

FUNDAMENTOS DE NEUROPSICOLOGÍA

BASES BIOLÓGICAS DE LA CONDUCTA

Mireya Frausto Rojas



ÍNDICE

Introducción	11
CAPÍTULO 1. Sistema nervioso autónomo	13
Embriogénesis del sistema nervioso autónomo	15
Sistema simpático	18
Sistema parasimpático	27
Arcos reflejos autónomos	30
CAPÍTULO 2. Sistemas sensoriales	35
Receptores nerviosos	36
Sistema límbico	41
Sistema visual	59
Sistema auditivo	62
CAPÍTULO 3. Bases biológicas de la conducta	67
Bases psicofisiológicas del ritmo sueño-vigilia	68
Bases psicofisiológicas de la atención	77
Bases psicofisiológicas del aprendizaje y la memoria	78
Bases psicofisiológicas del lenguaje	84
Bases psicofisiológicas de la agresividad	85
Bases psicofisiológicas de la sensopercepción	89
Bases psicofisiológicas de la motivación y la emoción	93
CAPÍTULO 4. Alteraciones en el sistema nervioso	111
Trastornos del sistema nervioso	112
Enfermedades sistémicas	117

Trastornos metabólicos	122
Trastornos hidroelectrolíticos	123
Trastornos de la termorregulación	124
Alteraciones tóxico-metabólicas	125
Alteraciones inflamatorias	126
Alteraciones del ciclo sueño-vigilia	127
Infecciones agudas del sistema nervioso central	131
Trastornos neurológicos	139
 Glosario	 209
 Bibliografía	 235
 Acerca de la autora	 251

CAPÍTULO 2

Sistemas sensoriales

El desarrollo de los sistemas sensoriales ha proporcionado a los organismos la posibilidad de obtener información acerca de las condiciones ambientales y, por lo tanto, de responder de manera adecuada.

Hay una gran variedad de estructuras cuya función consiste en convertir la energía de un estímulo en una señal eléctrica, lo cual permite que el organismo conozca qué, cuándo, dónde y cuánto sucede. La frecuencia de disparo de una neurona sensorial proporciona información sobre tiempo e intensidad del estímulo.

La forma como está interconectada dicha neurona codifica la localización del estímulo y su modalidad. Los errores en la transmisión de la información se minimizan porque los mapas de parches o PA son señales digitales y la información se codifica en el promedio de disparo y la actividad concertada de un grupo de neuronas (el sistema nervioso es redundante). La región de una superficie sensorial que, cuando es estimulada, provoca que responda una célula, es el campo sensorial. En los sistemas sensoriales, las neuronas proximales tienen campos sensoriales mayores que las distales, debido a fenómenos de convergencia de células distales hacia proximales.

Las vías sensoriales se organizan anatómicamente, de manera que la información acerca de la localización de un estímulo en un espacio sensorial se conserva, en consecuencia, muchas estructuras del cerebro contienen mapas ordenados del espacio sensorial.

Existen tres categorías de mapas:

- a) Mapas discreros: son representaciones detalladas de la superficie sensorial, aunque el área se muestra distorsionada y refleja la presencia de interacciones locales grandes.

- b) Mapas de parches (PA): tienen discontinuidades que distorsionan las relaciones anatómicas y representan interacciones entre distintas partes del cuerpo.
- c) Mapas difusos: no están ordenados según las propiedades de las sensaciones.

Los receptores sensoriales se pueden clasificar de acuerdo con su localización o el tipo de estímulo al que responden.

RECEPTORES NERVIOSOS

Los receptores o terminaciones nerviosas envían de forma continua impulsos hacia el sistema nervioso central y hay tres tipos de ellos:

- a) Exteroceptores: sensibles al dolor, la temperatura, el tacto y la presión y, en general, a cualquier estímulo que provenga del exterior pero que se encuentra en contacto con el cuerpo.
- b) Interoceptores: reaccionan a cambios en el medio interno.
- c) Propioceptores: responden a variaciones en el movimiento, posición y tensión y suelen estar localizados en los músculos. Estos impulsos finalizan, en algunos casos, en la médula espinal y, en la mayoría, en áreas especiales del cerebro, de la misma forma que los receptores especiales de la visión, la audición, el olfato y el gusto.

Una vía neural recibe la señal de una sola clase de receptor; la intensidad del estímulo depende en parte del número de neuronas que se activan; por su parte, un estímulo es un cambio ambiental capaz de desencadenar una respuesta determinada por un organismo. La diferencia reside en la capacidad para percibir diferentes intensidades del estímulo y el nivel mínimo para desencadenar la respuesta es el umbral del estímulo. El estímulo hace reaccionar al receptor y provoca una alteración.

Receptores sensoriales cutáneos

Los receptores sensoriales responden al estímulo con cambios en el potencial de membrana, el potencial de receptor. En vertebrados es una despolarización en todos los receptores, excepto en los fotorreceptores (se hiper-

Cuadro 3. Receptores sensoriales clasificados por localización

<i>Localización</i>	<i>Receptor/órgano</i>	<i>Sentido</i>
exteroceptores especiales	retina	vista
	cóclea	oído
	epitelio olfativo	olfato
	epitelio gustativo	gusto
	oído interno vestibular	balance o equilibrio
superficiales	mecanorreceptores y termorreceptores cutáneos	tecto, temperatura y dolor
propioceptores profundos	mecanorreceptores de músculos y articulaciones	posición del cuerpo y movimiento

Cuadro 4. Receptores sensoriales clasificados por naturaleza del estímulo

<i>Receptor</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Sentido</i>
fotorreceptores	luz	vista
mecanorreceptores	fuerza mecánica	oído, balance, tacto, propiocepción y estiramiento visceral
termorreceptores	calor	tacto
quimiorreceptores	diversas moléculas	olfato y gusto

polarizan) y en las células pilosas del oído interno (presentan cambios de ambas polaridades). Los potenciales de receptor son pequeños en amplitud y análogos, se conducen de forma pasiva y decaen en tiempo y distancia.

Los receptores se pueden adaptar a estímulos constantes cuando la respuesta decae con el tiempo. Los potenciales de receptor que son lo suficientemente grandes desencadenan PA en vías sensoriales; cuando eso pasa se llaman potenciales generadores.

Los mecanorreceptores de la piel responden a fuerzas mecánicas, se clasifican de acuerdo con si son de adaptación rápida o lenta, su densidad es variable y son más abundantes en la punta de los dedos y labios en humanos. Las regiones de la piel con mayor densidad de receptores tienen un área mayor en los mapas somatotópicos que las áreas con menor densidad. Los termorreceptores se adaptan muy lentamente, los receptores de calor incrementan su frecuencia de disparo en respuesta a un aumento de temperatura

en la piel y los receptores de frío responden a la disminución de temperatura. Los nociceptores mecánicos aferentes son fibras responsables de la sensación de dolor agudo intenso, mientras que los nociceptores polimodales aferentes son fibras C que responden a fuerzas mecánicas intensas, calor y diversas sustancias liberadas. Cuando se dañan tejidos, causan ardor poco localizado.

Receptores para la propiocepción

La propiocepción es el sentido de la posición corporal y está estrechamente relacionada con el sentido vestibular, el cual da el conocimiento sobre la posición del cuerpo. Este sentido permite a una persona guiar hábilmente los movimientos de sus brazos o piernas sin tener que mirar cada acción que realiza.

Cuando la propiocepción funciona de manera eficiente, la posición corporal de un individuo se ajusta automáticamente para prevenir, por ejemplo, caerse de una silla; también permite manipular hábilmente objetos, como lápices, botones, cubiertos y peines. Gracias a la propiocepción, un paso se sincroniza con el siguiente en el piso y es posible dominar una bicicleta.

La interacción entre varios sentidos es compleja y una persona la necesita para interpretar correctamente una situación y dar una respuesta apropiada. Esta organización de los sentidos se denomina integración sensorial.

Receptores para la nociocepción

La nociocepción es el sentido del reconocimiento del dolor corporal.

Signos y síntomas

Es importante reconocer dos tipos de dolor según la parte del organismo que se encuentre afectada:

1. *Dolor físico, somático o del cuerpo* (no visceral), que se divide en:
 - a) Dolor superficial, en el cual interviene básicamente la piel (o sea, la sensación cutánea), por medio de los receptores de presión, temperatura y tacto fino que pueden estar lesionados por quemaduras, machucones o golpes, entre otros.
 - b) Dolor profundo, en el cual se comprometen los músculos, las articulaciones, los huesos y otros tejidos (tendones y tejido conectivo, entre otros).

El sistema de recompensa está formado por un conjunto de estructuras en el cerebro, las cuales son responsables de generar la sensación subjetiva de placer y la obtención de la recompensa. Dicho sistema contribuye a que el individuo quiera repetir una serie de comportamientos para asegurar la supervivencia. Finalmente, existen ciertas limitaciones de los enfoques de la estimulación eléctrica cerebral, los circuitos límbicos y el centro nervioso de la parte media frontal del cerebro. La estimulación eléctrica cerebral no produce sensaciones especialmente placenteras en los seres humanos, sino que informa de sensaciones leves de placer. Otra limitación es que el hemisferio derecho del ser humano está asociado con la aversión, mientras que el izquierdo, lo está con el placer. La tercera limitación es que hay otros agentes cerebrales asociados con la experiencia del placer.

Varios estudios han demostrado que el hipotálamo se activa y genera motivación en sujetos sanos frente a diversos estímulos, como imágenes de contenido sexual (Mouras *et al.*, 2003) y estímulos relacionados con alimentos (Cornier *et al.*, 2007). Además, el hipotálamo muestra una activación mayor frente a alimentos hipercalóricos que frente a alimentos hipocalóricos, lo que sugiere que está involucrado también en la determinación de la relevancia de los diferentes estímulos (Killgore *et al.*, 2003).

Hasta ahora hemos hablado de estructuras anatómicas bien definidas. En el caso del sistema límbico, se trata de un sistema funcional compuesto de diferentes núcleos distribuidos en varias partes del cerebro, bastante antiguo en la escala filogenética, pues se identifica incluso en los reptiles (en lo que se denomina rinencéfalo).

El sistema límbico es responsable de la mayoría de los impulsos básicos, las emociones y los movimientos asociados que son importantes para la so-

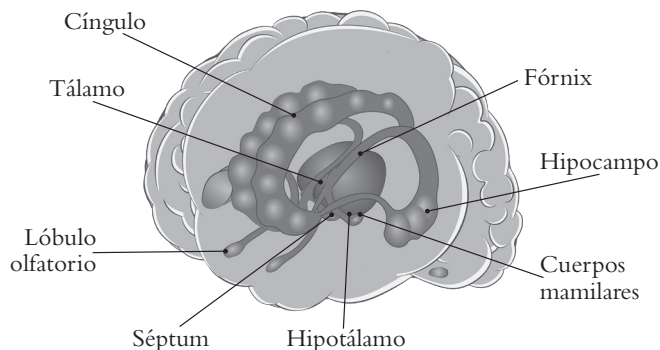


Figura 3. Sistema límbico.

brevivencia del animal: miedo, furia y sensaciones ligadas al sexo, el placer, el dolor y la angustia.

En todos los animales, el olfato es un potente activador del sistema límbico. Los principales componentes del sistema límbico incluyen estructuras corticales (amígdala, hipocampo y cíngulo), el hipotálamo, algunos núcleos talámicos, los cuerpos mamilares y el septo pelúcido, entre otras.

Hipocampo

El hipocampo debe su nombre a su semejanza con un caballito de mar. Se encuentra en la base del lóbulo temporal y se conecta profusamente con otras estructuras corticales. Se ha visto que el hipocampo participa en funciones relacionadas con la memoria reciente (por ejemplo, información recién adquirida). Así, en pacientes en quienes ha sido lesionado el hipocampo para disminuir las crisis epilépticas que no podían controlarse con medicamentos, se han observado deficiencias de esta función. Son pacientes que pueden leer el mismo periódico todos los días, pues no recuerdan lo que acaban de leer. Aquellas drogas que producen alteraciones de la memoria, como el alcohol o la mariguana, deben su efecto, en parte, a acciones sobre el sistema límbico.

El hipocampo está particularmente involucrado con los fenómenos de la memoria, en especial con la formación de la memoria de largo plazo; cuando se destruyen ambos hipocampos, nada puede ser retenido en la memoria. Asimismo, se encuentra en la parte interna del lóbulo temporal o región temporomesial, compuesto por tres estructuras, que de afuera hacia adentro

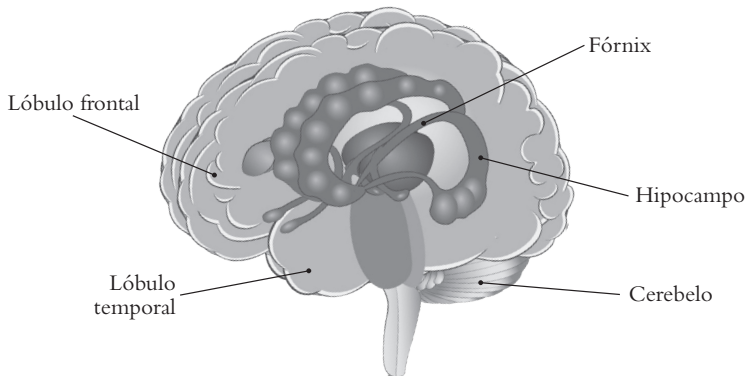


Figura 4. Hipocampo y fórnix

Cuadro 6. Hipocampo

<i>Funciones principales del hipocampo</i>	<i>Efectos de lesiones en el hipocampo</i>
Su función principal se relaciona con la mediación en la generación y recuperación de los recuerdos. Permite que cierta información pase a la memoria de largo plazo (MLP). Se encarga de almacenar recuerdos en nuestra memoria biográfica. El hipocampo se relaciona con la memoria declarativa, que es un tipo de memoria de largo plazo y hace referencia a los recuerdos que podemos evocar de forma consciente (por ejemplo: eventos específicos). Regulación de la navegación espacial, es decir, cómo ubicamos y mantenemos mentalmente un espacio tridimensional a través del cual nos movemos. El hipocampo también está relacionado con la coordinación de lo que percibimos a nivel visual con nuestros recuerdos previos.	Amnesia retrógrada: se caracteriza por la incapacidad de recordar los eventos ocurridos antes de la lesión o daño cerebral. Amnesia anterógrada: los nuevos acontecimientos no se consolidan en la memoria de largo plazo; es decir, implica una dificultad para asimilar nuevos aprendizajes. Demencia (por ejemplo: demencia por enfermedad de Alzheimer).
Las consecuencias psicológicas y cognitivas de la lesión en el hipocampo dependerán de la extensión de la lesión y también de las características del paciente (edad, plasticidad cerebral), entre otras variables.	

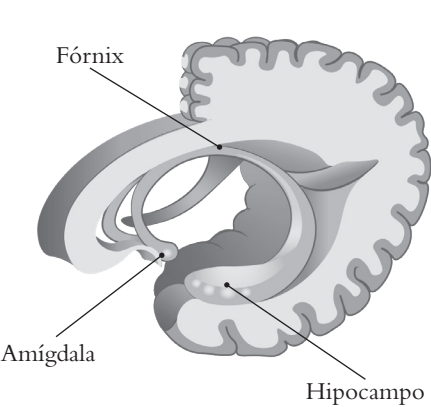


Figura 5. Vista lateral del hipocampo.

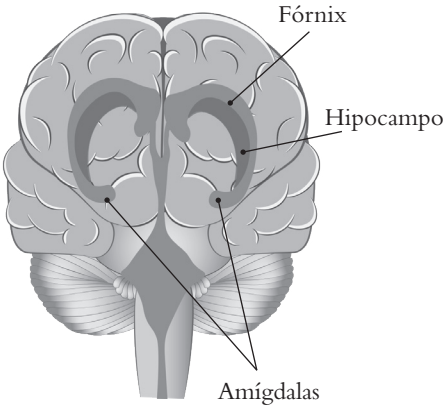


Figura 6. Vista ventral del hipocampo.

Cuadro 22. Motivación

<i>Experiencia emocional asociada a las primeras exposiciones</i>			<i>Experiencia emocional asociada a muchas y repetidas exposiciones</i>		
<i>Estímulo</i>	<i>Antes de la presentación del estímulo</i>	<i>Durante la exposición al estímulo</i>	<i>Después de retirar el estímulo</i>	<i>Antes de la presentación del estímulo</i>	<i>Durante la exposición al estímulo</i> <i>Después de retirar el estímulo</i>
<i>Estímulos hedónicos agradables</i>					
Opiáceos	Emoción de base	Emoción, euforia e ilusión	Ligera necesidad de consumir droga	Ligera necesidad de consumir droga	Bienestar y satisfacción Necesidad intensa, síndrome de abstinencia
Salir en pareja	Emoción de base	Emoción, euforia e ilusión	Ligera necesidad de estar con la pareja	Bienestar y satisfacción	Bienestar y satisfacción Intensa aflicción y soledad
Apego social	Emoción de base	Emoción, euforia e ilusión	Ligera ansiedad ante la separación	Ligera ansiedad ante la separación	Bienestar y satisfacción Intensa necesidad de separación
<i>Estímulos hedónicos desagradables</i>					
Paracaidismo	Emoción de base	Miedo y ansiedad	Alivio y ligera satisfacción	Ligero afán	Ligera ansiedad Emoción, euforia e ilusión
Baños sauna	Emoción de base	Miedo y ansiedad	Alivio y ligera satisfacción	Ligero afán	Ligera incomodidad Emoción, euforia e ilusión
Carrera de maratón	Emoción de base	Miedo y ansiedad	Alivio y ligera satisfacción	Ligero afán	Ligera incomodidad Emoción, euforia e ilusión
Donación de sangre	Emoción de base	Miedo y ansiedad	Alivio y ligera satisfacción	Ligero afán	Ligera incomodidad Emoción, euforia e ilusión

CAPÍTULO 4

Alteraciones en el sistema nervioso

Las alteraciones en el sistema nervioso comprenden malformaciones genéticas, intoxicaciones, defectos metabólicos, alteraciones vasculares, inflamaciones, degeneración y tumores, y están relacionadas con las células nerviosas o con sus elementos de sostén.

Entre las causas más comunes de la parálisis y de otras complicaciones neurológicas se encuentran las alteraciones vasculares, como la hemorragia cerebral y otras formas de apoplejía. Algunas enfermedades manifiestan una distribución por edad y geográfica peculiar, por ejemplo: la esclerosis múltiple degenerativa del sistema nervioso es común en las zonas templadas, pero rara en los trópicos.

El sistema nervioso es susceptible a las infecciones provocadas por una gran variedad de bacterias, parásitos y virus, por ejemplo: la meningitis o inflamación de las meninges (las membranas que recubren el cerebro y la médula espinal) puede originarse por numerosos agentes; sin embargo, la infección por un virus específico causa la rabia. Algunos virus que provocan dolencias neurológicas afectan solo a ciertas partes del sistema nervioso, como el virus que origina la poliomielitis que suele atacar a la médula espinal; el que causa la encefalitis afecta el cerebro.

Las inflamaciones del sistema nervioso se denominan en función de la zona a la que afectan; así, la mielitis es la inflamación de la médula espinal y la neuritis, la de un nervio. Estas alteraciones pueden producirse no solo por infecciones, sino también por intoxicación, alcoholismo o lesiones. Los tumores originados en el sistema nervioso suelen componerse de tejido meníngeo o de células de la neuroglia (tejido de sostén), lo cual depende de la parte específica afectada; sin embargo, otros tipos de tumores pueden sufrir metástasis (propagarse) o invadir el sistema nervioso. En ciertas

alteraciones, como la neuralgia, la migraña y la epilepsia, puede no existir ninguna evidencia de daño orgánico. Otra alteración, la parálisis cerebral, está asociada con una lesión cerebral producida antes, durante o después del nacimiento.

Dada la amplitud del tema, nos circunscribiremos a listar algunos de los trastornos sistémicos que con más frecuencia ocasionan manifestaciones neurológicas, iniciamos con el análisis de las repercusiones en una estructura neurológica fundamental del sistema nervioso central (SNC): el cerebelo, teniendo en cuenta que no existe una bibliografía que reúna la totalidad de dichos aspectos.

TRASTORNOS DEL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso puede verse afectado por diversos trastornos, como los siguientes:

- Traumatismos
- Infecciones
- Degeneración
- Defectos estructurales
- Tumores
- Interrupción del flujo de sangre

Los trastornos del sistema nervioso pueden ser:

- a) Trastornos vasculares, como el derrame cerebral, el accidente isquémico transitorio (TIA, por sus siglas en inglés), la hemorragia subaracnoidea, la hemorragia y el hematoma subdural y la hemorragia extradural.
- b) Infecciones, como meningitis, encefalitis, poliomyelitis y absceso epidural.
- c) Trastornos estructurales, como las lesiones del encéfalo o de la médula espinal, la parálisis de Bell, la espondilosis cervical, el síndrome del túnel carpiano, los tumores del encéfalo o de la médula espinal, la neuropatía periférica y el síndrome de Guillain-Barré.
- d) Trastornos funcionales, como dolores de cabeza, epilepsia, mareos y neuralgia.
- e) Trastornos degenerativos, como la enfermedad de Parkinson, la escler-

Cuadro 24. Trastornos del sistema nervioso

<i>Categoría</i>	<i>Tipo de trastorno</i>
Enfermedades sistémicas	Enfermedad cerebrovascular y traumatismos craneoencefálicos Síndrome cerebeloso en los émbolos cerebrales Infarto al cerebelo Trastornos hematológicos Hipertensión arterial Hematomas encefálicos Síndromes paraneoplásicos Degeneración cerebelosa paraneoplásica
Trastornos metabólicos	Hipoxia, hipoglucemia, hipotiroidismo y ataxia
Trastornos hidroelectrolíticos	Hipernatremia, hiponatremia y mielinosis cerebral pontina
Trastornos de la termorregulación	Hipertermia, hipotermia y encefalopatía de Wernicke
Tóxico-metabólicas	Alcoholismo
Inflamatorias	Cerebelitis que sucede a infecciones virales localregionales (otitis, faringoamigdalitis y varicela zóster)
Infecciones agudas del sistema nervioso	Meningitis y encefalitis

rosis múltiple, la esclerosis lateral amiotrófica (ALS, por sus siglas en inglés), la corea de Huntington y la enfermedad de Alzheimer.

A continuación se enumeran los síntomas generales más comunes de un trastorno del sistema nervioso; sin embargo, cada individuo puede experimentarlos de una forma diferente. Los síntomas pueden incluir los siguientes:

- Dolor de cabeza repentino o persistente
- Dolor de cabeza que cambia o es distinto
- Hormigueo o falta de sensibilidad
- Debilidad o pérdida de fuerza en los músculos
- Pérdida repentina de la visión
- Pérdida de la memoria
- Deterioro de la capacidad mental

- Falta de coordinación
- Rigidez de los músculos
- Temblores y convulsiones
- Dolor de espalda que se irradia a los pies, los dedos de los pies u otras partes del cuerpo

Los síntomas de un trastorno del sistema nervioso pueden parecerse a los de otras condiciones o problemas médicos. Los médicos que tratan los trastornos del sistema nervioso pueden pasar mucho tiempo evaluando al paciente antes de realizar un diagnóstico probable de la condición específica. Muchas veces es necesario efectuar numerosos exámenes para descartar otras condiciones y para hacer el diagnóstico probable.

Los trastornos del sistema nervioso que pueden mejorar con la medicina física y la rehabilitación neuropsicológica incluyen, pero no se limitan a, los siguientes:

- Trastornos vasculares: derrame cerebral, accidente isquémico transitorio, hemorragia subaracnoidea, hemorragia y hematoma subdural y hemorragia extradural.
- Infecciones: meningitis, encefalitis, poliomielitis y absceso epidural.
- Trastornos estructurales: lesiones de la cabeza, el encéfalo o la médula espinal, parálisis de Bell, espondilosis cervical, síndrome del túnel carpiano, tumores del encéfalo o la médula espinal, neuropatía periférica, distrofia muscular, miastenia grave y síndrome de Guillain-Barré.
- Trastornos funcionales: dolores de cabeza, epilepsia, mareos y neuralgia.
- Trastornos degenerativos: enfermedad de Parkinson, esclerosis múltiple, esclerosis lateral amiotrófica, corea de Huntington y enfermedad de Alzheimer.

Cuadro 25. Tratamientos de los trastornos neurológicos

<i>Neurología</i>	<i>Neurocirugía</i>	<i>Rehabilitación</i>
La rama de la medicina que se ocupa de los trastornos del sistema nervioso es la neurología y los médicos que tratan esos trastornos, neurólogos	La rama de la medicina que se ocupa de las intervenciones quirúrgicas para tratar los trastornos del sistema nervioso es la neurocirugía.	La rama de la medicina que se ocupa de la rehabilitación se denomina medicina física y rehabilitación, y quienes la practican, fisiatras.

Los programas de rehabilitación neurológica se pueden llevar a cabo mientras el paciente está hospitalizado o como paciente ambulatorio. El equipo de rehabilitación neurológica trabaja con el paciente y su familia.

El equipo contribuye a establecer objetivos de recuperación de corto y largo plazos y está formado por muchos profesionales, incluidos los siguientes:

- Neurólogo y neurocirujano
- Ortopedista y cirujano ortopédico
- Fisiatra
- Internista
- Enfermera o enfermero de rehabilitación
- Dietista
- Fisioterapeuta
- Terapeuta ocupacional
- Terapeuta del habla o especialista en el lenguaje
- Psicólogo o psiquiatra
- Terapeuta recreativo
- Audiólogo
- Terapeuta vocacional

Los objetivos de un programa de rehabilitación neurológica consisten en ayudar a la persona a recuperar el máximo nivel posible de funcionalidad e independencia y a mejorar su calidad de vida general tanto en el aspecto físico como en los aspectos psicológico y social. Un programa típico de rehabilitación neurológica ayuda a conseguir y puede constar de lo siguiente:

- a) Ayuda con las actividades cotidianas, como comer, vestirse, bañarse, ir al baño, escribir a mano, cocinar y las tareas básicas de la casa.
- b) Terapia del lenguaje (para ayudar a los pacientes que tengan problemas para hablar, expresar sus ideas o tragar a mejorar su forma de hablar, su dicción y la comunicación verbal en general).
- c) Asesoría y psicoterapia (para combatir la angustia y la depresión).
- d) Rehabilitación de la vejiga y el intestino.
- e) Actividades para mejorar el control y el equilibrio de los músculos del tronco, la pelvis y la cintura escapular.
- f) Un programa de ejercicios (para mejorar la funcionalidad, seguridad y eficacia de los movimientos, para evitar o posponer la debilidad cau-