ENCYCLOPÉDIE
sur le développement
des jeunes enfants

Mécanismes biologiques du développement du langage

Eric Pakulak,[1,2] Ph.D., Amanda Hampton Wray,[3] Ph.D.

[1]University of Oregon, États-Unis

[2]Stockholm University, Suède

[3]Michigan State University, États-Unis

Octobre 2018, Éd. rév.

Introduction et sujet

Des 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. 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 soutenir les parents par des conseils pratiques fondés sur des données probantes, ainsi que l'élaboration des programmes de langue et d'alphabétisation à l'intention des apprenants d'une langue maternelle ou d'une langue seconde.

Problèmes

Une interaction complexe entre des facteurs génétiques et environnementaux entraîne une variation substantielle des taux de développement du langage chez les enfants.

©2018-2026 ABILIO | DÉVELOPPEMENT DU LANGAGE ET ALPHABÉTISATION

De nombreuses études du comportement mettent en valeur les effets des facteurs environnementaux sur le développement du langage; cependant, on en sait moins sur les fondements neurobiologiques de ces effets. La plupart des recherches en neurobiologie concernent des personnes ayant un statut socioéconomique moyen à élevé.

Contexte de la recherche

La recherche sur la neurobiologie du langage a été réalisée au moyen de techniques de neuroimagerie 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). Les potentiels évoqués cognitifs sont plus adaptés aux nourrissons et aux enfants, bien que l'IRMf soit également utilisée chez les jeunes enfants. Ces méthodes sont de plus en plus utilisées pour caractériser l'évolution du développement de divers sous-systèmes du langage et pour évaluer avec davantage 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.

Questions clés pour la recherche

Les principales questions de recherche impliquent l'utilisation de techniques de neuroimagerie pour déterminer :

1. la progression du développement de substrats nerveux de divers sous-systèmes du langage,
2. les effets des facteurs génétiques et environnementaux sur le développement de ces substrats nerveux, et
3. les périodes durant lesquelles les effets des facteurs génétiques et environnementaux ont la plus grande incidence (p. ex., les périodes de sensibilité) pour chacun de ces sous-systèmes.

Résultats récents de la recherche

Les mécanismes neurobiologiques de trois sous-systèmes linguistiques ont été étudiés, 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 montrent que les réactions du cerveau au langage à un jeune âge semblent de bons indicateurs des futures aptitudes

langagières.

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.[2]

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]

Les progressions développementales au niveau de la spécialisation neurale du langage sont associées à des différences de statut socioéconomique. Par exemple, une corrélation entre le statut socioéconomique et les différences de structure observées dans les régions frontales de l'hémisphère gauche du cerveau importantes pour le traitement du langage a été décelée chez des enfants de cinq ans.[5] Une autre étude a mis en évidence que le statut socioéconomique permettait de prédire le volume cérébral, dans les régions frontales et postérieures de l'hémisphère gauche, importantes pour le langage; de plus, ces différences de statut socioéconomique pourraient augmenter avec l'âge.[6] Un statut socioéconomique inférieur a également été associé avec une réduction de la superficie dans de nombreuses régions du cerveau, y compris les régions frontales de soutien du langage.[7] Ces relations peuvent perdurer à l'âge adulte : chez l'adulte, la privation socioéconomique a un impact sur le degré

d’amincissement du cortex, dans les régions postérieures intervenant dans le langage.[8] Le statut socioéconomique rétrospectif de l’enfance a également un impact sur le degré de maîtrise du langage et sur la première réaction neurale à la syntaxe, dans les régions frontales de l’hémisphère gauche, chez l’adulte.[9]

Les études conduites sur de jeunes enfants par neuroimagerie mettent de plus en plus en évidence des profils d’activation du cerveau en réponse à des lettres imprimées semblables à ceux observés chez l’adulte et un épaississement cortical dans les régions de stimulation du langage, avec des différences en matière d’intrant linguistique parental et consécutivement à des interventions par lecture, chez des enfants à risque de présenter des difficultés de la lecture et chez des enfants issus de contextes socioéconomiques moins privilégiés.[10,11,12]

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 distincts et ce, pour les langages parlé, écrit et gestuel qui partagent ces divers sous-systèmes.[13] 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.[14,15,16] 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 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.[17-23]

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 a lieu tôt dans le développement. Une activité cérébrale semblable à celle des adultes en présence d’erreurs sémantiques chez des enfants âgés de cinq ans, et même chez des enfants aussi jeunes que 19 mois.[17,20] Cette activité cérébrale est révélatrice du degré de maîtrise du langage expressif à 30 mois et devient plus rapide et plus spécialisée avec l’âge.[18,19] Bien que plus lentes et plus dispersées, les réactions aux erreurs syntaxiques chez les enfants ressemblent à celles observées chez les adultes.[22-24] 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, d’autres compétences cognitives, et du statut socioéconomique.[25] Des études longitudinales ayant fait

appel aux potentiels évoqués cognitifs suggèrent que, entre les âges de quatre et cinq ans, les enfants issus de contextes socioéconomiques plus favorisés manifestent une maturation plus rapide des indices de mesure des potentiels évoqués cognitifs du traitement à la fois sémantique et syntaxique par rapport à leurs pairs issus de contextes socioéconomiques plus modestes.[26]

La recherche récente utilisant la méthode des potentiels évoqués cognitifs a également étudié un système cognitif jugé important dans le développement des habiletés langagières : tout particulièrement, une attention sélective à un stimulus sonore tout en ignorant un stimulus sonore compétitif. L'attention sélective est indexée par une réaction cérébrale (un potentiel évoqué cognitif) plus importante à l'événement sonore traité par rapport à l'événement sonore compétitif. Cet effet de l'attention est moins important chez les enfants chez qui un trouble du langage a été diagnostiqué[27] et chez ceux issus de milieux socioéconomiques modestes, mais dont le développement est typique.[28,29,30] Chez les enfants issus de milieux socioéconomiques plus modestes, il a été montré que les différences au niveau des effets de l'attention portée aux processus neuraux étaient associées aux différences alléliques, particulièrement pour le système de la sérotonine (c'est-à-dire 5-HTTLPR[31]).

Par ailleurs, 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.[32] Dans l'essentiel, les parents peuvent modifier ces systèmes cognitifs : une étude interventionnelle conduite sur deux générations a mis en évidence des modifications spécifiques aux familles ayant reçu un modèle du programme plus axé sur les parents. Les parents ont augmenté le niveau de conversation à tour de rôle avec leurs enfants et les enfants ont amélioré leur degré de maîtrise du langage, ainsi que leur fonction cérébrale dédiée à l'attention sélective.[33]

Lacunes de la recherche

De plus amples recherches consacrées à la neurobiologie du développement du langage sont nécessaires pour mieux comprendre les facteurs environnementaux et génétiques impliqués; par exemple, des études sur des enfants au développement typique issus d'un plus large éventail de milieux socioéconomiques. Des études complémentaires dirigées sur des populations cliniques amélioreront la compréhension des modifications neurobiologiques se produisant en association avec des troubles divers. Consultez, par exemple, les recherches émergentes dédiées à la

neurobiologie du bégaiement.[34-36] Une autre étape importante sera d'employer les résultats obtenus grâce à ces études pour concevoir et instaurer des interventions fondées sur les preuves afin d'améliorer les habiletés nécessaires au développement du langage et d'identifier le ou les âges auxquels ces interventions sont les plus efficaces.[11,12,33]

Conclusions

Les techniques modernes de neuroimagerie sont des outils fort utiles pour la recherche au sujet des effets des facteurs environnementaux et génétiques sur les mécanismes neurobiologiques du développement du langage. Les études utilisant ces techniques avec des enfants issus de milieux socioéconomiques plus variés et à d'autres différences vécues lors d'expériences en petite enfance 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 des données probantes, qui visent à améliorer le langage et les autres habiletés cognitives importants pour la réussite scolaire.[11,12,33] De telles études peuvent être la source de conseils précis (fondés 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 (changingbrains.org).

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. Noble KG, Houston SM, Kan E, Sowell ER. Neural correlates of socioeconomic status in the developing human brain. *Developmental science* 2012;15(4):516-527.

7. Noble KG, Houston SM, Brito NH, et al. Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature neuroscience* 2015;18(5):773-778.
8. Krishnadas R, McLean J, Batty GD, et al. Socioeconomic deprivation and cortical morphology: psychological, social, and biological determinants of ill health study. *Psychosomatic medicine* 2013;75(7):616-623.
9. Pakulak E, Neville H. Proficiency differences in syntactic processing of monolingual native speakers indexed by event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2010;22(12):2728-2529.
10. Romeo RR, Leonard JA, Robinson ST, et al. Beyond the 30-Million-Word Gap: Children's Conversational Exposure Is Associated With Language-Related Brain Function. Psychological science. 2018;29(5):700-710.
11. Yamada Y, Stevens C, Harn B, Chard D, Neville H. Emergence of the neural network for reading in five-year-old beginning readers: A longitudinal fMRI study. *NeuroImage* 2011;57:704-713.
12. Romeo RR, Christodoulou JA, Halverson KK, et al. Socioeconomic status and reading disability: Neuroanatomy and plasticity in response to intervention. *Cerebral Cortex* 2017;28(7):2297-2312.
13. Neville HJ, Nicol JL, Barss 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.
14. 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.
15. Weber-Fox C, Neville HJ. Maturational constraints on functional specializations for language processing: ERP and behavioral evidence in bilingual speakers. *Journal of Cognitive Neuroscience* 1996;8(3):231-256.
16. Pakulak E, Neville H. Maturational constraints on the recruitment of early processes for syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2011;23(10):2752-2765.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Oberecker R, Friederici AD. Syntactic event-related potential components in 24-month-olds' sentence comprehension. *Neuroreport* 2006;17(10):1017-1021.
25. Hampton Wray A, Weber-Fox C. Specific aspects of cognitive and language proficiency account for variability in neural indices of semantic and syntactic processing in children. *Developmental cognitive neuroscience* 2013;5:149-171.
26. Hampton Wray A, Pakulak E, Yamada Y, Weber C, Neville H. Development of neural processes underlying language subsystems in young children from higher and lower socioeconomic status environments. *Cognitive Neuroscience Society*

2016; New York City.

27. 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.
28. 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.
29. Hampton Wray A, Stevens C, Pakulak E, Isbell E, Bell T, Neville H. Development of selective attention in preschool-age children from lower socioeconomic status backgrounds. *Developmental cognitive neuroscience* 2017;26:101-111.
30. Giuliano RJ, Karns CM, Roos LE, Bell TA, Petersen S, Skowron EA, Neville HJ, Pakulak E. Effects of early adversity on neural mechanisms of distractor suppression are mediated by sympathetic nervous system activity in preschool-aged children. *Development Psychology* 2018;54(9):1674-1686. doi: 10.1037/dev0000499
31. Isbell E, Stevens C, Wray AH, Bell T, Neville HJ. 5-HTTLPR polymorphism is linked to neural mechanisms of selective attention in preschoolers from lower socioeconomic status backgrounds. *Developmental cognitive neuroscience* 2016;22:36-47.
32. 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.
33. Neville H, Stevens C, Pakulak E, et al. Family-based training program improves brain function, cognition, and behavior in lower socioeconomic status preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2013.
34. Cuadrado EM, Weber-Fox CM. Atypical syntactic processing in individuals who stutter: Evidence from event-related brain potentials and behavioral measures. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2003;46(4):960-976.
35. Hampton A, Weber-Fox C. Non-linguistic auditory processing in stuttering: evidence from behavior and event-related brain potentials. *Journal of Fluency Disorders* 2008;33(4):253-273.
36. Kreidler K, Wray AH, Usler E, Weber C. Neural indices of semantic processing in early childhood distinguish eventual stuttering persistence and recovery. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 2017;60(11):3118-3134.