

Bases neurobiológicas del lenguaje

J. Peña Casanova, F. Diéguez Vide, G. Sánchez-Benavides y R.M.^a Manero

INTRODUCCIÓN

El lenguaje en el contexto de las funciones básicas de relación

Para dar un sentido a toda la descripción subsecuente sobre las bases neurobiológicas del lenguaje, es preciso considerar que el lenguaje es una función más en el seno de las funciones cerebrales y de las capacidades del individuo. Independientemente de planteamientos teleológicos sobre la vida o el sentido del mundo, hay que partir de la idea de que el cerebro está al servicio primario de la preservación y la supervivencia del individuo.

Para que un individuo pueda sobrevivir es necesario proteger y controlar los procesos que fundamentan la vida y el mantenimiento de un estado de equilibrio fisiológico (homeostasis). Esta necesidad conlleva una consecuencia directa: se establece una bipolaridad entre los elementos o factores que permiten la viabilidad del individuo y los que alteran el equilibrio fisiológico y atentan contra la supervivencia ya que pueden conducir a la enfermedad o la muerte.

Para sobrevivir es importante tener una adecuada relación con el medio; es decir, reconocerlo y dar respuestas adecuadas. Esta dicotomía conlleva el reconocimiento de seis características funcionales mínimas del sistema adaptativo (Koziol y Budding, 2009):

1. Capacidad para reconocer objetos y entornos (¿qué?).
2. Capacidad para ubicar los objetos (¿dónde?).
3. Capacidad para detectar el movimiento (¿se mueve?, ¿hacia dónde?).

4. Capacidad para saber qué hacer (¿aplicar una rutina?, ¿programar una nueva conducta?).
5. Capacidad para saber cómo hacerlo (¿cómo actuar?).
6. Capacidad para saber cuándo actuar (programas de intención) (¿cuándo empezar?, ¿cuándo no empezar?, ¿cuándo parar?).

Para que el sistema adaptativo sea eficiente es fundamental que guarde memorias de las experiencias. En las situaciones predecibles, los estímulos externos podrán activar una respuesta adaptativa establecida o memorizada (una rutina). En las situaciones nuevas es imposible que programas preestablecidos activen una respuesta adecuada. Por este motivo, el sistema precisa dos subsistemas relacionados con el «saber qué hacer»: un sistema basado en la aplicación de rutinas (ámbito de los reflejos, los hábitos, las habilidades y los procedimientos), y un sistema que permita «programar» nuevas conductas para dar respuestas a situaciones nuevas (ámbito del «pensamiento», ejecutivo o de resolución de los problemas). Como veremos, estos dos sistemas se relacionan con los ganglios de la base y con los lóbulos frontales, respectivamente. Retomaremos esta dicotomía posteriormente en un apartado de este capítulo.

Recepción visual

La información visual de una región del campo visual se recibe en el lado opuesto de la retina. Es decir, un estímulo visual situado en el hemisferio visual derecho alcanza el lado temporal de la retina del ojo derecho y la parte nasal de la retina izquierda.

La visión es óptima si el estímulo alcanza la fovea, región central de la retina rica en un tipo de célula receptora sensible a los colores y que asegura la agudeza visual. Existen dos tipos de estas células: los conos, que reaccionan cada uno a un color fundamental, y los bastones, células neuronales retinianas que ocupan preferentemente las regiones periféricas y conciernen a la visión con una iluminación escasa.

Los movimientos conjugados de los ojos permiten la fijación del estímulo visual en la fovea, así como los cambios o adaptaciones pertinentes para compensar los movimientos del estímulo o de la cabeza.

La percepción visual de formas y contornos, más el sistema que rige la motilidad ocular, tiene una especial relevancia en la actividad de la lectura. La información luminosa engendra un potencial de acción en los receptores retinianos por medio de una reacción química bajo la acción de los fotones. A cada célula receptora foveal le corresponde una región limitada del campo visual de unos 30 segundos de arco. A partir de este análisis puntual del estímulo espacial se inicia un proceso de síntesis en las conexiones intrarretinianas. La actividad eléctrica de los receptores se adecua a la duración e intensidad de la estimulación luminosa. Dentro de los distintos tipos, las células horizontales serían sensibles a la longitud de onda de la luz, mientras que las células bipolares y amacrinas se activan por la aparición o el cese del estímulo.

Entre las células ganglionares, que marcan el inicio de las vías visuales, se distinguen las de tipo «on» de las tipo «off». Las células «on» reaccionan a la luz y son inhibidas cuando ésta se extingue. Las «off» reaccionan a la extinción de la luz pero se inhiben con la iluminación. A cada célula ganglionar le corresponde una región limitada del campo visual de un diámetro de 1 a 3 grados.

Las prolongaciones de las células ganglionares constituyen los nervios que se unen en el quiasma óptico. Aquí los axones provenientes

de las partes nasales de cada retina cruzan la línea media, asegurando así la transferencia de información procedente de cada hemisferio visual contralateral. Del quiasma emergen las cintillas ópticas que llevan los axones de la hemirretina homolateral de cada ojo hacia el cuerpo geniculado lateral del tálamo. Los axones de este último núcleo alcanzan el área visual primaria de la corteza occipital (fig. 2-9).

En la corteza se sintetiza la información procedente de ambos ojos. Aquí las células contienen campos de unos 6-7 grados. Algunas células reaccionan solamente a una orientación espacial dada del estímulo, mientras que otras se activan por su desplazamiento. A esta función fisiológica de progresiva síntesis del mensaje retiniano, captado en formas elementales, se le añade la fisiología del movimiento de los ojos que tiene especial relevancia en la actividad de la lectura.

LA DOBLE VÍA VISUAL

A partir de los lóbulos occipitales, o más en concreto, a partir de las áreas primarias, se reconocen —aunque son una simplificación— dos vías de conexiones que divergen hacia el lóbulo parietal (vía dorsal) y el lóbulo temporal (vía ventral).

La vía ventral representa la visión de la fovea. Con frecuencia recibe el nombre de «Vía del ¿Qué?» porque se relaciona con el reconocimiento de los objetos. Ciertamente, la visión más fina es la procedente de la fovea y los movimientos oculares suelen centrarse en el objeto que se debe reconocer. La vía se dirige a los polos temporales aportando información a las zonas temporo-parietales del lenguaje y a las zonas visuales de asociación de los lóbulos temporales inferiores (cara externa).

La vía dorsal tiene que ver con la localización y el movimiento de los objetos, así como el control de los ojos y los brazos, en particular cuando se requiere la información visual para guiar los movimientos oculares sacádicos y la prensión. Esta vía habitualmente recibe el nombre de «Vía del ¿Dónde? o del ¿Cómo?». Esta vía finaliza en el lóbulo parietal posterior.

Control oculomotor de la lectura

Cada ojo es movido, de forma conjugada con el otro, por la acción sinérgica de seis músculos que están inervados por tres nervios craneales. Los músculos externo e interno permiten los movimientos horizontales, el superior y el inferior aseguran los movimientos verticales, y los oblicuos

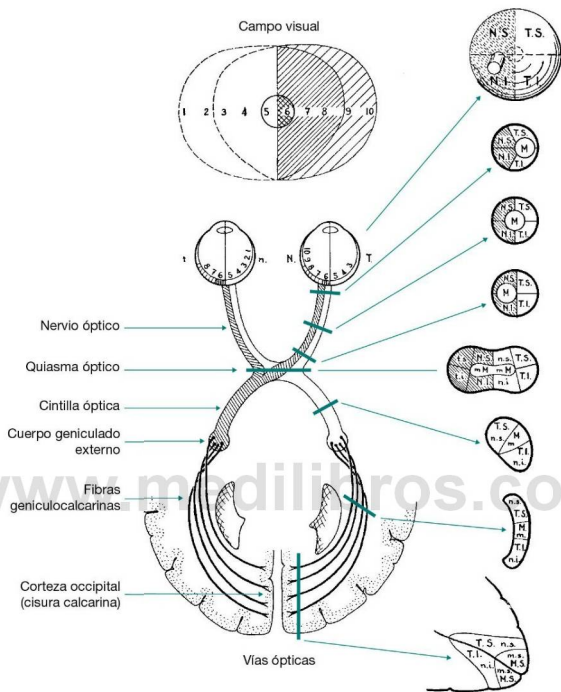


FIGURA 2-9 Vías visuales y situación de las diferentes fibras en las vías ópticas. Los fascículos retinianos del ojo derecho están representados en mayúsculas. Los fascículos retinianos del ojo izquierdo se muestran en minúsculas. M: mácula; N: nasal; T: temporal; S: superior; I: inferior. (Según Lazorthes G. *Le système nerveux central*. París: Masson; 1983. Reproducido con autorización del editor.)

efectúan movimientos de rotación alrededor del eje anteroposterior.

El nervio oculomotor común, o III par craneal, controla los músculos interno, superior, inferior u oblicuo menor. Su núcleo se encuentra en la sustancia gris periacueductal a la altura de los tubérculos cuadrigéminos anteriores, en el tronco cerebral. El IV par, o patético, inerva el músculo oblicuo mayor, partiendo su núcleo del tubérculo

cuadrigémino posterior. El VI par, o oculomotor externo, inerva el músculo externo. Su núcleo se sitúa en la unión bulboprotuberancial, debajo del cuarto ventrículo.

En el tronco, la cintilla longitudinal posterior conecta los núcleos de los nervios de la motricidad ocular, permitiendo la coordinación entre ellos. La mirada lateral requiere, por ejemplo, una acción conjunta entre el VI y el III par de lados

opuestos. La conexión de esta cintilla con otros núcleos del tronco cerebral permite la coordinación entre los movimientos oculares (III, IV y VI pares craneales), los párpados (VII), el sistema bucofaringeo (XII) y la cabeza (IX, VIII). De hecho, las múltiples informaciones procedentes del sistema vestibular, de la corteza y de estructuras subcorticales participan en el control motor de los movimientos oculares.

Por la amplitud de los movimientos oculares conjugados se distingue entre micromovimientos y macromovimientos. En los micromovimientos, el globo ocular realiza de forma continua una sacudida rápida de adaptación que posiblemente permite una percepción prolongada al evitar la habituación celular al estímulo, o una lenta desviación, regularmente compensada por una refijación rápida.

Los macromovimientos incluyen las adaptaciones vestibulooculares, los movimientos de vergencia (convergencia o divergencia), los sacádicos y el seguimiento ocular. Los movimientos sacádicos se efectúan muy rápidamente y tienen como efecto la pronta refijación, es decir, la ubicación del estímulo en la región de percepción óptima que es la fovea. Los sacádicos horizontales están probablemente controlados por la formación reticulada pontina y los verticales, por la región pretectal. El seguimiento ocular es un movimiento lento de desplazamiento de la mirada siguiendo el movimiento de un estímulo. Las áreas visuales de la corteza occipital realizan el control.

El mecanismo oculomotor implicado en la lectura consiste principalmente en movimientos sacádicos horizontales que se efectúan preferentemente de izquierda a derecha (en sistemas de escritura de izquierda a derecha). A cada movimiento sacádico, que sitúa en la zona foveal una nueva porción del texto, le sigue la fijación ocular, durante la cual actúan los micromovimientos. Éstos dirigen la fijación temporalmente a los caracteres adyacentes.

Una pequeña parte del tiempo de lectura se compone de movimientos sacádicos de derecha a izquierda que permiten efectuar los cambios de línea, así como las regresiones, que son las miradas dirigidas hacia atrás que aparentemente se producen cuando existen dificultades de comprensión del texto o como mecanismo corrector de los sacádicos.

Los diversos parámetros de los movimientos oculares durante la lectura presentan marcadas diferencias interindividuales. La duración de

las fijaciones, la longitud de los movimientos sacádicos y el número de regresiones varían especialmente según la edad, los hábitos de lectura, la capacidad de comprensión o la patología acompañante.

EXPRESIÓN DEL LENGUAJE ORAL Y ESCRITO

Clásicamente, se distingue la expresión verbal de la no verbal, y de esta última, la comunicación emocional además de la gestualidad simbólica. Comentaremos a continuación las bases neurofisiológicas de la expresión oral y la escrita, así como sus mecanismos de control. Igualmente, se incluirán unas notas de introducción —en este caso, a la fonética articulatoria— que ayudarán a entender mejor las relaciones entre la anatomía, la fisiología y la lingüística.

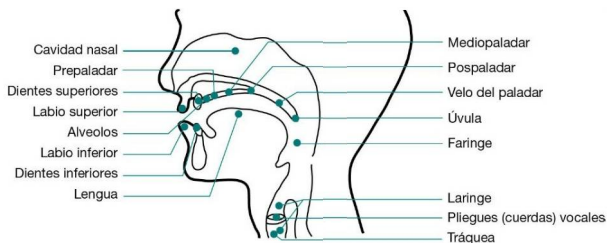


FIGURA 2-11 Zonas anatómicas específicas del aparato orofonatorio. Las zonas específicas detalladas en la figura se relacionan directamente con los puntos de articulación y los movimientos dirigidos que deben programarse en el sistema nervioso central. (Tomado de Diéguez-Vide F, Peña-Casanova J. *Cerebro y Lenguaje*. Madrid: Panamericana; 2012.)

Expresión escrita

La generación del mensaje neuronal para los movimientos de la escritura tiene lugar en la zona del área motora primaria situada encima del área del sistema fonador.

Este mensaje que transcurre por la vía piramidal desemboca en las motoneuronas medulares contralaterales de la región cervical, las cuales aseguran la inervación motriz de las regiones proximales por el plexo braquioescapular y de las distales por los nervios radial, mediano y cubital del miembro superior.

En las personas con dominancia cerebral izquierda para el lenguaje, generalmente es la mano derecha la que se emplea para la escritura.

Control motor de los mecanismos del lenguaje

SISTEMA PIRAMIDAL

Todos los movimientos, incluyendo los que se requieren para el habla o la escritura, se organizan en múltiples niveles en el sistema nervioso. Pueden identificarse clínicamente síndromes de afectación del habla con implicación predominante de uno de estos niveles, y a veces de varios.

El nivel de la motoneurona superior está anatómicamente representado en la corteza motora, situada básicamente delante de la cisura de Rolando, y su función primordial recae en los

movimientos voluntarios. La experimentación animal, junto con la experiencia clínica, han permitido extraer la noción de una organización motora elemental de la corteza en patrones de movimientos de flexión y de extensión. Esta integración se realizaría a nivel frontal y parietal, respectivamente, a través de una activación selectiva de reflejos espinales segmentarios de flexión y extensión.

La estructura microscópica cortical es similar en todas las regiones y está constituida por seis capas y cuatro tipos básicos de células nerviosas o neuronas con prolongaciones (axones) ascendentes, descendentes, horizontales y cortas. Existen diferencias regionales que probablemente traducen la especificidad funcional.

Aunque no es una denominación fisiológicamente correcta, muchos clínicos emplean el término «piramidal» como sinónimo del sistema neuronal motor superior. El sistema piramidal es una vía directa que alcanza los núcleos bulbares y los segmentos medulares sin sinapsis intermedias. El término «corticobulbar» designa la parte del sistema neuronal motor superior que se proyecta sobre los núcleos motores de los pares craneales. El término «corticoespinal» hace referencia a la porción de motoneuronas que se proyecta sobre las neuronas motoras inferiores de la médula espinal (fig. 2-12).

Este sistema es el responsable de los movimientos finos, discretos, rápidos, fásicos y orientados espacialmente. Son movimientos que corresponden sobre todo a los labios, la lengua y los dedos. Estas estructuras poseen una mayor representación cortical que el tronco o las partes proximales de las extremidades.

La extremidad superior se representa, en la corteza motora, cerca del vértice; la extremidad superior, inmediatamente debajo en la convexidad del hemisferio, y la cara, la lengua y otros nervios craneales se representan en la parte inferior de la corteza motora, justo encima de la cisura de Silvio. Las lesiones limitadas del sistema piramidal producen debilidad con una pérdida de habilidad, ausencia de reflejos abdominales, disminución del tono y signo de Babinski.

SISTEMA EXTRAPIRAMIDAL

A nivel clínico, las principales estructuras del sistema extrapiramidal son los ganglios basales, situados en la profundidad de los hemisferios, así como el núcleo subtalámico y la sustancia negra, que se encuentra en la parte superior del

tronco cerebral, entre el tálamo y los pedúnculos cerebrales (figs. 2-13 y 2-14).

Dentro de los ganglios basales, el conjunto formado por el núcleo caudado y el putamen se denomina estriado. El pálido se encuentra en situación medial al putamen. Estos dos núcleos, por la forma que adoptan, considerados juntos se denominan núcleo lenticular. Los ganglios basales reciben aferencias procedentes de la corteza, especialmente de la corteza motora y premotora del mismo lado. También reciben proyecciones del cerebelo a partir del tálamo, con el que existen conexiones en ambos sentidos.

El acceso de los ganglios basales a la corteza se realiza indirectamente a través del tálamo. Existen múltiples conexiones entre los núcleos del sistema extrapiramidal que enfatizan el carácter multidireccional del sistema.

En apartados previos de este capítulo se ha expuesto la organización general de los circuitos corticosubcorticales y se han dado detalles sobre el circuito canónico de éstos. Recordemos que las eferencias se realizan preferentemente a través del pálido, que proyecta hacia el tálamo, la formación reticular y el núcleo rojo del mesencéfalo, y de ahí al nivel segmentario de la motoneurona inferior. La influencia de los ganglios basales de cada hemisferio se ejerce predominantemente sobre el hemicuerpo contralateral.

A partir de las manifestaciones clínicas asociadas a la patología del sistema extrapiramidal, se puede deducir que este sistema contribuye —en el ámbito motor tradicional— a la regulación del tono muscular y de la postura del cuerpo, y además está implicado en el control de la automatización de los movimientos de las extremidades y en la libertad general del movimiento.

Si nos situamos más allá del sistema motor, los sistemas corticoganglionares basales deben diferenciarse en los tres grandes grupos de redes neuronales ya citadas: límbicas, asociativas y sensoriomotoras.

SISTEMA CEREBELOSO

Aunque el cerebelo se relacionó clásicamente con funciones motoras en sentido estricto, hoy en día se reconoce que su función se sitúa más allá de este ámbito. El cerebelo está relacionado con múltiples funciones, como la coordinación y la integración sensoriomotoras, el aprendizaje motor, la marcha y aspectos de las capacidades cognitivas y afectivas.

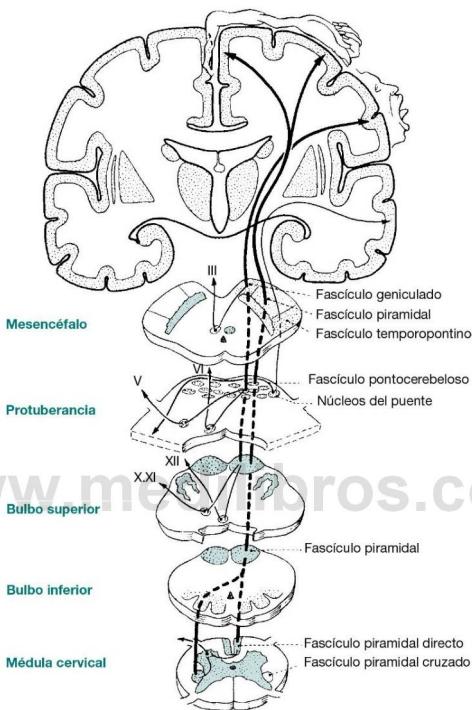


FIGURA 2-12 Distribución de la vía piramidal. Las fibras procedentes de la representación cortical de la cara y de los órganos orofonatorios se distribuyen hacia los núcleos de los pares craneales implicados. (Según Lazorthes G. *Le système nerveux central*. París: Masson; 1983. Reproducido con autorización del editor.)

A diferencia de la diversidad de tipos de la corteza cerebral, la corteza cerebelosa es totalmente homogénea en todas sus partes, con una organización simple y regular. Está formada por tres capas neuronales altamente organizadas: capa molecular, de células de Purkinje y granulosa.

El circuito canónico del cerebelo es el siguiente: corteza - núcleos pontinos (protuberancia-

les) - corteza cerebelosa/núcleo dentado - núcleo rojo - tálamo - corteza cerebral. De hecho, puede simplificarse diciendo que es un circuito córtico-ponto-tálamo-cortical. Al igual que en el caso de los ganglios de la base, la información cortical enviada al cerebelo es devuelta a la corteza a través del tálamo. La diferencia fundamental entre la función de la corteza cerebral y la corteza cerebelosa consiste en que, mientras la corteza

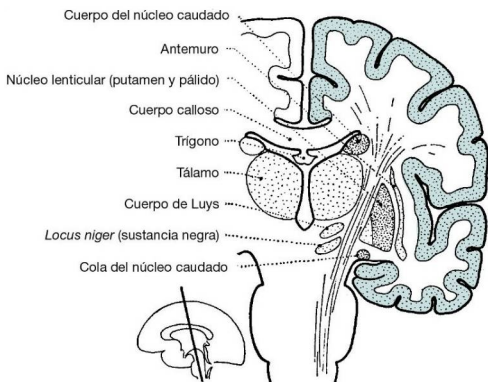


FIGURA 2-13 Corte verticofrontal del encéfalo, pasando por el tronco cerebral (corte de Charcot). Se observan los núcleos extrapiramidales. La vía piramidal está representada por trazos que descienden entre el tálamo y el núcleo lenticular. (Según Lazorthes G. *Le système nerveux central*. Paris: Masson; 1983. Reproducido con autorización del editor.)

40

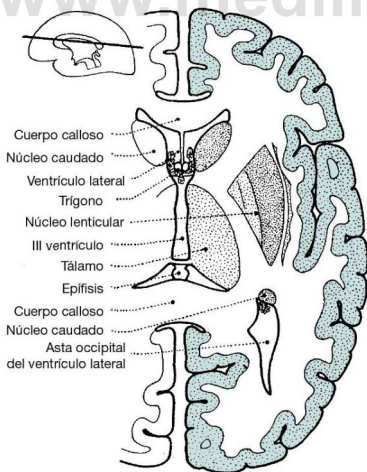


FIGURA 2-14 Corte horizontal del cerebro (Fleischsig). (Según Lazorthes G. *Le système nerveux central*. Paris: Masson; 1983. Reproducido con autorización del editor.)

www.medilibros.com

cerebral se relaciona con generalizaciones y abstracciones flexibles (es «deliberadora»), la corteza cerebelosa se relaciona con las respuestas estereotipadas de las operaciones rutinarias. Esta dicotomía adquiere una especial importancia cuando se procesa simultáneamente información flexible e información estereotipada: las operaciones rutinarias se procesarían con la participación del cerebelo, mientras que las flexibles y abstractas lo harían en la corteza cerebral.

Las aferencias cerebelosas son complejas y múltiples, pero cabe destacar la existencia claramente diferenciada de dos grandes módulos de aferencia: un módulo motor y un módulo prefrontal. La existencia de estos dos módulos explica que haya manifestaciones clínicas motoras y cognitivas.

Cerebelo motor

Se considera que el cerebelo ejerce un control sobre la postura y los movimientos iniciados en otros niveles motores. Las partes del cerebelo implicadas en movimientos voluntarios de habilidad se conectan principalmente con las áreas motoras de la corteza cerebral por medio de proyecciones en los dos sentidos. El cerebelo también recibe y proyecta fibras hacia los sistemas extrapiramidal, espínbulbar y vestibulorreticular. Integra, por tanto, información procedente de todos los niveles de la actividad motora. El cerebelo modula el movimiento iniciado en la corteza motora, detectando y corrigiendo errores que ocurren en el curso del movimiento. Su función primordial radica en inhibir y controlar la actividad excesiva, coordinando los niveles de la motoneurona inferior, vestibulorreticular, extrapiramidal y de la motoneurona superior. Las lesiones cerebelosas pueden producir hipotonía y errores en la fuerza y la amplitud del movimiento, que se manifiestan, eminentemente, por una dismetría (estimación inadecuada de la distancia en los actos motores, por exceso [hipermetría] o por defecto [hipometría]). Son las lesiones bilaterales o degenerativas las que más interfieren en el habla.

Cerebelo cognitivo/emocional

El concepto de «dismetría motora» puede aplicarse a las operaciones neuropsicológicas y hablar de «dismetría cognitiva». En estos casos, las lesiones cerebrales dan lugar al «síndrome cerebeloso cognitivo-afectivo», que se manifiesta por falta de flexibilidad, déficit de planificación, alteración del razonamiento abstracto, déficit de memoria de trabajo, déficit de cognición espacial (organización

espacial y memoria espacial), trastornos del lenguaje (agramatismo, aprosodia) y cambios de personalidad (debilidad de la afectividad, desinhibición, conducta inadecuada) (Kozioł y Budding, 2009).

TÁLAMO

El tálamo se ha considerado tradicionalmente como una estructura de mero relevo de la información hacia la corteza cerebral, ya que todas las aferencias sensoriales, excepto la olfativa, pasan por conexiones talámicas antes de alcanzar la corteza. La visión actual es radicalmente distinta, ya que el tálamo tiene un papel mucho más complejo, dinámico y activo en el procesamiento de la información hacia la corteza. El tálamo, además de su importante función sensorial, participa en el control del movimiento, la integración cognitiva y el comportamiento verbal.

La asimetría hemisférica funcional se manifiesta ya a este nivel. Por ejemplo, el estudio clínico de los sujetos con una patología talámica revela su asociación con una alteración del lenguaje de tipo afásico, si la lesión se localiza en el lado izquierdo.

Se ha sugerido que el tálamo ejercería una función de coordinador entre diversas regiones corticales que componen la zona del lenguaje por medio de bucles corticotalamocorticales.

ESTRUCTURAS CORTICALES RELACIONADAS CON EL LENGUAJE: TOPOLOGÍA Y HODOLOGÍA

Clásicamente, se describen tres regiones de la corteza asociativa del hemisferio izquierdo relacionadas con las conductas lingüísticas: las

áreas de Broca y de Wernicke y la región del pliegue curvo (Benson, 1979). Estas zonas se recogen en la **fig. 2-16** mediante tomografía computarizada (TC).

Los conocimientos actuales reconocen que el sistema es mucho más complejo y que existe una compleja integración funcional de grandes zonas de la corteza con estructuras subcorticales, específicamente los ganglios basales y el tálamo. La afectación de estas zonas o de las fibras que las conectan con la corteza se asocia a trastornos afásicos del lenguaje (Geschwind y Galaburda, 1985; Heilman y Valenstein, 1993, Kertesz, 1994). El lector encontrará información detallada y actual sobre la neurociencia del lenguaje en la reciente obra editada por Cuetos (2012).

En las últimas décadas han proliferado estudios basados en modelos de procesamiento cognitivo. Las ciencias neurocognitivas usan una serie de diagramas (arquitecturas funcionales) para representar y describir los postulados sobre los procesos mentales subyacentes al tratamiento de la información y con las representaciones mentales (es decir, informaciones antiguas situadas en memoria), sobre las que operan estos procesos. Este aspecto se tratará específicamente en el capítulo de las afasias.

Sin dejar de lado los conocimientos clásicos, las bases cerebrales del lenguaje deben

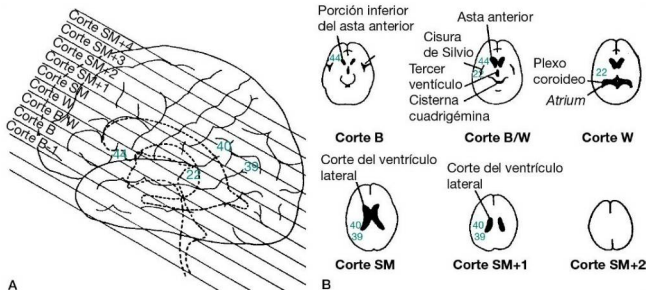


FIGURA 2-16 Cortes tomográficos mediante TC en los que se señalan las estructuras cerebrales relacionadas con el lenguaje. A. Relaciones entre las áreas corticales cerebrales y los ventrículos (visión lateral). Las secciones se han realizado a 20° de la línea cantomeatal, siguiendo la metodología habitual de la TC. Los números se corresponden con las áreas de Brodmann: 44, Broca; 22, Wernicke; 40, supramarginal; 39, angular. B. Relaciones entre las áreas corticales del lenguaje y el sistema ventricular, siguiendo el sistema de cortes representado en A. (Según Naesser y Hayward; 1978.)