

Bases neuroanatòmiques del llenguatge

Elena Muñoz Marrón

PID_00151858

Índex

Objectius.....	5
1. Introducció a la història de l'estudi del llenguatge.....	7
2. Bases neuroanatòmiques del llenguatge.....	10
2.1. Producció del llenguatge	10
2.1.1. Còrtex prefrontal	11
2.1.2. Àrea de Broca	12
2.1.3. Còrtex motor primari	13
2.2. Comprensió del llenguatge	14
2.2.1. Lòbul temporal	15
2.2.2. Lòbul parietal	16
2.2.3. Lòbul occipital	17
3. Estructures extracorticals implicades en el llenguatge.....	18
3.1. Fascicle arquejat	18
3.2. Tàlem	18
3.3. Ganglis basals	19
3.4. Cerebel	19
4. Models neurals del llenguatge.....	22
4.1. Models clàssics	22
4.2. Aproximacions actuals	23
5. Especialització hemisfèrica.....	27
Bibliografia.....	29

Objectius

El principal objectiu d'aquest mòdul és introduir els estudiants en l'estudi de les bases neuroanatòmiques del llenguatge, i també en els diferents models neurals del llenguatge formulats al llarg del temps.

Els objectius específics d'aquest mòdul són els següents:

- 1.** Conèixer els orígens i les fites principals en l'estudi del llenguatge des del punt de vista neurobiològic.
- 2.** Aprofundir en les principals estructures corticals implicades en la producció i la comprensió del llenguatge i quines són les seves funcions principals.
- 3.** Estudiar les estructures extracorticals que estan implicades en el llenguatge i quin paper tenen en aquesta funció cognitiva.
- 4.** Aproximar-se a l'estudi dels diferents models neurals explicatius del funcionament del llenguatge.

1. Introducció a la història de l'estudi del llenguatge

De tots els processos cognitius humans probablement el llenguatge és el més complex, ja que necessita gairebé totes les altres funcions cognitives per a funcionar correctament. Així, cal que la percepció sigui adequada, no pot funcionar correctament sense atenció ni memòria, les pràxies són fonamentals per a l'escriptura, etc.

L'estudi de les bases neurals del llenguatge (i de la lateralització cerebral de les funcions) va començar fa més d'un segle amb les rellevants aportacions de **Paul Broca** i **Carl Wernicke**. En aquell moment, i fins a mitjans del segle XX, el mètode principal d'investigació era l'estudi sistemàtic de pacients amb alteracions en el llenguatge i l'anàlisi *post mortem* del seu cervell. Durant tot aquest temps es van recopilar un bon nombre de casos, la qual cosa va possibilitar relacionar les alteracions cerebrals que es presentaven amb dèficits específics del llenguatge. A partir de les dades que es van obtenir d'aquesta manera es van descriure diferents tipus d'afàsies i altres trastorns del llenguatge i diferents investigadors van esbossar les primeres teories sobre les bases neuroanatòmiques del llenguatge.

- **Paul Broca** (1824-1880), neuròleg i anatomista francès, va publicar un estudi el 1861 en què mostra el treball amb un pacient que presentava un trastorn de la parla tan sever que únicament era capaç de produir l'expressió *tan* (per la qual cosa es coneix com a *Sr. Tan*), però que semblava que tenia la comprensió del llenguatge totalment preservada. Després de fer l'anàlisi *post mortem*, es va constatar un dany cerebral que afectava una bona part de l'hemisferi esquerre, incloent-hi la tercera circumvolució frontal esquerra. Aquesta troballa va fer pensar a Broca que l'articulació de la parla és regulada pels lòbuls frontals, i va continuar treballant en aquesta direcció. El 1863 ja havia recopilat 25 casos de pacients que presentaven problemes semblants en el llenguatge i que presentaven lesions en l'hemisferi esquerre, i en tots els casos, excepte en un, la lesió afectava la tercera circumvolució frontal de l'hemisferi esquerre. Des de llavors, aquesta regió de l'hemisferi esquerre és coneguda com a **àrea de Broca** (vegeu la figura 5).



Figura 1

Paul Broca (1824-1880). Metge francès. Va fer els estudis de medicina a París, va ser professor de cirurgia patològica a la Universitat de París i un investigador rellevant.

Adreça web recomanada

En la pàgina <http://psychclassics.yorku.ca/Broca/aphemie.htm> podeu llegir la presentació en francès que va fer Broca de les seves descobertes a la Societat Anatòmica de París, el 1861.

- **Carl Wernicke**, neuròleg i psiquiatre alemany, va treballar en la mateixa línia que Broca, i el 1874 va publicar un estudi en què va proposar l'existència d'un centre cortical especialitzat en la generació d'imatges auditives de les paraules per a permetre'n la comprensió. Aquest centre és en el gir superior del lòbul temporal i és conegut com a **àrea de Wernicke** (vegeu la figura 10).

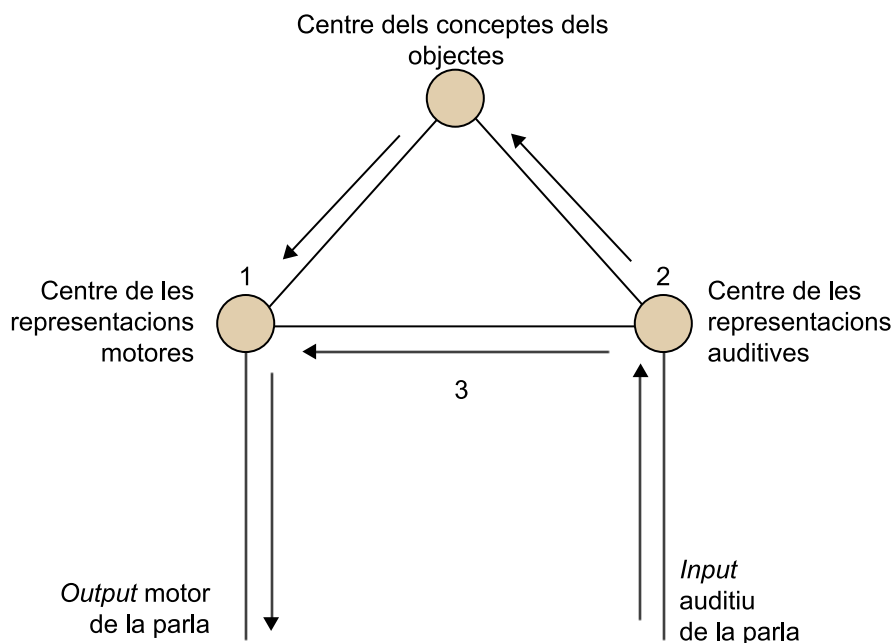
A més d'aquesta proposta, Wernicke va desenvolupar un model de les bases neurals del llenguatge, de caràcter connexionista, en què proposava que el llenguatge és el fruit del treball de determinats centres cerebrals i dels sistemes de connexions que uneixen aquests centres. Una de les connexions més importants és el feix de fibres que connecten el gir temporal superior a l'àrea de Broca, de manera que mantenen connectats el centre de les imatges auditives i el centre de la representació motriu d'aquestes imatges. Aquestes fibres d'associació que va proposar Wernicke són conegudes en l'actualitat com a **fascicle arquejat** (vegeu la figura 11).

El model inicial que va proposar Wernicke el va desenvolupar més endavant **Lichtheim** (1885), les aportacions del qual sobre el model les va assumir després el mateix Wernicke. Encara que no van treballar mai plegats en el model de llenguatge, la figura que es fa servir per a representar el model és coneguda com a **casa de Wernicke-Lichtheim** (vegeu la figura 3). La figura de la casa reflecteix els centres cerebrals i les connexions entre aquests centres, i també les alteracions que hi pot haver si s'altera algun d'aquests components. Amb relació a les aportacions que va fer Lichtheim, és molt interessant la proposta d'un centre per al concepte dels objectes. Encara que l'autor no proposa cap localització cerebral específica, va considerar que aquest centre era connectat tant amb l'àrea de Broca com amb l'àrea de Wernicke.



Figura 2
Carl Wernicke (1848-1905). Neuròleg i psiquiatre alemany conegut pels estudis sobre el llenguatge i els trastorns del llenguatge.

Figura 3



1. Afàsia motriu; 2. Afàsia sensorial; 3. Afàsia de conducció.
La casa de Wernicke-Lichtheim.

Diagrama explicatiu del model de Lichtheim del llenguatge parlat i les alteracions d'aquest llenguatge (modificat de Junqué i Barroso, 1994).

Amb el desenvolupament de les tècniques de neuroimatge estructural i funcional, els estudis anatòmics del segle XIX van passar a ser obsolets, ja que aquestes tècniques permeten, de manera incruenta, estudiar *in vivo* les diverses funcions cognitives, entre moltes altres aplicacions, cosa que ha permès un bon avanç en l'estudi de les bases neuroanatòmiques del llenguatge.

Les investigacions que s'han fet amb diferents tècniques de neuroimatge funcional en subjectes sans (per exemple, Ramsey *et al.*, 2001) i en pacients amb diferents patologies de caràcter neurològic (per exemple, Domínguez-Gadea *et al.*, 2001) han permès estar més segurs de quines són les estructures corticals implicades en les funcions del llenguatge.

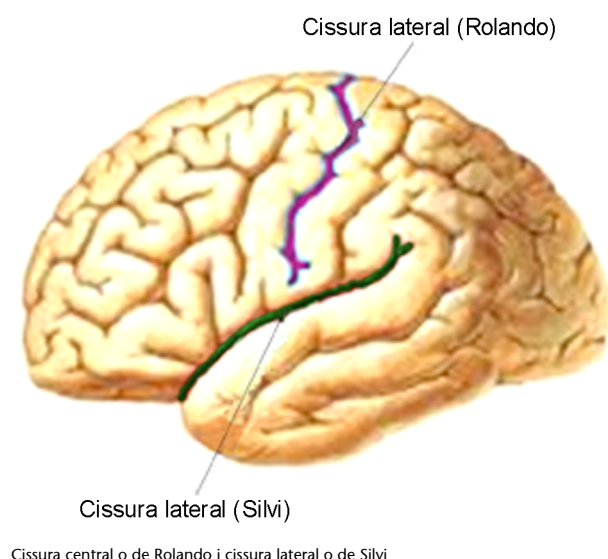
Exemple

Alguns exemples clars d'això són els treballs que s'han fet amb *tomografia per emissió de positrons (PET)*, *ressonància magnètica funcional (RMF)*, *tomografia per emissió de fotó únic (SPECT)* o *magnetoencefalografia (MEG)*. Aquesta darrera tècnica, basada en el mesurament dels camps magnètics generats pel flux de corrent intracel·lular que es produeix a les dendrites de les neurones piramidals, ofereix una gran resolució estructural i temporal de l'activitat cerebral, cosa que permet conèixer més a fons l'organització de les xarxes neuronals que sustenten el llenguatge (Ortiz-Alonso *et al.*, 2003).

2. Bases neuroanatòmiques del llenguatge

Les bases neuroanatòmiques del llenguatge estan distribuïdes àmpliament per tot el còrtex cerebral. Es tracta d'un procés cognitiu molt complex, cosa que provoca que les xarxes neuronals que hi són implicades incloguin una porció extensa del còrtex perisilvià, principalment de l'hemisferi cerebral esquerre. Es pot fer una divisió anatòmicofuncional del còrtex amb relació a la implicació que té en el llenguatge a partir de la **cissura de Rolando**. D'una banda, el còrtex frontal, situat rostralment a la cissura, és fonamental per a produir el llenguatge. De l'altra, el còrtex postrolàndic, incloent-hi els lòbuls temporal, parietal i occipital, està involucrat en la comprensió del llenguatge.

Figura 4



A més dels components corticals, hi ha diferents estructures extracorticals i perifèriques (externes al sistema nerviós central) que són imprescindibles per al llenguatge. Entre les estructures extracorticals hi ha els **ganglis basals**, el **tàlem**, el **cos callós** i el **cerebel**, les funcions de les quals col·laboren a fer que l'activitat lingüística sigui programada i executada de manera adequada. Les estructures perifèriques inclouen els òrgans de la fonació i els sistemes sensorials implicats en la producció i recepció del llenguatge (el sistema visual i el sistema auditiu), a més dels components motors necessaris per a l'escriptura.

2.1. Producció del llenguatge

Tal com s'ha assenyalat, la producció del llenguatge és regulada principalment per l'activitat de l'àrea anterior del cervell, és a dir, pel **lòbul frontal**.

Una de les funcions principals del lòbul frontal és l'elaboració dels programes lingüístics, de la qual parteix l'acció per a produir el llenguatge voluntari i organitzat.

L'activitat del lòbul frontal és d'una gran rellevància per a motivar i iniciar el llenguatge intencionat i és imprescindible en l'articulació verbal i la producció escrita.

Dins el lòbul frontal podem diferenciar tres àrees neurofuncionals: l'àrea prefrontal, l'àrea de Broca i el còrtex motor primari.

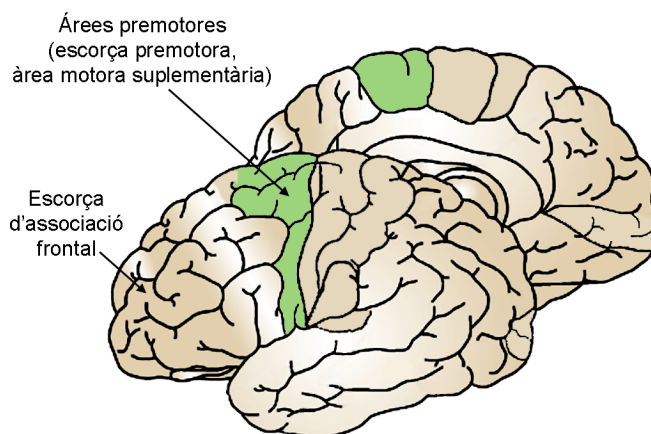
2.1.1. Còrtex prefrontal

L'àrea **prefrontal** (concretament l'àrea cingular anterior i dorsolateral) s'encarrega de desenvolupar els programes lingüístics i les estratègies cognitives complexes que permeten dur a terme el llenguatge humà en tota l'extensió i complexitat que té, incloent-hi la intenció i la motivació per a comunicar-se verbalment, sigui de manera oral o escrita.

Aquesta zona cerebral fa una planificació global del que volem dir oralment o del que volem escriure, i s'implica en la recuperació lèxica i en l'adequació del missatge al contingut semàntic.

Quan s'ha establert el programa lingüístic, l'àrea motriu suplementària (situada al còrtex premotriu) té un paper fonamental en l'inici de la parla.

Figura 5



Àrea premotora i prefrontal de l'escorça cerebral.

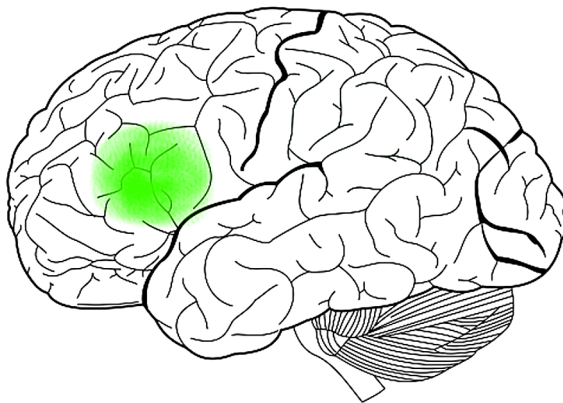
2.1.2. Àrea de Broca

L'àrea de Broca és a la part inferior de la tercera circumvolució frontal esquerra (àrees 44 i 45 de Broadmann), adjacent a l'àrea motriu primària, i es compon d'una porció posterior d'associació unimodal (*pars opercularis*), que coordina els òrgans de l'aparell fonador per a la producció de la parla atesa la posició adjacent al còrtex motriu que ocupa, i d'una part anterior associativa polimodal (*pars triangularis*), encarregada principalment de programar conductes verbals.

La funció principal de l'àrea de Broca és organitzar i preparar els programes motors que s'han de dur a terme per a l'expressió del llenguatge oral i escrit.

A més d'elaborar els programes motors, s'encarrega de coordinar i produir la seqüenciació temporal dels moviments necessaris per a articular la parla i l'escriptura, és a dir, posa en marxa els mecanismes necessaris per a executar correctament els programes planejats.

Figura 6



Vista lateral de l'hemisferi esquerre en què es veu l'àrea de Broca senyalada.

Tradicionalment, l'àrea de Broca es considerava l'únic centre de què depenia la producció del llenguatge, però amb els avenços en investigació ha quedat patent que, encara que la implicació d'aquesta àrea és d'una gran rellevància, no és l'única àrea cerebral en què es recolza el llenguatge expressiu. Hi ha estructures adjacents a l'àrea de Broca que són fonamentals, com el còrtex motriu primari, l'ínsula, la substància blanca subcortical o el cos estriat.

2.1.3. Còrtex motor primari

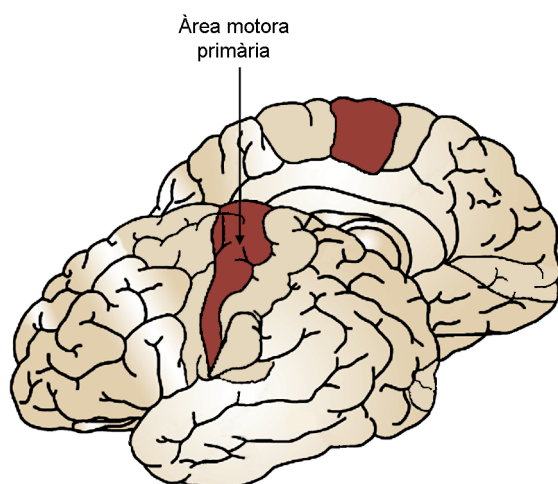
Els plans motors generats arriben a la musculatura dels òrgans articuladors mitjançant el **còrtex motor primari** i les vies motores piramidal i extrapiramidal. El còrtex motriu primari, situat just davant del solc central, s'encarrega d'iniciar els moviments bucofonadors per a la pronunciació del llenguatge (hi involucra els nervis cranials facial (VII), glossofaríngi (IX), vague (X), accessori (XI) i hipoglòs (XII), com il·lustra la figura 8), i també els moviments manuals que fan possible l'escriptura.

Vídeo recomanat

Podeu trobar més informació sobre l'anatomia i les funcions dels parels cranials en el vídeo següent:

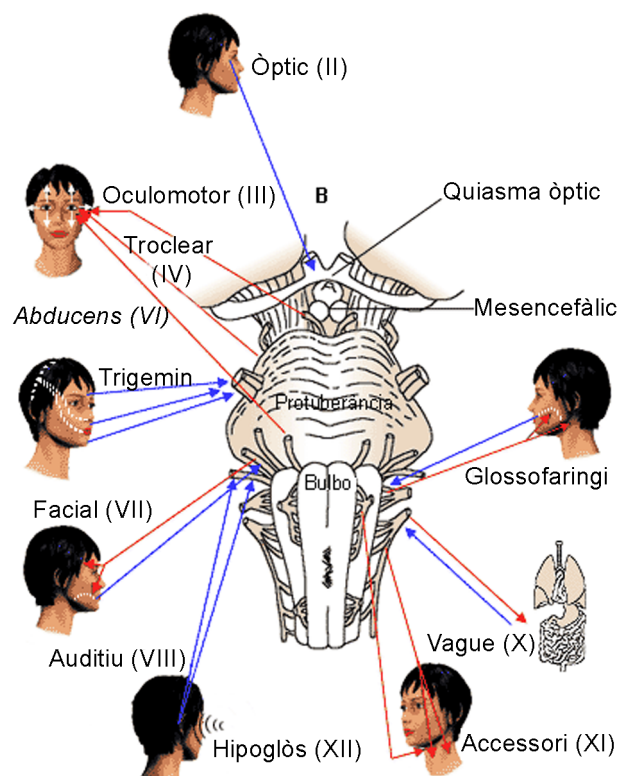
<http://www.youtube.com/watch?v=anTrB2krcOs&feature=related>

Figura 7



Àrea motora primària de l'escorça cerebral.

Figura 8



Parels cranials en una visió ventral de l'encèfal

2.2. Comprensió del llenguatge

Els senyals acústics que vénen de l'entorn, quan arriben a l'orella, travessen l'**orella externa** (composta del pavelló i el conducte auditiu), l'**orella mitjana** (formada del timpà i els ossets martell, enclusa i estrep) i quan arriben a l'**orella interna** és quan els senyals, que abans eren mecànics, es transformen en senyals elèctrics. Concretament és a l'òrgan de Corti, dins la còclea, on es produeix aquesta transformació, cosa que fa que aquest òrgan sigui l'estructura principal de l'audició.

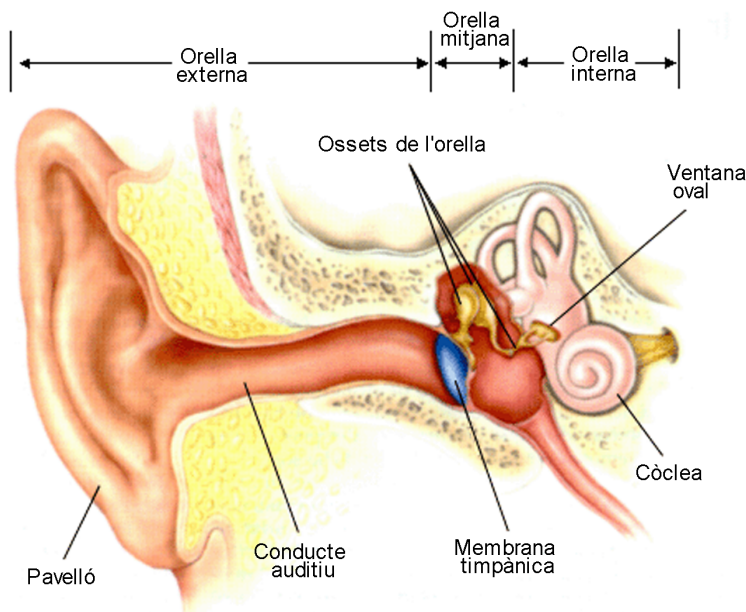
Vídeos recomanats

Podeu trobar més informació sobre l'anatomia i les funcions de l'orella humana en els vídeos següents:

<http://www.youtube.com/watch?v=NZqXMJ-LdwM>

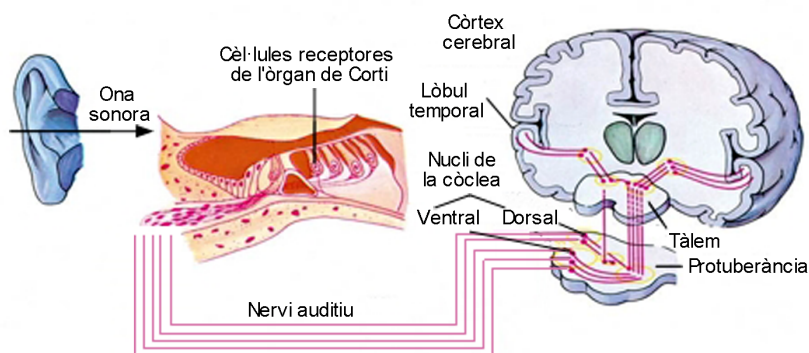
<http://www.youtube.com/watch?v=VyGE74XMnII&feature=related>

Figura 9



Estructura del sistema auditiu humà amb l'orella externa, mitjana i interna

Figura 10



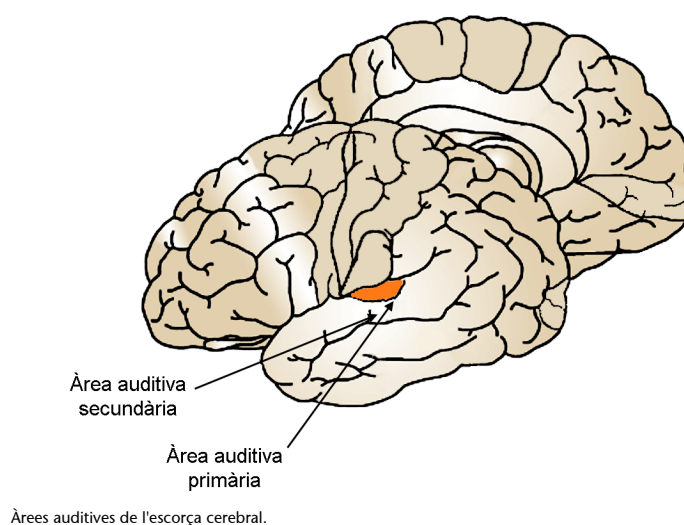
Vies d'entrada de la informació auditiva

Des d'aquí els impulsos nerviosos són transmesos a través de les fibres nervioses auditives associades al vuitè parell cranial o **nervi vestibulococlear** (vegeu la figura 8), fins al **nucli coclear homolateral**, on la via es bifurca. D'una banda, la part dorsal es dirigeix cap al **col·licle inferior**, al mesencèfal, i, de

l'altra, la part ventral es projecta cap a l'**oliva superior** (situada en el tronc de l'encèfal i especialitzada a localitzar la font del so), per a arribar fins als col·licles inferiors, lloc en què es tornen a unir les dues vies.

La ruta continua des dels col·licles inferiors fins al **nucli geniculat medial** del tàlem, el qual es divideix en tres zones: ventral (projecta cap al còrtex auditiu primari), dorsal (projecta cap a àrees auditives no primàries) i medial (projecta difusament cap a àrees corticals auditives). Finalment, la informació arriba al **còrtex auditiu primari** (A1), situat a la part superior del gir temporal superior (àrea 41 de Brodman). Amb l'arribada del senyal a l'àrea auditiva primària –i algunes de secundàries i d'associació–, es produeix el reconeixement, la localització i la interpretació del so.

Figura 11



Havent arribat a aquest punt, és fonamental que sapigueu les diverses àrees corticals que hi ha implicades en la comprensió del llenguatge, que són a la zona posterior del còrtex, darrere la cissura de Rolando, i que inclouen àrees temporals, occipitals i parietals.

2.2.1. Lòbul temporal

El **lòbul temporal** conté l'àrea de Wernicke i l'àrea auditiva primària, de manera que està especialitzat en l'anàlisi i síntesi dels sons de la parla i la comprensió del llenguatge.

L'**àrea receptora auditiva primària** del lòbul temporal (circumvolució de Heschl, àrees 41 i 42 de Brodmann) rep informació dels nuclis geniculats del tàlem i la seva funció principal és completar i elaborar la informació auditiva que rep.

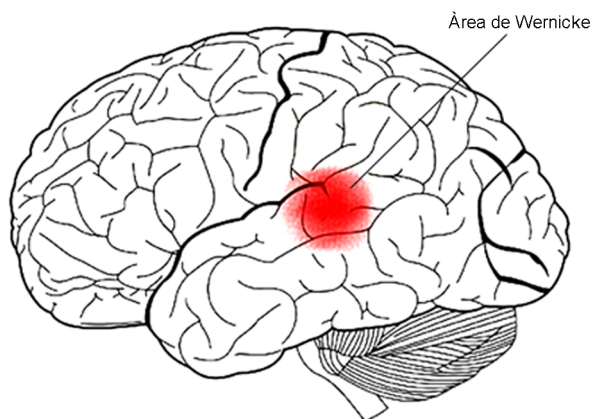
L'àrea receptora auditiva primària registra i codifica les qualitats primàries dels sons del llenguatge (intensitat, to, timbre), i garanteix així l'audició correcta de les paraules.

L'àrea de Wernicke és a la part posterior del gir temporal superior i la part adjacent del gir temporal mitjà, i conté aproximadament la primera i segona circumvolució temporal. En un sentit ampli, aquesta àrea comprèn les àrees 41 i 42 de Broadmann (àrea de Heschl) i una part de les àrees 22, 39 i 40 (vegeu les figures 12 i 19). Tal com hem dit, forma el còrtex d'associació auditiva, especialitzat en interpretar els senyals acústics relacionats amb la veu humana.

La funció principal que té l'àrea de Wernicke és la descodificació dels sons i la comprensió fonològica i semàntica del llenguatge, de manera que descodifica els sons lingüístics i dota de significat el llenguatge oral i escrit.

En aquesta àrea es duu a terme la darrera etapa de la descodificació del llenguatge parlat, cosa que en permet la comprensió.

Figura 12



Vista lateral de l'hemisferi esquerre en què es veu l'àrea de Wernicke senyalada.

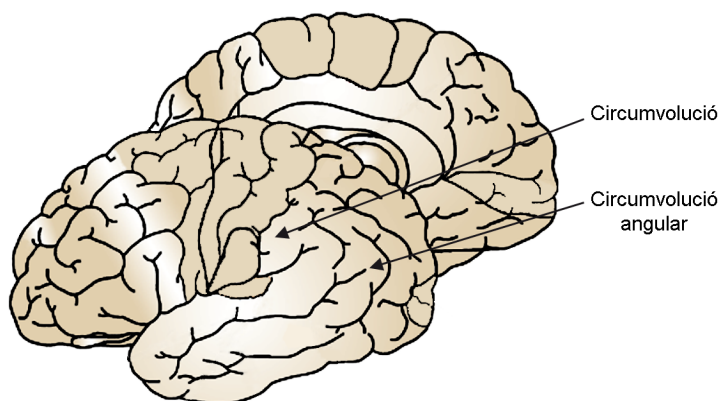
2.2.2. Lòbul parietal

Al lòbul parietal hi ha una àrea àmplia d'associació que integra els estímuls visuals i auditius, de manera que té un paper fonamental en els processos de lectoescriptura. La integració de la informació sensorial es duu a terme en la **circumvolució supramarginal**, i és una integració imprescindible per a la comprensió de la lectura i la escriptura. La **circumvolució angular**, de la seva banda, constitueix una àrea fonamental per a la lectura perquè coordina les diverses informacions sensorials i permet convertir els estímuls visuals en formes auditives adequades.

Simos i els seus col·laboradors (1998)

En un estudi de comprensió semàntica, Simos i els seus col·laboradors (1998) van demostrar que tant amb estimulació auditiva com visual hi havia activitat en el còrtex temporoparietal de l'hemisferi esquerre, encara que també n'hi havia, tot i que no tanta, en l'hemisferi dret.

Figura 13

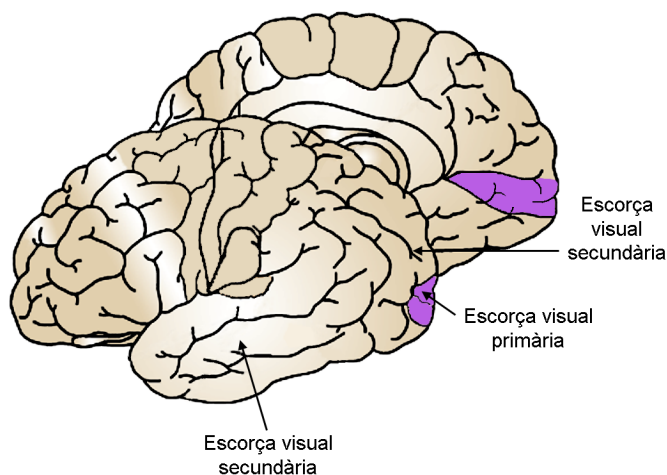


Circumvolució supramarginal i circumvolució angular del lòbul parietal de la escorça cerebral.

2.2.3. Lòbul occipital

El **còrtex visual primari** del lòbul occipital, àrea 17 de Broadmann (vegeu la figura 14), és l'encarregat de processar les sensacions visuals que arriben al còrtex a través del sistema sensorial visual, de manera que està íntimament relacionat amb els processos de lectura i escriptura. Al voltant de l'àrea visual primària hi ha el **còrtex visual associatiu**, les àrees 18 i 19 (vegeu la figura 14), el qual intervé en l'anàlisi perceptiva i la dotació de significat a les paraules escrites.

Figura 14



Àrees visuals de la escorça cerebral.

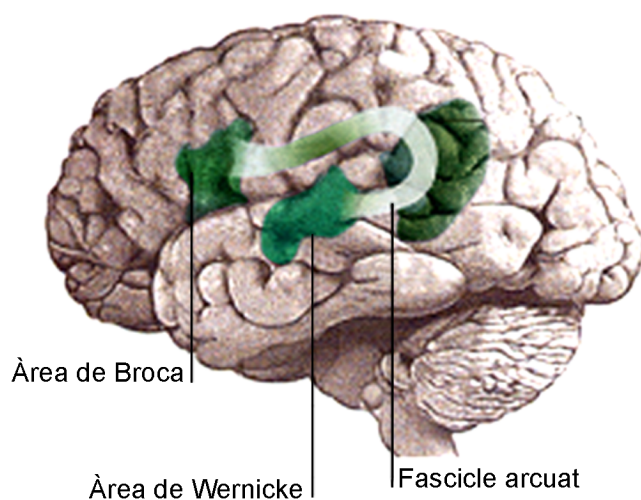
3. Estructures extracorticals implicades en el llenguatge

El llenguatge humà, com a procés cognitiu complex que és, exigeix la participació de moltes altres àrees extracorticals, entre les quals són imprescindibles el fascicle arquejat, el tàlem, els ganglis basals i el cerebel.

3.1. Fascicle arquejat

El **fascicle arquejat** és un feix de fibres de substància blanca que connecten les àrees de Broca i Wernicke. La connexió d'aquestes dues àrees mitjançant el fascicle arquejat assegura el control de la producció del llenguatge perquè permet de sincronitzar la comprensió i la producció del llenguatge.

Figura 15

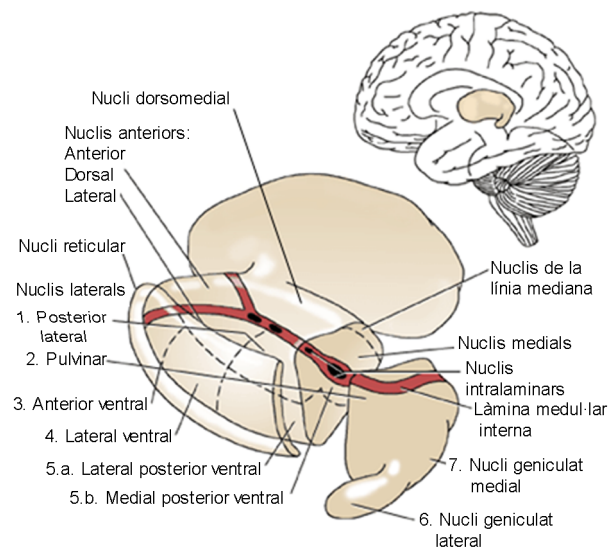


Àrees cerebrals implicades en el llenguatge, inclòs el fascicle arquejat

3.2. Tàlem

Mitjançant connexions cortico-talamo-corticals es coordinen els diversos aspectes del llenguatge. De tots els nuclis que formen el **tàlem**, els que tenen una importància especial en el llenguatge són el **nucli pulvinar** i el **nucli geniculat**. El primer integra les transmissions aferents visuals i acústiques, mentre que el segon està implicat en el processament inicial dels sons del llenguatge.

Figura 16

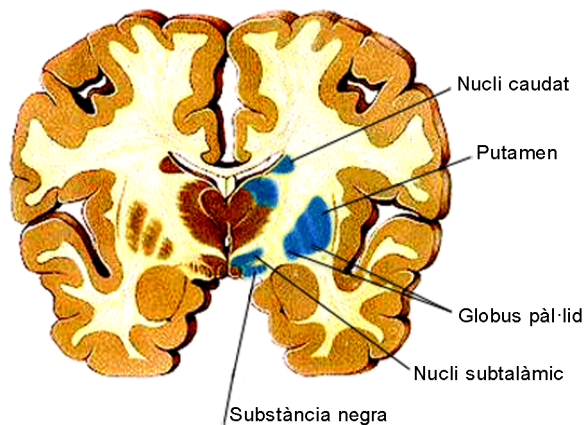


Vista tridimensional del tàlem amb els nuclis principals i la posició aproximada que ocupen en els hemisferis cerebrals.

3.3. Ganglis basals

El **nucli caudat**, el **putamen** i el **globus pàl·lid** participen en la coordinació de les seqüències motrius del llenguatge i també en el control inhibitori de la programació motriu.

Figura 17



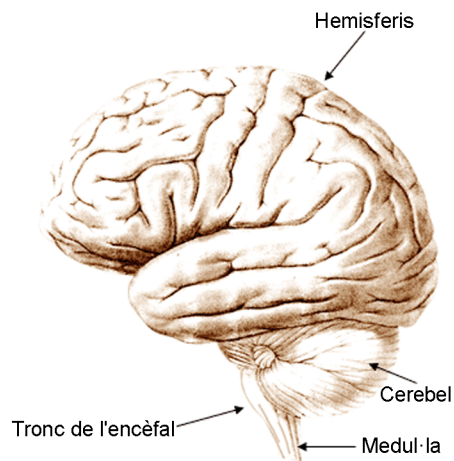
Tall coronal de l'encèfal en què es veuen els ganglis basals (nucli caudat, putamen, globus pàl·lid, nucli subtalàmic i substància negra).

3.4. Cerebel

Gràcies a aquesta estructura cerebral es pot proporcionar a la parla la cadència i sincronia adequades, i també es pot inhibir l'activitat motriu excessiva i desajustada.

El **cerebel**, juntament amb els **ganglis basals**, és fonamental en l'execució dels moviments articularis del llenguatge oral i de l'escriptura, als quals dota de la fluïdesa i coordinació necessàries.

Figura 18



Vista lateral en què es veuen els hemisferis cerebrals, el cerebel, el tronc encefàlic i la medul·la espinal

Àrea cerebral	Funció lingüística associada
Àrea prefrontal	Iniciar la motivació per al llenguatge.
Àrea de Broca	Portar a terme la programació motriu de la parla i de l'escriptura
Àrea motriu primària	Iniciar els moviments bucofonadors per a pronunciar paraules. Iniciar els moviments manuals per a escriure.
Circumvolució de Hesch	Registrar les propietats físiques dels sons de la parla.
Àrea de Wernicke	Portar a terme la comprensió fonològica i semàntica del llenguatge oral i escrit.
Circumvolució supramarginal	Portar a terme la integració multimodal de la informació sensorial, que permet la comprensió del llenguatge lectoescriptor.
Circumvolució angular	És el centre de la lectura. Coordinar les diverses informacions sensorials per a produir els models visuals de lletres i paraules. Convertir els estímuls visuals en formes auditives adequades.
Fascicle arquejat	Connectar les àrees de Broca i Wernicke entre si. Sincronitzar el llenguatge comprensiu i expressiu.
Tàlem	Forma part de la xarxa associativa que connecta entre si les àrees del llenguatge receptiu i expressiu. Coordinar l'activitat de les zones corticals de la parla, i integrar les transmissions aferents visuals i acústiques. Els nuclis geniculats són responsables del processament inicial dels sons lingüístics.
Ganglis basals	Regular la fluïdesa del llenguatge oral. Coordinar les seqüències motrius del llenguatge oral i escrit.

Taula 1. Estructures cerebrals implicades en el llenguatge i la funció lingüística associada que porten a terme (adaptat de Portellano, 2007).

Àrea cerebral	Funció lingüística associada
Cerebel	Coordinar la fluïdesa dels moviments d'articulació del llenguatge oral i de l'escriptura. Regular l'execució dels moviments precisos que intervenen en l'articulació dels sons del llenguatge.

Taula 1. Estructures cerebrals implicades en el llenguatge i la funció lingüística associada que porten a terme (adaptat de Portellano, 2007).

4. Models neurals del llenguatge

Els primers models sobre les bases neurals del llenguatge eren massa simplistes perquè consideraven que alguns centres cerebrals concrets, massa limitats anatòmicament i no gaire interconnectats, eren capaçs de controlar una funció cognitiva tan complexa com el llenguatge. Encara que aquesta concepció no es manté en l'actualitat, s'han de tenir en compte aquestes aportacions clàssiques perquè han proporcionat les bases a partir de les quals s'ha pogut avançar en l'estudi del llenguatge.

4.1. Models clàssics

Després de les propostes inicials que van dur a terme Broca, Wernicke i Lichtheim, gairebé un segle després, Geschwind reprèn aquestes idees, les actualitza, les elabora més a fons i planteja un model nou d'organització cerebral del llenguatge conegut com a *model de Wernicke-Geschwind* (e. g. Geschwind, 1965, 1972).

Model de Wernicke-Geschwind

Geschwind, un metge americà, considera que, efectivament, l'àrea de Broca és a la tercera circumvolució frontal esquerra, adjacent per la zona anterior a l'àrea motriu facial, la funció principal de la qual és controlar els moviments dels músculs implicats en la parla (llengua, músculs de la cara, paladar, laringe, etc.). Respecte a l'àrea de Wernicke, Geschwind considera que es localitza a la part posterior de l'àrea 22 de Broadmann (vegeu la figura 19), a prop de l'àrea auditiva primària, i que conté les formes auditives de les paraules, de manera que el paper fonamental que té està relacionat amb la comprensió del llenguatge. Aquestes formes auditives es transmeten des de l'àrea de Wernicke fins a l'àrea de Broca a través del fascicle arquejat. A més, l'àrea 39 de Broadmann (gir angular) constitueix una àrea de pas per a la informació que ve de les àrees visuals i de les àrees auditives, per la qual cosa està implicada en la transformació de la representació visual d'una paraula en la representació auditiva d'aquesta paraula, que sorgirà a l'àrea de Wernicke.

Per tant, l'autor proposa que, en sentir una paraula, s'activa l'àrea auditiva primària (àrees 41 i 42 de Broadmann) i després la informació passa a l'àrea de Wernicke (zona posterior de l'àrea 22), on es produeix la comprensió de la paraula. Si, a més, la paraula esmentada s'ha de reproduir, la informació es dirigeix cap a l'àrea de Broca a través del fascicle arquejat, des d'on, quan s'ha generat el programa articulari d'aquesta paraula, s'envia a l'àrea motriu perquè es duguin a terme els moviments necessaris per a la pronunciació.

4.2. Aproximacions actuals

Amb el pas del temps i la millora de les tècniques d'exploració cerebral (tècniques de neuroimatge estructural i funcional), la conceptualització simplista de les bases neurals del llenguatge dels primers models teòrics va ser substituïda per aproximacions que consideren que el llenguatge és el producte de l'activitat de diferents xarxes neuronals, distribuïdes per tot el cervell (a nivell cortical i subcortical), que treballen de manera conjunta i sincronitzada gràcies a una infinitat de connexions bidireccionals.

Model de Mesulam (1990)

El model de Mesulam, centrat en el llenguatge oral, considera que aquest llenguatge, igual que la resta de processos complexos, necessita el funcionament conjunt de xarxes neurals àmplies, les quals poden treballar de manera independent però sempre interconnectades. Aquesta concepció no invalida els models clàssics, perquè Mesulam continua mantenint el paper preponderant de l'àrea de Broca i l'àrea de Wernicke com a centres principals del llenguatge, però, a més de proposar una localització cerebral menys restrictiva de les dues àrees, afegeix una gran interacció entre l'una i l'altra.

En la seva formulació, Mesulam no limita l'àrea de Wernicke al terç de darrere del gir temporal superior, sinó que hi inclou les parts adjacents de les àrees d'associació heteromodal 37, 39 i 40 (vegeu la figura 19). La funció que té no es limita a l'aspecte receptiu, sinó que intervé tant en l'entrada com en la sortida del llenguatge i, d'aquesta manera, participa en aspectes semàntics i lèxics. En la fase d'entrada l'àrea de Wernicke permet convertir les seqüències auditives en representacions neurals de les paraules, les quals activen després el significat. El significat de les paraules, però, no es produeix en una àrea concreta del cervell, com l'àrea de Wernicke, sinó que està àmpliament distribuït, de manera que Wernicke únicament facilita l'accés als significats, però no els conté (el còrtex heteromodal temporoparietal és fonamental en la unió de les paraules amb el significat que tenen). D'altra banda, en la fase de sortida aquesta àrea està implicada en la transformació de pensaments en paraules per a poder expressar el significat que es pretén.

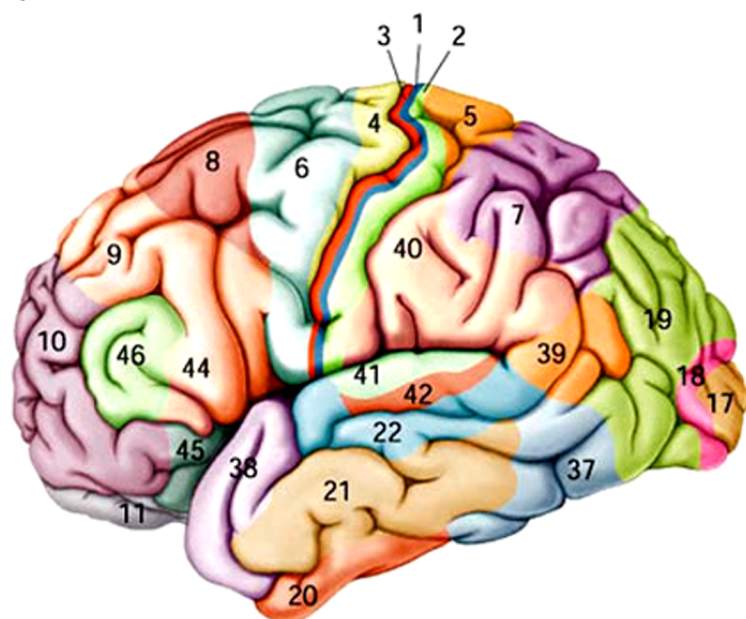
L'àrea de Broca, igual que passa amb la de Wernicke, no té una localització espacial cerebral tan precisa i, segons Mesulam, inclou l'àrea 44 i les zones adjacents de les àrees 45, 47, 12 i 6 (vegeu les figures 19 i 20). Per tant, inclou el còrtex premotor (àrea 6 de Broadmann) i el còrtex prefrontal heteromodal (àrees 45, 47 i 12 de Broadmann). La funció que té està relacionada amb la sintaxi i l'articulació del llenguatge i, així, intervé en la conversió de les representacions de les paraules en les seqüències articulatòries adequades; per tant, ordena els fonemes en paraules i les paraules en frases, de manera que

influeix no únicament en la sintaxi sinó també en el significat, sobretot quan està estretament relacionat amb l'estructura interna de la frase (com en el cas de les oracions passives).

Un altre aspecte fonamental del model de Mesulam és la proposta de simultaneïtat de l'activació de diferents àrees implicades en el llenguatge. Basant-se en dades fisiològiques, aquest autor manté que les àrees de Broca i Wernicke s'activen freqüentment alhora, i no de manera seqüencial, de manera que la selecció de la paraula adequada (de la qual cosa s'encarrega Wernicke) es produeix al mateix temps que la programació sintàctica i l'articulació (de la qual cosa s'encarrega Broca).

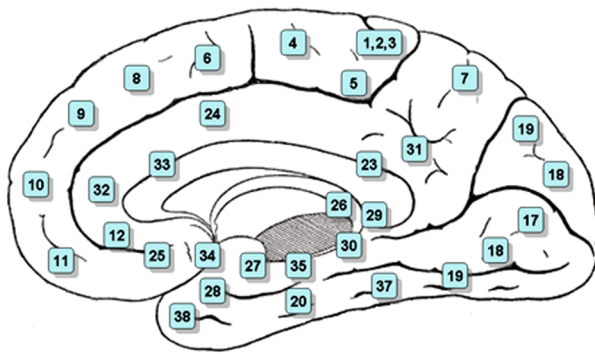
Tanmateix, l'aproximació de Mesulam a les bases neurals del llenguatge té en compte molts dels aspectes que proposen els models clàssics, com la importància de les connexions entre Broca i Wernicke per al funcionament correcte del llenguatge o la implicació de l'hemisferi dret en els aspectes prosòdics de la parla.

Figura 19



Vista lateral de les àrees cerebrals de Broadmann

Figura 20



Vista medial interna de les àrees cerebrals de Broadmann

Model de Damasio i Damasio (1980, 1992)

El matrimoni Damasio –un neuròleg i una neuròloga portuguesos que desenvolupen la seva tasca professional als Estats Units– proposen un model sobre les bases neurals del llenguatge basat en l'existència de tres sistemes que influeixen els uns en els altres de manera bidireccional. Aquests tres grans sistemes són els següents:

- **Sistema bilateral:** format per àrees cerebrals funcionalment diferents, és l'encarregat de controlar les interaccions del subjecte amb el seu entorn en les quals no intervé el llenguatge, sinó els diversos sistemes sensorials i motors.
- **Sistema relacionat amb el llenguatge:** compost d'un nombre més petit de subsistemes que el sistema bilateral, està implicat en el processament inicial dels estímuls relacionats amb el llenguatge visual i auditiu, la representació i combinació de fonemes, la selecció de les formes verbals i l'ús de les regles sintàctiques per a combinar adequadament paraules i formular correctament frases escrites o pronunciades. Generalment es troba localitzat a l'hemisferi esquerre.
- **Sistema intermediari:** situat a l'hemisferi dret, actua d'intermediari entre el primer sistema i el segon, de manera que permet que un concepte estimuli l'activació i producció d'una forma verbal (expressió) o, al contrari, que una forma verbal activi el concepte corresponent (comprensió).

Centrant-se en els sistemes relacionats més estretament amb el llenguatge, Damasio i Damasio assenyalen els sistemes següents:

- **Sistema perisilvià anterior:** aquest sistema està constituït per l'àrea de Broca (àrees 44 i 45 de Broadmann) i per les àrees cerebrals adjacents de l'hemisferi esquerre, concretament part de les àrees 6, 8, 9, 10 i 46, a més de la substància blanca subjacent. Aquest sistema actua com a responsable

de la selecció i combinació de fonemes a l'hora de formar paraules (funció gramatical) i de l'organització de les paraules en frases (funció sintàctica). No està implicat únicament en la producció del llenguatge, sinó també en la comprensió, sobretot quan l'estructura sintàctica de les oracions influeix en la comprensió.

- **Sistema perisilvà posterior:** aquest sistema està integrat per l'àrea de Wernicke i les zones adjacents de l'hemisferi dominant per al llenguatge (hemisferi esquerre). Aquest sistema s'encarrega de transformar les seqüències visuals i auditives en representacions de paraules, quan rebem informació verbal, i de transformar els conceptes en paraules concretes, quan la tasca és la producció. Per tant, està implicat en la comprensió del llenguatge, encara que aquesta comprensió no es produeix en aquest sistema únicament, atès que els significats de les paraules són emmagatzemats per tot el còrtex. Inclou el fascicle arquejat, una xarxa complexa de connexions bidireccionals entre els lòbuls temporal, parietal i frontal.
- **Sistema prefrontal medial:** les dues estructures principals que formen aquest sistema són l'àrea motriu suplementària i el gir cingular. Aquest sistema és fonamental en la iniciació i el manteniment de la parla, de manera que la lesió del sistema representa una pèrdua del *drive* per a la comunicació.
- **Sistema d'associació i subcortical:** la importància de les estructures subcorticals i les àrees d'associació temporals, parietals i frontals cada vegada és més patent, atès que permeten integrar l'audició, el moviment, la memòria, la presa de decisions, etc. D'entre aquestes estructures destaquen el tàlem, el nucli caudat i el putamen, i també la substància blanca subjacent a totes les àrees relacionades amb el llenguatge.
- **Sistema emocional:** aquest sistema té una importància especial per als aspectes paralingüístics del llenguatge i per a la producció d'automatismes verbals. Es localitza a l'hemisferi dret.

5. Especialització hemisfèrica

Hi ha un bon nombre de diferències, tant anatòmiques com funcionals, entre els dos hemisferis cerebrals, les quals s'han posat de manifest gràcies a diferents tècniques, principalment de neuroimatge. Moltes de les dades que han aportat molta informació sobre la lateralització cerebral respecte al llenguatge són d'estudis que s'han fet amb la **prova de Wada** o **prova d'amobarbital intracarotídi**. Els qui estigueu interessats en aquesta tècnica podeu veure un vídeo explicatiu i demostratiu en l'enllaç següent:

Web recomanat

http://www.dailymotion.com/video/x89ngk_test-de-wada_school

Probablement, una de les funcions cognitives en què es fa més evident l'especialització hemisfèrica és el llenguatge. Aquesta especialització queda patent en el fet que en la majoria dels éssers humans l'hemisferi dominant per al llenguatge és l'hemisferi esquerre (HE). Això és així en més del 99% de les persones dretanes i entorn del 70% de les esquerranes (Portellano, 2007).

L'HE és fonamental per als aspectes formals del llenguatge, com la fonologia o la morfosintaxi. No obstant això, l'hemisferi dret (HD) exerceix funcions sense les quals la comunicació mitjançant el llenguatge quedaria afectada seriosament. Aquestes funcions estan relacionades amb els aspectes funcionals i emocionals del llenguatge, com la prosòdia, la fluïdesa o l'adequació contextual.

La prosòdia fa referència a aspectes funcionals de l'expressió oral, com l'entonació, les pauses, la melodia o la fluïdesa. Si aquests aspectes desapareixen del llenguatge parlat, l'expressió oral es torna monòtona, robòtica, sense pauses ni inflexions, cosa que dificulta en gran manera la comprensió dels matisos fonamentals del llenguatge. Atès que, l'HD controla el ritme de la parla, la fluïdesa, el llenguatge lent és característic de les lesions dretes. Finalment, l'activitat de l'HD és imprescindible perquè hi hagi comprensió i expressió emocional, ja que intervé en la dotació de significat a expressions d'ironia o sarcasme.

Finalment, sembla que l'emmagatzemament de paraules de caràcter funcional, com pronoms, preposicions o adverbis, es duu a terme, sobretot, en l'HE, mentre que els noms i els verbs s'emmagatzemen en tots dos hemisferis.

Ateses aquestes diferències, les lesions que es produeixen en un hemisferi o en l'altre donen lloc a alteracions diferents. En la taula 2 es detallen algunes de les alteracions que apareixen com a conseqüència de lesions en l'HE i en l'HD (vegeu també el mòdul "Alteracions del llenguatge").

Hemisferi esquerre	Hemisferi dret
Discriminació fonètica alterada	Alteració en la denominació d'objectes
Parafàsia	Dificultat per a reconèixer les veus i els tons
Anomia	Alèxia
Apràxia verbal	Dispràxia verbal
Perseveració	Dificultats de comprensió del sentit global
Agramatisme	Alteració en els automatismes verbals
Llenguatge telegràfic	Disprosòdia
Ecolàlia	Disortografia
Pèrdua del llenguatge espontani	Circumloquis

Taula 2. Alteracions possibles del llenguatge a conseqüència de lesions en l'hemisferi esquerre i en l'hemisferi dret

Bibliografia

Bibliografia bàsica

- Carlson, N. R. (2005). *Fisiología de la conducta*. Madrid: Pearson.
- Ellis, A. W. i Young, A. W. (1992). *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: Masson.
- Junqué, C. i Barroso, J. (1994). *Neuropsicología*. Madrid: Síntesis.
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: McGraw-Hill.
- Tirapu Ustárriz, J., Rios Lago, M., i Maestú Unturbe, F. (2008). *Manual de Neuropsicología*. Barcelona: Viguera.

Referències bibliogràfiques

- Benson, R. B., Fitzgerald, D. B., Le Sueur, L. L., Kennedy, D. N., Kwong, K. K., Buchbinder, B. R. *et al.* (1999). Language dominance determined by whole brain functional MRI in patients with brain lesions. *Neurology*, 52, 799-809.
- Carlson, N. R. (2005). *Fisiología de la conducta*. Madrid: Pearson.
- Damasio, A. R. i Damasio, H. (1980). The anatomical basis of conduction aphasia. *Brain*, 103, 337-350.
- Damasio, A. R. i Damasio, H. (1992). Brain and language. *Scientific American*, 267 (3), 89-95.
- Dominguez-Gadea, L., Martín, P., Maestú, F., Gómez-Utrero, E., Sola, R. G., i Rodríguez-Eyre J. L. (2001). Perfusion cerebral durante la repetición de palabras en pacientes con epilepsia. *Revista de Neurología*, 32, 6-10.
- Ellis, A. W. i Young, A. W. (1992). *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: Masson.
- Geschwind, N. (1965). Disconnection syndroms in animals and man. *Brain*, 88, 237-294, 585-644.
- Geschwind, N. (1972). Language and the Brain. *Scientific American*, 226 (4), 76-83.
- Junqué, C. i Barroso, J. (1994). *Neuropsicología*. Madrid: Síntesis.
- Lichtheim, L. (1885). On aphasia. *Brain*, 7, 433-484.
- Mesulam, M. M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*, 28, 597-613.
- Ortiz-Alonso, T., Maestú, F., Fernández-Lucas, A., Amo, C., Campo, P., i Capilla-González, A. (2003). Correlatos neuromagnéticos del lenguaje. *Revista de Neurología*, 36 (1), 36-38.
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: McGraw-Hill.
- Portellano, J. A. (2007). *Neuropsicología infantil*. Madrid: Síntesis.
- Pujol, J., Deus, J., Losilla, J. M., i Capdevilla, A. (1999). Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. *Neurology*, 52, 1038-1043.
- Ramsey, N. F., Sommer, I. E., Rutten, G. J., i Kahn, R. S. (2001). Combined analysis of language functions in individual subjects. *Neuroimage*, 13, 719-733.
- Redolar, D. (2007). *Neuroanatomía funcional y neuropsicología cognitiva*. Barcelona: ISEO Universidad.
- Samelin, R., Hari, R., Lounasmaa, O. V., i Sams, M. (1994). Dynamics of brain activation during picture naming. *Nature*, 368, 463-465.
- Simos, P. G., Breier, J. L., Zouridakis, G., i Papanicolaou, A. C. (1998). Identification of language-related brain activity using magnetoencephalography. *Clinical Neuropsychology*, 20, 707-720.
- Tirapu Ustárriz, J., Rios Lago, M., i Maestú Unturbe, F. (2008). *Manual de Neuropsicología*. Barcelona: Viguera.

