



Mécanismes biologiques du développement du langage

ERIC PAKULAK, Ph.D.

HELEN NEVILLE, Ph.D.

University of Oregon, ÉTATS-UNIS

(Publié sur Internet le 28 juin 2010)

Thème

Développement du langage et alphabétisation

Introduction

De récents progrès en *neuroimagerie* permettent d'étudier les mécanismes neurobiologiques du langage ainsi que les effets des facteurs environnementaux et génétiques sur l'organisation neurale du langage chez l'enfant. Les techniques de neuro-imagerie sont de plus en plus employées pour décrire l'évolution du développement de divers sous-systèmes du langage et pour examiner avec plus de précision les effets des expériences de langage sur le développement des différentes fonctions langagières et sur les mécanismes neuraux qui régulent ces sous-systèmes, de même que le moment où ces effets se manifestent.

Sujet

La compréhension des mécanismes neurobiologiques du langage est d'une grande importance pour ceux qui cherchent à optimiser le développement du langage. Les conclusions d'études à ce sujet pourraient fournir aux parents des conseils pratiques basés sur les résultats de recherche. En outre, ces résultats de recherche peuvent aider les éducateurs et les décideurs politiques à déterminer le contenu ainsi qu'à élaborer et à adopter des programmes d'apprentissage d'une langue ou en alphabétisation à l'intention des apprenants d'une langue maternelle ou d'une langue seconde.

Problèmes

La vitesse du développement du langage varie beaucoup d'un enfant à l'autre, et cette différence découle d'une interaction complexe entre les facteurs génétiques et environnementaux. La présente recherche vise, entre autres, à préciser la part relative de chacun de ces facteurs dans l'explication des écarts de développement. Bien qu'il existe un bon nombre d'études du comportement qui traitent des effets des facteurs environnementaux sur le développement du langage, peu d'entre elles abordent les effets des facteurs environnementaux sur le développement du langage d'un point de vue neurobiologique. La plupart des recherches antérieures portant sur la neurobiologie du langage chez l'adulte ainsi que sur la neurobiologie du développement du langage ont été réalisées auprès de personnes ayant un statut socioéconomique moyen à élevé. De plus, il

existe peu d'études à l'heure actuelle qui portent précisément sur le rôle des facteurs génétiques et *épigénétiques* dans l'explication des écarts de développement.

Contexte de la recherche

Il existe de nombreuses études sur les mécanismes neurobiologiques du langage chez des adultes issus d'un milieu socioéconomique favorisé qui ont été réalisées au moyen de techniques de neuro-imagerie dont la résolution temporelle est excellente (p. ex., *potentiels évoqués cognitifs*) et de techniques complémentaires qui offrent une définition spatiale remarquable (p. ex., *imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ou IRMf*). Ces techniques ont également été utilisées pour étudier les mécanismes neurobiologiques du développement du langage, bien que peu d'études aient abordé les effets des facteurs environnementaux sur la neurobiologie du développement du langage. Fondée en grande partie sur une quantité importante de résultats d'études comportementales portant sur l'acquisition du langage, la recherche sur la neurobiologie du développement du langage s'élargit maintenant de façon à inclure les enfants (et les adultes) provenant d'une grande variété de contextes socioéconomiques.

Questions clés pour la recherche

L'utilisation des techniques de neuro-imagerie pour déterminer la progression du développement de *substrats nerveux* qui servent de base à divers sous-systèmes du langage constitue une question clé pour la recherche. Une autre, qui lui est connexe, porte sur l'utilisation de ces techniques pour déterminer les effets des facteurs génétiques et environnementaux et leurs interactions sur le développement de ces substrats nerveux. Un aspect important de cette question concerne les périodes durant lesquelles les effets des facteurs génétiques et environnementaux ont la plus grande incidence (p.ex., les périodes de sensibilité) et en quoi ces périodes diffèrent selon le sous-système de langage.

Résultats d'études récentes

Les études sur le développement des mécanismes neurobiologiques du langage ont fourni des données sur l'évolution du développement de trois sous-systèmes linguistiques, notamment la phonologie (le système des sons d'une langue), la sémantique (le vocabulaire et la signification des mots) et la syntaxe (la grammaire). Ces recherches ont aussi montré que les réactions du cerveau d'un jeune enfant par rapport au langage semblent de bons indicateurs des futures aptitudes langagières du sujet. La majorité des données probantes proviennent d'études ayant fait appel aux potentiels évoqués cognitifs, lesquels conviennent bien aux études auprès d'enfants, voire de nourrissons, même si l'IRMf est de plus en plus utilisée avec ces jeunes populations.

De nombreuses études comportementales ont révélé qu'au cours de leur première année, les nourrissons deviennent de plus en plus sensibles aux sons de leur ou leurs langues maternelles et insensibles aux contrastes phonétiques qui n'ont pas d'importance pour eux.¹ Une étude récente utilisant les potentiels évoqués cognitifs a permis de démontrer que cette sensibilité aux contrastes dans une langue maternelle se traduit chez l'adulte par une réaction du cerveau considérée comme un indice neural de discrimination phonétique : chez des enfants de sept mois et demi, l'activité cérébrale produite par l'effet des contrastes dans la langue maternelle correspondait aux réactions

comportementales face à ces contrastes.² En outre, une activité neurale accrue à l'âge de sept mois et demi permettait de prédire les habiletés langagières ultérieures : la production de mots et la complexité des phrases à 24 mois de même que la longueur moyenne des énoncés à 30 mois. Le rapport inverse a été noté pour la distinction des contrastes dans une langue étrangère.

La technique des potentiels évoqués cognitifs a également été employée pour examiner l'apprentissage des premiers mots et a été associée aux changements afférents en matière de spécialisation neurale. On a constaté que, chez des enfants de 13 mois, la réaction du cerveau à des mots connus diffère de celle qui s'observe lorsque des mots inconnus sont entendus, l'activité cérébrale s'étalant globalement dans les deux hémisphères (le gauche et le droit).³ À 20 mois, cette réaction se limitait à l'hémisphère gauche, ce qui correspond davantage au modèle qu'on perçoit chez les adultes et va de pair avec une spécialisation accrue du traitement du langage. De plus, une telle spécialisation accrue du cerveau est également associée à de meilleures habiletés langagières chez des enfants du même âge chronologique.⁴

Deux études récentes utilisant l'IRMf ont révélé que les facteurs environnementaux ont des effets sur les régions du cerveau qui jouent un rôle dans le développement des habiletés nécessaires à la lecture. Une corrélation a été établie entre le degré de spécialisation associée aux rimes dans les régions frontales de l'hémisphère gauche du cerveau et le statut socioéconomique des enfants de cinq ans.⁵ Dans une autre étude portant aussi sur des enfants de cinq ans, on a noté une réaction cérébrale associée au traitement des lettres semblable à celle d'un adulte chez des enfants dont le développement est typique pendant la première année d'enseignement de la lecture et une réaction à retardement chez les enfants considérés comme à risque d'éprouver des difficultés en lecture; toutefois, après trois mois de maternelle, et des cours d'appoint en lecture pour les enfants à risque, on a constaté, chez les deux groupes, des changements dans la réaction du cerveau, qui s'approchait davantage de celle observée chez l'adulte (Yamada Y, Stevens C, Neville H, résultats non publiés, 2009).

De nombreuses études sur le traitement des phrases par des sujets adultes, réalisées à l'aide des potentiels évoqués cognitifs, ont révélé que les sous-systèmes sémantique et syntaxique sont traités par des systèmes cérébraux distincts⁶ et ce, pour les langages parlé, écrit et gestuel qui partagent ces divers sous-systèmes.⁷ Des études sur des personnes bilingues utilisant des langues parlées et des langages gestuels montrent que ces sous-systèmes distincts comportent des périodes de sensibilité et des degrés de plasticité.^{8,9} Dans ces recherches, les réactions cérébrales en présence de phrases correctes sont comparées à celles qui se produisent lorsque les phrases ne respectent pas les attentes sur le plan sémantique ou syntaxique (p. ex., « Mon oncle *mangera* le film » ou « Mon oncle *regarder* le film »). Chez l'adulte, la fonction cérébrale hautement spécialisée et efficace s'exprime par des réactions neurales qui se manifestent dans des régions assez précises ou concentrées du cerveau tandis que, chez l'enfant, les réactions correspondantes sont plus étendues dans le cerveau.¹⁰⁻¹⁶

Les quelques études sur le traitement des phrases chez les enfants réalisées au moyen des potentiels évoqués cognitifs laissent entendre que la spécialisation des différents systèmes du cerveau dont il est question plus haut a lieu tôt dans le développement. Des études antérieures ont révélé une activité cérébrale semblable à celle des adultes en présence d'erreurs sémantiques chez des enfants âgés de cinq ans seulement¹⁰ et montré que cette réaction devient plus rapide et plus spécialisée avec l'âge.^{11,12} On a même observé chez des enfants qui n'avaient que 19 mois¹³ une réaction proche de celle d'un adulte à qui on présente des écarts sémantiques; cette activité cérébrale est révélatrice du degré de maîtrise du langage expressif à 30 mois. Les réactions aux erreurs syntaxiques observées au moyen de la technique des potentiels évoqués cognitifs chez les enfants diffèrent sur le plan qualitatif de celles associées aux écarts sémantiques et ressemblent, bien que plus lentes et plus dispersées, aux réponses d'erreurs syntaxiques faites par les adultes.¹⁴⁻¹⁶ Les chercheurs ont également trouvé que la réaction neurale d'enfants de trois à huit ans à des erreurs sémantiques et syntaxiques varie en fonction du degré de maîtrise de la langue et du statut socioéconomique, le sous-système syntaxique étant plus sensible à de telles différences.¹⁷ Ils ont aussi établi une relation entre le statut socioéconomique durant l'enfance et le degré de maîtrise de la langue ainsi que la réaction neurale à des écarts syntaxiques à l'âge adulte.¹⁸

La recherche récente utilisant la méthode des potentiels évoqués cognitifs a également étudié un système cognitif jugé important dans le développement des habiletés langagières : le traitement des stimuli auditifs, qui s'améliore lorsque ces derniers font l'objet d'une attention sélective. Visible au moyen des potentiels évoqués cognitifs, le traitement amélioré se traduit par une activité cérébrale accrue, moins de un dixième de seconde après que le stimulus auditif a capté l'attention. Par ailleurs, on constate que cet effet lié à l'attention est moins important chez les enfants chez qui un trouble du langage a été diagnostiqué¹⁹ et chez ceux issus de milieux socioéconomiques modestes mais dont le développement est typique.²⁰ Il importe de noter que ce système cognitif peut être modifié par l'expérience chez les jeunes enfants. Par exemple, les chercheurs ont constaté qu'une formation intensive offerte à des enfants de six à huit ans pouvait accroître à la fois la maîtrise de la langue et les effets de l'attention sur le traitement neural.²¹ Ils ont en outre remarqué que cette réaction du cerveau diffère en fonction des variantes de certains gènes qui sont également sensibles au degré de maîtrise de la langue (Bell T, Voelker P, Braasch M, Neville HJ, résultats non publiés, 2009).²² Toutefois, ces différences génétiques interagissent aussi avec les facteurs environnementaux et dépendent d'eux (Dennis A, Bell T, Neville H, résultats non publiés, 2010). La recherche actuelle semble indiquer que ce système cognitif est aussi modifiable chez les enfants de trois à cinq ans issus de milieux socioéconomiques modestes lorsque des programmes de formation ciblés sont offerts à la fois aux parents et aux enfants (Fanning J, Sohlberg MM, Neville H., résultats non publiés, 2009).

Lacunes de la recherche

Bien que les recherches axées sur les effets des facteurs environnementaux sur la neurobiologie du développement du langage s'intensifient, seulement quelques études sur la question ont été publiées jusqu'à maintenant. Une prochaine étape très importante consistera à utiliser les résultats de ces études pour concevoir et mettre en œuvre des

interventions fondées sur les résultats de la recherche afin d'améliorer les compétences nécessaires à l'acquisition de bonnes habiletés langagières et de déterminer le ou les moments (l'âge) où ces interventions sont les plus efficaces. À l'heure actuelle, au moins deux recherches à cet égard sont à l'étude (Fanning J, Sohlberg MM, Neville H., résultats non publiés, 2009; Stevens C, Fanning J, Klein S, Neville H, résultats non publiés, 2009).

Conclusions

Les techniques modernes de neuro-imagerie sont des outils fort utiles pour la recherche au sujet des effets des facteurs environnementaux, génétiques et épigénétiques sur les mécanismes neurobiologiques du développement du langage. Les études utilisant ces techniques avec des enfants issus de milieux socioéconomiques plus variés permettront d'obtenir un portrait plus complet des caractéristiques de la progression du développement des sous-systèmes de la langue et des effets des facteurs environnementaux sur ce développement.

Implications : parents, services et politiques

Cette recherche fondamentale peut appuyer l'élaboration de politiques et de services fondés sur les données probantes d'études, comme des interventions reposant sur les résultats de recherche qui visent à améliorer les compétences nécessaires à l'acquisition du langage et à la maîtrise d'autres domaines de la connaissance importants pour la réussite scolaire (Fanning J, Sohlberg MM, Neville H., résultats non publiés, 2009; Stevens C, Fanning J, Klein S, Neville H, résultats non publiés, 2009).²³⁻²⁴ De telles études peuvent être la source de conseils précis (appuyés sur des données probantes) destinés aux parents, comme ce fut le cas pour un programme vidéo à but non lucratif produit par le laboratoire sur le développement du cerveau de l'Université de l'Oregon^a.

Pour en savoir plus sur ce thème, consultez les sections suivantes de l'Encyclopédie:

- [Est-ce important?](#)
- [Que savons-nous?](#)
- [Que peut-on faire?](#)
- [Selon les experts](#)
- [Messages-clés](#)

^a Consulter le site Web du laboratoire sur le développement du cerveau de l'Université de l'Oregon. Changing Brains. [en anglais seulement]. Disponible sur le site : <http://changingbrains.org/>. Page consultée le 10 mars 2010.

RÉFÉRENCES

1. Kuhl P, Rivera-Gaxiola M. Neural substrates of language acquisition. *Annual review of neuroscience* 2008;31:511-534.
2. Kuhl PK, Conboy BT, Coffey-Corina S, Padden D, Rivera-Gaxiola M, Nelson T. Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e). *Philosophical transactions of the Royal Society of London - Series B: Biological sciences* 2008;363(1493):979-1000.
3. Mills DL, Coffey-Corina S, Neville HJ. Language comprehension and cerebral specialization from 13 to 20 months. *Developmental Neuropsychology* 1997;13(3):397-445.
4. Mills DL, Coffey-Corina SA, Neville HJ. Language acquisition and cerebral specialization in 20-month-old infants. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1993;5(3):317-334.
5. Raizada RD, Richards TL, Meltzoff A, Kuhl PK. Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *Neuroimage* 2008;40(3):1392-1401.
6. Neville HJ, Nicol JL, Barsis A, Forster KI, Garrett MF. Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1991;3(2):155-170.
7. Capek CM, Grossi G, Newman AJ, McBurney SL, Corina D, Roeder B, Neville HJ. Brain systems mediating semantic and syntactic processing in deaf native signers: biological invariance and modality specificity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2009;106(21):8784-8789.
8. Weber-Fox C, Neville HJ. Maturation constraints on functional specializations for language processing: ERP and behavioral evidence in bilingual speakers. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1996;8(3):231-256.
9. Neville HJ, Coffey SA, Lawson DS, Fischer A, Emmorey K, Bellugi U. Neural systems mediating American sign language: effects of sensory experience and age of acquisition. *Brain and Language* 1997;57(3):285-308.
10. Holcomb PJ, Coffey SA, Neville HJ. Visual and auditory sentence processing: A Developmental analysis using event-related brain potentials. *Developmental Neuropsychology* 1992;8(2-3):203-241.
11. Hahne A, Eckstein K, Friederici AD. Brain signatures of syntactic and semantic processes during children's language development. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2004;16(7):1302-1318.
12. Neville HJ, Coffey SA, Holcomb PJ, Tallal P. The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1993;5(2):235-253.
13. Friedrich M, Friederici AD. N400-like semantic incongruity effect in 19-month-olds: processing known words in picture contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2004;16(8):1465-1477.
14. Silva Pereyra JF, Klarman L, Lin LJ, Kuhl PK. Sentence processing in 30-month-old children: An event-related potential study. *Neuroreport* 2005;16(6):645-648.

15. Silva-Pereyra J, Rivera-Gaxiola M, Kuhl PK. An event-related brain potential study of sentence comprehension in preschoolers: semantic and morphosyntactic processing. *Cognitive Brain Research* 2005;23(2-3):247-258.
16. Oberecker R, Friederici AD. Syntactic event-related potential components in 24-month-olds' sentence comprehension. *Neuroreport* 2006;17(10):1017-1021.
17. Pakulak E, Sanders L, Paulsen DJ, Neville H. Semantic and syntactic processing in children from different familial socio-economic status as indexed by ERPS. Poster presented at: The 12th Annual Cognitive Neuroscience Society Meeting. April 10-12, 2005: New York: NY.
18. Pakulak E, Neville H. Proficiency differences in syntactic processing of monolingual native speakers indexed by event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*. In press.
19. Stevens C, Sanders L, Neville H. Neurophysiological evidence for selective auditory attention deficits in children with specific language impairment. *Brain Research* 2006;1111(1):143-152.
20. Stevens C, Lauinger B, Neville H. Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: An event-related brain potential study. *Developmental Science* 2009;12(4):634-646.
21. Stevens C, Fanning J, Coch D, Sanders L, Neville H. Neural mechanisms of selective auditory attention are enhanced by computerized training: Electrophysiological evidence from language-impaired and typically developing children. *Brain Research* 2008(1205):55-69.
22. Bell T, Batterink L, Currin L, Pakulak E, Stevens C, Neville H. Genetic influences on selective auditory attention as indexed by ERPs. Paper presented at: The 15th Annual Cognitive Neuroscience Society Meeting. April 12-15, 2008: San Francisco: CA.
23. Fanning JL, Currin J, Klein S, Neville HJ. Enhancing neurocognitive function in Head Start preschoolers: Comparing the efficacy of two attention-training programs. Paper presented at: The 2009 SRCD Biennial Meeting. April 2-4, 2009: Denver: CO.
24. Neville H, Andersson A, Bagdade O, Bell T, Currin J, Fanning J, Klein S, Lauinger B, Pakulak E, Paulsen D, Sabourin L, Stevens C, Sundborg S, Yamada Y. *Effects of music training on brain and cognitive development in underprivileged 3- to 5-year old children: Preliminary results*. New York, NY: Dana Press; 2008.

Pour citer ce document :

Pakulak E, Neville H. Mécanismes biologiques du développement du langage. In: Tremblay RE, Barr RG, Peters RDeV, Boivin M, eds. *Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants* [sur Internet]. Montréal, Québec: Centre d'excellence pour le développement des jeunes enfants; 2010:1-8. Disponible sur le site: <http://www.enfant-encyclopedie.com/documents/Pakulak-NevilleFRxp.pdf>. Page consultée le [insérer la date].

Copyright © 2010

Cet article est financé par le Centre d'excellence pour le développement des jeunes enfants (CEDJE) et le Réseau stratégique de connaissances sur le développement des jeunes enfants (RSC-DJE).



RÉSEAU STRATÉGIQUE
DE CONNAISSANCES
SUR LE DÉVELOPPEMENT DES

jeunes enfants