الحبسة عند الراشد في علم النفس العصبي اللساني

الفئه المستهدفة : ماستر سنة أولى علم الاعصاب اللساني

الكلمات المفتاحية اللغة، الحبسة، الكلمة، الولوج الى المعنى، الشبكات الدماغية

المحور الأول: **الأساس العصبي للغة**

المحور الثاني : **العمليات العصبية لإنتاج و فهم الحديث**

المحور الثالث : **المناطق اللغوية العامة**

المحور الرابع: **اضطرابات اللغة وفق النموذج العصبي اللساني**

الأهداف :

1. تفسير الأساس العصبي اللغة من خلال التطورات التي حدثت في أعضاء النطق المختلفة وكذلك التطورات المخية التي حدثت في قشرة الدماغ ولاسيما في المناطق المسؤولة عن الوظائف اللغوية، صوتاً، وإشارات، وعلامات، وكذلك العلاقة بين المنظومة الإشارية الأولى، المسؤولة عن الحواس والمنظومة الإشارية الثانية المسؤولة عن اللغة التي ينفرد بها الإنسان.

2. أنّ اللغة البشرية لم تصل إلى ما وصلت إليه من تكامل في التجريد والتعميم إلا بفضل العلاقات الفيزيولوجية التي تربط الحواس وأعضاءها والمراكز المخية ووظائفها

3. علاقة علم الأصوات (جهاز النطق وتطوراته) بعلم الفيزيولوجية والتي لها أثر في تكوين الأصوات من خلال تطورات أعضاء النطق.

4. من الناحية الفيزيولوجية، فقد تبين أن العلاقة بين الولوج الى اللفظ والولوج الى المعنى

5. رؤية جديدة لدراسة اضطرابات اللغة وفق فروع علم اللسانيات، وخاصة اللسانيات العصبية القائم على الكشف عن العلاقة بين الوظائف اللغوية والوظائف المخية أو الدماغية، إذ انّ هذا الكشف يفتح أبواباً واسعة لتفسير كثير من الظواهر اللغوية عند الإنسان منذ الطفولة ووضع الحلول المناسبة لها ولاسيما في حقلي التربية والتعليم.

المحور الأول" الأساس العصبي للغة

إن فهم الأساس العصبي للغة يعتبر في علم النفس العصبي أحد اكبر تحدياته والأكثر أهمية، فهي تحتم على الباحثين دراسة اللغة لدى الأفراد ذوي النمو القشري الطبيعي، و أيضا لدى الذين يعانون من بعض أشكال الإصابة المخية، أو الذين لديهم نمو لغوي شاذ أو غير متوقع، ومن خلال تجميع النتائج المختلفة من هذه التوجهات المختلفة للبحوث، يمكن استخلاص كيفية إنتاج و فهم اللغة الشفوية والمكتوبة.

لقد أعلن عن الدراسات العلمية المبكرة لموضع اللغة في منتصف القرن التاسع عشر، فقد لاحظ عالم الأعصاب الفرنسي « بيير باول بروكا»(1861)، و«ماكس داكس» (Marc Dax) (1861) أن تلف المنطقة الأمامية للنصف الكروي الأيسر لدى المريض قد يؤدي إلى عدم القدرة على إنتاج حديث طليق، وقد لوحظ ذلك لدى مريض « بروكا» الذي يسمى «ليبورجن» (Leborgne) حيث أصبح هذا المريض معروفا بأنه « تان» (Tan) لأن هذه الكلمة هي الوحيدة التي كان بمقدوره إنتاجها دون جهد أو تعب، ومع ذلك، فقد ظل فهم اللغة سليما، كما تبين بعد الوفاة أن «تان» لديه إصابات في الغطاء الأمامي من الفص الأمامي، و هذه المنطقة تعرف بأنها منطقة المخ المسؤولة عن إنتاج (Production) اللغة و يطلق عليها منطقة «بروكا» في الأصل وصف الاضطراب بأنه «تعذر التعبير» (Aphemia) و هذا النوع من الاضطراب اللغوي يتميز بالحبسة النحوية أي أن هناك تناقصا في صعوبة النحو و تناقصا أو غيابا للكلمات الوظيفية (مثل حروف الجر) و علامات الإعراب (مثل أزمنة الماضي و الجمع)،

و أظهرت بحوث أخرى أجراها «ورنيك» (1874) أن تلف المناطق الخلفية للنصف الكروي الأيسر يؤدي إلى عدم القدرة على فهم الحديث، على الرغم من الإنتاج غير المضطرب للحديث، وربما تكون رسالة الماجيستير التي قام بها «ورنيك» هي الأكثر ذكرا و الأكثر تأثيرا في علم النفس (Wallesch et al,2002) وعلم الأعصاب، لقد أصبحت منطقة «ورنيك» كما يطلق على المنطقة التالفة - هي المنطقة المسؤولة عن الفهم اللغة (Comprehension) ووفقا لـ «ورنيك» فإن التلفيفة الصدغية الأولى هي النهاية القشرية للعصب السمعي، و الفص الصدغي هو المنطقة التي تمثل فيها صور الكلمات السمعية، والشيء العجيب هو أن «ورنيك» أظهر هذا الموضع في النصف الكروي الأيمن.

و نظرا لأن هذين الاضطرابين اللغويين ينتجان من تلف النصف الكروي الأيسر، فقد كان المعتقد بداية أن النصف الكروي الأيمن لا يلعب أي دور في التجهيز اللغوي، وقد أدى إلى تقسيم الوظائف النصف كروية، حيث يتميز الجانب الأيسر بتوسط التجهيز اللفظي، التسلسلي، التحليلي، و العقلاني، بينما يتميز الجانب الأيمن بأنه يتوسط المهام المكانية البصرية غير اللفظية، ومع ذلك، فإن

وجهة النظر القائلة بأن النصف الكروي الأيمن لا يلعب أي دور في اللغة تعتبر حاليا خاطئة، على الرغم من أن دوره اللغوي لدى معظم الناس ليس بنفس حجم دور النصف الكروي الأيسر.

إن الدراسات حول الإصابة في القرن التاسع عشر قد عززت ما يسمى بنموذج «بروكاBroca - ورنيك Wernicky -ليشتيمLichtheim » عن التجهيز اللغوي ، فالفكرة عموما هي أن المناطق اللغوية في المخ مرتبطة، و أن التمثيلات السمعية للغة تقع في القشرة الصدغية اليسرى في منطقة «ورنيك»، و أن التمثيلات الحركية لهذه الكلمات تقع في القشرة الأمامية اليسرى في منطقة بروكا، ولقد تم تحدي هذا النموذج بشكل سريع في السبعينات و الثمانينات

المحور الثاني : العمليات العصبية لإنتاج و فهم الحديث:

تنشيط المخ لدى الأفراد الأصحاء

في دراسة رائدة، أعلن «بترسون» ورفاقه . (Petersen et al) (1988) عن زيادة ثنائية الجانب في تدفق الدم في المناطق الحسية الأولية و الثانوية أثناء الإدراك السمعي السلبي للكلمات المنطوقة في المنطقة الصدغية، و كذلك، تنشيطا ثنائي الجانب في المناطق الوجه الحركية و الحسية و مناطق الحديث التكميلية عند إنتاج الحديث ، كما كان هناك أيضاً تنشيط زائد في القشرة الأمامية اليسرى أثناء الإدراك السلبي للكلمات المنطوقة الحقيقية وليست الكلمات المزيفة ( ) (Petersen et al., 1990 Pseudo - words) إن القدرة على تحديد موضع منطقة المخ المسؤولة عن وضع الأصوات معاً لتكوين كلمات ذات معنى ، تعتبر جزءاً من العملية يسمي التجهيز الفونولوجي - قدمت مشكلات الدراسات التصوير . على سبيل المثال ، أظهرت الدراسات تنشيطاً زائداً في القشرة الأمامية اليسرى بالقريبة من منطقة " بروكا " عندما طلبيه من المشاركين أداء عدد من المهام ، بما في ذلك : (1) التمييز بين الكلمات المكتوبة على أنها البناء الصوتي ((Fiez et al،

(2) مراقبة الفونيمات والتمييز بين الحروف الساكنة (Zitorre et al.,1996)

(3) إصدار أحكام عن التشابه الفونولوجي و القافية ، وتنفيذ مهام الذاكرة قصيرة المدى الفونولوجية (Paultest et al.,1994) . أشار « زاتور » وزملاؤه إلى أن هذه النتائج توضح أهمية منطقة بروكا في استعلام ومعالجة الأجزاء الصوتية للحديث (Zatorro et al . , 1992n) ومع ذلك ، فإن التنشيط الأمامي ليس نتيجة ثابتة ؛ فقد أعلن آخرون عن زيادة في تدفق الدم في الفص الصدغي الأيسر أثناء القراءة ، ولاحظ « نوبره ورفاقه (1994) . Nore et al)

إن التأييد لهذا المقترح يأتي من الدراسات التي يلاحظ فيها التنشيط في المناطق الأمامية («منطقة بروكا ») والمناطق الصدغية (منطقة « فرنيك) للنصف الكروي الأيسر لدى القراء العاديين أثناء أداء مهام الذاكرة قصيرة المدى والقافية (Rhyming) (Paulou et al . , 1996) .

والشكل (١) (الفصل الرابع يوضح المناطق التي يظهرها التصوير العصبي على أنها مشتركة في التجهيز اللغوي كما اشتركت دراسات القدرة المرتبطة بالحدث أيضاً بالنصف الكروي الأيسر في تجهيز اللغة) ، على سبيل المثال ، فإن الدراسات التي طلب فيها من المشاركين (Berge & Segalowitz , 1995 النطق بسلسلة من الحروف تعلن بوضوح عن اتساع (P200، N100) في النصف الكروي الأيسر عنه في النصف الكروي الأيمن (Papanicolaou et al.,1983) . إن (P200 N100)، قدرات يعتقد أنها تعكس التجهيز الحسن المبكر . كما لوحظت لاتماثلات مماثلة أثناء إدراك الكلمات غير الصحيحة (nonsense

1992) (Segalowitz el al e,(1992) (words) ، وفونيمات (أصوات) الحروف المتحركة (V) الحروف الساكنة (1994 (c)(Rippon &Brunswick) والأداء على المهمة الفونولوجية التي يطلب فيها من المشارك تسمية الحروف التي تكون مقفاة مع الحرف (V) . (Taylor , 1999)

كما لوحظت أيضاً تأثيرات جانبية لـ P 300 ، مكوّن القدرة المرتبطة بالحدث التي يعتقد أنها تعكس التجهيز المعرفي ، على سبيل المثال ، هناك دليل على أن هناك مشاركة كبيرة للنصف الكروي الأيسر أكثر من النصف الكروي الأيمن أثناء القراءة (Johnstone et al.,198) ، و أثناء مهمة القافية الموصوفة أعلاه (Taylor , 1993) ، وأثناء تيسير الكلمات التي تبدأ بحروف وقف ساكنة (مثلاً : 16% عن تلك التي لا تبدأ بهذه الحروف(مثلاً/ (d) (Taylor & Keenan,1990)

أخيراً ، تبين أن مكوناً سلبياً متأخراً هو (P400) - يرتبط « بوظيفة اللغة الاستقبالية» ، بمعنى عملية عزو المعنى للجمل (Connolly & Phillips, 1994, Bobre & McCarthy, 1994, 1995) ، لقد حددت الدراسات موضع التجهيز السيمانطيقي (دلالات الألفاظ) في المناطق الأمامية والمركزية - الأمامية الإدراك السلبي للجمل المعروضة سمعياً . على سبيل المثال ، عرض « كونولي و فيليبس » (1994) على المشاركين جملاً منطوقة كانت فيها الكلمات الأخيرة مناسبة سيمانطيقياً مثلاً : أغلقت المرأة الباب ليلاً) . ولاحظ الباحثان موجة (N400) ، خصوصا في المناطق الأمامية المركزية ، واستجابة للجمل غير المناسبة سيمانطيقياً فقط ، وليس للجمل ذات النهابات المناسبة سيمانطيقياً ، وفي هذا السياق ، يذكر أن (N400) تعكس اضطراباً في التجهيز المستمر وعلى الخط للحديث لدى الفرد – يعطيه المعنى المترابط

إن النظرية الفيزيولوجية فإنها تنظر إلى العلاقة بين اللفظ والمعنى من زاويتين، الأولى من زاوية العلامات والإشارات والأخرى من زاوية اللغة والفكر، أما العلامات والإشارات والرموز فهي تؤلف ما يسمى بالمنظومة الإشارية التي ينفرد بها الإنسان وحده، فالكلمات المنطوقة أو المكتوبة إشارات حسية تدل على الأشياء المادية التي انطلقت منها وبمرور الزمن أخذت تعبر عن الإشارات الحسية جميعها، وتحل محلها وتستثير الاستجابات الفلسجية التي ستثيرها مسمياتها أي أن الألفاظ اللغوية تعبر عن نفسها على شكل رموز صوتية مكتوبة أوجدها الإنسان نفسه في مجرى تاريخه الطويل لتنظيم حياته الاجتماعية، إن قيمتها الصوتية والسمعية تكمن في معناها أو دلالتها أو ما تشير إليه لا في كيانها الرمزي المادي المنطوق به أو المقروء[1] إذ إنّ هذا المفهوم قد تردد في كتاب نوري جعفر (اللغة والفكر) أكثر من مرة، قال : ((لاشك في أنّ الكلمة المتحدث بها والمكتوب،هي أكثر من مجرد شيء مادي محسوس (صوت

نسمعه أو رمز مدوّن نقرأه) فهي فضلاً عن ذلك وبالدرجة الأولى والأهم تحمل معنى معيناً متفقاً عليه، ترمز إلى شيء أو تدل عليه أو تعبر عنه أو تشير إليه، وإنّ الإنسان يستجيب لهذا المعنى، وليس للصوت أو الرمز المكتوب في حد ذاته)) [2].

إلى أنّ معاني الكلمات تتسع وتتطور مع بقاء تركيبها الصوتي والكتابي ثابتاً من حيث الأساس، كما يقول فايكوتزكي بدائرتين متقاطعتين وأن نطلق على مناطق التقاطع اسم (الفكر اللفظي) أو الفكر المعبر عنه بالألفاظ،أي الذي لابد لوجوده من كلمات تحمله وتسمح له بإبراز نفسه[3]

واستدل على صحة هذا القول بإجراء مختبري أجري على الكلمات المترادفة (أصوات مختلفة ورموز مكتوبة مختلفة والمعنى واحد) فإنّ الاستجابة تكون للمعنى وليس للصوت أو الرمز

يرى تشومسكي أن الوحدات المعجمية وطبيعتها الجينية مؤسسة على بُنى تصورية من نوع محدد ومتماسك جدا، وتدخل التصورات ذات الطبيعة الموضعية بصورة واسعة في البنية المعجمية، وبطرق مجردة إلى حد بعيد غالبا (تشومسكي، ترجمة حمزة المزيني، 2005، ص 186)، كما يرى أنه يمكن تفسير الخصائص الأخرى للغة والمظاهر الأخرى لاكتسابها واستخدامها في ضوء المسلمات نفسها عن **البنية الفطرية للمَلَكة اللغوية**، في اللغة نفسها وفي اللغات الأخرى، وأن التصورات نفسها تؤدي دورا في المظاهر الأخرى للفكر والفهم (تشومسكي، 2005، ص 190).

المحور الثالث: المناطق اللغوية العامة

– التجهيز اللغوي:

إن التجهيز اللغوي ثنائي اللغة ينطوي على مناطق النصف الكروي الأيسر، ولكن بعض الباحثين يشيرون إلى ثنائيي اللغة ذوي الإصابات في النصف الكروي الأمن يظهرون درجة كبيرة من الحبسة مقارنة بما يظهره ثنائيو اللغة ذوو الإصابات في النصف الكروي الأيسر (Hakuta , 1986) ومع ذلك ، تشير دراسات التصوير العصبي إلى ان المناطق القشرية تكون مشتركة أثناء تجهيز كلا اللغتين .

على سبيل المثال، وجدت دراسة عن الناطقين بالإنجليزية والفرنسية أن أداء المهام اللغوية في كلا اللغتين قد ارتبط بالنشاط في القشرة الأمامية الدنيا اليسرى (Klein et al.,1995) . وهناك دراسة أخرى وجدت أن هناك تنشيطاً في الأجزاء المختلفة من منطقة « بروكا» عندما يؤدي الأفراد المهام اللغوية أثناء تعلم اللغة في الكبر ولكن هذا التنشيط يغيب لدى أولئك الذين تعلموا اللغة في الطفولة,.1997) (Kirn et al . وليس هناك تنشيط قارة في منطقة « ورنيك».

أشار بعض الباحثين إلى أن هذه الفروق ربما تعكس كفاءة المشاركين في استخدام اللغة وليس السن الذي تم فيه اكتساب اللغة الثانية (Perani et la.,1998) . لو أن هناك تداخلاً في مناطق اللغة التي تتوسط اللسانين ، فقد يعود ذلك إلى تشابه اللغتين المنطوقتين . وقارن «بيراني » (Perani) ورفاقه (1995) تنشيط المخ لدى المتحدثين الإنجليز - الإيطاليين ، حيث تم تعلم الإنجليزية مؤخراً في حياتهم ، والمتحدثين « الكاتالان » - الإسبان ، حيث تم تعلم الكاتالانية ، مع الإسبانية . لقد تم تحديد النشاط البؤري في المناطق اللغوية في النصف الكروي الأيسر بالغيرة وليس بسن الاكتساب وهذه النتيجة تم تكرارها ; Dehaene et al1997., Chees et al1999)).

هل يمكن رؤية نفس التداخل لو كانت اللغتان المنطوقتان مختلفتين في لغة النحو المعنى والقواعد النحوية) ; المورفولوجيا (البناء الفيزيقي للغة) والفونولوجيا (أصوات اللغة) ؟

لاختبار هذه الفرضية ، قام «كلين » (Klein) ورفاقه (1999) بقياس تدفق الدم المخي لدى سبعة من الناطقين الأصليين باللغة الصينية والذين اكتسبوا اللغة الإنجليزية أثناء المراهقة , كانت اللغة الصينية القديمة تستخدم طبقة صوتية بطريقة لا تستخدمها اللغة الإنجليزية . وتمثلت مهمة المشاركين في تكرار الكلمات في الصينية والإنجليزية لتوليد فعل (Verb) استجابة لاسم (Noun) في اللغة الصينية القديمة واللغة الإنجليزية ، وتم عرض كل الكلمات بشكل سمعي ، وطلب من المشاركين

الاستجابة بشكل صوتي . وجد « كلين » ورفاقه أن منطقة في القشرة الأمامية اليسرى نشطت أثناء إنتاج الحديث في اللغتين الصينية والإنجليزية . كما تبين نشاط منطقة مشايية أثناء التجهيز اللغوي الفرنسي والإنجليزي في دراسة سابقة أجراها « كلين » ورفاقه (1995) . وهذه النتائج يمكن أن د حتى إلى الناطقين باربع لغات أخرى أو أكثر . استخدم « بريلمانه ورفاقه (Breillmann et) و (2000) ، على سبيل المثال ، التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي لقياس استجابة ستة مشاركين رباعيي اللغة والذين طلب منهم توليد أطفال مناسبة للأسماء : فلوتم عرض كلمة اسمك ، فقد ايستجيب المشاركون بكلمة « يسبح » .

لقد كان المشاركون على علم بأربع أو خمس لغات (الإنجليزية، ألمانية ، الإيطالية ، الفرنسية أو الإسبانية) ، وأكملوا مهمة الفعل في كل لغة من هذه اللغات وكما هو متنبأ به في الدراسات السابقة ، ارتبطت المهمة بتنشيط الجانب الأيسر ، (لكن الشيء العجيب أن هذا التنشيط كان واضحاً أكثر في اللغات التي لم يكن المشاركون فيها أكفاء ، وهذا يشير إلى أنه عندما يتحدث الناس اللغات التي هم أكفاء بها ، فإن المخ لا يبذل جهداً كبرياً - ولو كان الناس غير أكفاء في لغة ما ، فان هذا يتطلب مزيداً من المحاولة في إنتاج وفيم هذه اللغة ، وهذا بدوره يحتاج إلى استخدام مزيد من المصادر العصبية حتى تنجح العملية.

وفي حين أظهرت نتائج القدرات المرتبطة بالحدث عدم وجود فرق بين مستخدمي اللغة الأكفاء بشكل طبيعي ومرتفع أثناء المراحل الحسية الأولى من التجهيز ، إلا أن هناك فروقاً دالة في المراحل المتأخرة من التجهيز، إن كمون الأشكال الموجبة للقدرات المرتبطة بالحدث كان أقصر في منطقة النصف الكروي الأيسر الأمامية لدى الكبار الأكفاء بشكل مرتفع . كما أن اتساع الموجات المتأخرة والتي يعتقد أنها تعكس التجهيز السيمانطيقي وتجهيز السياق التي تظهر فيه الكلمة . كان اقصر الذي مجموعة الأكفاء بشكل مرتفع ، وهذا يشير إلى أن هذه المجموعة ربما تنخرط قليلاً في تجهيز السياق الذي تظهر فيه الكلمة : إذ إن الكفاءة تقودهم إلى اتخاذ هذه القرارات السياقية بشكل أكثر سهولة .

تشير النتائج التي تمت مراجعتها هنا إلى أنه ربما تكون هناك مناطق لغوية عامة تسمح بتعبير المورفولوجيا ، الفونولوجيا ، والإملاء بغض النظر عن نوع اللغة المنطوقة ، ولكن درجة التنشيط ربما تعتمد على الكفاءة وليس سن الاكتساب ، ومع ذلك ، فإن هذه الدراسات قد لاحظت المتحدثين ثنائيي اللغة ولم تقارن مباشرة المتحدثين أحاديي اللغة . عندما يتحدث علماء النفس عن موضع اللغة ، فمن السهل نسيان أن اللغة ليست عملية معيارية أحادية ولكنها ترتبط بشدة بالثقافة .

وتفسر دراسات مرضى الحبسة بين المجموعة العرقية الصينية المختلفة . على سبيل المثال ، أعلن « يوهون » ورفاقه (1990) . Yu - Huan) et al) أن السكتة الدماغية ثنائية الجانب تؤدي إلى حدوث الحبسة بشكل كبير لدى أصحاب الجانب الأيمن ذوي الإصابات في الجانب الأيمن (الحبسة المتقاطعة Crossed Aphasia) ، ولكن فقط بين غالبية المجموعة العرقية (ethic group) . كانت الحبسة المتقاطعة نادرة بين إحدى أقليات المجموعة العرقية (يوجر - كازاكس) (Uighur and kazaks)، وحبسة « ورنيك » نادرة عموماً لدى «الهان» (The Han) ، إن أحد تفسيرات هذا الانفصال قد يكمن في الطريقة التي تختلف بها لغات المجموعات : اللغة اليوجرية الكاز الحسية أوروبية هندية وفونولوجية في طبيعتها ، وعلى العكس ، فإن اللغة المائية (Han Language) غير صوتية (أيدوغرافية) فصوت واحد يمكن أن يكون له معان متعددة.

- **التشابك العصبي لمناطق اللغة**

من المعلوم أن مراكز اللغة الأساسية في الدماغ هي منطقة بروكا Broca's area (المنطقة 44، 45) الخاصة بإنتاج الكلام، ومنطقة فرنيكي Wernicke's area الخاصة بفهم الكلام وإدراكه، ومن الثابت أيضا في العلوم العصبية اللغوية أن الفص الصدغي الأيسر هو مركز إدراك الأصوات عامة، والأصوات اللغوية بالخصوص، لكن الوظائف الخصوصية لمختلف الجهات الصدغية في تحليل الإشارات اللغوية غير معروفة على وجه التحديد. وقد تبين من خلال تجارب أجرتها "ليبنثال" وجماعتها (الزناد، الأزهر، 2014، ص ص 41-46، ودور النيورون المرآة في منطقة بروكا في عمليات اكتساب اللغة، ص ص 53-56)،تتعلق بالأرضيات العصبية في الإدراك الصوتي.

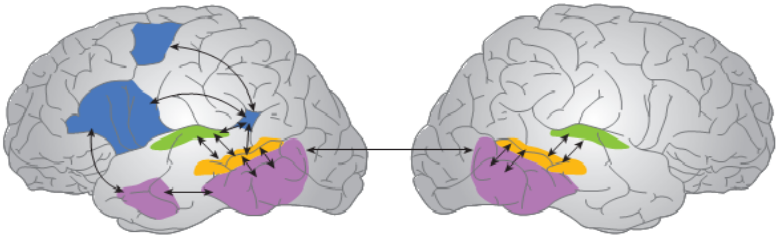
أن منطقة تمتد على طول &النصف الأيسر والأمامي من الأخدود الصدغي العلوي Superior Temporal Sulcus STS (وهي منطقة من الدماغ مرتبطة بالإحساس السمعي) تستجيب للمقاطع (الحرفية الحركية) المألوفة المعهودة خلال مهمة التمييز السمعي أكثر من استجابتها للأشكال السمعية ذات التعقيد المشابه التي لا ترتبط بأنماط صوتية مكتسبة أو مُتَعَلَّمة. ومقابل ذلك تنشط مناطق كائنة في التلفيفة الصدغية العليا Superior Temporal Gyrus STG وهي القريبة من اللحاء السمعي الأَوَّلي Primary Auditory Cortex بالقدر نفسه من التنشيط للأصوات الوظيفية اللغوية وللأصوات غير اللغوية، وعليه، يكون للأخدود الصدغي العلوي STS دور مهم في الإدراك الصوتي.

وتستنتج الباحثة من ذلك أن التمييز بين المعلومات الصوتية اللغوية وغير اللغوية يحدث على شكل تيار سهمي منقاري Rostral Stream في الفص الصدغي الأيسر قبل أن تبلغ الإشارات الصوتية المنطقة الوسطى من الأخدود الصدغي العلوي الأيسر؛ (Kemmerer, David, 2015, P 103):

-

الأزرق يعبر عن المناطق النطقية منها منطقة بروكا والمنطقة الحسية الحركية
الأصفر يعبر عن مناطق الفونولوجية
البنفسجي يعبر عن مناطق المعجم
الأخضر يعبر عن عمليات التحليل

التمثيل الدماغي لمناطق اللغة



- والصورة توضح التعاون بين مراكز تختص بالتشفير المعجمي، والصوتي، ثم التحليل المنطقي والتوافقي

(المناطق البنفسجية والزرقاء الخافتة)، لإنتاج التركيب اللغوي الواحد. ونلاحظ التشارك العصبي بين قشرة المخ Cortex في تسيير عملية التحليل المنطقي، تلازما مع مراكز بالنصفيين الكُرويين