la inflamación mediante la liberación de citoquinas antiinflamatorias. En condiciones normales, el número de células de microglía es pequeño, pero cuando se produce una lesión o inflamación del tejido nervioso, estas células proliferan rápidamente (al igual que lo hacen los astrocitos) y migran hacia la zona de la lesión para fagocitar los restos celulares, fragmentos de mielina o neuronas lesionadas. La microglía actúa como una célula fagocítica y protege el cerebro de microorganismos invasores. Las células ependimarias; son células especializadas que recubren los ventrículos cerebrales y el canal central de la médula espinal. Se encuentran dentro del plexo coroideo de las meninges. Estas células ciliadas rodean los capilares del plexo coroideo y forman líquido cefalorraquídeo. Forman el revestimiento epitelial de los ventrículos del cerebro y el canal central de la espinal. Las células ependimarias, al igual que las

demás células de la neuroglia, derivan de una capa de tejido embrionario conocido como neuroectodermo.

- **Células epiteliales coroideas:** cubren las superficies de los plexos coroideos. Los costados y las bases de estas células forman pliegues y cerca de su superficie luminal, las células se mantienen juntas por las uniones estrechas que las rodean. Estas estrechas uniones impiden la filtración del líquido cefalorraquídeo hacia los tejidos subyacentes.
- **Ependimocitos:** revisten los ventrículos del encéfalo y el conducto central de la médula espinal. Están en contacto con el líquido cefalorraquídeo. Sus superficies adyacentes poseen uniones en hendidura, pero el líquido cefalorraquídeo se comunica libremente con los espacios intercelulares del sistema nervioso central.
- **Tanicitos:** recubren el suelo del tercer ventrículo por encima de la eminencia media del hipotálamo. Poseen prolongaciones basales largas que pasan entre las células de la eminencia media y ubican sus células basales terminales sobre los capilares sanguíneos.

Las funciones dan lugar a la capa epitelial que rodea el plexo coroideo en los ventrículos laterales del hemisferio cerebral. Estas células epiteliales producen principalmente el líquido cefalorraquídeo. Las células ependimales tienen cilios y se sitúan frente a la cavidad de los ventrículos. El movimiento coordinado de estos cilios influye en la dirección del flujo cerebroespinal, la distribución de neurotransmisores y otros mensajeros para las neuronas. Las células ependimarias llamados Tanicitos juegan un papel importante en el transporte de las hormonas en el cerebro.

2.1.4. Unidad anatómica y funcional

Las neuronas son las encargadas de transmitir los impulsos nerviosos, son las unidades anatómicas del sistema nervioso; las unen y sostienen las células de neurología, las que según se cree les proporcionan nutrientes y otras sustancias fundamentales para su funcionamiento. 'son la unidad anatómica y funcional del tejido nervioso. Son células especializadas en la recepción y transmisión de señales. Las señales que transmiten son de tipo eléctrico y se denominan impulsos nerviosos. Suelen formar redes complejas por todo el organismo. Solo los animales son capaces de integrar la recepción del estímulo con la conducción de la respuesta, gracias a las neuronas.

2.1.5. Transmisión del impulso nervioso

Neuronas y Circuitos Neuronales el potencial de acción y la conducción de impulsos nerviosos a lo largo del axón de la neurona. Factores que afectan a la velocidad de conducción de impulsos nerviosos a lo largo del axón.

Sinapsis y transmisión del impulso nerviosos

Sinapsis son lugares especializados donde las neuronas envían y reciben información de otras células y de algunos circuitos que permiten a grupos de neuronas coordinar procesos complejos. La sinapsis generalmente conduce las señales en una única dirección. El axón terminal de la célula presináptica envía las señales que son recogidas por la célula pos sináptica (neuronas, células musculares o glándulas). En la sinapsis, las señales se pasan a otras neuronas, a una célula muscular en su unión neuromuscular, o a otro tipo de células. Un único axón puede producir sinapsis con muchas neuronas a la vez, induciendo respuestas simultáneamente en todas ellas.

Sinapsis eléctrica

De unos 0.5 ms característico de la Normalmente se utiliza para la transmisión de señales neurona-neurona. Es de funcionamiento más simple que la química y el PA es transmitido directamente y muy rápidamente de la célula presináptica a la postsináptica. Los iones se mueven directamente de una neurona a otra vía una unión de poro o brecha. La despolarización de la membrana asociada con un PA en la célula presináptica pasa a través de la unión por brecha o poro produciendo una despolarización en la célula postsináptica. Permite a la célula presináptica producir un PA en la postsináptica con mayor certidumbre y sin periodo de retardo. La sinapsis eléctrica tiene la ventaja de la velocidad, evitando el retraso sinapsis química.

Sinapsis química: Neurotransmisores

Es la más común el axón terminal de la célula presináptica contiene vesículas rellenas con una determinada sustancia neurotransmisora (epinefrina o acetilcolina) que será recogida por un receptor de la célula postsináptica (dendrita o cuerpo celular de otra neurona, músculo o célula glandular, incluso otro axón). Si la célula postsináptica es una célula muscular, esta sinapsis se llama unión neuromuscular o placa motriz. La sinapsis química puede ser lenta o rápida, excitatoria o inhibitoria y puede presentar amplificación y computo de la señal.

Microcopia electrónica de la sinapsis

Hablar de sinapsis nos lleva de inmediato a pensar en el sistema nervioso y, también casi de inmediato, a pensar en esas estructuras complejas en donde existe una porción

presináptica, con vesículas cargadas de neurotransmisor, separada por un pequeño espacio de una parte postsináptica, con receptores que unen a los neurotransmisores. Estamos hablando efectivamente de sinapsis, pero de un tipo denominado sinapsis química (la Figura 1 muestra una imagen típica de sinapsis química a microscopía electrónica de transmisión). Se piensa que las sinapsis químicas constituyen, con diferencia, el tipo principal de forma de comunicación entre neuronas (y también entre éstas y otras células como las células musculares), especialmente en el sistema nervioso de mamíferos, aunque desde hace tiempo se conoce la existencia de otro tipo de sinapsis, las denominadas sinapsis eléctricas. Estas últimas son mucho más difíciles de reconocer ultra estructuralmente y son más abundantes en el sistema nervioso de invertebrados, aunque también han sido descritas en vertebrados.

El sustrato anatómico de las sinapsis eléctricas son las denominadas uniones en hendidura, “gap junctions” o uniones comunicantes (la Figura 2 muestra el aspecto Ultra estructura de las uniones en hendidura entre células gliales adyacentes). Este tipo de uniones se encuentra en casi todos los tejidos animales, siendo especialmente notable en el tejido muscular y en el epitelial, aunque se reserva el término de sinapsis eléctrica a las uniones interneuronas.

Las uniones en hendidura son regiones especializadas de membrana, compuestas por agregados de canales transmembrana que conectan directamente el citoplasma de células adyacentes. Cada canal intercelular está formado por la conjunción de dos hemicanales, denominados conexones, que están formados por el ensamblado de seis proteínas llamadas conexinas. Las conexinas están codificadas por una gran familia multigénica (se estima que existen en mamíferos unos 20 miembros diferentes de esta familia). Cada conexón puede tener un solo tipo de conexina (homomérico) o múltiples conexinas (heteromérico). Se supone que la apertura del poro del canal se produce por el desplazamiento de unas conexinas con respecto a las otras, de manera semejante a como ocurre con el diafragma de una cámara fotográfica.

Los canales intercelulares que forman las sinapsis eléctricas permiten el flujo bidireccional de pequeñas moléculas (básicamente iones) entre ambas células, proporcionando una vía de baja resistencia al paso de la corriente eléctrica entre las dos células. Dicho en otras palabras, la despolarización de la membrana de una neurona puede transmitirse ‘directamente’ a una neurona vecina a través de las sinapsis eléctricas.

Desde el punto de vista funcional, la comunicación interneuronal a través de las sinapsis eléctricas difiere marcadamente de la comunicación a través de las sinapsis

químicas. La principal diferencia estriba en la velocidad. Mientras que en las últimas existe un retraso sináptico, tiempo que transcurre desde que el potencial de acción alcanza el terminal presináptico hasta que se libera el neurotransmisor y éste interactúa con el receptor produciendo la respuesta en la célula postsináptica (unos pocos milisegundos), en las sinapsis eléctricas este retraso es prácticamente nulo. Esta alta velocidad en la comunicación intercelular permite el acoplamiento funcional simultáneo (sincronización) de redes de neuronas que estén unidas por sinapsis eléctricas.

2.1.6. Transmisión del impulso nervioso a través de la sinapsis

La neurona o célula nerviosa es un tipo de célula perteneciente al Sistema nervioso central (SNC) cuyo rasgo diferencial es la excitabilidad que presenta su membrana plasmática, la cual permite no solamente la recepción de estímulos sino también la conducción del impulso nervioso entre las propias neuronas, o en su defecto, con otro tipo de células, tales como las fibras musculares de la placa motora, por lo que es considerada como la unidad genética, anatómica, funcional y trófica del sistema nervioso.

Las Neuronas poseen las propiedades de irritabilidad y conductividad, lo que permite la aparición del impulso nervioso que puede transmitirse a lo largo de distancias importantes. Al recibir las neuronas el estímulo de distintas formas de energía (lumínica, térmica, mecánica etc.) mediante los receptores sensoriales, estos estímulos se transmiten bajo la forma de impulsos nerviosos hacia los centros del Sistema Nervioso Central, donde actúan sobre otras células nerviosas.

La sinapsis es la unión de células nerviosas que se conectan entre sí mediante el axón, dendritas o cuerpo celular de cada neurona, transportan el impulso nervioso mediante una descarga química que origina una corriente eléctrica en la membrana de la neurona emisora y una vez que este impulso alcanza en su totalidad el extremo del axón de la neurona receptora se producen compuestos químicos denominados neurotransmisores, como ser la noradrenalina y acetilcolina; que son sustancias que se depositan en el espacio sináptico siendo los encargados de inhibir o excitar la acción de la célula post sináptica. Estructuralmente la sinapsis está constituida por tres elementos básicos que son:

- a) Neurona Presináptica la cual termina en finas ramificaciones denominadas telodendrias que son las ramificaciones de menor calibre de las dendritas.

- b) Hendidura o espacio sináptico la cual produce la separación existente entre el axón de una neurona y la dendrita de otra neurona o también la separación entre axón y axón.
- c) Neurona post sináptica la cual recibe el impulso nervioso.

El mecanismo de la sinapsis se da cuando el potencial de acción llega a las últimas ramificaciones del axón produciendo una movilización de las vesículas sinápticas hacia la membrana presináptica del botón sináptico, a esta altura, la zona activa de la membrana presináptica se disuelve con la membrana celular de las vesículas sinápticas produciendo la liberación de neurotransmisores hacia la hendidura sináptica, este proceso se denomina exocitosis o secreción celular. De este modo, la despolarización de la membrana es la responsable de la apertura de los canales de calcio a nivel de las zonas activas, donde el ion calcio al ingresar al interior de las terminaciones pre sinápticas produce neurotransmisores hacia la hendidura sináptica, durante este proceso transcurren alrededor de 2 milisegundos de excitabilidad neuronal produciéndose a una enorme velocidad, el neurotransmisor es liberado y se propaga a la hendidura sináptica para ser atraído por las células receptoras ubicadas en la membrana de las células post sináptica. Al producirse el impulso nervioso, la neurona muestra cuatro regiones fundamentales que son: la entrada, la activación, la conducción y la salida; los tres primeros son eléctricos por la despolarización de la membrana y el último es químico por la liberación de un neurotransmisor en la hendidura sináptica.

2.1.7. Clasificación de sinapsis neuronales

Sinapsis eléctrica. Se caracteriza por ser más rápida y ser originada por el paso de iones de una neurona, comunicándose directamente a través de pequeños canales formados por el acoplamiento de complejos proteicos, fenómeno característico de células que están estrechamente unidas, lo cual permite una acción rápida y coordinada entre células. Esta sinapsis no necesita de la liberación de neurotransmisores para cumplir una determinada función.

Sinapsis química. Se caracteriza porque estas células están distanciadas por un espacio de 20 a 30 nanómetros aproximadamente, presenta un botón presináptico donde las terminaciones del axón liberan neurotransmisores a la hendidura sináptica y a la membrana post sináptica que contiene los receptores que van a interactuar con los neurotransmisores. Este tipo de sinapsis es necesario para la liberación de neurotransmisores para cumplir una función determinada.

2.1.8. Neurotransmisores

Los neurotransmisores son sustancias químicas sintetizadas en los ribosomas del retículo endoplasmático, son elaboradas por las neuronas que hacen posible la transmisión de los impulsos nerviosos a través de las uniones entre neuronas y órganos almacenados en las llamadas terminaciones presinápticas, los cuales se dirigen al aparato de Golgi en donde se almacenan. Al tener lugar un impulso nervioso, son segregados para que éste se pueda transmitir, siendo trasladados por el axón a través de las dendritas hasta las vesículas sinápticas por los microtúbulos. Existen más de 25 neurotransmisores, entre los más significativos se encuentra la acetilcolina que es un éster acético de la colina, la cual se sintetiza en la neurona simpática y parasimpática pre y post ganglionares siendo un mediador excitatorio ubicado en la corteza cerebral, núcleos basales, moto neuronas de la médula espinal y las conexiones neuromusculares. La acetilcolina desaparece de la hendidura sináptica, esencialmente por hidrólisis de la enzima acetilcolinesterasa que al ser liberada al espacio interneuronal es captada por los receptores post sinápticos, los cuales son liberados inmediatamente al espacio intersináptico, posteriormente la pseudocolinesterasa hidroliza a la acetilcolina produciendo un efecto sostenido recuperando la capacidad de respuesta del neurotransmisor, además de ser receptada por las vesículas presinápticas al resto del organismo.

CAPÍTULO III: DIVISIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí, ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dra. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

Magister María Elena Moya Martínez

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí). Coordinadora de Posgrados.

3.1. División del sistema nervioso

El sistema nervioso es una red de tejidos altamente especializada, que tiene como componente principal a las neuronas, células que se encuentran conectadas entre sí de manera compleja y que tienen la propiedad de conducir, usando señales electroquímicas (véase Sinapsis), una gran variedad de estímulos dentro del tejido nervioso y hacia la mayoría del resto de tejidos, coordinando así múltiples funciones en el organismo y divisiones

Anatómicamente, el sistema nervioso humano se agrupa en distintos órganos, los cuales conforman en realidad estaciones por donde pasan las vías neurales. Así, con fines de estudio, se pueden agrupar estos órganos, según su ubicación, en dos partes: sistema nervioso central y sistema nervioso periférico.

3.1.1.Principales divisiones del sistema nervioso central

Las características anatómicas peculiares de las divisiones del sistema nervioso central están relacionadas con las funciones que desempeñan cada una para contribuir al funcionamiento general del sistema.

Anatómicamente el sistema nervioso central está formado por el encéfalo y la médula espinal, ambos compuestos por varios millones de células especializadas llamadas neuronas, dispuestas ordenadamente y comunicadas entre sí y con los efectores por medio de prolongaciones denominadas axones y dendritas.

El sistema nervioso central está protegido por envolturas óseas y por envolturas membranosas.

Las envolturas óseas son el cráneo y la columna vertebral.

3.1.2. Encéfalo

El encéfalo está situado en la cavidad craneal y se continúa con la medula espinal a través del agujero occipital. Es el órgano que controla todo el funcionamiento del cuerpo. Realiza un control voluntario e involuntario. También es el órgano del pensamiento y del razonamiento.

Anatómicamente, el encéfalo está conformado por el cerebro, el cerebelo, la lámina cuadrigéminos (con los tubérculos cuadrigéminos) y el tronco del encéfalo o bulbo raquídeo. La función principal de muchas de las partes del encéfalo, como el mielencéfalo, el metencéfalo o el mesencéfalo, consiste principalmente de conducir información.

De este modo, la región más inferior (el mielencéfalo) recoge la información procedente de la médula espinal. Y posteriormente, estos impulsos son conducidos por las regiones posteriores del encéfalo.

En este sentido, una de las principales funciones del encéfalo consiste en recoger la información procedente del cuerpo (procedente de la medula espinal) y conducirla hasta regiones superiores del cerebro (y viceversa). Esta función es altamente importante ya que es el mecanismo que tienen los mamíferos de integrar la información física con la información psíquica. Así mismo, permite la puesta en marcha de miles de procesos fisiológicos. Por otro lado, en las regiones del encéfalo (telencéfalo y diencefalo) se integra la información obtenida y se realizan otros procesos mentales. La regulación del hambre, la sed, el sueño, el funcionamiento sexual y los estímulos sensitivos constituyen las actividades más importantes.

3.1.3. Prosencéfalo: cerebro

Corresponde a la parte anterosuperior del encéfalo. Se sitúa apicalmente (en un extremo o punta) al tronco del encéfalo. Está formado por dos grandes hemisferios, separados por la cisura interhemisférica, unidos en el fondo por el cuerpo calloso. Es la parte de mayor tamaño y se aloja en su totalidad dentro del cráneo. La función es compleja; regula los movimientos voluntarios y la actividad consciente. Es el generador de ideas, hace conexiones, archiva, realiza las funciones superiores, es el centro de las funciones intelectuales, equilibra al organismo con el medio ambiente.

Está protegido por el cráneo, la duramadre, la piamadre y la aracnoides; está formado por la sustancia blanca, que es la ramificación de las neuronas y por la sustancia gris que son los cuerpos neuronales que forman la corteza cerebral (que tiene una superficie aproximada de 285 cm cuadrados y su grosor es de 2 a 3 mm).

El cerebro tiene el 2 por ciento del peso del cuerpo; consume el 25 por ciento del total de oxígeno y el 20 por ciento de la sangre que sale del corazón. En el cerebro se alojan entre diez mil millones y catorce mil millones de neuronas. El cerebro está formado o se puede dividir en dos partes: Telencéfalo y Diencefalo.

Telencéfalo

El telencéfalo es la estructura cerebral situada sobre el diencefalo, corresponde a los hemisferios cerebrales. Representa el nivel más alto de integración somática y vegetativa.

Es la región superior y más voluminosa del prosencefalo. Esta región resulta diferente entre los anfibios y los mamíferos. En los primeros, está formado por bulbos olfativos muy desarrollados, mientras que en los segundos contiene dos hemisferios cerebrales.

Dentro del telencéfalo encontramos:

- Lóbulo occipital: realiza operaciones sensitivas visuales.
- Lóbulo parietal: procesa información sensitiva y kinésica.
- Lóbulo temporal: realiza procesos auditivos.
- Lóbulo frontal: realiza funciones superiores como el juicio, el razonamiento, la percepción y el control motor.
- Cuerpo estriado: recibe información de la corteza cerebral y los ganglios basales.
- Rinencéfalo: región cerebral involucrada en el olfato.

Diencefalo

Es la parte del cerebro situada entre el tronco del encéfalo y el telencéfalo y está compuesto por diferentes partes anatómicas: hipófisis, hipotálamo, subtálamo, tálamo y epitálamo. Esta estructura contiene elementos cerebrales muy importantes. Los principales son el tálamo y el hipotálamo.

- **Hipotálamo:** es un órgano de dimensiones reducidas. Forma la base del tálamo, controla funciones viscerales autónomas e impulsos sexuales. Así mismo, desempeña actividades importantes en la regulación del apetito, la sed y el sueño.
- **Tálamo:** es la región más voluminosa e importante del diencefalo. Su función principal radica en recoger información de todos los sentidos, excepto del olfato. Está directamente conectado con la corteza cerebral y desempeña funciones importantes en el desarrollo de emociones y sentimientos.
- **Subtálamo:** esta pequeña región se encuentra entre el tálamo y el hipotálamo. Recibe información del cerebelo y del núcleo rojo, y está compuesto principalmente por sustancia gris.
- **Epitálamo:** Encima del tálamo se encuentra esta estructura, la cual comprende la glándula pineal y los núcleos habenuares. El epitálamo pertenece al sistema límbico y se encarga de producir melatonina.
- **Metatálamo:** Encima del epitálamo está el metatálamo, una estructura que actúa como vía de paso para los impulsos nervioso que circulan desde el pedúnculo inferior hasta la corteza auditiva.
- **Tercer ventrículo:** Finalmente, en la parte más superior del diencefalo encontramos un ventrículo que se encarga de amortiguar los golpes craneoencefálicos, con el objetivo de proteger las regiones inferiores del diencefalo.

3.1.4. Cerebelo

Está localizado en la parte posterior y por debajo del cerebro. Sirve de puente junto con el bulbo raquídeo, a los impulsos de la médula para que lleguen al cerebro. Entre sus funciones están: el regular, los latidos cardiacos, la presión arterial, la respiración, el equilibrio; coordina los movimientos musculares voluntarios como la marcha y la natación. Desde el punto de vista anatómico la corteza del cerebelo se divide en una capa externa, o molecular, y una capa interna, o granulosa. Entre ambas capas aparecen unas células denominadas células de Purkinje. Aunque las células de las dos capas cerebelosa corticales son de pequeño tamaño, no por ello dejan de ser neuronas. También se halla presente la neuroglia.

3.1.5. Bulbo raquídeo

Es el más bajo de los tres segmentos del tronco del encéfalo. Es llamado también médula oblonga. Es la terminación de la parte superior de la médula espinal. Actúa sobre movimientos involuntarios del corazón, intervienen en el funcionamiento de las vías respiratorias, del esófago, intestino delgado, páncreas, hígado, participa en los mecanismos del sueño y la vigilia, detecta los niveles de oxígeno y dióxido de carbono. Una lesión puede producir un paro respiratorio.

El cerebro posterior, o rombencéfalo, comprende al cerebelo, la protuberancia y el bulbo raquídeo, cuya continuidad es la médula espinal.

3.1.6. Mesencéfalo

El mesencéfalo o cerebro medio es la parte central del encéfalo. Constituye la estructura superior del tronco del encéfalo y se encarga de unir el puente de varolio y el cerebelo con el diencéfalo.

- Dentro del mesencéfalo encontramos tres regiones principales:
- Anterior: en esta región encontramos el tuber cinereum y la sustancia perforada posterior. Resulta un pequeño surco que tiene su origen en el nervio motor ocular.
- Lateral: está formado por el brazo conjuntival superior y la cintilla óptica. Sus funciones son simplemente de conexión entre los tubérculos y los cuerpos geniculados.
- Posterior: aquí se encuentran los cuatrotubérculos cuadrigéminos, unas eminencias redondeadas divididas en pares anteriores y superiores que modulan los reflejos visuales, y posteriores e inferiores que modulan los reflejos auditivos.

La función principal de mesencéfalo es pues, conducir los impulsos motores desde la corteza cerebral hasta el puente troncoencefálico. O lo que es lo mismo, de las regiones superiores del cerebro a las regiones inferiores, para que estos lleguen a los músculos.

Transmite principalmente impulsos sensitivos y reflejos, y conecta la médula espinal con el tálamo.

3.1.7. Rombencéfalo

El rombencéfalo es la porción inferior del encéfalo. Rodea el cuarto ventrículo cerebral y limita por su parte inferior con la médula espinal.

Está formado por dos partes principales: el metencéfalo que contiene el cerebelo y la protuberancia, y el mielencéfalo que contiene el bulbo raquídeo.

3.1.8. Metencéfalo

Es la segunda vesícula del encéfalo, y configura la parte superior del rombencéfalo. Contiene dos regiones principales y altamente importantes para el funcionamiento cerebral: el cerebelo y la protuberancia.

- Cerebelo: su función principal trata de integrar las vías sensitivas y las vías motoras. Es una región rellena de conexiones nerviosas que permiten establecer conexión con la medula espinal y con las partes superiores del encéfalo.
- Protuberancia: es la porción del tronco del encéfalo que se ubica entre el bulbo raquídeo y el mesencéfalo. Su función principal es parecida a la del cerebelo y se encarga de conectar el mesencéfalo con los hemisferios superiores del cerebro.

3.1.9. Mielencéfalo

El mielencéfalo es la parte inferior del rombencéfalo. Esta región contiene el bulbo raquídeo, una estructura con forma de cono que transmite los impulsos de la médula espinal al encéfalo.

3.1.10. Médula espinal

La médula espinal se encuentra situada dentro del canal vertebral de la columna vertebral y está compuesta de una parte central de sustancia gris, que está rodeada por una cubierta externa de sustancia blanca. Mide 45 cm de longitud y se extiende desde el agujero occipital del cráneo ocupando casi los 2/3 superiores del conducto raquídeo labrado en el espesor de la columna vertebral. Un corte de la médula tiene forma de “H” y en él se aprecian sus dos partes: la sustancia gris, que forma la parte interna, y la sustancia blanca, en la parte externa.

Se puede considerar que la médula espinal es cilíndrica y comienza por arriba en el agujero occipital del cráneo donde se continua con la médula oblonga o bulbo raquídeo del encéfalo, esta termina por la parte inferior en la región lumbar, por

debajo de la médula espinal se afila en el cono medular cuya punta desciende una prolongación de la piamadre y se inserta en la parte posterior del cóccix.

Las raíces abandonan el conducto raquídeo siguiendo los agujeros intervertebrales, luego se reúnen y dan origen a una rama nerviosa dorsal y otra ventral. La medula espinal está situada dentro del canal vertebral de la columna vertebral y está rodeada por tres meninges; la duramadre, la aracnoides y la piamadre.

Se puede considerar que la medula espinal es cilíndrica y comienza por arriba en el agujero occipital del cráneo. Donde se continua con la medula oblonga (o bulbo raquídeo) del encéfalo. Termina por la parte inferior en la región lumbar. Por debajo, la medula espinal se afila en el cono medular, desde cuya punta desciende una prolongación de la piamadre, el film terminal, hasta insertarse en la parte posterior del cóccix.

La medula espinal está compuesta de una parte central de sustancia gris, que está rodeada por una cubierta externa de sustancia blanca. La sustancia gris se ve en la sección transversal como un pilar en forma de H con columnas grises anterior y posterior, o astas, unidas por una comisura gris delgada que contiene el pequeño conducto ependimario.

Vallejo Valdivieso, P. A., Zambrano Pincay, G. H., Vallejo Pilligua, P. Y., Vallejo Valdivieso, N. K.,
Bravo Cedeño, G. M., Vallejo Valdivieso, L. A., Moya Martínez, M. E.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO EMBRIONARIO DEL OJO

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí, ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dr. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

Magister María Elena Moya Martínez

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí). Coordinadora de Posgrados.

4.1. Ojo

El ojo es un órgano sensorial que difiere de otros órganos similares, en que su área receptiva, la retina, es en realidad parte de la pared del cerebro, que, en etapas tempranas del desarrollo, se ha evaginado para formar primero una vesícula y más tarde una cúpula en las que el revestimiento contiene a las células que se especializarán luego para formar los elementos sensibles a la luz.

4.1.1. Embriogénesis

Engloba el período de desarrollo precoz desde el estadio de huevo fertilizado hasta que se forman las capas germinales y a su nivel se diferencian masas de células específicas que formarán los distintos órganos.

4.1.2. Organogénesis

El Primordium Óptico es el proceso de organogénesis comienza con la segregación de las células destinadas a formar los ojos cerca de la extremidad anterior de la placa neural (cuando se forma la foseta óptica).

En este proceso participan tres capas embrionarias:

Ectodermo de Superficie

También se invagina y forma la vesícula cristaliniiana. Sobre ella el Ectodermo de Superficie se cierra y forma una capa epitelial continua.

Ectodermo Neural (que forma el aparato visual esencial)

El ectodermo Neural de la faseta óptica se transforma en la vesícula óptica primaria, la cual al invaginarse desarrolla la cúpula óptica y la fisura embrionaria, cuyo cierre completa el proceso fundamental de desarrollo de este órgano y lo prepara para la diferenciación final de la retina (5-6 semanas postfecundación).

Mesodermo

Aporta los elementos de nutrición, de soporte y protectoras, así como el aparato motor.

4.1.3. Cristalino

Se desarrolla a partir de la vesícula del cristalino, un derivado del ectodermo superficial. La pared anterior de esta vesícula compuesta de epitelio cuboideo no cambia de manera apreciable a medida que se transforma en el epitelio anterior del cristalino. Los núcleos de las células cilíndricas altas que forman la pared posterior de la vesícula del cristalino se disuelven y se alargan de manera considerable para formar células epiteliales muy transparentes, que se llaman fibras primarias del cristalino. A medida que estas fibras crecen, gradualmente obliteran la cavidad de la vesícula del cristalino.

El borde del cristalino se conoce como zona o región ecuatorial, debido a que se localiza en medio, entre los polos anterior y posterior del cristalino. Las células de la zona ecuatorial son cuboideas. A medida que se alargan pierden su núcleo y se transforman en las fibras secundarias del cristalino. Se añaden en los lados externos de las fibras primarias del cristalino, que se desarrollaron a partir de la pared posterior de la vesícula del cristalino. Aunque las fibras secundarias del cristalino continúan su formación durante la vida adulta y esta estructura sigue aumentando de diámetro, las fibras primarias (que se formaron en el periodo embrionario) deben durar toda la vida.

El cristalino en desarrollo recibe su riego de la arteria hialoidea; no obstante, en el periodo fetal se torna a vascular. Después depende de la difusión del humor acuoso de la cámara anterior, que baña su cara anterior, y del humor vítreo, que rodea el resto de su superficie.

El cristalino en desarrollo se recubre por una capa mesenquimatosa vascular, la túnica vascular del cristalino. La porción anterior de esta capa se llama membrana pupilar. La parte de la arteria hialoidea que riega la túnica vascular del cristalino desaparece al final del periodo fetal. Como resultado, esta última como la membrana pupilar se

degeneran; sin embargo, persiste en la cápsula del cristalino, que produce el epitelio anterior del cristalino, y sus fibras. La cápsula del cristalino es una membrana basal muy engrosada, que, debido a su desarrollo, tiene una estructura laminar. El sitio inicial de la arteria hialoidea queda indicado por el conducto hialoideo en el cuerpo vítreo.

4.1.4. Retina

Es una evaginación de la pared del cerebro, que evoluciona como vesícula, y luego cúpula óptica de pared doble, cuya capa interna se diferencia, hasta formar las células fotorreceptoras.

La retina se desarrolla a partir de la copa óptica. La capa externa más delgada de la copa óptica constituye el epitelio pigmentario de la retina y la más gruesa, se diferencian en la retina neural. Durante los periodos de desarrollo embrionario y fetal, éstas capas se separan por un espacio intrarretiniano, el cual desaparece gradualmente a medida que se fusionan las dos capas de la retina. En la 8ª semana de gestación ya hay diferenciación retiniana avanzada. A los tres meses de gestación, están completamente definidos los niveles neuronianos que forman la retina.

La retina sensorial comienza a desarrollarse tempranamente. Cuando las proyecciones diencefálicas están aún en el estadio de vesículas ópticas, comienza la migración de núcleos celulares hacia la superficie interna de la retina sensorial. Posterior a esto se van formando nuevas capas, que surgen como consecuencia de las sucesivas divisiones y migraciones celulares. De esta forma la retina se desarrolla desde dentro hacia fuera, de manera que lo primero que se forman son las células ganglionares y las células que maduran más tardíamente son los fotorreceptores (conos y bastones). Lentamente se diferenciarán las 9 capas de la retina, consistiendo en tres capas (ependimaria, manto y marginal) limitadas por una red de barras en la zona externa y una membrana basal en la zona interna. La zona endimaria desarrolla cilios que se proyectaran al interior de la vesícula entre las paredes internas y externas de la copa óptica, después se desarrollaran en los segmentos externos de los conos y bastones. La zona marginal evoluciona a la capa de fibras nerviosas. La capa del manto central se diferencia en el neuroepitelio primitivo, dividido en dos capas: neuroblástica interna (contiene células ganglionares, amacrinas y de Müller) y externa (contiene los núcleos de los conos y bastones, los de las células).

4.1.5. Iris

Se desarrolla de la parte anterior o borde la copa óptica, que crece hacia adentro, y cubre al cristalino de manera parcial. En esta área las dos capas de la copa óptica permanecen delgadas. El epitelio del iris representa ambas capas de la copa óptica; se continúa con el epitelio en doble capa del cuerpo ciliar y con el epitelio pigmentario de la retina y con la retina neural.

Los músculos dilatadores y esfínter de la pupila del iris derivan del ectodermo de la copa óptica. Estos músculos lisos resultan de una transformación de células epiteliales en fibras musculares lisas. El tejido conjuntivo vascular del iris deriva de la mesénquima que se localiza delante del borde de la copa óptica.

4.1.6. Cornea

Tras invaginarse la vesícula cristaliniiana, el ectodermo de superficie se continúa. Será ahora la vesícula cristaliniiana la que induce la transformación del ectodermo de superficie dando lugar a la córnea, pero en su desarrollo también participarán células de otros orígenes.

Así, el epitelio externo corneal es derivado del ectodermo de superficie, además las células derivadas de la cresta neural situadas alrededor de la cúpula óptica emigran y darán lugar al endotelio corneal.

Similar a la córnea de las aves, el epitelio primitivo de los primates parece ser el responsable de la formación de una primitiva estroma corneal acelular que corresponde a la membrana de Bowman.

Una vez formado el endotelio, éste comienza a secretar ácido hialurónico, con lo que aumenta el grosor del estroma a causa de la capacidad de captar agua. Esto sirve para que las células terminen de migrar, ya que posteriormente se segrega hialuronidasa, con lo que termina la emigración y disminuye el grosor de la córnea.

Una segunda oleada de células derivadas de la cresta neural comienza a crecer desde el limbo entre el epitelio y el endotelio. Este tejido forma un estroma corneal celular secundaria que, en pocos días, comienza a sintetizar fibras de colágeno.

Al final, la córnea presenta de fuera adentro el epitelio externo, la membrana de Bowman, el estroma secundario, la membrana de Descemet y el endotelio corneal. Finalmente, la córnea tiene que transparentarse, fenómeno éste que se consigue mediante la eliminación de agua del estroma y mediante la tiroxina que produce la deshidratación completa del estroma corneal.

En relación con el desarrollo de la córnea, se forma la membrana pupilar enfrente de la lente. Durante el tercer trimestre de gestación comienza a desaparecer la membrana pupilar y, de esta manera, se comunican las cámaras anterior y posterior del ojo.

4.1.7. Cuerpo vítreo

Su desarrollo se divide en 3 estadios:

- Vitreo primario o hialoideo.
- Vitreo secundario o definitivo.
- Vitreo terciario o Zónula.

La mesénquima que rodea la vesícula óptica penetra en el interior de la cúpula óptica a través de la hendidura embrionaria y forma el: vitreo primario, que se sitúa entre la retina y el cristalino, y que consta de células mesenquimales, fibrillas producidas por la superficie interna de la retina sensorial y la cara posterior del cristalino, y vasos sanguíneos. Es rico en ácido hialurónico y glicosamina.

Es invadido secundariamente por el cuerpo vítreo secundario, avascular y moldeado por la retina.

Al comienzo del período fetal, gruesas fibras de la membrana limitante interna de la retina constituyen el cuerpo vítreo terciario.

4.1.8. Nervio óptico

Nervio ubicado en la parte posterior del ojo, que se conecta con el cerebro. El nervio óptico es el encargado de enviar las señales que perciben el ojo hasta nuestro cerebro. El cerebro se encargará después de interpretar esas señales procedentes de estímulos extremos para conformar la imagen mental de aquella que estamos viendo.

El nervio óptico está compuesto por aproximadamente 1,2 millones axones, procedentes de las células ganglionares de la retina, que asumen un ramillete en la parte más posterior del globo ocular. El nervio óptico surge de las células ganglionares presentes en la retina del ojo. Los axones de estas células (responsables de captar la luz) forman el origen de este par craneal al reunirse y dirigirse hacia el cerebro.

Por otro lado, su origen aparente se encuentra en el quiasma óptico, concretamente en el ángulo anterior. El nervio óptico mide unos 4 centímetros de longitud, en su

recorrido desde el ojo hasta las áreas visuales del cerebro. Tradicionalmente se lo divide en cuatro partes: el segmento intraocular, el intraorbitario, el intracanalicular, y el intracraneal.

Todos estos segmentos del nervio óptico van atravesando distintas zonas del cráneo (como la zona cribosa de los ojos o el agujero óptico en la base del cráneo) en su recorrido para transmitir la información visual al cerebro, el mismo que tiene pociões que son:

Intraorbitaria

Cavidades situadas a ambos lados de la línea media de la cara destinadas a alojar los globos oculares y sus anexos. Las estructuras óseas que la delimitan se denominan orbitas y de fuera adentro. Su profundidad entre individuos desde los 42 a los 50 mm, su anchura en la base es en el promedio de 40 mm, y su altura de unos 35 mm.

Intracanalicular

El intracanalicular se caracteriza por la proliferación de tejido conectivo fibroso menos denso dentro de la luz de los conductos y al crecer toma un aspecto poliploide o folia cero que reduce la luz del conducto, mostrando generalmente una degeneración mucoide o mixomatosis en el componente conjuntivo.

Dentro del canal óptico con una longitud de 4 a 10 mm el nervio atraviesa el foramen óptico acompañado por la arteria oftálmica.

Intracraneal

La parte intracraneal, el segmento v4 (intradural) de la arteria vertebral se entiende desde la duramadre hasta su confluencia con la arteria vertebral contralateral para formar la arteria basilar.

Perdura la duramadre e inclina medialmente hacia el frente del bulbo raquídeo, se coloca entre el nervio hipogloso y la raíz anterior del primer nervio cervical y del ojo de la primera digitación del ligamento denticulatun. Mide de 10 a 12 mm, en este segmento el nervio está situado sobre la tienda de la hipófisis y sobre el canal óptico del esenoide.

4.1.9. Nervio oculomotor

El nervio oculomotor tiene una función completamente motora. El nervio oculomotor tiene dos núcleos motores: a) el núcleo motor principal y b) el núcleo parasimpático accesorio. El núcleo oculomotor principal está situado en la parte anterior de la

sustancia gris que rodea al acueducto cerebral del mesencéfalo. Se encuentra a nivel del colículo superior. El núcleo consta de grupos de células nerviosas que inervan a todos los músculos extrínsecos del ojo excepto al oblicuo superior y al recto lateral. Las fibras nerviosas salientes pasan hacia la parte anterior a través del núcleo rojo y emergen en la superficie anterior del mesencéfalo en la fosa interpeduncular. El núcleo oculomotor principal recibe fibras corticonucleares de ambos hemisferios cerebrales. Recibe fibras tectomedulares del colículo superior y, a través de esta vía recibe información de la corteza visual. También recibe fibras del fascículo longitudinal medial, a través del cual se halla conectado con los núcleos de los pares craneales cuarto sexto y octavo.

El núcleo parasimpático accesorio (núcleo de Edinger-Wesphal) está situado posterior al núcleo oculomotor de principal. Los axones de las células nerviosas, que son preganglionares, acompañan a las otras fibras oculomotoras hasta la otra órbita. Aquí, establecen sinapsis en el ganglio ciliar y las fibras posganglionares pasan a través de los nervios ciliares cortos hasta el músculo constrictor de la pupila del iris y el músculo ciliar. El núcleo parasimpático accesorio recibe fibras corticonucleares para el reflejo de acomodación y fibras del núcleo pretectal para los reflejos fotomotores directo y consensual.

El nervio oculomotor emerge en la superficie anterior del mesencéfalo. Pasa hacia delante entre las arterias cerebral posterior y cerebelosa superior. Después, continúa hacia el inferior de la fosa craneal media en la pared lateral del seno cavernoso, Aquí, se divide en una rama superior, y una rama inferior, que presenta en la cavidad orbitaria a través de la fisura orbitaria superior. El nervio oculomotor inerva a los siguientes músculos extrínsecos del ojo: elevador superior del párpado, recto superior, recto medial, recto inferior y oblicuo inferior. También inerva, a través de su rama hacia el ganglio ciliar y los nervios ciliares cortos, mediante fibras nerviosas parasimpáticas, a los siguientes músculos intrínsecos: músculo constructor de la pupila del iris y músculo ciliar.

Por tanto, el nervio oculomotor es completamente motor, y es el responsable de levantar el párpado superior, girar el ojo hacia arriba, hacia abajo y hacia dentro, contrae la pupila y acomoda el ojo.

4.1.10. Nervio troclear

El nervio patético también se conoce como nervio troclear, nervio craneal IV o el cuarto par craneal. Es el único nervio craneal que emerge dorsalmente del cerebro (cerca de la espalda), dándole el camino más largo. Es el nervio más pequeño para

reparar el ojo. Este nervio está relacionado también con el control del movimiento de los ojos, este par craneal se encargar de manejar los músculos que los rotan hacia abajo o hacia la nariz. Por ejemplo, el músculo oblicuo superior del ojo.

El núcleo del nervio troclear se encuentra en el mesencéfalo caudal bajo el acueducto cerebral. Está inmediatamente por debajo del núcleo del nervio motor ocular común en el mesencéfalo rostral.

Este es el único de los nervios craneales en el que sus axones transcurren por esas zonas dorsalmente, y cruzan la línea media antes de surgir desde el tronco del encéfalo.

Su principal objetivo es citar las indicaciones motrices al músculo oblicuo superior y es uno de los nervios craneales más extensos, pero también es uno de los más delgados, por lo que suele ser propenso a sufrir muchas lesiones de diferentes tipos, generando diversas patologías.

El origen real y aparente: En el núcleo situado en el pedúnculo cerebral por debajo del núcleo somato motor del nervio motor ocular común. Las fibras que provienen de este núcleo, antes de aparecer en la superficie se entrecruzan con las del lado opuesto.

Su origen real también está en el pedúnculo cerebral, justo debajo de uno de los del nervio motor ocular común. Las fibras se cruzan con las que provienen del lado contrario justo antes de emerger a la superficie.

El origen aparente del nervio troclear, por otro lado, se localiza en la parte posterior de los pedúnculos cerebrales, en un área conocida como válvula de Vieussens.

El nervio patético surge desde uno de los dorsos del tronco encefálico, pasando a través del mesencéfalo caudal, luego, se dirige alrededor de la parte anterior del tronco el ojo en el espacio subaracnoideo, pasa entre la arteria cerebral anterior y la cerebelosa superior. Seguido, pasa la duramadre cerca de la tienda del cerebelo para luego entrar en el seno cavernoso donde se une con los nervios III y VI (Motor ocular común y motor ocular externo) y con la arteria carótida interna además de algunas porciones del nervio trigémino, número V.

Rodea las caras laterales de los pedúnculos cerebrales y se dirige adelante, en dirección del seno cavernoso. Penetra en la pared externa de dicho seno, y se ubica al principio por debajo del motor ocular común y por encima del oftálmico. Luego de introduce en la órbita por la hendidura esfenoidal y pasa por fuera del

anillo de Zinn. El nervio patético inerva un solo músculo: el oblicuo superior, que es un músculo de la oculomoción. Como las fibras del núcleo troclear se cruzan en el mesencéfalo antes de que salgan, las neuronas trocleares inervan el oblicuo superior contralateral.

4.1.11. Nervio abducen

El nervio abducens, también conocido como nervio motor ocular externo, nervio abducente o VI par craneal, es el nervio que se genera al lado del bulbo raquídeo y posee como función el movimiento del músculo recto externo por lo que permite la abducción del ojo. El nervio abducens presenta su origen aparente en el sector medial del surco bulboprotuberancial. Tiene un curso anterior por la cisterna pontina y pasa por el canal de Dorello excavado en el dorso selar e inferior al ligamento petroclinoideo, para penetrar en la pared externa del seno cavernoso, donde se ubica lateral a la arteria carótida interna.

Se registró el recorrido y las relaciones del sexto par craneal o nervio abducens a nivel de todo su trayecto extra-axial. El trayecto de este tronco se orienta hacia arriba, hacia delante y hacia fuera, de esta forma, cada nervio motor ocular externo se aleja de su homónimo contralateral, separado de éste por el tronco basilar.

Las fibras del nervio abducens pasan en dirección anterior a través del puente, y emergen en el sueco situado entre el borde inferior del puente y la medula oblangada. Siguen hacia adelante a través del seno cavernoso encontrándose por debajo y por fuera de la arteria carótida interna. El nervio abduce es un pequeño nervio motor que inerva el músculo recto lateral del globo ocular, siendo el responsable del giro del ojo hacia afuera. Este presenta reflejos visuales como: 1) reflejo fotomotor directo, 2) reflejo consensual o indirecto, 3) reflejo cercano o de acomodación, 4) reflejo corneal.

Fotomotor directo: Si se proyecta una luz en el ojo, normalmente las pupilas de ambos ojos se contraen. La contracción de las pupilas en el ojo en que se proyecta la luz se denomina reflejo fotomotor.

Consensual o indirecto: Aquí la contracción de la pupila opuesta, aunque la luz no alcance a el ojo de manera directa, se contraen. Se denomina reflejo indirecto.

Los impulsos eferentes viajan a través del nervio óptico, el quiasma óptico y el tracto óptico. Aquí un pequeño número de fibras abandonan el tracto óptico y establecen sinopsis en células nerviosas del núcleo pretectal que se encuentran cerca del calicuo superior. Cuando los ojos se dirigen desde un objeto distante a otro cercano,

la contradicción de los músculos rectos mediales produce la convergencia de los ejes oculares; el cristalino se engruesa para aumentar su poder de contradicción de los músculos ciliar y las pupilas se contraen para limitar las ondas de luz a la parte central más gruesa del cristalino.

Corneal: un leve toque en la córnea a la conjuntiva del lugar a un parpadeo. Los impulsos aferentes procedente de la córnea a la conjuntiva viajan a través de la división oftálmica del nervio trigémpreganglionar por el nervio oculomotor hasta llegar a los ganglios ciliar de la órbita.

No confundir el arco reflejo con el acto reflejo. El arco reflejo es el conjunto de estructuras y el acto reflejo es la acción que realizan esas estructuras. El arco reflejo puede definirse como la respuesta involuntaria a un estímulo, y depende del arco reflejo y su integridad. Los elementos anatómicos que lo conforman; en su forma simple, el arco reflejo consiste en las siguientes estructuras: 1) órgano receptor, 2) neuronas aferentes, 3) neuronas eferentes, 4) órgano efector.

- **Órgano receptor:** son los órganos encargados de ejecutar las respuestas. Los órganos efectores de las respuestas motoras se integran en el Sistema locomotor.
- **Neurona aferente:** en el sistema nervioso, las neuronas aferentes o denominadas también neuronas sensoriales, transportan impulsos nerviosos desde los receptores u órganos sensoriales hacia el sistema nervioso central.
- **Neuronas eferentes:** denominadas también neuronas motoras son aquellas que forman parte del Sistema Nervioso, a las cuales también se les denomina neuronas efectoras; estas son las encargadas de conducir los impulsos nerviosos al exterior del sistema nervioso central hacia efectores tales como los músculos o las glándulas, etc.
- **Órgano efector:** órgano encargado de efectuar una respuesta (músculo esquelético, liso, cardiaco o una glándula).

4.1.12. Fondo de ojo

Es un estudio que permite examinar en detalle los elementos del polo posterior del globo ocular, esto es, la retina, el nervio óptico y vasos sanguíneos.

Gracias a esta prueba médica el oftalmólogo puede detectar cualquier problema que tenga relación con el vítreo, la retina o el nervio óptico. Hablamos de problemas

como desprendimientos de retina, trombosis, lesiones propias de la retinopatía diabética, retinopatía hipertensiva, glaucoma, inflamaciones como la neuritis, manchas, edemas de mácula o de papila, desprendimiento de vítreo, entre otros. Además, la exploración de fondo de ojo puede ayudar a diagnosticar enfermedades que no son oculares. Como por ejemplo la hipertensión intracraneal que puede provocar edemas en el nervio óptico o la diabetes que ocasiona alteraciones en las arterias y las venas.

Antes del examen usted debe informar si padece alguna enfermedad ocular como glaucoma. Este examen no requiere preparación previa del paciente. En la consulta se le aplicará unas gotas para dilatar su pupila. Habrá que esperar alrededor de 20 minutos para que actúen.

Es conveniente asistir acompañado, ya que quedará viendo borroso por alrededor de 6 horas, con incomodidad con la luz y el sol (llevar lentes de sol le ayudará).

Exploración de fondo de ojo con cada uno de estos instrumentos:

Oftalmoscopia directa o retinoscopia: gracias a su sistema óptico permite ver directamente el fondo del ojo. Esta técnica muestra una imagen unidimensional de las estructuras oculares, tal y como se hallan dentro del ojo. Se debe realizar en una habitación oscura y, el oftalmólogo, a través de un haz de luz, que proyectará directamente sobre la pupila, tendrá acceso a la parte posterior del ojo. Se suele usar en atención primaria y es un aparato del tamaño de un bolígrafo, va equipado con una pequeña luz y lo debemos acerca mucho al ojo del paciente.

Oftalmoscopia indirecta: este accesorio es como un casco que el oftalmólogo se ajusta a la cabeza. A través de los visores y con ayuda de una lente tiene un amplio campo de visión que abarca la retina, la mácula y el nervio óptico. Además, lo puede emplear para explorar la zona periférica de la retina.

Lámpara de hendidura: Este aparato es un microscopio que se suele usar para observar la parte anterior del ojo con detalle. Sin embargo, también se puede utilizar con una lente especial para observar la parte posterior del ojo.

Retinografo: es una cámara que permite hacer una foto del interior del ojo. Es muy útil para tener un registro del estado del fondo del ojo. Se emplea por ejemplo para hacer un seguimiento en los casos de degeneración macular asociada a la edad. El inconveniente es que no es una imagen en tres dimensiones.

Vallejo Valdivieso, P. A., Zambrano Pincay, G. H., Vallejo Pilligua, P. Y., Vallejo Valdivieso, N. K., Bravo Cedeño, G. M., Vallejo Valdivieso, L. A., Moya Martínez, M. E.

Las pruebas con oftalmoscopio indirecto o lámpara de hendidura suelen requerir una dilatación de pupila. Para dilatar la pupila aplicamos unas gotas que penetran en el ojo y estimula el músculo que abre y cierra la pupila. El único problema es que mientras dure sus efectos al paciente le molestará la luz.

CAPÍTULO V: ANATOMÍA NEUROFTÁLMICA

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí, ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dra. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

5.1. Anatomía ósea de la órbita

Las cavidades orbitarias u órbitas son dos profundas cavidades situadas superior y lateralmente a las cavidades nasales, entre la fosa craneal anterior y el macizo facial. Contienen el conjunto de las estructuras que forman el órgano de la visión. Cada una de las cavidades orbitarias presenta la forma de una pirámide cuadrangular de base anterior y vértice posterior. En la órbita se describen cuatro caras o paredes, cuatro ángulos o aristas, una base y un vértice. *Las paredes* se dividen en superior, inferior, medial y lateral.

5.1.1. Pared superior o techo de la órbita

La pared superior es triangular y está formada anteriormente por la porción orbitaria del hueso frontal y posteriormente por el ala menor del hueso esfenoides. En ella se encuentran: anterior y lateralmente, la fosa de la glándula lagrimal, anterior y medialmente, la fosita troclear, donde se fija la tróclea del músculo oblicuo superior, posteriormente, la sutura esfenofrontal, que articula el hueso frontal con el ala menor del hueso esfenoides.

La pared superior de la órbita es delgada, sobre todo en su parte media. El techo de la órbita se corresponde con la fosa craneal anterior, frecuentemente está ahuecado en su parte anteromedial por la porción orbitaria del seno frontal.

5.1.2. Pared inferior o suelo de la órbita

La pared inferior, también triangular.

Está constituida:

Anterior y medialmente, por la cara orbitaria de la apófisis cigomática del maxilar.

Anterior y lateralmente, por la cara medial de la apófisis frontal del hueso cigomático.

Posteriormente, por la vertiente superior de la superficie no articular de la apófisis orbitaria del hueso palatino.

En esta pared se encuentran:

Las 2 suturas que unen el maxilar con el hueso cigomático lateralmente y con la apófisis orbitaria del hueso palatino posteriormente el surco infraorbitario, que tiene continuación anteriormente con el conducto infraorbitario.

La pared inferior está formada, en la mayor parte de su extensión, por una lámina ósea muy delgada que separa la cavidad orbitaria del seno maxilar subyacente.

Pared medial; esta pared es muy delgada y frágil; es casi vertical y paralela al plano sagital, si bien se encuentran ligeramente inclinada inferior y lateralmente. Es cuadrilátera, casi rectangular y alargada de anterior a posterior. Está constituida, de anterior a posterior, por la apófisis frontal del maxilar, el hueso lagrimal, la lámina orbitaria del hueso etmoides y la parte anterior de la cara lateral del cuerpo del esfenoides. En la pared medial se encuentran:

A) Las 3 suturas verticales que unen las 4 piezas óseas de esta pared.

B) Anteriormente, el surco lagrimal y las crestas lagrimal anterior del maxilar y lagrimal posterior del lagrimal.

Este surco, casi vertical, está ligeramente inclinado lateral y posteriormente. La parte media del surco lagrimal está recorrida de superior a inferior por la sutura lagrimomaxilar, que une la apófisis frontal del maxilar con el borde anterior del hueso lagrimal. La pared medial de la órbita se relaciona con las cavidades nasales y sus cavidades anexas: las celdas etmoidales y el seno esfenoidal.

La pared lateral es la más gruesa y resistente de las 4. Es plana y triangular; está constituida en su tercio anterior de la apófisis frontal del hueso cigomático y en sus dos tercios posteriores por el ala mayor del esfenoides. Se aprecian en esta cara la sutura esfenocigomática y el orificio cigomático.

Ángulos o aristas

Las paredes de la cavidad orbitaria se continúan unas con otras, formando 4 aristas o también denominados ángulos de la órbita.

Son: superomedial, inferomedial, superolateral, inferolateral

Base

Tiene forma de cuadrilátero, mide aproximadamente 40 mm de ancho y 35 mm alto.

El plano se orienta anterior – medial e inferior.

El borde orbitario está constituido por:

- Superior = borde supraorbitario del hueso frontal
- Lateral = borde superomedial del hueso cigomático
- Inferior = borde superomedial (lateral) y el maxilar (medial)
- Medial = cresta lagrimal anterior

Vértice

Corresponde al extremo medial de la fisura orbitaria superior, aquí se encuentra un surco sobresaliente llamado tubérculo infraóptico. En el surco y en el tubérculo se inserta el anillo tendinoso común.

5.1.3. Anatomía vascular de la órbita

El ojo, como elemento del cuerpo humano, es un órgano par y simétrico. Está colocado en la cara anterior formando parte esencial del rostro, a cada lado de su línea media. Se alberga en la porción anterior de la cavidad orbitaria, debajo del cerebro, encima y por fuera de las fosas nasales.

Varios músculos que trabajan conjuntamente se encargan del movimiento del ojo, lo que permite mirar en diferentes direcciones sin mover la cabeza. Cada músculo del ojo es estimulado por un *nervio craneal* específico.

El nervio óptico (un nervio craneal), que transmite los impulsos desde la retina hasta el cerebro, así como otros nervios craneales, que transmiten impulsos a cada músculo del ojo, viajan a través de la órbita (la cavidad ósea que rodea al globo ocular).

La arteria oftálmica y la arteria central de la retina (una rama que proviene de la arteria oftálmica) suministran sangre a cada ojo.

De modo similar, las venas oftálmicas (venas del vórtice) y la vena central de la retina drenan la sangre del ojo. Estos vasos sanguíneos entran y salen por la parte posterior del ojo.

Pasos y canales de la cavidad orbitaria. Son básicamente nueve y aseguran las comunicaciones con las fosas nasales, la parte media de la base del cráneo y la fosa pterigoidea-palatina. Entre estos pasos y canales destacan: El conducto óptico, formando prácticamente el vértice de la pirámide cuadrangular que constituye la órbita en el ala menor del esfenoides. Por él pasa el nervio óptico (II nervio craneal), la arteria oftálmica y una rama ortosimpática destinada al globo ocular. La hendidura esfenoidal, o fisura orbitaria superior, que constituye gran parte del ángulo superior o externo de la órbita. Tiene la forma de una coma cuya parte ancha se encuentra en la parte inferior o interna. Está situada entre el ala mayor y el ala menor del esfenoides, y deja paso a:

- Los tres nervios motores del globo ocular: el nervio oculomotor común, el nervio troclear y el nervio oculomotor externo.
- Las ramas (lacrimal, frontal y nasal) del nervio oftálmico de Willis (rama superior del nervio trigémino que dan la sensibilidad de la órbita y el ojo.
- Una rama ortosimpática destinada al ganglio ciliar.
- Las venas oftálmicas superior e inferior.
- La arteria meníngea media, procedente de la carótida externa y una colateral.

La fisura orbitaria inferior o hendidura esfenomaxilar está situada en la parte posterior del ángulo inferoexterno de la cavidad. Pasan por ella dos ramas del nervio maxilar superior (rama media del trigémino) y del ganglio de Meckel, permitiendo a las fibras parasimpáticas llegar a la glándula lacrimal, al párpado, al músculo de Müller y a los senos etmoidal y frontal. La órbita presenta además dos conductos etmoidales, un conducto nasal para el canal lacrimal, una escotadura supraorbitaria, un conducto suborbitario y un conducto malar para el nervio maxilar superior.

5.1.4. Vías visuales aferentes

Los axones de las células ganglionares se unen en el punto ciego para abandonar la retina, formando el Nervio Óptico. En cada globo ocular, se hallan separadas las fibras de las dos hemirretinas, la nasal y la temporal, de manera que podemos considerar que, de cada ojo, parte un nervio óptico subdividido en dos haces de fibras

nerviosas, correspondientes a la hemirretina izquierda y a la hemirretina derecha. En el recorrido de las vías visuales nerviosas distinguiremos cuatro estructuras que nos servirán de puntos de referencia para clarificar este trayecto neural, a saber:

- La retina, con sus tres capas de espesor formadas por diferentes células (fotorreceptores, bipolares y ganglionares).
- El Quiasma óptico, lugar donde se unen el nervio óptico del ojo derecho y del ojo izquierdo y en el que se escinden las fibras de las hemirretinas nasal y temporal de un determinado ojo, que hasta aquí iban paralelas.
- El Núcleo Geniculado Lateral (NGL), uno de los numerosos núcleos del Tálamo, que se halla situado en la base del córtex. El Tálamo puede considerarse como una centralita, una estación de relevo por donde pasan todas las vías sensoriales (auditivas, táctiles, gustativas, etc., excepto las olfativas) y que se haya constituido por diversos núcleos.

Por otra parte, podemos diferenciar diferentes tramos en los nervios que constituyen el cableado del circuito neural visual (una especie de circuito integrado), básicamente son:

- Los Nervios ópticos (uno por cada ojo), que va desde el Punto ciego del globo ocular hasta el Quiasma óptico.
- Los Tractos ópticos (uno en cada hemisferio cerebral), que van desde el Quiasma óptico hasta los NGL's (izquierdo o derecho).
- Las Radiaciones ópticas (dos haces de fibras, uno por cada hemisferio cerebral), que van desde cada NGL hasta la respectiva área visual del correspondiente hemisferio cerebral (derecho o izquierdo).

Para comprender las vías neurales visuales, describiremos sucintamente el recorrido que sigue un estímulo luminoso. Éste atraviesa la córnea, humor acuoso, pupila, cristalino y humor vítreo, para llegar a la retina. En esta estructura, primero se encuentra con las células ganglionares (que no reaccionan directamente a la luz), después las células bipolares (que tampoco son sensibles a la luz) y, más atrás, los fotorreceptores (conos y bastones), los cuales translucen la energía lumínica en impulsos bioeléctricos. Estos impulsos (una determinada tasa de impulsos) son transmitidos a las células bipolares y de éstas a las células ganglionares, cuyos axones se reúnen para formar el Nervio óptico, el cual escapa del globo ocular por el Punto ciego (lugar en el que al proyectarse un pequeño estímulo no es visible, aunque

se rellena el vacío visual). Tampoco debe olvidarse que las células verticales de la retina se hallan interconexionadas lateralmente, mediante las células horizontales y las amacrinas. En el Nervio óptico de cada ojo, como se dijo, se hallan separadas las fibras correspondientes a las hemirretinas nasal y temporal. Cada uno de los dos nervios ópticos (seccionados en dos haces de fibras) llega hasta el Quiasma óptico, lugar donde se encuentran los Nervios ópticos de los dos ojos y se escinden las fibras correspondientes a las porciones de las hemirretinas nasal (interior) y temporal (exterior) de cada retina. Aquí (Quiasma óptico), las fibras temporales no se cruzan de hemisferio cerebral, mientras que las fibras nasales sí. De este modo, cada hemisferio cerebral poseerá información visual de los dos ojos (derecho e izquierdo). En consecuencia, las fibras de la porción izquierda de las dos retinas (una del ojo derecho y otra del izquierdo) se dirigen hacia el NGL izquierdo del Tálamo, en tanto que las fibras de la parte derecha de las dos retinas van hacia el NGL derecho del Tálamo.

5.1.5. Vías visuales eferentes

En el sistema nervioso, las neuronas o neurofibras eferentes (también conocidas como neuronas efectoras) transportan los impulsos nerviosos fuera del sistema nervioso central hacia efectores como los músculos o las glándulas (y también las células ciliadas del oído interno). Este término también se usa para describir las conexiones relativas entre las estructuras nerviosas (por ejemplo, la sinapsis de una neurona eferente proporciona input a otra neurona, y no viceversa). La actividad en sentido opuesto se denomina aferente.

Los nervios motores son nervios eferentes implicados en el control muscular. El cuerpo de la célula de la neurona eferente se conecta a un único y largo axón y diversas pequeñas dendritas que salen del propio cuerpo celular. Este axón luego forma una sinapsis neuromuscular con los efectores. El cuerpo celular de la motoneurona tiene forma de satélite. La motoneurona está presente en la materia gris de la médula espinal y el bulbo raquídeo, y crea un recorrido electroquímico hacia el órgano o músculo efector.

CAPÍTULO VI: LA RETINA

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí. ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dr. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Econ. Luis Alejandro Vallejo Valdivieso

6.1. Retina

La retina es la capa de tejido sensible a la luz que se encuentra en la parte posterior interna del ojo y actúa como la película en una cámara; las imágenes pasan a través del cristalino del ojo y son enfocadas en la retina. La retina convierte estas imágenes en señales eléctricas y las envía al cerebro a través del nervio óptico. Por tanto, es un órgano muy importante del globo ocular. La retina tiene la siguiente estructura. Las estructuras internas de la retina son: papila óptica: es el punto donde el nervio óptico entra en el globo ocular atravesando la esclerótica, la coroides y la retina, fovea: situado a unos 2,5m o 17º del borde temporal de la papila óptica, donde la superficie de la retina esta desprendida y regular, Ura Serrata: es el límite de la retina, existe una ura serrata nasal y una ura serrata lateral o temporal.

Las zonas internas de la retina constan de: 1) retina central: es la porción de la retina que rodea a la fovea y donde se produce la mayor fotorrecepción, 2) retina periférica: esta zona tiene menos capacidad de fotorrecepción por poseer menor número de conos y bastones.

Las capas internas de la retina son: epitelio pigmentoso de la retina, capa de células fotorreceptoras, capa limitante externa, capa nodosa o granular externa, capa plexiforme externa, capa nuclear o granular interna, capa plexiforme interna, capa de células ganglionares, capa de fibras nerviosas, capa limitante interna

Las células de la retina son: *pigmentados* (metabolismo de fotorreceptores), *neuronas* (células de fotorreceptores, células bipolares de la Retina, células amacrinas, células

horizontales, células ganglionares de la retina), células de sostén (astrocitos, células de Muller).

6.1.1. Función nerviosa de la retina

El ojo es un órgano capaz de detectar estímulos lumínicos y transformarlos e impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro e interpretados como imágenes. Las cuales reaccionan a estos estímulos se denominan foto receptores, un tipo de neurona altamente especializada

Las células fotorreceptoras se sitúan en la retina, en la superficie de ella. Los bastones son más numerosos y más sensibles a la luz, pero no son sensibles al color. Los conos, por el contrario, son menos numerosos, se concentran en la fóvea y son menos sensibles a la luz (necesitan mayor intensidad) pero detectan el color, fotorreceptores: Conos y Bastones.

Estructura de la retina y células receptoras

Los conos y bastones tienen una estructura básica similar en la que pueden distinguirse 4 zonas:

- Cuerpo sináptico: es el axón neuronal que hace. Sinapsis con las células bipolares.
- Cuerpo celular: zona donde se sitúa el núcleo de la célula.
- Segmento interno: zona especializada en la producción de energía; cuenta con numerosas mitocondrias.
- Segmento externo: es la parte de la célula que absorbe los estímulos luminosos. Se considera alio modificados y en su membrana, dispuesta en discos, se insertan moléculas de opsinas, la proteína fotosensible que ocupa la luz.

Las Diferencias claves entre conos y bastones:

Bastones:

- Visión isotópica (baja iluminación).
- Muy sensibles, tienen más cantidad de opsinas, capaces de detectar baja intensidad de la luz.
- Respuesta lenta; no se adaptan tan rápido como los conos a cambios de luz.
- La pérdida de bastones o su función causa ceguera nocturna.

Conos:

- Visión fotópica (alta luminosidad).
- No muy sensibles, necesitan mayor intensidad luminosa que los bastones.
- Respuesta rápida, pueden percibir cambios de estímulos más rápidos.
- La pérdida de conos o su función produce discapacidad visual o ceguera.

6.1.1.1. Fotoquímica de la visión

La luz que entra al ojo pasa por la córnea, luego atraviesa el humor acuoso y entra al cristalino por la pupila, de allí los rayos pasan por el humor vítreo e inciden sobre la retina. Consta de células fotorreceptoras (conos y bastones) y de gran variedad de otras células nerviosas.

Células bipolares: se conectan con las terminaciones simpáticas de los fotorreceptores y transmiten las señales hacia las células ganglionares.

Células ganglionares: su axón se sitúa a nivel de la capa de las fibras del nervio óptico y solo se mieliniza a nivel del nervio óptico, por fuera del globo ocular.

Células horizontales: existen 3 tipos de estas células:

1. No poseen axón y contactan preferentemente con conos rojos y verdes y también azules.
2. Con axón, contactan conos azules y también otros conos a nivel de sus estructuras dendríticas.
3. Semejantes a las células 2, aunque de mayor tamaño y evitan cualquier cono azul.

Células amacrinas: presentan un cuerpo celular situado en la capa nuclear interna y unas prolongaciones que se extienden por la capa plexiforme interna.

La adaptación a la luz, a la oscuridad y los elementos anatómicos y funcionales que intervienen. Existe un fenómeno visual ampliamente investigado, que conocemos como adaptación a la oscuridad. Veamos lo que ocurre en este, proceso y su fenómeno complementario, la adaptación a la luz. Si pasamos de un lugar oscuro a otro luminoso, adaptación a la luz se producen los siguientes cambios: la pupila se contrae, siendo un diámetro inversamente proporcional a la intensidad luminosa, actuando el denominado reflejo pupilar. La retina eleva su umbral de excitabilidad, es

decir, se requiere mayor intensidad luminosa para que se pueda detectar un cambio de esta, en otras palabras, puesto que el umbral de excitación se halla inversamente relacionado con la sensibilidad. Una de las principales funciones es la adaptación a la oscuridad de los conos en más rápida que la de los bastones porque se regenera más rápidamente, el pigmento visual de los conos que de los bastones. Este proceso de regeneración de los pigmentos fue investigado por Wold (1968) y, primeramente, Rushton (1961).

6.1.1.2. Epíteto pigmentario de la retina

Formada por células cubicas con núcleo ovalado y granulo de melanina en su citoplasma tiene múltiples vellosidades que albergan la porción externa de conos y botones. La estructura de la capa pigmentaria externa es relativamente sencilla en comparación con la de la retina neurosensorial.

El EPR está formado por una mono capa de células hexagonales, que extienden en dirección anterior desde la pupila óptica hasta la órbita directa, donde se fusiona con el epitelio pigmentario del cuerpo ciliar.

Su estructura es engañosamente sencilla si se consideran sus múltiples funciones: metabolismo de la vitamina A, mantenimiento de la barrera hematorretiniana externa de los fotorreceptores, absorción de la luz, intercambio calórico, formación de la membrana basal, producción de la matriz de monopolisacárido que rodea a los segmentos externos, transporte activo de materiales hacia el EPR.

6.1.1.3. Aspectos generales sobre la retina

La retina se ubica entre los coroides y el cuerpo vítreo. Se divide en dos porciones y el epitelio pigmentario retinal (proximal a la coroides) y la retina neurosensorial (próximo al vítreo). En la retina neurosensorial, se encuentra los fotorreceptores, las células ganglionares, interneuronas (células amachinas y horizontales) y células gliales

6.1.1.4. Construcción anatómica de la retina

La retina está formada por capas las cuales son: epitelio pigmentario de la retina, segmentos internos y externos de conos y bastones, membrana limitante externa, capas neuro externa, capa peniforme externa, capas núcleo interna, capa plexiforme interna. El proceso de la visión, la imagen llega a la retina y es allí donde se activan las células sensoriales que son los que transforma la luz en impulso nervioso. Para esto se da procesos conocidos la fotoquímica y foto transducción.

6.1.1.5. La fotoquímica

Es un estudio las transformaciones químicas provocadas o catalizadas por la emisión o absorción de la luz visible y radiación ultravioleta.

6.1.1.6. La foto transducción

Es el proceso a través de la cual la información captada fotorreceptores se convierte en señal eléctrica y luego se manda al cerebro, cuando el fotón llega a la retina debe ser absorbida por el fotorreceptor la señal será complicada para que sea plenamente efectiva. Se da en los discos del segmento externo de los fotorreceptores. La amplificación de la señal se produce en 2 etapas:

- 1) La primera cuando la rasiopsina catalizan la activación de la transducida, ya que por una molécula de rodopsina se activan 500 de traducida.
- 2) La segunda etapa de la amplificación se da en la hidrolisis del CGMP segundo mensajero en las rutas de transducción de la señal.

6.1.2. Fase de recuperación o adaptación

- La rodopsina quinasa y la arrestina desactivan la rodopsina excitada inicialmente.
- La transducida se vuelve inactiva al pasar a la forma alfa-GDP.
- Se genera CGMP a partir de GTP.

La CGMP monofosfato cíclico es un segundo mensajero intracelular esencial para el correcto funcionamiento del organismo, se sintetiza mediante la acción del grupo de enzima de guanilato ciclasa (GC), son enzimas activadas por óxido nítrico (NO), es muy importante en el desarrollo cerebral. GTMP Acrónimo de la guanosina trifosfato, un nucleótido compuesto por ribosa, guanina y un grupo trifosfato. Tiene, al igual que otros nucleótidos trifosfato, una función energética en el metabolismo celular.

Células bipolares: las células bipolares conector con las terminaciones sinópticas de las fotorreceptoras y transmiten las señales hacia las células ganglionares. Presentan un cuerpo celular situado en la capa nuclear interna desde donde parten una expansión externa

Células ganglionares: poseen un cuerpo celular voluminoso y ramificaciones céntricas que forman sinopsis a nivel de la plexiforme interna con las terminaciones de las células bipolares y amachinas.

Células horizontales: Las células horizontales de tipo I no poseen axón, contactan preferentemente con conos azules, pero también con otros conos a nivel de las terminaciones detriticas y únicamente con conos azules. Las células horizontales de tipo II son semejantes a la anterior, aunque mayor tamaño.

Células apocrinas: estas células presentan un cuerpo celular situado en la capa nuclear interna y unas prolongaciones que se extienden por la capa plexiforme interna de otras células apocrinas.

Células Inter plexiformes: reciben interferencias sinópticas desde la plexiforme interna y mandan su referencia hacia el plexiforme externo.

6.1.3. Proyecciones de la retina

La retina es una porción del sistema nervioso central que se desarrolla a partir del diencefalo embrionario. Es la membrana fotosensible del ojo. Su función es recibir las señales luminosas procedentes del objeto externo para después transformarlas e impulsos nerviosos que son enviados al encéfalo a través del nervio óptico. Las proyecciones de los rayos luminosos procedentes de un objeto externo penetran en el ojo a través de la córnea, atraviesan la pupila y son enfocados por el cristalino sobre la retina, donde se forma una imagen invertida que posteriormente es interpretado por el cerebro en su posición original.

Campo visual

Se refiere al área en la cual los objetos se pueden ver en la visión lateral (periférica) mientras usted enfoca los ojos en una parte central

Estructura del campo visual

El campo visual de cada individuo puede apreciarse los objetos ubicados en el espacio, unos detrás de los otros, algunos pequeños y otros grandes, se diferencian las calidades superficiales más definidas o menos definidas dependiendo de su distancia y se percibe la calidad de los colores.

Pérdida del campo visual

La pérdida del campo visual puede ocurrir debido a enfermedades o desordenes del ojo, que afecten el nervio óptico o cerebro. Se consideran 4 tipos de defectos del campo: defectos, altitudinales, pérdida de visión arriba o debajo de la horizontal, relacionadas con anomalías oculares.

6.1.4. Estesiología del sistema visual.

El conocimiento adecuado de los mecanismos fisiológicos básicos del ojo y la visión permite conocer y comprender enfermedades oculares, métodos de diagnóstico, procedimientos terapéuticos y hasta técnicas quirúrgicas. Básicamente el ojo está constituido por tres capas:

La mayor parte de la cubierta externa es la esclerótica. Esta túnica conectiva resistente, rígida y opaca evita la deformación del globo ocular y es la estructura sobre la que se insertan los músculos extraoculares. En la parte anterior del ojo la esclerótica es reemplazada por una cubierta transparente denominada córnea. La unión entre la córnea y la esclerótica se denomina limbo. En el interior del globo ocular se encuentra una túnica vascular pigmentada, que en la parte posterior del ojo constituye la coroides y hacia anterior se engrosa para formar el cuerpo ciliar y el iris. El iris rodea una abertura de diámetro regulable, la pupila. Las coroides contiene una capa receptora denominada tapetum, estructura responsable del brillo de los ojos de los animales cuando se les dirige una luz en la oscuridad. El iris establece la cantidad de luz que ha de penetrar en el globo ocular regulando el tamaño de la abertura pupilar. Las fibras musculares responsables de esta acción están dispuestas de dos formas: rodeando la pupila, esfínter de la misma, y radialmente, formando el músculo dilatador. La capa más interna o retina reviste las coroides y contiene las células foto receptoras (conos y bastones). La retina es la túnica nerviosa del ojo y es sensible a la luz. Está conectada con el encéfalo por el nervio óptico. Embriológicamente, la retina es en realidad una parte del encéfalo, y el nervio óptico, un haz cerebral. Finalmente, el cristalino es una masa transparente y biconvexa, suspendida del cuerpo ciliar por las fibras radiales de la zónula de Zinn. Su función se basa en la acomodación ocular, proceso por el cual el ojo cambia su distancia focal (ver apartado Acomodación ocular).

De este modo, los ojos constituyen unos completos órganos sensoriales que son básicamente una extensión del cerebro con una capa de receptores, un sistema de lentes para enfocar o concentrar la imagen y un sistema de axones para transmitir los potenciales de acción hasta el cerebro.

La visión es un proceso complejo que puede ser dividido en tres partes bien definidas: una parte óptica que incluye el proceso físico por el cual la luz atraviesa los diferentes medios transparentes y refringentes del ojo hasta estimular los foto receptores de la retina, una parte química que comprende todas las reacciones bioquímicas producidas en la retina y que constituye el proceso denominado foto transducción y una parte neurológica que involucra los procesos de conducción neurológica por

la vía visual y la formación final de la imagen en la corteza cerebral. Para un mejor entendimiento de este proceso denominado visión.

6.1.5. Nervio óptico

Nervio ubicado en la parte posterior del ojo, que se conecta con el cerebro. El nervio óptico es el encargado de enviar las señales que perciben el ojo hasta nuestro cerebro. El cerebro se encargará después de interpretar esas señales procedentes de estímulos extremos para conformar la imagen mental de aquella que estamos viendo. El nervio óptico está compuesto por aproximadamente 1,2 millones axones, procedentes de las células ganglionares de la retina, que asumen un ramillete en la parte más posterior del globo ocular. Las porciones del nervio óptico son; porción intraorbitaria, porción intracanalicular, porción intracraneal.

Porción intraorbitaria: Cavidades situadas a ambos lados de la línea media de la cara destinadas a alojar los globos oculares y sus anexos. Las estructuras óseas que la delimitan se denominan orbitas y de fuera adentro. Su profundidad entre individuos desde los 42 a los 50 mm, su anchura en la base es en el promedio de 40 mm, y su altura de unos 35 mm.

Porción intracanalicular: se caracteriza por la proliferación de tejido conectivo fibroso menos denso dentro de la luz de los conductos y al crecer toma un aspecto poliploide o folia cero que reduce la luz del conducto, mostrando generalmente una degeneración mucoide o mixomatosis en el componente conjuntivo. Dentro del canal óptico con una longitud de 4 a 10 mm el nervio atraviesa el foramen óptico acompañado por la arteria oftálmica.

Porción intracraneal: la parte intracraneal, el segmento v4 (intradural) de la arteria vertebral se entiende desde la duramadre hasta su confluencia con la arteria vertebral contralateral para formar la arteria basilar.

Perdura la duramadre e inclina medialmente hacia el frente del bulbo raquídeo, se coloca entre el nervio hipogloso y la raíz anterior del primer nervio cervical y del ojo de la primera digitación del ligamento denticulatus. Mide de 10 a 12 mm, en este segmento el nervio está situado sobre la tienda de la hipófisis y sobre el canal óptico del esfenoides.

6.1.6. Vías nerviosas ópticas

A través de las vías ópticas, los ojos transmiten la información al cerebro. La luz provoca en los fotorreceptores (conos y bastones) una reacción química que

convierte las imágenes recibidas en impulsos eléctricos. Las vías ópticas transmiten los impulsos nerviosos desde la retina hasta la corteza cerebral, a través del nervio óptico, constituido por las fibras nerviosas de las células fotosensibles de la retina, estableciéndose una red de fibras nerviosas que, a través de las coroides y la esclerótica, salen del globo ocular en dirección al cerebro. Ambos nervios ópticos van hacia el cráneo. La mitad de las fibras de cada nervio óptico pasa al otro lado, formando como un puente nervioso llamado quiasma. Las fibras no cruzadas junto con las del otro lado, forman un nuevo cordón (cintilla óptica) que continúa su camino hasta llegar al área visual del lóbulo occipital del cerebro, donde los impulsos visuales se transforman en imagen.

6.1.7. El globo ocular

El globo ocular se aloja en la órbita que es una cavidad ósea constituida por siete huesos. Esta inervado por el nervio óptico (par II) que se introduce en el cráneo. Está rodeado por músculos extrínsecos, nervios, vasos sanguíneos y la glándula lacrimal. En la parte interna de la cavidad orbitaria se encuentran los conductos lagrimo-nasales que comunican la órbita con la fosa nasal. Las 5/6 partes del globo se alojan en la cavidad orbital y solo una 1/6 parte está expuesta al exterior en contacto con los párpados.

El globo ocular está conformado por capas las cuales son: *esclerótica* es la capa externa en continuidad con la córnea. Es el blanco de los ojos. Tiene como misión proteger el ojo y sus capas internas, contiene la conjuntiva; *coroides* es la capa media vascular. Termina en la parte anterior del cuerpo ciliar. Contiene plexos nerviosos y capilares responsables de la nutrición de la retina; *la retina* es una capa interna donde se sitúan las neuronas especializadas en captar las señales luminosas (conos y bastones). Es una membrana muy fina. Está en contacto con las coroides y el humor vítreo. Esta inervada por el nervio óptico. Es irrigada a través de la arteria central de la retina. Tiene dos capas:

- 1) Una capa externa formada por el iris.
- 2) Una capa interna formada de neuronas fotorreceptoras que se excitan con la luz.

Estas neuronas son los conos (especializados en la visión diurna) y los bastones (especializados en la visión nocturna).

En la retina, además, se encuentra: la papila óptica, es de donde sale el nervio óptico. No es sensible a la luz, por lo que se utiliza como zona de exploración. En la papila óptica no existen ni conos, ni bastones. La fovea central. Es la zona donde existe una mayor concentración de conos. En su interior se encuentra la macula óptica que es centro de mayor agudeza visual.

Vallejo Valdivieso, P. A., Zambrano Pincay, G. H., Vallejo Pilligua, P. Y., Vallejo Valdivieso, N. K.,
Bravo Cedeño, G. M., Vallejo Valdivieso, L. A., Moya Martínez, M. E.

CAPÍTULO VII: EL OJO: SISTEMA ÓPTICO

Dr. Patricio Alfredo Vallejo Valdivieso

Docente de la facultad de Ciencias de la Universidad Técnica de Manabí, ex Docente de la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Dra. Nívea Katherine Vallejo Valdivieso

Especialista en Dermatología, I.E.S.S Manta.

Magister Graciela Zambrano Pincay

Universidad Autónoma de Barcelona, Licenciada en Educación Inicial en la Universidad Particular San Gregorio de Portoviejo.

Econ. Luis Alejandro Vallejo Valdivieso

Gelen Melissa Bravo Cedeño

Universidad Técnica de Manabí.

Patricio Yosué Vallejo Pilligua

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí).

Magister María Elena Moya Martínez

Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Manabí). Coordinadora de Posgrados.

El sistema visual es el sistema sensorial más complejo, el ojo es el órgano especializado en captar los estímulos luminosos del medio que nos rodea.

7.1. Anatomía del ojo humano

7.1.1. División macroscópica y su división funcional

La *pupila* es el orificio natural del iris, que es la capa interna que da el color a los ojos. Se comporta como un mecanismo de diafragma, regulando la intensidad de la luz entrante: con mucha luz se hace pequeña y con poca luz se agranda. *El iris* es opaco y pigmentado, es la parte coloreada del ojo, contiene fibras musculares circulares constrictoras y fibras radiales dilatadoras de la pupila. La *cornea* es una estructura del ojo que permite el paso de la luz desde el exterior al interior del ojo y protege el iris y el cristalino. Posee propiedades ópticas de refracción y para garantizar su función debe ser transparente y es necesario que mantenga una curvatura adecuada. La *esclerótica* es el recubrimiento exterior blanco del ojo. Se trata de un tejido que va desde la córnea hasta el nervio óptico, la función de la esclerótica es la de dar forma al ojo y ser la estructura que protege sus elementos internos. El *humor acuoso* es un líquido incoloro que se encuentra en la cámara anterior del ojo. Sirve para nutrir y oxigenar las estructuras del globo ocular que no tiene aporte sanguíneo, como la córnea y el cristalino. La función del *cristalino* es la de desviar los rayos de luz para conseguir formar una imagen nítida sobre la retina con independencia de la distancia

a la que se encuentra el objeto que desea verse. Es decir, la función de acomodación para adaptar la visión del ojo a distintas distancias. El *humor vítreo* es un líquido gelatinoso y transparente que rellena el espacio comprendido entre la superficie interna de la retina y la cara posterior del cristalino, contribuye a mantener la forma del ojo y conseguir una superficie de la retina uniforme para que la recepción de las imágenes sea nítida.

La acomodación es un proceso activo de los músculos ciliares, este ayuda a enfocar la imagen en la retina y la curvatura del cristalino cambia para permitir al ojo enfocar los objetos cercanos. En reposo el cuerpo ciliar esta relajado, los ligamentos de suspensión están tensos y el cristalino, que es maleable y elástico, se aplana. Si se acerca el objeto, el musculo ciliar se contrae, se relajan los ligamentos y el cristalino se hace más convexo aumentando su poder de refracción.

7.1.2. Errores de refracción

Los errores de refracción son trastornos oculares muy comunes, en los que el ojo no puede enfocar claramente las imágenes. El resultado es la visión borrosa, que a veces resulta tan grave que causa discapacidad visual. En el que un oculista puede diagnosticar los errores de refracción durante un examen completo de los ojos con dilatación de las pupilas. Muchas veces, las personas con errores de refracción van a un oculista con quejas de incomodidad visual o visión borrosa. Sin embargo, algunas personas no saben que no ven tan claramente cómo podrían ver. Los problemas de refracción, se pueden corregir los errores con anteojos, lentes de contacto o cirugía.

Hay tres errores de refracción más comunes que son la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo.

7.1.2.1. La miopía

El órgano de la visión es uno de los más importantes en la vida de relación a través del cual se reciben aproximadamente el 80 % de las impresiones que llegan al ser humano. La miopía provoca una disminución de la función visual, por ello necesita adecuada atención y constituye parte importante del trabajo del oftalmólogo. Se habla de miopía o se dice que una persona es corta de vista cuando la imagen de los objetos distantes es enfocada delante de la retina en un ojo que no acomoda. A menudo la miopía es una afección hereditaria consecutiva a una enfermedad del ojo durante la infancia, en la que además de la distensión mecánica de los tejidos intervienen factores que conllevan a degeneración de las estructuras del ojo. A veces la visita al oftalmólogo de estos pacientes se reduce a una corrección óptica, sin

embargo, esto no basta, pues no se trata de un simple defecto refractivo sino de algo más complejo en el que el defecto óptico es uno más de sus síntomas donde las lesiones degenerativas pueden predisponer al desprendimiento de retina y otras alteraciones que comprometen la visión.

Por ello se propuso presentar un estudio en el que se caracteriza el estado de la retina periférica y de polo posterior; se determinó según las lesiones encontradas la prevalencia en relación con los grupos de edades y el sexo así como el defecto refractivo; se estableció el orden de frecuencia de las lesiones encontradas relacionando estas con la periodicidad con que los pacientes motivos de estudio se revisaban la retina, determinando de este modo aquellas sugestivas de tratamiento y el empleado en estas. Considerando esto de importancia para el pronóstico visual de estos pacientes, así como por las consecuencias que se derivan de las alteraciones encontradas, se decidió realizar este trabajo.

Entre los signos y síntomas comunes tenemos; dolores de cabeza, fatiga visual, entrecerrar los ojos para ver, dificultad para ver objetos lejanos, como señales en la autopista. La retina y la coroides son estructuras ricamente vascularizadas por lo que pueden ser colonizadas por gérmenes a través de la vía hematógica en el curso de una enfermedad infecciosa sistémica.

Los gérmenes responsables de este tipo de infección pueden ser hongos, virus, bacterias y parásitos. Entre estas colonizaciones destaca por su frecuencia la candidiasis ocular, que se puede manifestar como una endoftalmitis de curso lento y larvado. El presunto síndrome de histoplasmosis ocular, aun siendo infrecuente en nuestro medio, es una causa importante de neovascularización coroidea.

Los virus que con más frecuencia afectan la retina son del tipo herpes pudiendo producir un cuadro devastador en pacientes inmunocompetentes denominado síndrome de necrosis retiniana aguda. La retinitis por citomegalovirus es más frecuente en pacientes inmunodeprimidos como es el caso del SIDA, pero también se debe tener en cuenta en pacientes con linfoma y tratamiento inmunomodulador. Las enfermedades bacterianas más frecuentes que afectan la retina son la sífilis y la tuberculosis. La enfermedad por arañazo de gato, causada por una borrelia, puede producir una neuroretinitis. La toxoplasmosis es la enfermedad infecciosa de origen parasitario más frecuente y causa una coriorretinitis. La toxocariasis también causada por un parásito es la segunda más importante dando lugar a granulomas coroideos y tracciones retinianas.

7.1.2.2. Hipermetropía

La hipermetropía, es un tipo de error de refracción común donde se puede ver los objetos distantes con mayor claridad que los objetos cercanos. Sin embargo, las personas experimentan la hipermetropía de formas diferentes. Puede que algunas personas no noten ningún problema con su visión, especialmente cuando son jóvenes. Mientras para las personas con una hipermetropía considerable, la visión puede ser borrosa para ver objetos a cualquier distancia, sea de cerca o de lejos. La córnea y el cristalino desvían (refractan) los rayos de luz que vienen entrando para que se enfoquen con precisión sobre la retina en la parte posterior del ojo.

La hipermetropía ocurre en ojos que enfocan las imágenes detrás de la retina en lugar de hacerlo sobre la retina. Esto puede resultar en una visión borrosa. Ocurre cuando el globo ocular es demasiado corto, lo que evita que la luz que viene entrando se enfoque directamente sobre la retina. También puede ocurrir cuando la córnea o el cristalino tienen forma anormal. La hipermetropía puede afectar tanto a los niños como a los adultos. Afecta alrededor del 5-10% de las personas en los Estados Unidos. Las personas cuyos padres tienen la hipermetropía pueden tener más probabilidades de sufrir dicha condición.

Los síntomas de la hipermetropía varían de una persona a otra. Algunos signos y síntomas comunes de hipermetropía incluyen; dolores de cabeza, fatiga visual, entrecerrar los ojos para ver y visión borrosa, especialmente para objetos cercanos. La hipermetropía se puede corregir con anteojos, lentes de contacto o cirugía. Los anteojos la forma más simple y segura de corregir la hipermetropía. Los lentes de contacto funcionan al convertirse en la primera superficie de refracción para los rayos de luz que entran al ojo. Esto resulta en una refracción o un enfoque más preciso. En muchos casos, los lentes de contacto brindan una visión más clara, un campo de visión más amplio y mayor comodidad. Son una opción segura y eficaz si se ajustan y se usan de manera correcta. Sin embargo, los lentes de contacto no son la mejor opción para todas las personas. Si sufre ciertas condiciones de los ojos, es posible que no pueda usar lentes de contacto.

La cirugía refractiva tiene el propósito de cambiar de manera permanente la forma de la córnea para mejorar la visión refractiva. La cirugía puede disminuir o eliminar la necesidad de usar anteojos y lentes de contacto. Existen muchos tipos de cirugías refractivas. Se debe discutir las opciones de cirugías con un oculista.

7.1.2.3. Astigmatismo

Es un trastorno en que el ojo no enfoca la luz de forma pareja sobre la retina, el tejido sensible a la luz en la parte posterior del ojo. Esto ocurre cuando la luz se desvía de manera diferente, dependiendo del lugar donde impacte en la córnea, y pasa a través del globo ocular. La córnea de un ojo normal tiene una curvatura es igual de redonda en todas las áreas. Un ojo con astigmatismo tiene una córnea con una curvatura similar a la de una pelota de fútbol americano. Tiene algunas áreas más inclinadas o más redondeadas que otras. Esto puede causar que las imágenes se vean borrosas o alargadas. Este trastorno puede afectar tanto a los niños como a los adultos. Algunos pacientes con astigmatismo leve no notarán cambios grandes en su visión. Es importante hacer exámenes de los ojos con regularidad para detectar cualquier astigmatismo temprano en los niños. Los signos y síntomas comunes son; dolores de cabeza, fatiga visual, entrecerrar los ojos para ver, visión distorsionada o borrosa a cualquier distancia, dificultad para manejar por la noche.

Es posible tener un astigmatismo leve y no saberlo. Esto es especialmente cierto para los niños que no son conscientes de que su visión es distinta a la normal. Algunos adultos también pueden tener un astigmatismo leve sin presentar síntoma alguno. Es importante hacerse exámenes completos de los ojos con dilatación de las pupilas para asegurarse de que su visión es óptima.

El astigmatismo se puede corregir con anteojos, lentes de contacto o cirugía. El estilo de vida de cada persona afecta el modo en que se trata el astigmatismo. La cirugía refractiva tiene el propósito de cambiar de manera permanente la forma de la córnea. Este cambio en la forma del ojo restablece la capacidad de enfocar del ojo. Pues permite que los rayos de luz se enfoquen con precisión sobre la retina para una visión mejorada. Existen muchos tipos de cirugías refractivas. Su oculista puede ayudarlo a decidir si la cirugía es una opción para usted.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alm, A., y Kaufman, P. (2004). *Fisiología del ojo*. España: ELSEIVER.

Bakken, S.M., Dorman, M., y Ferraro, F. M. (2011). Anatomía Aplicada de las Estructuras Neurovasculares de la Base del Cráneo. *Revista Argentina de Anatomía*, 2(4), 112 – 117.

Embriología Ocular 1.2 Cuerpo ciliar, Iris y cristalino. (2017). Recuperado de: <https://desarrollodelojo.blogspot.com/2017/03/desarrollo-ocular-cuerpo-ciliar-iris-y.html>

Jorge A. (2008). Estado de la retina en pacientes miopes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 37(3). La Habana.

Langard, R., y Cuello, L. (2007). *Nervio abducens: estudio microanatomico*. Argentina.

Michael, R., y Joseph. E. (2008). *Netter neuroanatomia esencial. Nervio abducens*. Barcelona, España: ELSEVIER.

Michel, L., y Alfredo, R. L. (2003). *Anatomía Humana*. (4ª ed.). Tomo 1. Editorial Panamericana.

Pérez de Arcelus, M., Salinas, A., y García Layana, A. (2008). Manifestaciones retinianas de las enfermedades infecciosas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 31(supl.3).

Rouviere, H. (1987). *Anatomía Humana: Descriptiva, topográfica y funcional*. (9ª ed.). Barcelona, España: ELSEVIER.

Snell, R. S. (2010). *Neuroanatomía clínica*. España: Lippincott Williams and Wilkins. Wolters Kluwer Health.

Valdearenas Martín, M. D. (s.f.). Embriología del ojo. Recuperado de: https://oftalmologia.eloculista.es/index.php?option=com_k2

Medicina y Salud

