

Estructuras y funciones del lenguaje: de los datos anatomo-clínicos a la imagen funcional*

MARYSE SIKSOU**



Bosch. *The stone operation*. Óleo sobre madera • 48 x 35 cm

* Artículo especial para la revista *El Hombre y la Máquina*. Traducido del francés por: William González, Postdoctor, Universidad de París VIII. Profesor, Universidad del Valle. Adriana Varona, Doctorante Universidad de París VII. Profesora, Universidad San Buenaventura.

** Profesora, Universidad de París VII Denis-Diderot. Miembro del Centro de Investigación en Psicopatología y Psicoanálisis, Universidad París VII, Denis-Diderot. Miembro del RSCIF. siksou@ccr.jussieu.fr.

Fecha de recepción: 08/03/05 fecha de aprobación: 31/03/05

Resumen

En este artículo queremos simplemente ilustrar el paralelismo de la evolución de las concepciones del lenguaje y de las estructuras implicadas en él; esta evolución tiene implicaciones en la evaluación y la toma en cuenta de los trastornos del lenguaje. Los aspectos estructurales son también una fuente de sugerencias. En efecto, es divertido pensar que los primeros pacientes de Broca y de Wernicke, respectivamente, no serían tenidos en cuenta hoy en un estudio anatómico debido a la extensión de su lesión o de la patología asociada y sin embargo sus paradigmas han sido productivos. He allí por qué es interesante observar la evolución de las teorías y los métodos de las estructuras y funciones del lenguaje del siglo XIX (los datos anatómicos) en relación con la imagen funcional del cerebro del siglo XXI.

Palabras clave: Lenguaje, afasia, gramática, sintaxis, área de Broca, área de Wernicke, datos anatómicos, imagen funcional del cerebro, síndromes, lesión.

Résumé

Dans cet article nous voulons simplement illustrer le parallélisme de l'évolution des conceptions du langage et des structures impliquées; cette évolution ayant des implications sur l'évaluation et la prise en charge des troubles du langage. Les aspects structuraux seraient aussi une source de suggestions. En effet, il est amusant de penser que aujourd'hui les patients prin-

ceps de Broca et de Wernicke ne seraient pas retenus dans une étude anatomique respectivement du fait de l'étendue de leur lésion ou de la pathologie associée, et pourtant leurs paradigmes ont été productifs. Voilà pourquoi il est intéressant d'observer l'évolution des théories et méthodes des structures et fonctions du langage du XIX siècle (les données anatomo cliniques) par rapport à celles de l'imagerie fonctionnelle du cerveau XXI siècle.

Mots clés

Langage, aphasie, grammaire, syntaxe, aire de Broca, aire de Wernicke, données anatomo cliniques, imagerie fonctionnelle du cerveau, syndromes, lésion.

1. De la anatomía del lenguaje

1.1 Los fabricantes de esquemas en el siglo XIX

Los trabajos de P. Broca (1861) precisaron las observaciones de Bouillaud (1825) y de Dax (1836) atribuyendo “la facultad de coordinar los movimientos propios del lenguaje articulado a la segunda o la tercera circunvolución frontal, probablemente en esta última”. Broca observa que las facultades de comprensión del paciente son conservadas, y habla de “afemia”, a propósito de este trastorno articulatorio, que deja intactas en el sujeto sus capacidades de comprensión. Años más tarde relaciona este trastorno con el daño del lóbulo frontal izquierdo, siendo este su gran aporte.

La descripción del trastorno de la comprensión se lo debemos a K. Wernicke (1871,1874). A la inversa de los casos reportados por Bro-



Tabla primera de V. Libro
Figura I

ca,¹ sus pacientes tienen un lenguaje fluido pero incomprensible. Wernicke asociaba el área afectada en uno de sus pacientes, la parte posterior del giro temporal superior, con la zona de almacenamiento de “la memoria auditiva de la palabra”. De esta manera distingue dos componentes del lenguaje y durante algunas décadas, se clasificarán las afasias² según su vertiente expresiva o receptiva. Inspirándose del modelo de Meynert,³ Wernicke propone un modelo asociativo, en el cual las vías aferentes del “arco reflejo psíquico” [que permite comprender y repetir la palabra percibida], se proyectan sobre un centro cortical posterior “a” donde se encuentra almacenada la forma auditiva de la palabra. Ese centro está conectado con un centro anterior “b” donde está conservada la imagen motora de la palabra, mientras que los centros “c” y “d” representan respectivamente las imágenes asociadas táctiles y ópticas.



Tabla primera de V. Libro
Figura II

Este modelo prepara el trabajo de N. Geschwind (1970) sobre los síndromes de desconexión, en particular sobre la existencia de un trastorno de la repetición relacionado con una lesión del pabellón arqueado; esta es la afasia de conducción predicha por Wernicke. El modelo bipolar se organiza en torno a un polo anterior (área de Broca, planificación de la producción del lenguaje) y un polo posterior (área de Wernicke, relación entre las informaciones perceptivas y semánticas). En el transcurso de los años setenta los trabajos de Geschwind retomaron esta concepción organizando el lenguaje alrededor de un polo anterior, dedicado a la planifi-

cación de la producción del lenguaje, y un polo posterior “semántico”.

1.2 Confirmación y preguntas

En los hechos, la clínica ofrece algunas excepciones a esta dicotomía entre trastorno motor y trastorno sensitivo, o expresión-recepción, que no parece tan tajante. Por ejemplo: en algunos casos, pacientes con daños “motores” moderados pueden producir frases sin conservar una comprensión de las frases complejas [Blumstein (S.-E.), 1995]. Existen otras formas de afasia que también han sido descritas: afasias globales, anomias, afasias transcorticales (motora o sensitiva) cuya lesión se encuentra fuera de la región perisilviana: pre-frontal izquierdo, área motora suplementaria, parte posterior del giro temporal medio y sustancia blanca subyacente. De esta manera se distinguen los aspectos dispráxicos de los aspectos disartricos.⁴

No obstante, así la posición localizacionista haya sido inmediatamente criticada, tanto desde un punto de vista filosófico como anatómico [Freud (S.), 1891; Marie (P.) & Moutier (F.), 1906; Goldstein (K.), 1910,1933; Lashley (K.-S.) 1937], ella ha sido sobre todo reforzada por los trabajos que subrayaron el efecto de la lateralización funcional.

Una parte de esos trabajos ha sido efectuada sobre los pacientes comisurotomizados,⁵ utilizando test dicótico de escucha, y el taquistoscopio. Los datos librados sobre cohortes de pacientes confirmaron ampliamente el vínculo entre la afasia y la lesión del hemisferio iz-

1. Posteriormente se observará que las lesiones de Leborgne son de hecho más extendidas (Signoret, 1984).

2. Término propuesto por Trousseau (1864).

3. Quien propone la dicotomía: (Lóbulo) anterior-motricidad/ (lóbulo) posterior-sensibilidad.

4. Disartria: dificultad para articular las palabras debida a una lesión de los centros nerviosos. (N.d.T).

5. Comisurotomía: agrandamiento quirúrgico de la glándula mitral en la sección de las comisuras entre las válvulas. (N.d.T).

quierdo, gracias a la utilización del test de *Wada*, o de estimulación eléctrica del hemisferio izquierdo, en protocolos quirúrgicos. La reparación de las funciones del lenguaje al interior del hemisferio izquierdo fueron más difíciles de demostrar, ya que ciertos casos la contradicen. La literatura ofrece ejemplos de tales casos. El paciente JC, a pesar de las lesiones frontales extendidas, incluyendo el área de Broca, presentaba un lenguaje desacelerado, pero correcto sobre el plano gramatical, a la inversa del paciente JH que manifestaba una afasia de Broca persistente, sin presentar daño en el área cerebral clásicamente implicada. De igual manera, el paciente MC tenía una buena comprensión y un trastorno de la repetición con una lesión del área de Wernicke, mientras que el paciente OB con una lesión del giro temporal mediano y de la sustancia blanca subyacente (salvando el área de Wernicke), presentaba un importante trastorno de la comprensión y de la expresión. Esos casos no se explican por una reorganización del lenguaje, y los pacientes no son ni zurdos ni multilingües (Dronkers (N. -F.) *et al.* 2000).

Los trabajos de imagen cerebral⁶ aportaron otro tipo de datos estructurales, recogidos en pacientes afectados por lesiones cerebrales, y posteriormente en sujetos "sanos". En los primeros trabajos encontramos frecuentemente la transferencia de un modelo cognitivo "boxológico" o fodoriano; y en los trabajos más recientes, un modelo conexionista cuyos autores tratan de validar con sus resultados.

2. Los datos modernos

2.1 *El área de Broca en la segunda parte del siglo XX y principios del siglo XXI*

La primera sorpresa se presentó al constatar que durante la enumeración de las series automáticas, la región activada corresponde al giro pre-central, al área motora suplementaria y a la parte anterior de la ínsula, y no a la región anterior. Se puede observar, sin embargo, que el clínico que utiliza estos automatismos como medio de reeducación de las afasias motoras, estará sin duda menos sorprendido.

Otro punto de interrogación está ligado con la activación del área de Broca, en tareas que no requieren respuesta oral (Démonet (J.-F.), 1992). ¿Se trata de una diferenciación entre los tratamientos fonológicos y semánticos?

Otros equipos (Paulesu (E.) *et al.*, 1993) han intentado comprender el papel del área de Broca midiendo las activaciones cerebrales provocadas por dos tareas. La hipótesis de los autores, que se apoyan en el modelo de la memoria de trabajo fonológico de A. Baddeley (1987), que utiliza una repetición silenciosa (fonológica) en el curso de la primera tarea y un sistema de memoria fonológico para la realización de la segunda. En la primera tarea, los sujetos deben detectar parejas de letras que rimen, en la segunda deben estimar si una letra hace parte de una serie de seis. Los datos obtenidos permiten a los autores relacionar el sistema de repetición silenciosa con una parte del



Tabla primera de V. Libro
Figura III

6. Estas técnicas han utilizado la tomografía de emisión de positrones (TEP scan, 1970), la imagen por resonancia magnética (IRM, 1990) y la imagen funcional (IRMF). En este artículo no examinaremos los trabajos que utilizan los potenciales evocados, ni la magnetoencefalografía (MEG).



área de Broca (área a. 44), y la zona de almacenamiento a corto término de informaciones fonológicas con el giro supramarginal. El otro aspecto contra intuitivo de los trabajos de imagen cerebral consistió en mostrar una activación del área de Broca cuando la tarea propuesta no implicaba la producción de lenguaje, pero sí un tratamiento semántico. De esta manera se observó que el área de Broca está activada cuando se escucha la lista de palabras y textos [Mazoyer (B.), 1993]. Estudios ulteriores [Poldrack (R.) *et al.*, 1999] precisan las áreas funcionales implicadas en esta región, diferenciando una parte anterior del giro frontal inferior izquierdo (parte

triangular y orbital, a. 45 y 47) comprometida en el tratamiento semántico y una parte posterior (opercular, a. 44) comprometida en el tratamiento fonológico.⁷

Para tratar de comprender la implicación de la zona frontal inferior en el acceso al sentido S. Thompson-Schill *et al.* (1997) compararon dos condiciones de generación de verbos a partir de un nombre. Las condiciones de generación corresponden a dos tipos de selección léxica: selección débil / selección alta.

Los datos recolectados a través del IRMF (Imagen de Resonancia Magnética Funcional) indican que cuanto más grande es la selección, más implicada en la tarea estará el área de Broca. Los resultados confirman que la zona frontal inferior interviene en la tarea durante la selección de la respuesta verbal. Según los autores, esta zona hace parte del sistema ejecutivo responsable de la selección de la respuesta verbal. Este trabajo ha sido completado por otro estudio [Thompson – Schill (S.) *et al.*, 1998] realizado esta vez con pacientes afectados con lesiones del giro frontal inferior izquierdo. Estos últimos cometen más errores en la prueba de selección alta.⁸

La comprensión gramatical de frases complejas constituye una de las principales dificultades de los pacientes afectados con afasia de Broca. Los pacientes con una lesión de la parte anterior del giro temporal superior presentan este trastorno, los trabajos de imagen cerebral indican netamente la localización de las activaciones en la parte triangular izquierda. Esta área posee importantes conexiones con el hipocampo, está implicada en la

7. La tarea semántica es una tarea de juicio “abstracto *versus* concreto” para las palabras presentadas visualmente. La tarea fonológica consiste en contar el número de sílabas de estas palabras.

8. Se habla de selección débil si la palabra propuesta conduce a una respuesta dominante, y de selección alta si existe una posibilidad de elección importante.

adquisición de los mecanismos mnesicos que permiten tratar las frases largas o complejas (Mazoyer, 1993; Bevalier, 1997). La disminución de comprensión que acompaña a este trastorno en las personas afectadas por una afasia de Broca estaría entonces relacionada con una disminución de la capacidad de tratamiento y no con la pérdida de una estructura de la descodificación sintáctica.

2.2 El otro “polo” del lenguaje

Contrariamente al área de Broca, la de Wernicke no fue precisada anatómicamente por su “creador”. De una interpretación funcional y sensorial de su implicación semántica [Mesulam (M.), 1998], la variabilidad de la interpretación deriva la inestabilidad de la localización anatómica. Primero que todo los trabajos trataron de diferenciar el tratamiento de los ruidos del tratamiento de los sonidos del lenguaje [Zatorre (R.), 1992]. Durante la escucha de las sílabas, los datos indicaban la activación del córtex auditivo primario y de los giros temporales posteriores superior y medio.

Recientemente los datos de imagen cerebral han sido interpretados articulando el tratamiento auditivo de sonidos puros con la activación de la parte superior del giro temporal superior, mientras que el tratamiento de los sonidos del lenguaje (palabras y no palabras) estaría relacionado con la activación de la parte anterior del sillón temporal superior [Brinder (J.) *et al.*, 2000].

3. Evolución de las teorías y de los métodos

3.1 El impacto de las teorías: redes y epicentros

Paralelamente a estos trabajos que estipulan implícitamente un modo de tratamiento modular, aparecen estudios apoyados por la hi-

pótesis de un tratamiento en red de las categorías semánticas.

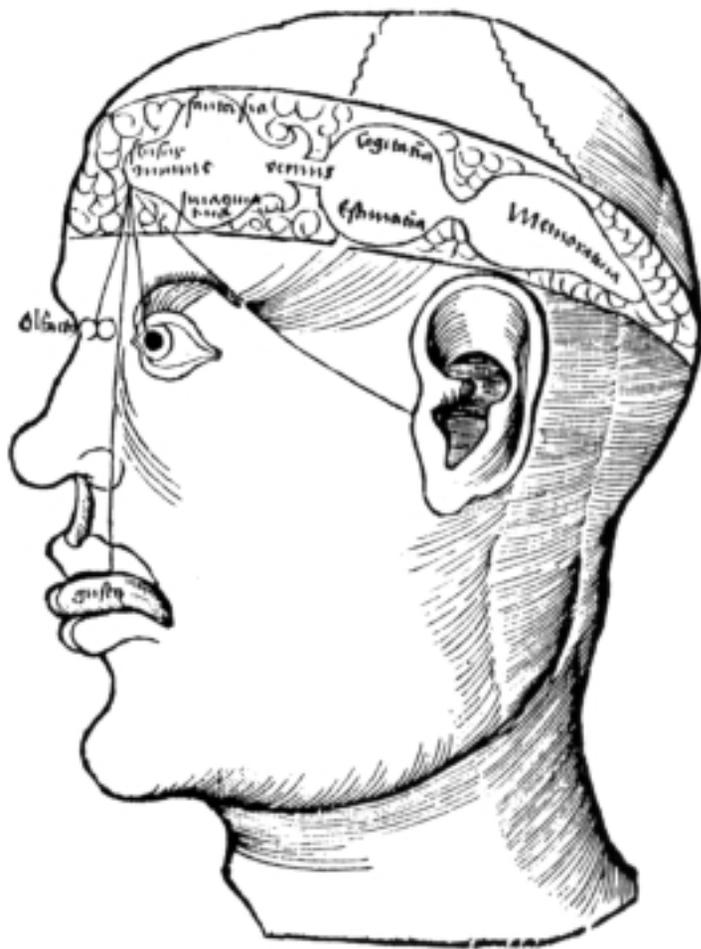
Los pacientes afectados por un déficit categorial específico [Warrington (E.), 1984], examinados por IRM (Imagen de Resonancia Magnética) o en el escáner X, presentaban para cada tipo de déficit la lesión de una estructura diferente: una lesión del polo temporal (para el déficit de la denominación de personajes célebres), una lesión de la parte intermedia inferior (para la denominación de animales) o una lesión de la parte posterior inferior (para el déficit de la denominación de herramientas). Paralelamente los resultados obtenidos en TEP (Tomografía de Emisión de Positrones) con sujetos sanos, permitieron a otro equipo [Damasio (H.) *et al.*, 1996], diferenciar regiones específicas del lóbulo temporal en tal o cual tarea de denominación. Estos datos se utilizaron para confirmar la hipótesis según la cual el acceso a los conocimientos léxicos reposa sobre una red de regiones especializadas, por una categoría semántica, y distribuidas en el seno del lóbulo temporal.

Papathanassiou *et al.* (2000) trataron de evidenciar una red cerebral común a la producción y a la comprensión del lenguaje, apoyándose en el modelo de los epicentros del lenguaje de M. Mesulam (1998). Este modelo supone diferentes etapas de tratamiento, las zonas corticales obran como integradores heteromodales o “epicentros”.

Las tareas utilizadas permitían estudiar las actividades relacionadas con la generación de verbos y la escucha de una historia. Los resultados mostraban que la parte posterior del sillón temporal superior (polo posterior) y la parte triangular del giro frontal inferior (polo anterior) eran activadas por las tareas de producción y de comprensión.



Tabla primera de V. Libro
Figura IV



3.2 Las variables que actúan en las activaciones de las “áreas” del lenguaje

Cuando se trata de encontrar una correlación anatómo-funcional, otro tipo de trabajos, escogen una exigencia clínica más amplia y tratan de controlar variables conocidas para disminuir los resultados. De esta manera Dronkers (N.) *et al.* (2000) constatan que sus pacientes tienen una lesión vascular localizada, están exentos de antecedentes neurológicos o psiquiátricos, son diestros, de lengua materna inglesa y no presentan trastornos sensoriales (visuales o auditivos). Los exámenes de imagen cerebral (CT o IMR) han sido realizados al inicio de las tres primeras semanas. Por su parte, los test de lenguaje lo han sido en el plazo de un

año, con el fin de evaluar los déficits estables. Los exámenes anatómicos son organizados de manera tal que se pueda reagrupar a los pacientes y determinar si presentan el mismo trastorno.

De los cien pacientes examinados en un trabajo anterior, estos autores han reagrupado doce diestros, que presentan una afasia de Broca. El área de Broca no estaba siempre implicada. Dos pacientes presentaban una afasia de Broca sin tener lesión en esta área y diez tenían una lesión del área de Broca sin presentar este tipo de afasia. Todos los pacientes afectados por una afasia de Broca, por el contrario, presentaban una lesión de la ínsula, pero todos los que tenían esta afección no presentaban este tipo de afasia, y por el contrario, todos tenían una apraxia de la palabra [Dronkers (N.-F.) *et al.*, 1996]. Reagrupando los casos de pacientes cuyos errores fonéticos estaban ligados a un trastorno de la planificación de los movimientos necesarios para la palabra, pacientes presentaban una lesión del labio superior del giro precentral de la ínsula, diecinueve pacientes sin apraxia de este tipo presentaban una ausencia de lesión en esta zona, que está comúnmente implicada en todas las afasias de Broca. Los autores concluyen que la apraxia de la palabra es un déficit central de la afasia de Broca. La producción de estereotipias parece estar relacionada con una lesión de las fibras arqueadas, en el lugar donde las fibras salen del lóbulo temporal para cruzar los ventrículos. Los pacientes lesionados presentan sobre todo una incapacidad para hablar y no un trastorno de la repetición.

Los resultados obtenidos por Dronkers son comparables con las afasias de Wernicke. En un grupo de cien pacientes afásicos, cinco tenían lesiones en el área de Wernicke. Siete pacientes tenían lesiones en esta

área, sin presentar afasias de Wernicke. Los pacientes afectados de manera persistente por este tipo de afasia tenían lesiones más grandes que implicaban la destrucción total de la mitad posterior del giro temporal mediano, acompañado de una lesión de la materia blanca subyacente. Los pacientes que presentan lesiones menos importantes tenían afasias transitorias, por el contrario estas lesiones restringidas pueden residir en cualquier lugar de la mitad posterior del lóbulo temporal.

Los autores estiman que la información semántica residual del lóbulo temporal posterior es capaz de compensar el *exceso de apertura existente* en su red. Las lesiones del área de Wernicke provocan trastornos de repetición que caracterizan a la afasia de conducción crónica. Es entonces el almacenamiento en la memoria de la información auditiva que parece estar implicado en este hecho [Damasio (H.) *et al.*, 1980].

4. ¿Excepciones y descubrimientos?

El modelo anatómico-clínico simplifica la complejidad del lenguaje. Hablar y comprender implica el respeto de reglas para combinar los sonidos en palabras y en frases con el fin de expresar ideas, emociones, es decir, comunicar. Volver a encontrar conceptos, aplicar las reglas gramaticales, hallar el modelo de entonación y las reglas relacionadas con una situación dada, constituyen un número de tareas cognitivas diversas.

El córtex asociativo temporal, y en particular el giro temporal mediano, es la región del cerebro que está más implicada con los componentes fundamentales del lenguaje. Las lesiones de esta zona provocan los déficits del lenguaje más importantes. Las lesiones restringidas sólo generan trastornos temporales, pero el trastorno evaluado no es estable. En el caso de la afasia de Broca, un



Revista Mente y cerebro

trastorno moderado, caracterizado por una falta de palabras, desarrolla la fase aguda del comienzo de la afección cerebral, es igual para la afasia de Wernicke que evoluciona hacia una anomia o una afasia de conducción. Los aspectos más agudos reflejan esencialmente la repercusión de la lesión sobre las áreas vecinas o conectadas. Queda por saber qué es lo que tenemos que localizar.

Broca pensaba localizar la facultad de articular, que después fue reemplazada por la sintaxis. La afasia de Broca es un síndrome y/o un conjunto de déficits que forman un patrón (Watkins *et al.*, 2002). Se sobrentiende que es difícil localizar en el mismo centro comportamientos tan diversos como la agilidad articulatoria, el descubrimiento de palabras, la repetición y la comprensión de estructuras gramaticales complejas. Por esto el eje escogido por las recientes investigaciones consiste en localizar los procesos de tratamiento. Entonces se vuelve ilusorio tratar de asociar la afasia de Broca con un área puesto que se trata de un síndrome complejo que agrupa diversos déficits.

Como lo observamos, para ciertos autores el área de Broca podría jugar un papel en la memoria de

trabajo para un material lingüístico (Stromswold, 1996) o como una parte del circuito articulatorio (Paulesu, 1993). El papel preciso del área de Broca podría entonces definirse independientemente de una función “lenguaje”. Así, Mazoyer y Tzourio (En: Houdé *et al.*, 2002), siguiendo el modelo de la memoria de trabajo, estiman que el área de Broca no es una región de “producción”, restringida a la producción motora del lenguaje, ella constituye un componente de la memoria de trabajo verbal que comprende dos sub-unidades funcionales: una anterior, útil al tratamiento de las informaciones de tipo fonológico; la otra posterior, útil para las informaciones de tipo semántico. El papel “estructural” de estas regiones es un papel de selección, de control ejecutivo.

El área de Wernicke estaría relacionada con la memoria ecoica (de repetición) más que con la “comprensión” del lenguaje, y las fibras arqueadas con el transporte de las palabras hacia las áreas motoras del lenguaje.

Si ciertos mecanismos del lenguaje y de la palabra son localizables como la planificación articulatoria o la memoria ecoica (de repetición), es necesario anotar que tales funciones representan mecanismos de entrada, de salida o de sostenimiento para el sistema del lenguaje, y no varían mucho de un individuo a otro. Es el caso de las fibras arqueadas y de la parte anterior del giro temporal superior. Por el contrario, las regiones que participan en funciones cognitivas como la atención, la memoria, la memoria de trabajo y el control ejecutivo, cumplen igualmente un papel apuntalando los mecanismos del lenguaje. Finalmente, es necesario anotar que la localización estricta de funciones específicas en esta red es difícil de ubicar, ya que está constituida por experiencias individuales que difieren de una persona a otra.

No hemos abordado aquí otros datos provenientes del desarrollo del lenguaje del niño o de las diferencias relacionadas con el género. Simplemente hemos querido ilustrar el paralelismo de la evolución de las concepciones del lenguaje y de las estructuras implicadas en él; esta evolución tiene implicaciones en la evaluación y la toma en cuenta de los trastornos del lenguaje.

Los aspectos estructurales son también una fuente de sugerencias. En efecto, es divertido pensar que los primeros pacientes de Broca y de Wernicke, respectivamente, no serían tenidos en cuenta hoy en un estudio anatómico debido a la extensión de su lesión (ver, Leborgne, *El caso de Broca*) o de la patología asociada (el paciente demente de Wernicke), y sin embargo sus paradigmas han sido productivos. ❁

Referencias

- Baddeley (A.). 1987. *Working Memory*. Oxford University Press.
- Bevalier (D.), Corina (D.), Jezzard (P.) *et al.* 1997. «Sentence reading: A functional MRI study at 4 tesla». En: *Journal of Cognitive Neurosciences*, 9, 5, pp. 664-686.
- Binder (J.), Frost (J.-A.), Hammeke (T.-A.), Cox (R.-W.), Rao (S.-M.), Prieto (Th.). 1997. «Human Brain Language Areas Identified by Functional Magnetic Resonance Imaging». En: *The Journal of Neuroscience*, 1, 17(1), pp. 353-362.
- Binder (J.), 2000. «The new anatomy of speech perception», En: *Brain Language*, 123, 12, pp. 2371-2372.
- Blumstein (S.-E.). 1994. «Impairments of speech production and speech perception in aphasia». in: *Philo. Trans. R. Soc. London. B Biol Sc*, 29, 346, (1315), pp. 29-36.
- Broca (P.). 1861. «Remarque sur le siège de la faculté du langage articulé, suivie d'une observation d'aphémie». En: *Bulletin de la Société Anatomique de Paris*, 36, pp. 350-357.
- Damasio (H.) & Damasio (A.). 1980. «The anatomic basis of conduction aphasia». En: *Brain*, 103, pp. 337-350.

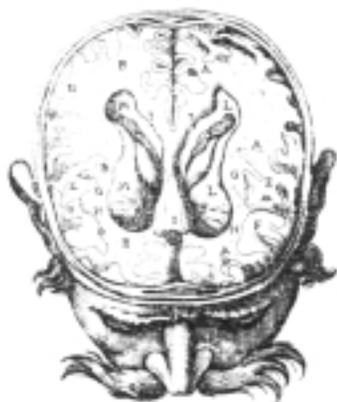


Tabla primera de V. Libro
Figura V

- Damasio (H.), Grabowski (T.-J.), Tranel (D.), Hichwa (R.-D.) & Damasio (A.-R.). 1996. «A neural basis for lexical retrieval». En: *Nature*, 11, 380 (6574), pp. 499-505.
- Demonet (J.-F.). 1992. «The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects». En: *Brain*, 115, pp. 1753-1768.
- Dronkers (N.-F.). 1996. «A new brain region for coordinating speech articulation». En: *Nature*, 384, pp. 159-161.
- Dronkers (N.-F.). 2000. «The pursuit of brain-language relationships». En: *Brain Language*, 71 (1), pp. 59-61.
- Freud (S.). 1891. *Zur Auffassung der Aphasien: Eine Kritische Studie*. Leipzig and Vienna: Frank Deuticke [Contribution à la conception des aphasies, traduction française de C. Van Reeth, 1987, 2^e ed. Paris, P.U.F.].
- Geshwind (N.). 1970. «The organization of language and the brain». En: *Science*, 170, pp. 940-944.
- Goldstein (K.). 1910. *Über Aphasie*. Beihefte Z. Mediz. Klinik., VI.
- Goldstein (K.). 1933. «L'analyse de l'aphasie et l'étude de l'essence du langage». En: *Journal de Psychologie normale et pathologique*, 30.
- Houdé (O.), Mazoyer (B.) & Tzourio-Mazoyer (N.). 2002. *Cerveau et psychologie*. Paris, P.U.F.
- Lashley (K.-S.). 1937. «Functional determination of cerebral localization». En: *Archives of Neurology and Psychiatry*, 38.
- Marie (P.). 1906. «Révision de la question de l'aphasie: la troisième circonvolution centrale gauche ne joue aucun rôle spécial dans la fonction du langage». En: *Semaine Médicale*, 26, pp. 241-247.
- Marie (P.) & Moutier (F.). 1906. «Nouveau cas d'aphasie de Broca sans lésion de la 3^e frontale gauche». En: *Bulletin et mémoire de la Société Médicale des Hôpitaux de Paris*, novembre.
- Mazoyer (B.). 1993. «The cortical representation of speech». En: *Journal of Cognitive Neurosciences*, 5, pp. 467-479.
- Mesulam (M.-M.). 1998. «From sensation to cognition». En: *Brain*, 121, pp. 1013-1052.
- Paulescu (E.). 1993. «The neural correlates of the verbal component of working memory». En: *Nature*, 362, pp. 342-435.
- Papathanassiou (D.). 2000. «A common language network for comprehension and production. A contribution to the definition of language epicenters with PET». En: *NeuroImage*, 11, pp. 347-357.
- Poldrack (R.). 1999. «Functional specialization for semantic and phonological processing in the left inferior prefrontal cortex». En: *NeuroImage*, 10, pp. 15-35.
- Signoret (J.-L.), Castaigne (P.), Lhermitte (F.), Abelanet (R.) & Lavorel (P.). 1984. «Rediscovery of Leborgne's brain, anatomical description with CT scan». En: *Brain Language*, 22, pp. 303-319.
- Stromswold (K.), Caplan (D.), Alpert (N.) & Rauch (S.). 1996. «Localization of syntactic comprehension by positron emission tomography». En: *Brain Language*, 52, pp. 452-473.
- Thompson Schill (S.-L.), Swick (D.), Farah (M.-J.), D'Esposito (M.), Kan (I.-P.) & Knight (R. T.). 1998. «Verb generation in patients with focal frontal lesions: a neuropsychological test of neuroimaging findings». En: *Proc Natl Acad Sci USA*, 22, 95, pp. 15855-15860.
- Thompson Schill (S.-L.), Aguirre (G.-K.), D'Esposito (M.) & Farah (M.-J.). 1999. «A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge». En: *Neuropsychologia*, 37, 6, pp. 671-67.
- Trousseau (A.). 1864. «De l'Aphasie, maladie décrite récemment sous le nom impropre d'aphémie». En: *Gazette Des Hôpitaux.*, 37, et dans *Clinique Médicale* (1865).
- Warrington (E.-K.) & Shallice (T.). 1984. «The semantic impairment of semantic memory». En: *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27, PP. 635-657.
- Watkins (K.-E.), Dronkers (N.-F.) & Varga-Khadem (F.). 2002. «Behavioral analysis of inherited speech and environmental sounds evidence: from aphasia». En: *Brain*, 125, pp. 452-464.
- Wernicke (K.). 1874. *Der aphasische Symptomencomplex*. Breslau: Kohn and Weigert.
- Zatorre (R.-J.), Evans (A.-E.), Meyer (E.) & Gjedde (A.). 1992. «Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing». En: *Science*, 256, pp. 846-847.