FONCTIONS EXÉCUTIVES

Le fonctionnement exécutif pendant la petite enfance et l'enfance

Yuko Munakata, Ph.D., Laura Michaelson, B.A., Jane Barker, MPA, Nicolas Chevalier, Ph.D

University of Colorado at Boulder, États-Unis

Janvier 2013

Introduction

Les fonctions exécutives réfèrent à un ensemble de processus cognitifs qui permettent la régulation des pensées, des émotions et des comportements. Les fonctions exécutives nous aident à atteindre nos objectifs au quotidien, qu'il s'agisse de planifier des vacances, de contrôler notre colère ou d'effectuer plusieurs tâches à la fois. Ces fonctions se développent énormément au cours de la petite enfance et de l'enfance[1,2] et elles prédisent le succès scolaire, la santé et le revenu ultérieurs.[3] On peut aussi les entraîner sous certaines conditions.[4] Toutefois, les fonctions exécutives sont fortement héritables,[5] ce qui signifie que les différences génétiques entre les individus contribuent à leurs différences en matière de fonctions exécutives. De plus, ces différences restent stables au fil du développement[6,7] : un piètre fonctionnement exécutif pendant l'enfance prédit un piètre fonctionnement exécutif des décennies plus tard. Des déficiences du fonctionnement exécutif sont observées chez les enfants de faible statut socio-économique[8] et en présence d'une variété de troubles cliniques, comme le trouble du déficit de l'attention avec ou

©2013-2026 ABILIO | FONCTIONS EXÉCUTIVES

sans hyperactivité,[9] l'autisme[10] et la dépression.[11]

Sujet

Les limites du fonctionnement exécutif peuvent mener les enfants à sembler obstinés ou malicieux, par exemple lorsqu'ils répètent avec insistance qu'ils n'ont pas besoin de manteau pour aller jouer dans la neige ou lorsqu'ils cherchent à prendre un biscuit même s'ils sont capables de répéter la règle selon laquelle ils ne peuvent en manger un avant la fin du repas. Les fonctions exécutives permettent de prédire l'évolution ultérieure de l'individu. Les différences interindividuelles en matière de fonctions exécutives lors de l'entrée à la maternelle prédisent le rendement scolaire ultérieur et pourraient jouer un rôle plus critique dans le succès obtenu au début du cheminement scolaire que la familiarité avec les nombres et les lettres.[12,14] Les comportements d'autorégulation prédisent les habiletés sociales, les relations avec les enseignants et les pairs, l'implication dans les études, la santé, la prospérité et la criminalité ultérieures.[3,15] Sous certaines conditions, les fonctions exécutives peuvent être entraînées. Les programmes préscolaires développés pour améliorer la préparation cognitive et comportementale à l'école ont entraîné des améliorations des fonctions exécutives, tout comme l'ont fait une variété d'interventions à l'école primaire.[16,18] L'aérobie, les arts martiaux, le yoga, la danse et des interventions ludiques ciblées ont aussi été associés à des améliorations des fonctions exécutives chez les enfants.[4] Les interventions d'entraînement pourraient aussi aider à réduire ou éliminer les déficits des fonctions exécutives observés chez les enfants de faible statut socio-économique,[19,20] mais des études écologiques examinant les effets de telles interventions au niveau communautaire ne sont pas encore disponibles.

Problèmes

Les fonctions exécutives sont complexes; leur mesure et le suivi de leurs changements au fil du développement posent des défis. Ces fonctions englobent une variété de processus cognitifs de haut niveau, notamment la planification, la prise de décisions, le maintien et la manipulation d'information dans la mémoire de travail, la surveillance de l'environnement pour y trouver des informations pertinentes aux buts que l'on s'est fixés, le passage d'une tâche à l'autre, et l'inhibition des pensées, émotions et actions indésirables. De plus, ces processus de haut niveau dépendent de processus cognitifs, perceptuels et moteurs de plus bas niveau, de sorte qu'il est difficile d'isoler la mesure des fonctions exécutives « pures ».[21,22] Par exemple, la capacité d'une personne à résister à un chocolat lorsqu'elle suit un régime dépend non seulement de sa capacité

à inhiber le fort désir de manger ce chocolat, mais aussi de sa faim et de ses raisons de suivre un régime. Cette difficulté à mesurer les fonctions exécutives de façon isolée contribue aussi à la difficulté de mesurer les changements dans ces fonctions au fil du développement. Des processus de plus bas niveau se développent en même temps que les fonctions exécutives, de sorte qu'il est difficile de concevoir des mesures des fonctions exécutives qui peuvent être utilisées avec des individus de tous âges. Par exemple, les changements dans la capacité d'inhibition entre la petite enfance et l'âge adulte n'ont pu être suivis par la mesure des changements dans la capacité à respecter un régime! En conséquence, les chercheurs ont souvent utilisé différentes mesures du fonctionnement exécutif avec différents groupes d'âge. Par exemple, ils peuvent mesurer l'inhibition d'un nourrisson par sa capacité à maintenir son attention alors que des éléments distrayants sont présents[23] et mesurer l'inhibition des enfants avec un jeu de type « Jean dit », dans lequel il faut souvent imiter les comportements d'un adulte mais parfois faire l'opposé de ce qu'il dit.[24] Étant donné les différences entre les divers outils de mesure, il est difficile de tirer des conclusions solides sur les changements développementaux que subit le fonctionnement exécutif.

Contexte de la recherche

L'étude des fonctions exécutives et de leur développement évolue rapidement. Les méthodes neuroscientifiques, dont l'*imagerie fonctionnelle*, l'*électroencéphalographie* et les modèles mathématiques, apportent un éclairage nouveau sur les changements cérébraux qui supportent le développement du fonctionnement exécutif.[2,25-27] Étant donné la difficulté d'isoler la mesure des fonctions exécutives lors des tâches expérimentales, les chercheurs ont développé des séries de tâches qui toutes exigent l'utilisation des fonctions exécutives mais qui diffèrent les unes des autres. Par exemple, une série de tâches d'inhibition pourrait inclure une tâche qui requière que les enfants concentrent leur regard sur un objet et inhibent l'impulsion de regarder un autre objet distrayant, et une autre tâche qui requière que les enfants disent la couleur d'un mot sur un écran (p. ex., le mot « vert » écrit à l'encre bleue) et s'abstiennent de lire le mot en soi. Des techniques statistiques peuvent être utilisées pour extraire les éléments de performance communs à toutes ces tâches, ce qui permet d'obtenir une mesure plus pure des fonctions exécutives.[5] Comme il est difficile de comparer le fonctionnement exécutif d'enfants de différents âges, les chercheurs ont développé des mesures qui peuvent être légèrement modifiées pour manipuler le niveau d'exigences envers les fonctions exécutives, tout en maintenant identiques tous les autres aspects de la tâche. Par exemple, lors d'une tâche où on demande aux enfants d'inhiber leur tendance à tourner le regard vers un objet distrayant, le nombre de tels objets distrayants peut augmenter avec l'âge. De telles mesures sont sensibles pour plusieurs groupes

d’âge, ce qui permet aux chercheurs d’étudier les changements quantitatifs dans la performance des enfants et ainsi de suivre le développement des fonctions exécutives.[1]

Questions clés de la recherche

1. Comment se développent les fonctions exécutives pendant la petite enfance et l’enfance?
2. Qu’est-ce qui entraîne ce développement?
3. Pourquoi les fonctions exécutives prédisent-elles le fonctionnement ultérieur et l’intelligence générale?

Résultats récents de la recherche

Les différents processus qui composent les fonctions exécutives semblent devenir plus spécialisés au fil du développement : pendant la petite enfance, les enfants utilisent les mêmes processus cognitifs dans toutes les situations qui exigent du contrôle, alors qu’à partir du milieu de l’enfance, ces processus se spécialisent progressivement pour devenir des composantes, comme la suppression d’une action habituelle ou le passage d’une tâche à l’autre dans un contexte multitâches.[21,28,29] Le fonctionnement exécutif devient aussi plus autodirigé (de sorte que les enfants dépendent progressivement de moins en moins des autres) et le contrôle passe de réactif (les enfants s’ajustant aux événements à mesure qu’ils se produisent) à proactif (les enfants anticipant et se préparant à des événements à venir).[2] Par exemple, les enfants plus jeunes peuvent avoir tendance à étudier pour un examen à la dernière minute et seulement parce qu’ils y sont poussés par leurs parents, alors que les enfants plus vieux peuvent commencer à étudier à l’avance parce qu’ils anticipent des problèmes potentiels s’ils ne le font pas. Les changements dans le fonctionnement exécutif résultent en partie de la capacité croissante des enfants à rester concentrés sur leurs buts (p. ex., continuer d’étudier malgré la tentation de jouer à des jeux vidéos), mais aussi de leur capacité croissante à surveiller l’environnement pour choisir quels comportements sont appropriés (p. ex., étudier aujourd’hui est important pour l’examen de demain).[30,31] Ces améliorations sont accompagnées d’une activité qui s’intensifie avec l’âge dans un réseau neural largement distribué englobant le *cortex préfrontal*, *le cortex pariétal* et les *ganglions de la base*, d’une connectivité accrue entre ces régions et de variations dans les patrons d’activation cérébrale au fil du développement.[25,27]

Lacunes de la recherche

À ce jour, notre compréhension des interactions gènes-environnement dans le fonctionnement exécutif est toujours limitée : nous en savons peu sur la façon dont les expériences environnementales influencent l'expression des gènes qui sous-tendent les fonctions exécutives, ainsi que sur la façon dont les variables génétiques influencent les caractéristiques environnementales qui pourraient avoir un impact sur les fonctions exécutives.[5] De plus, la recherche a principalement mis l'accent sur les changements quantitatifs dans l'efficacité des processus qui sous-tendent le fonctionnement exécutif, en assumant que tous les enfants utilisent les mêmes processus ou stratégies qui sont appliqués avec un succès croissant au fil du développement. Pourtant, les stratégies pourraient varier avec l'âge ou entre les enfants du même âge et ceci pourrait potentiellement engendrer différentes trajectoires développementales du fonctionnement exécutif. La variabilité des stratégies reste largement à explorer.[32,33] Finalement, plus de recherches seront nécessaires pour comprendre pleinement quels changements cérébraux soutiennent les changements du fonctionnement exécutif, particulièrement au cours de la petite enfance, et comment ils le font.[2]

Conclusions

Bien que les fonctions exécutives soient complexes et difficiles à mesurer, des progrès significatifs ont été faits dans notre compréhension de ces processus cognitifs de haut niveau fondamentaux qui se développent énormément pendant la petite enfance et l'enfance : comment ils changent au fil du développement, comment ils influencent le comportement, quels aspects de la vie ultérieure ils prédisent, et quel type d'expériences peuvent influencer le cours de leur développement. Ces recherches ont mis en lumière le rôle essentiel des fonctions exécutives dans le développement des enfants. Toutefois, plusieurs questions doivent encore faire l'objet de recherches comportementales et neuroscientifiques. Ces questions incluent la façon dont la trajectoire développementale du fonctionnement exécutif varie d'un enfant à l'autre et les conséquences de cette variabilité, les raisons pour lesquelles les fonctions exécutives prédisent des aspects aussi importants de la vie ultérieure et la façon dont les influences génétiques et environnementales et les changements cérébraux qui en résultent mènent aux améliorations spectaculaires des fonctions exécutives qui sont observées au fil de la petite enfance et de l'enfance. Une meilleure compréhension du développement des fonctions exécutives sera cruciale pour l'amélioration des programmes d'entraînement, des stratégies d'intervention et des outils diagnostiques précoces conçus pour maximiser le potentiel de succès scolaire ultérieur des enfants.

Implications pour les parents, les services et les politiques

Lorsque les enfants posent des gestes qu'ils ne devraient pas poser ou semblent ne pas écouter, ils ne font pas nécessairement preuve d'entêtement ou de mauvaise foi. Même lorsqu'ils sont fortement motivés à se conduire correctement, les limites de leur fonctionnement exécutif peuvent nuire à leur capacité de le faire. Les déficits des fonctions exécutives prédisent un rendement scolaire plus faible et pourraient aider à expliquer les écarts persistants observés entre le rendement scolaire des étudiants de faible statut socio-économique et ceux de milieux plus favorisés. Les décideurs politiques, disposant de ressources limitées, peuvent trouver difficile de choisir une intervention d'amélioration des fonctions exécutives parmi celles qui sont disponibles. Les données qui comparent l'efficacité des diverses interventions sont limitées. De plus, les interventions peuvent influencer de différentes façons les enfants de différents groupes d'âge ou ayant des trajectoires développementales différentes et peu de programmes validés par la recherche ont été implantés à grande échelle. L'amélioration des outils diagnostiques précoces et les efforts pour déterminer les impacts à long terme des interventions dispensées pendant la petite enfance et au milieu de l'enfance aideront à clarifier quelles sont les modalités optimales d'administration des interventions et quel est le moment idéal pour les administrer.

Références:

1. Beck DM, Schaefer C, Pang K, Carlson SM. Executive function in preschool children: Test–retest reliability. *J Cogn Dev*. 2011;12(2):169–193.
2. Munakata Y, Snyder H, Chatham C. Developing cognitive control: Three key transitions. *Curr Dir Psychol Sci*. In press.
3. Moffitt TE, Arseneault L, Belsky D, et al. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *P Natl Acad Sci USA*. 2011;108(7):2693–2698.
4. Diamond A, Lee K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*. 2011;333(6045):959–964.
5. Friedman NP, Miyake A, Young SE, DeFries JC, Corley RP, Hewitt JK. Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *J Exp Psychol Gen*. 2008;137(2):201–225.
6. Casey BJ, Somerville LH, Gotlib IH, et al. Behavioral and neural correlates of delay of gratification 40 years later. *P Natl Acad Sci USA*. 2011;108(36):14998–15003.
7. Friedman NP, Miyake A, Robinson JL, Hewitt JK. Developmental trajectories in toddlers' self-restraint predict individual differences in executive functions 14 years later: A behavioral genetic analysis. *Dev Psycho*. 2011;47(5):1410-1430.
8. Hackman DA, Farah MJ. Socioeconomic status and the developing brain. *Trends Cogn Sci*. 2009;13(2):65–73.
9. Willcutt EG, Doyle AE, Nigg JT, Faraone SV, Pennington BF. Validity of the executive function theory of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A meta-analytic review. *Biol Psychiat*. 2005;57(11):1336–1346.
10. Hughes C, Russell J, Robbins TW. Evidence for executive dysfunction in autism. *Neuropsychologia*. 1994;32(4):477–492.

11. Snyder HR, under review. Executive function is broadly impaired in major depressive disorder: A meta-analysis and review.

12. Blair C, Razza RP. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev*. 2007;78(2):647–663.

13. Heaviside S, Farris E. Public school kindergarten teachers' views on children's readiness for school (NCES No. 93-410). Washington, DC: US Department of Education, Office of Educational Research and Improvement.

14. Rimm-Kaufman SE, Pianta RC, Cox MJ. Teachers' judgments of problems in the transition to kindergarten. *Early Child Res Q*. 2000;15(2):147–166.

15. Eisenberg N, Valiente C, Eggum ND. Self-regulation and school readiness. *Early Educ Dev*. 2010;21(5):681–698.

16. Bierman KL, Nix RL, Greenberg MT, Blair C, Domitrovich CE. Executive functions and school readiness intervention: Impact, moderation, and mediation in the Head Start REDI program. *Dev Psychopathol*. 2008;20(3):821–843.

17. Riggs NR, Greenberg MT, Kusché CA, Pentz MA. The mediational role of neurocognition in the behavioral outcomes of a social-emotional prevention program in elementary school students: Effects of the PATHS Curriculum. *Prev Sci*. 2006;7(1):91–102.

18. Thorell LB, Lindqvist S, Bergman Nutley S, Bohlin G, Klingberg T. Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Dev Sci*. 2009;12(1):106–113.

19. Noble KG, McCandliss BD, Farah MJ. Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Dev Sci*. 2007;10(4):464–480.

20. Diamond A, Barnett WS, Thomas J, Munro S. Preschool program improves cognitive control. *Science*. 2007;318(5855):1387–1388.

21. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cogn Psychol*. 2000;41(1):49–100.

22. Salthouse TA. Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology*. 2005;19(4):532–545.

23. Holmboe K, Pasco Fearon RM, Csibra G, Tucker LA, Johnson MH. Freeze-Frame: A new infant inhibition task and its relation to frontal cortex tasks during infancy and early childhood. *J Exp Child Psychol*. 2008;100(2):89–114.

24. Luria AR. *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books; 1966.

25. Crone EA, Ridderinkhof KR. The developing brain: From theory to neuroimaging and back. *Dev Cogn Neurosci*. 2011;1(2):101–109.

26. Lamm C, Zelazo PD, Lewis MD. Neural correlates of cognitive control in childhood and adolescence: Disentangling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia*. 2006;44(11):2139–2148.

27. Morton JB, Bosma R, Ansari D. Age-related changes in brain activation associated with dimensional shifts of attention: An fMRI study. *Neuroimage*. 2009;46(1):249–256.

28. Huizinga M, Dolan CV, van der Molen MW. Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*. 2006;44(11):2017–2036.

29. Wiebe SA, Espy KA, Charak D. Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Dev Psychol*. 2008;44(2):575–587.

30. Chevalier N, Blaye A. Setting goals to switch between tasks: Effect of cue transparency on children’s cognitive flexibility. *Dev Psychol*. 2009;45(3):782–797.

31. Munakata Y, Herd SA, Chatham CH, Depue BE, Banich MT, O'Reilly RC. A unified framework for inhibitory control. *Trends Cogn Sci*. 2011.

32. Hanania R. Two types of perseveration in the Dimension Change Card Sort task. *J Exp Child Psychol*. 2010;107(3):325–336.

33. Moriguchi Y, Hiraki K. Longitudinal development of prefrontal function during early childhood. *Dev Cogn Neurosci*. 2011;1(2):153–162.