



Fonctions exécutives

Mise à jour : Janvier 2013

Éditeur au développement du thème :

J. Bruce Morton, Ph.D., University of Western Ontario, Canada

Table des matières

Synthèse	5
<hr/>	
Le développement du cerveau et les fonctions exécutives	8
KATIE KNAPP , MSC, J. BRUCE MORTON, PH.D., JANVIER 2013	
<hr/>	
Le fonctionnement exécutif pendant la petite enfance et l'enfance	16
YUKO MUNAKATA, PH.D., LAURA MICHAELSON, B.A., JANE BARKER, MPA, NICOLAS CHEVALIER, PH.D, JANVIER 2013	
<hr/>	
Les fonctions exécutives et le développement affectif	23
¹ M. ROSARIO RUEDA, PH.D., ² PEDRO M. PAZ-ALONSO, PH.D., JANVIER 2013	
<hr/>	
Le lien entre les fonctions exécutives et la cognition sociale	30
JEANNETTE BENSON, M.A., MARK A. SABBAGH, PH.D., JANVIER 2013	
<hr/>	
Le statut socioéconomique et le développement des fonctions exécutives	38
CAYCE J. HOOK, B.A., GWENDOLYN M. LAWSON, B.A., MARTHA J. FARAH, PH.D., JANVIER 2013	
<hr/>	
Les fonctions exécutives à l'école	46
CLANCY BLAIR, PH.D., JANVIER 2013	
<hr/>	
Réflexions sur le développement des fonctions exécutives : commentaires sur les articles de Knapp & Morton, Munakata et coll., Rueda & Paz-Alonso, Benson & Sabbagh, Hook et coll., et Blair	53
PHILIP DAVID ZELAZO, PH.D., JANVIER 2013	
<hr/>	
Rôle protecteur que jouent les fonctions exécutives dans les environnements à risque élevé	61
AMANDA J. WENZEL , B.A., MEGAN R. GUNNAR, PH.D., AVRIL 2013	
<hr/>	

Contrôle cognitif et autorégulation chez les jeunes enfants : Comment les améliorer et pourquoi? [Diaporama]

ADELE DIAMOND, PH.D., FRSC, JANVIER 2013

68

Thème financé par



Synthèse

Est-ce important?

Les fonctions exécutives sont les habiletés cognitives nécessaires pour contrôler et régulariser nos pensées, nos émotions et nos actions. Les fonctions exécutives dites « froides », qui font uniquement référence aux habiletés cognitives (p. ex., l'habileté d'effectuer du calcul mental), sont parfois différenciées des fonctions exécutives « chaudes », qui font référence à l'habileté de régulariser les émotions (p. ex., être capable de contrôler la colère).

Les fonctions exécutives peuvent être classées en trois grandes catégories d'habiletés :

- Maîtrise de soi : habileté à résister à faire quelque chose de tentant, de façon à plutôt faire la bonne chose. Cette habileté permet aux enfants d'être attentifs, d'agir avec moins d'impulsivité et de se concentrer sur leur travail;
- Mémoire de travail : habileté à garder l'information en tête, à un endroit où elle peut être manipulée. Cette habileté est nécessaire pour réaliser des tâches cognitives comme établir des liens entre deux sujets, effectuer du calcul mental et prioriser les tâches à accomplir;
- Flexibilité cognitive : cette habileté fait référence à la pensée créative et à la flexibilité devant les changements. Elle aide les enfants à faire preuve d'imagination et de créativité pour régler des problèmes.

Les fonctions exécutives sont essentielles au développement. Le fait que les différences dans les fonctions exécutives pendant l'enfance prédisent de manière longitudinale des issues développementales importantes, notamment la réussite scolaire, les comportements liés à la santé et l'adaptation sociale, le montre bien.

Que savons-nous?

Les fonctions exécutives se développent graduellement à leur plein potentiel, notamment en raison de la maturation lente du *cortex préfrontal*. Les différences entre les fonctions cognitives sont apparentes quand les enfants sont en mesure de se rappeler les objectifs importants (p. ex., terminer ses devoirs plutôt que de regarder la télévision). De plus, les fonctions exécutives s'améliorent quand les enfants développent l'habileté d'analyser leur environnement afin de

déterminer le bon plan d'action à suivre (p. ex., je dois étudier ce soir pour réussir l'examen demain). Les fonctions exécutives sous-développées peuvent expliquer pourquoi les jeunes enfants refusent souvent de suivre des instructions logiques comme mettre un bonnet en hiver. Les enfants des milieux défavorisés sont particulièrement à risque de développer des fonctions exécutives inadéquates.

Compte tenu de la maturation à long terme des fonctions exécutives, les enfants sont très sensibles aux expériences vécues en bas âge qui peuvent nuire à leurs habiletés ou les améliorer. Par exemple, le stress peut être tellement nocif pour les fonctions exécutives des jeunes enfants qu'il pourrait entraîner une erreur de diagnostic de trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Toutefois, les expériences enrichissantes, comme une relation parent-enfant positive, peut protéger les enfants des répercussions négatives issues des circonstances stressantes, comme un milieu défavorisé, et ainsi améliorer les fonctions exécutives. Les enfants dont les parents réceptifs imposent une discipline moins sévère et incitent leurs enfants à devenir autonomes sont également plus susceptibles de maximiser leurs fonctions exécutives.

Le fonctionnement exécutif optimal est lié à divers avantages comme la compétence sociale, émotionnelle et scolaire. En fait, de tels avantages prédisent plus rapidement la réussite scolaire que l'intelligence, la numératie et la littératie au cours de l'enfance. Les fonctions exécutives plus développées semblent permettre aux enfants de s'adapter à leur environnement qui évolue constamment, ce qui peut être essentiel pour les enfants grandissant dans des environnements à risque élevé. Les fonctions exécutives efficaces prédisent la santé, la prospérité économique et moins d'actes criminels ultérieurs. De plus, certains aspects des fonctions exécutives permettent aux enfants de comprendre ce que les autres pensent. Par exemple, le fonctionnement exécutif en situation de conflit prédit fortement l'habileté des enfants à comprendre les fausses croyances, la notion que les autres ne perçoivent pas le monde comme eux, une habileté nécessaire pour interagir efficacement sur le plan social.

Alors que les fonctions exécutives optimales sont très bénéfiques, un fonctionnement exécutif médiocre est caractéristique de troubles comme le TDAH, les problèmes comportementaux, les difficultés d'apprentissage, l'autisme et la dépression. Des fonctions exécutives inadéquates en bas âge sont également susceptibles de perdurer pendant l'enfance et l'adolescence.

Que peut-on faire?

Aider les enfants d'âge préscolaire à améliorer leurs fonctions exécutives peut entraîner de nombreux avantages. Les programmes d'intervention axés sur les fonctions exécutives permettent d'améliorer la réussite scolaire et les habiletés socioémotionnelles et même les circuits cérébraux. L'intervention en bas âge peut également réduire le taux d'enfants aux prises avec des troubles comme le TDAH et les problèmes comportementaux, ainsi que les difficultés qui y sont liées. La formation axée sur les fonctions exécutives est peu coûteuse et peut être intégrée au programme d'enseignement régulier à l'intention des jeunes enfants dès 4 ou 5 ans. Les modifications apportées au programme d'enseignements de la petite enfance devraient comprendre des activités plaisantes et stimulantes axées sur la maîtrise de soi. Le yoga, la musique, l'aérobic, la danse, la méditation, la narration d'histoires et les arts martiaux sont des exemples d'activités qui peuvent améliorer les fonctions exécutives de base. En classe, les enfants devraient participer à plus de formes d'apprentissage pratique et à des activités en petits groupes et réduire le nombre d'activités en grands groupes. Les enfants dont les fonctions exécutives sont optimales interagissent moins négativement avec les enseignants, ce qui crée un environnement sans stress qui facilite le développement des fonctions exécutives. De plus, les jeunes enfants devraient être encouragés à participer à des jeux plus élaborés, comme des jeux de simulation où ils apprennent à jouer des rôles et à s'adapter au fur et à mesure que le jeu évolue.

Il faut également comprendre que les fonctions exécutives s'acquièrent graduellement au fil des ans et que même un enfant très motivé peut éprouver de la difficulté à suivre des instructions comme ne pas manger un biscuit avant le souper ou demeurer concentré longtemps.

Le développement du cerveau et les fonctions exécutives

Katie Knapp , MSc, J. Bruce Morton, Ph.D.

Western University, Canada

Janvier 2013

Introduction

Les fonctions exécutives sont des processus qui supportent plusieurs activités quotidiennes en permettant notamment de planifier, de raisonner de manière flexible, de concentrer son attention et d'inhiber les comportements indésirables. Le développement des fonctions exécutives se prolonge jusqu'au début de l'âge adulte^{1,2} et repose sur le développement structurel et fonctionnel du cerveau.^{3,4,5,6} Le cortex préfrontal, une large région du cerveau située dans sa moitié antérieure (à l'avant), est l'une des régions cérébrales qui se développe le plus lentement. En effet, son développement se poursuit jusqu'au début de la troisième décennie de la vie.^{7,8} La recherche fondée sur l'imagerie cérébrale^{9,10} et les études menées auprès de patients atteints de lésions cérébrales^{11,12,13} suggèrent que le cortex préfrontal est vital pour contrôler l'attention, la pensée et le comportement, en partie parce qu'il fait le pont entre les centres de contrôle perceptuel, émotionnel et moteur situés ailleurs dans le cerveau. La lenteur du développement du cortex préfrontal^{14,15} et son importance pour le contrôle exécutif ont mené à l'hypothèse que le développement des fonctions exécutives soit étroitement relié à la maturation du cortex préfrontal.^{16,17,18} Ceci implique notamment qu'il soit normal que des défis de base du quotidien, tels que de ne pas jouer avec un jouet interdit, soient difficiles même pour les enfants qui présentent un développement normal.

Sujet

Le fait que l'autorégulation comportementale dépende d'une région du cerveau qui se développe graduellement permet de comprendre davantage pourquoi, par exemple, les enfants ont de la difficulté à : (a) cesser une activité pour en commencer une nouvelle, (b) planifier d'avance, (c) faire plus d'une chose à la fois, (d) se concentrer pendant de longues périodes et (e) renoncer à une gratification immédiate. Les résultats de recherche en neurosciences cognitives développementales suggèrent que la difficulté à adopter ces comportements fait partie d'un

développement normal et qu'elle est liée en partie à la façon dont le cerveau fonctionne à ce stade de la vie.

Problèmes

Il est très complexe de comprendre précisément comment la maturation du cortex préfrontal contribue au développement des fonctions exécutives. D'abord, il est difficile de définir et de mesurer précisément les fonctions exécutives, en partie parce que des concepts centraux du construit que constituent les fonctions exécutives, comme l'inhibition et la flexibilité cognitive, permettent de décrire plutôt que d'expliquer le comportement. Ensuite, on ne sait toujours pas si les processus impliqués dans la régulation d'un type de comportement, comme le langage, sont les mêmes que ceux impliqués dans la régulation d'autres types de comportement, comme les émotions. De plus, les tâches appropriées pour mesurer les fonctions exécutives à un âge donné ne sont généralement pas appropriées pour mesurer ces fonctions chez des enfants plus âgés. Ceci fait en sorte qu'il est difficile de comparer les fonctions exécutives d'enfants de différents âges. Ultiment, les chercheurs en neurosciences cognitives développementales cherchent à faire des liens entre les changements des fonctions exécutives liés à l'âge et les changements développementaux dans le fonctionnement cérébral. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire, non seulement de définir et de mesurer adéquatement les fonctions exécutives, mais aussi de recueillir simultanément une mesure directe du fonctionnement cérébral. Une approche possible pour ce faire est l'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique (ou IRMf), une méthode sécuritaire et relativement non-invasive d'examiner les changements dans l'activité cérébrale qui se produisent lorsque les participants effectuent certaines tâches. Bien que cette méthode soit valide et sécuritaire, même avec des nouveaux-nés,^{19,20} elle requière que les participants restent absolument immobiles pendant au moins 5 à 10 minutes lorsque les images sont enregistrées. Des mouvements abrupts de 5 ou 10 mm peuvent occasionner des « bruits » d'imagerie qui rendent les images troubles et virtuellement ininterprétables. Pour compliquer les choses encore davantage, si les jeunes enfants effectuent les tâches prescrites d'une manière différente de celle des enfants plus âgés, il devient impossible de savoir si les différences liées à l'âge dans les patrons d'activité cérébrale sont liées seulement aux différences d'âge des participants ou si elles sont aussi liées aux différences dans la manière dont les enfants effectuent les tâches. Or, demander à des enfants de sept ans d'exécuter une tâche comme l'exécuteraient des enfants de quatre ans pourrait, en principe, rendre les patrons d'activité cérébrale des enfants de sept ans identiques à ceux observés chez les enfants de quatre ans. Pour éviter ces problèmes, les

chercheurs développent de nouveaux protocoles d'imagerie qui peuvent être administrés rapidement et qui ne requièrent pas que les enfants exécutent une tâche. Lors de ces balayages enregistrés à l'état de repos (dits « resting-state scans »), les enfants s'allongent simplement et restent immobiles, avec les yeux ouverts, pour aussi peu que cinq minutes.²¹ Les images résultantes sont utilisées pour examiner les changements liés à l'âge dans les patrons « intrinsèques » de connectivité corticale, changements qui peuvent ensuite être associés à des mesures des fonctions exécutives recueillies à l'extérieur de l'appareil d'IRM.

Contexte de la recherche

Les résultats des études d'IRMf sur le développement des fonctions exécutives forment un tableau fascinant mais complexe. Certaines études, par exemple, révèlent que l'activité du cortex préfrontal (CPF) lors de l'exécution de tâches sollicitant les fonctions exécutives est moins intense chez les enfants plus jeunes que chez les enfants plus âgés, des résultats qui sont cohérents avec l'idée intuitive selon laquelle une région cérébrale présente de plus en plus d'activité lorsque son fonctionnement se développe.^{22,23} D'autres résultats suggèrent une piste un peu plus compliquée, à savoir que certaines régions du CPF manifestent une activité croissante avec l'âge tandis que d'autres voient leur activité diminuer.^{24,25,26} Une première interprétation de ce modèle suggère que, tôt dans la vie, les fonctions exécutives seraient associées à une activité faible mais diffuse du CPF, alors que, plus tard dans le développement, les fonctions exécutives seraient associées à une activité du CPF plus intense mais plus localisée.²⁶ Ainsi, au centre d'une région en développement, l'activité s'accroîtrait avec l'âge, alors qu'aux environs, l'activité diminuerait. Une seconde interprétation de ce modèle suggère que certaines régions du CPF deviendraient plus efficaces avec l'âge. Ainsi, tôt dans le développement, ces régions devraient travailler très fort pour supporter un certain niveau de performance des fonctions exécutives. Cependant, plus tard dans le développement, ces régions fonctionneraient plus efficacement et pourraient supporter un niveau comparable de performance des fonctions exécutives avec une dépense énergétique moindre. Il est évident que plus de recherches seront nécessaires pour clarifier ce portrait complexe.

Un résultat est systématiquement obtenu lors de l'examen des fonctions exécutives en développement par IRMf, à savoir que plusieurs autres régions cérébrales à l'extérieur du CPF sont liées au développement des fonctions exécutives, dont les cortex cingulaire antérieur, insulaire antérieure, pariétal et moteur.^{27,28} Une première interprétation possible de ce résultat est fondée sur le fait que les tâches sollicitant les fonctions exécutives sont très complexes et

impliquent plusieurs sous-processus différents, telles que de maintenir les instructions à l'esprit,^{27,29,30} se concentrer sur un stimulus et en ignorer d'autres,²² planifier et exécuter les réponses motrices²⁶ et évaluer sa performance. Il serait donc possible que ces différents sous-processus soient à l'origine de l'activité observée dans les différentes régions cérébrales à l'extérieur du CPF. Si ceci est vrai, le prochain défi sera d'identifier les sous-processus qui évoluent avec l'âge et de lier cette évolution aux changements observés dans le fonctionnement des régions cérébrales associées. Une deuxième interprétation possible suggère que le CPF ne fonctionnerait pas indépendamment mais ferait plutôt partie d'un réseau plus large au fonctionnement homogène. Selon cette interprétation, une activité importante sera observée dans l'ensemble de ce réseau peu importe ce que fait le participant (maintenir les instructions en mémoire, planifier une réponse, évaluer sa performance...). Si ceci est vrai, alors le prochain défi sera de comprendre comment l'organisation de ce large réseau évolue au fil du développement. Il est possible que cette évolution implique des changements dans les régions constituant le réseau ainsi que des changements dans le nombre et la force des connections entre ces régions.

Questions clés de la recherche

1. Quels sont les processus constitutifs qui sous-tendent la performance aux tâches de mesure des fonctions exécutives?
2. Les différentes fonctions exécutives sont-elles liées à différentes régions cérébrales?
3. Comment les changements dans le fonctionnement cérébral contribuent-ils aux changements dans les fonctions exécutives?

Résultats récents de la recherche

Récemment, les chercheurs ont commencé à examiner les changements développementaux dans les réseaux cérébraux que l'on pense être importants pour les fonctions exécutives, en examinant l'évolution des connections entre le CPF et d'autres régions communément associées aux fonctions exécutives comme les cortex pariétal, cingulaire et insulaire.²⁸ Comme ces réseaux peuvent être observés et mesurés même lorsque les participants sont au repos, plusieurs études récentes ont utilisé l'IRMf à l'état de repos (dite « resting-state fMRI ») pour examiner l'organisation des réseaux de contrôle cognitif à différents âges.^{31,32} Les résultats initiaux suggéraient une large réorganisation du réseau au fil du développement, de nouvelles connections à longue portée se formant avec l'âge et des connections antérieures à courte portée étant éliminées.³³ Des études plus récentes remettent en question ces résultats initiaux et

suggèrent que cette réorganisation du réseau avec l'âge soit moins prononcée qu'on ne le croyait initialement.³⁴ Cependant, malgré ces faux-pas initiaux, l'étude de l'organisation du réseau soutenant les fonctions exécutives au fil du développement suscite toujours un vif intérêt, les chercheurs reconnaissant de plus en plus que les différentes régions cérébrales travaillent ensemble pour réaliser des processus de haut niveau qui se traduisent en pensées et en actions.

Lacunes de la recherche

Les lacunes les plus importantes dans la recherche en IRMf sur le développement des fonctions exécutives concernent probablement le manque d'études longitudinales. Contrairement aux études transversales, dans lesquelles un groupe d'enfants plus jeunes est comparé à un groupe différent d'enfants plus vieux, les études longitudinales sont menées auprès du même groupe d'enfants à différents âges. Évidemment, les études longitudinales sont dispendieuses, longues et peuvent comporter beaucoup de risques; c'est pourquoi il en existe si peu actuellement. Les devis longitudinaux offrent toutefois plusieurs avantages par rapport aux devis transversaux. D'abord, lorsque deux groupes d'enfants de différents âges sont comparés, plusieurs facteurs autres que l'âge peuvent potentiellement différer entre les groupes, notamment l'intelligence, le tempérament ou la personnalité et le statut socio-économique. Comme chacun de ces facteurs est lié aux fonctions exécutives, les inférences que l'on peut tirer d'études transversales sur le rôle de l'âge dans les différences de patrons d'activation cérébrale entre les groupes deviennent ténues. Deuxièmement, un objectif important des neurosciences cognitives développementales est d'identifier des patrons précoces d'organisation psychologique et neurale qui prédisent des états futurs, à la fois positifs (p. ex. bien-être intellectuel et social) et négatifs (par ex., psychopathologie). La meilleure façon d'identifier ces patrons consiste à suivre le même groupe d'enfants sur une longue période et à les évaluer périodiquement jusqu'à ce que l'aspect d'intérêt (p. ex., la douance, la dépendance, les comportements sexuels à risque, etc.) soit observé chez certains enfants. Alors, seulement, on peut examiner quelle mesure cérébrale ou comportementale prélevée antérieurement prédit avec succès l'évolution future.

Conclusion

Il faut deux décennies de vie pour que le cerveau atteigne son stade développemental adulte. Les différentes régions du cerveau se développent à différentes vitesses et les connexions entre ces régions se développent aussi graduellement tout au long de l'enfance et de l'adolescence. Ce développement de la structure et du fonctionnement du cerveau se produit en parallèle avec

l'amélioration de la capacité à exécuter des tâches sollicitant les fonctions exécutives. L'habileté à planifier d'avance, à passer d'une tâche à l'autre et à inhiber une réponse en fonction d'une consigne donnée s'améliore graduellement chez les enfants. L'étude des réseaux cérébraux et de leur développement pourrait constituer une avenue utile pour quantifier la relation entre la maturation cérébrale et le développement du fonctionnement exécutif. Par exemple, les cortex frontal et pariétal doivent communiquer entre eux pour exécuter avec efficacité des tâches sollicitant les fonctions exécutives mais la communication entre ces régions ne devient pleinement efficace que vers la fin de l'adolescence, ce qui pourrait expliquer pourquoi les habiletés exécutives n'atteignent leur maturité qu'à la fin de la deuxième décennie de vie.

Implications pour les parents, les services et les politiques

Il faut toujours garder en tête que le développement du cerveau des enfants est en cours lorsque l'on interagit avec eux. Que l'on mesure l'épaisseur de la matière grise, le volume de la matière blanche, la densité synaptique ou toute autre caractéristique anatomique du cerveau, des changements continus sont observés jusqu'au début de l'âge adulte. Ces changements ont évidemment un impact sur le fonctionnement cognitif de l'enfant et particulièrement sur ses fonctions exécutives, qui constituent des processus très complexes. Étant donné l'importance des fonctions exécutives pour le rendement scolaire et le bien-être social, l'identification précoce des problèmes d'autorégulation cognitive et comportementale est évidemment très importante. Il ne faut toutefois pas oublier que tout jeune enfant aura de la difficulté à planifier d'avance, à résister aux tentations, à réguler ses émotions et à rester concentré sur une tâche; le stade développemental de son cerveau ne lui permet tout simplement pas encore de maîtriser ces comportements.

Références

1. Best JR, Miller PH, Jones LL. Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Dev Rev.* 2009;29(3):180-200.
2. Luna B, Garver KR, Urban TA, Lazar, NA, Sweeney JA. Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Dev.* 2004;75(5):1357-1372.
3. Shaw P, Kabani, NJ, Lerch JP, et al. Neurodevelopmental trajectories of the human cerebral cortex. *J Neurosci.* 2008;28(14):3586-3594.
4. Huttenlocher PR, de Courten C, Garey LJ, Van der Loos H. Synaptogenesis in human visual cortex - evidence for synapse elimination during normal development. *Neurosci Lett.* 1982;33(3):247-252.
5. Giedd JN, Blumenthal J, Jeffries NO, et al. Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nat Neurosci.* 1999;2(10):861-863.
6. Sowell ER, Peterson BS, Thompson PM, Welcome SE, Henkenius AL, Toga AW. Mapping cortical change across the human life span. *Nat Neurosci.* 2003;6(3):309-315.

7. Gogtay N, Giedd JN, Lusk L, et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *P Natl Acad Sci USA*. 2004;101(21):8174-8179.
8. Huttenlocher PR. Dendritic and synaptic development in human cerebral cortex: Time course and critical periods. *Dev Neuropsychol*. 1999;16(3):347-349.
9. Lie C, Specht K, Marshall JC, Fink GR. Using fMRI to decompose the neural processes underlying the Wisconsin Card Sorting Test. *Neuroimage*. 2006;30(3):1038-1049.
10. Aarts E, Roelofs A, van Turenout M. Attentional control of task and response in lateral and medial frontal cortex: Brain activity and reaction time distributions. *Neuropsychologia*. 2009;47(10):2089-2099.
11. Perrett E. The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorical behaviour. *Neuropsychologia*. 1974;12(3):323-330.
12. Aron AR, Fletcher PC, Bullmore ET, Sahakian BJ, Robbins TW. Stop-signal inhibition disrupted by damage to right inferior frontal gyrus in humans. *Nat Neurosci*. 2003;6(2):115-116.
13. Milner B. Effects of different brain lesions on card sorting: The role of the frontal lobes. *Arch Neurol*. 1963;9(1):90-100.
14. Huttenlocher PR. Synaptic density in human frontal cortex - developmental changes and effects of aging. *Brain Res*. 1979;163(2):195-205.
15. Sowell ER, Thompson PM, Tessner KD, Toga AW. Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during postadolescent brain maturation. *J Neurosci*. 2001;21(22):8819-8829.
16. Bunge SA, Zelazo PD. A brain-based account of the development of rule use in childhood. *Curr Dir Psychol Sci*. 2006;15(3):118-121.
17. Dempster FN. The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Dev Rev*. 1992;12(2):45-75.
18. Diamond A. Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In: Stuss DT, Knight RT, eds. *Principles of Frontal Lobe Function*. Oxford: Oxford University Press; 1992:466-503.
19. Smyser CD, Inder TE, Shimony JS, et al. Longitudinal analysis of neural network development in preterm infants. *Cereb Cortex*. 2010;20(12):2852-2862.
20. Davidson MC, Thomas KM, Casey BJ. Imaging the developing brain with fMRI. *Ment Retard Dev D R*. 2003;9(3):161-167.
21. Kelly AMC, Di Martino A, Uddin LQ, et al. Development of anterior cingulate functional connectivity from late childhood to early adulthood. *Cereb Cortex*. 2009;19(3):640-657.
22. Adleman NE, Menon V, Blasey CM, et al. A developmental fMRI study of the Stroop color-word task. *Neuroimage*. 2002;16(1):61-75.
23. Luna B, Thulborn KR, Munoz DP, et al. Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *Neuroimage*. 2001;13(5):786-793.
24. 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.
25. Bunge SA, Dudukovic NM, Thomason ME, Vaidya CJ, Gabrieli JDE. Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*. 2002;33(2):301-311.
26. Casey BJ, Trainor RJ, Orendi JL, et al. A developmental functional MRI study of prefrontal activation during performance of a go-no-go task. *J Cognitive Neurosci*. 1997;9(6):835-847.

27. Braver TS, Cohen JD, Nystrom LE, Jonides J, Smith EE, Noll DC. A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*. 1997;5(1):49-62.
28. Cole MW, Schneider W. The cognitive control network: Integrated cortical regions with dissociable functions. *Neuroimage*. 2007;37(1):343-360.
29. Bunge SA, Wright SB. Neurodevelopmental changes in working memory and cognitive control. *Curr Opin Neurobiol*. 2007;17(2):243-250.
30. Kwon H, Reiss AL, Menon V. Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *P Natl Acad Sci USA*. 2002;99(20):13336-13341.
31. Biswal B, Yetkin FZ, Haughton VM, Hyde JS. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magn Reson Med*. 1995;34(4):537-541.
32. Vogel AC, Power JD, Petersen SE, Schlaggar BL. Development of the brain's functional network architecture. *Neuropsychol Rev*. 2010;20(4):362-375.
33. Fair DA, Dosenbach NUF, Church JA, et al. Development of distinct control networks through segregation and integration. *P Natl Acad Sci USA*. 2007;104(33):13507-13512.
34. Power JD, Barnes KA, Snyder AZ, Schlaggar BL, Petersen SE. Spurious but systematic correlations in functional connectivity MRI networks arise from subject motion. *NeuroImage*. 2012;59(3):2142-2154.

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-économique⁸ et en présence d'une variété de troubles cliniques, comme le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité,⁹ l'autisme¹⁰ 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'aérobic, 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 présents²³ 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.

Les fonctions exécutives et le développement affectif

¹M. Rosario Rueda, Ph.D., ²Pedro M. Paz-Alonso, Ph.D.

¹Universidad de Granada, Espagne, ²Basque Center on Cognition, Brain and Language, Espagne
Janvier 2013

Introduction

Au cours du développement affectif, la capacité de ressentir, de comprendre et de distinguer des émotions de plus en plus complexes s'accroît et l'habileté d'autoréguler ses émotions pour s'adapter à l'environnement social ou atteindre des objectifs actuels ou futurs s'améliore. Les enfants font souvent face à des situations qui les amènent à sélectionner une option parmi plusieurs options qui se font concurrence (p. ex., terminer ses devoirs avant de jouer ou manger une collation maintenant au lieu de consommer des aliments plus sains lors du repas servi plus tard). Lorsqu'ils prennent de telles décisions, les enfants doivent examiner les options conflictuelles disponibles à la lumière des attentes et des règles spécifiques qu'ils doivent respecter et ils doivent réguler leur impulsion de choisir la gratification immédiate au profit d'une option moins immédiate et moins automatique. Ce type de contrôle comportemental et cognitif est lié au concept de fonctions exécutives. Les fonctions exécutives réfèrent à des processus de contrôle cognitif multidimensionnels qui résultent d'un effort volontaire important. Ces fonctions incluent la capacité d'évaluer et d'organiser son environnement, d'atteindre des objectifs et d'adapter son comportement avec flexibilité lors de situations inédites. Des résultats de recherches sur le développement cognitif et en neuroscience développementale cognitive ont montré que le développement de la régulation émotionnelle est fortement tributaire de plusieurs fonctions exécutives fondamentales, notamment le contrôle de l'attention, l'inhibition des comportements inappropriés, la prise de décisions et d'autres processus cognitifs de haut niveau sollicités dans des contextes exigeants sur le plan affectif.^{1,2}

Sujet

L'humain étant un être fondamentalement social, il est important de maîtriser la compréhension de ses propres émotions et de celles des autres; une bonne partie du cerveau y est d'ailleurs consacrée.³ Les émotions de base, comme le bonheur ou la peur, diffèrent des émotions dites

morales (p. ex., la honte, la culpabilité ou la fierté) qui surviennent lors d'interactions sociales, lorsqu'un comportement normatif ou idéal est établi explicitement ou implicitement. En effet, la compréhension et la gestion des émotions morales requièrent l'internalisation des normes et des principes moraux partagés par la communauté. L'être humain doit aussi être en mesure de percevoir et de comprendre les émotions d'autres personnes (empathie) et de leur attribuer des états mentaux (une habileté désignée par l'expression « théorie de l'esprit » ou « theory of mind »), ce qui implique de comprendre leurs croyances et leurs attitudes. Ainsi, le développement émotionnel et le développement social sont étroitement liés. Une autre composante clé du développement affectif, la régulation émotionnelle, est tout aussi cruciale pour la socialisation. Lors d'activités sociales (p. ex., à l'école), il est souvent nécessaire de contrôler ses réactions émotionnelles, qu'elles soient positives (p. ex., l'excitation) ou négatives (p. ex., la frustration), pour s'adapter aux normes sociales et atteindre ses objectifs. En conséquence, le développement du contrôle exécutif est central pour la régulation émotionnelle.

Problèmes

Les fonctions exécutives sont souvent considérées comme des fonctions cognitives non spécifiques, de portée générale. Ceci signifie qu'elles sont impliquées dans la régulation de toutes sortes de comportements, notamment ceux qui impliquent le langage, la mémoire, le raisonnement, etc. Cependant, certains auteurs ont suggéré que les comportements affectifs et sociaux, ainsi que les comportements motivés par un but (p. ex., décider de manger un morceau de gâteau ou d'êtreindre une personne aimée), pourraient être plus difficiles à contrôler que les actions émotionnellement neutres (p. ex., évaluer si cinq est un chiffre pair ou impair) et pourraient même requérir un mécanisme de contrôle différent. Certains auteurs ont établi une distinction entre les aspects « froids » (purement cognitifs) et « chauds » (affectifs) des fonctions exécutives.⁴ Ainsi, lors de la résolution d'un problème, les fonctions exécutives et la régulation émotionnelle ont une relation réciproque. Cependant, les exigences particulières de la régulation émotionnelle dépendent du degré de motivation derrière le problème et de la nature « chaude » ou « froide » du problème lui-même.¹

Contexte de la recherche

La nature multidimensionnelle du construit que constituent les fonctions exécutives contraste avec l'absence de consensus sur le test qui constitue le test de référence pour la mesure de ces fonctions, et ce, malgré la nature très structurée des tâches typiquement utilisées pour les

examiner séparément. Des tâches de laboratoire variées sont ainsi utilisées pour mesurer les différentes fonctions exécutives chez les enfants, dont certaines ont été adaptées à partir de tâches utilisées auprès des adultes. Une distinction générale peut être faite entre les tâches de mesure des fonctions exécutives « chaudes » ou « froides », selon que la tâche implique de traiter des informations qui ont un aspect émotionnel ou non.⁵ Les tâches peuvent aussi être divisées selon la fonction spécifique qu'elles ciblent (p. ex., la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur ou la flexibilité mentale). Comme le développement des fonctions exécutives se prolonge tout au long de l'enfance, une large variété de tâches adaptées à des enfants d'un âge ou d'un niveau donné est disponible.⁶

Questions clés de la recherche

1. Le développement émotionnel est-il supporté par la maturation des fonctions exécutives? Comment le développement des aspects clés du développement émotionnel (p. ex., empathie, théorie de l'esprit, internalisation des principes moraux, etc.) est-il relié à la maturation du *cortex préfrontal*?
2. Quels facteurs déterminent le développement des fonctions exécutives?
3. Les différences individuelles dans le développement des fonctions exécutives et de la régulation émotionnelle sont-elles déterminées par les gènes ou par l'expérience?
4. Est-il possible de favoriser le développement des fonctions exécutives par des interventions éducatives? Le cas échéant, des fonctions exécutives plus performantes se reflètent-elles par un meilleur développement émotionnel?

Résultats récents de la recherche

Les résultats de plusieurs études indiquent que la maturation des divers aspects des fonctions exécutives, comme le contrôle inhibiteur et l'attention exécutive, est fortement liée à une compréhension accrue de ses propres émotions et de celles des autres et à une meilleure régulation émotionnelle. À l'âge préscolaire, la performance des enfants lors de tâches de mesure du contrôle inhibiteur en laboratoire est significativement corrélée avec leur capacité de réguler leurs émotions.^{7,8} De plus, les enfants ayant un meilleur contrôle de leur attention ont tendance à gérer leur colère en utilisant des méthodes verbales non hostiles plutôt que des méthodes explicitement agressives.⁹ Un contrôle volontaire plus grand est aussi corrélé positivement avec l'empathie.¹⁰ Pour manifester de l'empathie envers les autres, il faut pouvoir interpréter leurs

signaux de détresse ou de plaisir. En fait, l'habileté de distinguer différents états mentaux chez soi-même et les autres (théorie de l'esprit), qui constitue une composante cognitive centrale de l'empathie,¹¹ est fortement associée aux contrôles volontaire et inhibiteur.¹² Cependant, la question de savoir si la théorie de l'esprit est directement associée à la régulation émotionnelle générale au cours du développement en bas âge est toujours sujette à débat.¹³ Les différences individuelles dans le contrôle exécutif sont également associées au développement de la conscience, qui implique une interaction entre les émotions morales ressenties et l'adoption d'un comportement compatible avec les règles et les normes sociales.¹⁴ Or, le contrôle internalisé du comportement est plus grand chez les enfants qui présentent un contrôle volontaire élevé.¹⁵ Cette association est communément interprétée par le fait que le contrôle volontaire offre la flexibilité attentionnelle requise pour faire des liens entre les principes moraux, les émotions et les actions.

Les recherches actuelles investiguent également les facteurs, à la fois éducatifs et constitutionnels, qui influencent le développement des fonctions exécutives. Des études menées auprès d'enfants d'âge préscolaire et scolaire ont démontré que l'entraînement a des bénéfices directs sur les fonctions exécutives, notamment lorsque l'attention exécutive,^{16,17} le raisonnement fluide,^{18,19,20} la mémoire de travail^{21,22,23} ou le contrôle cognitif²⁴ est ciblé.

Lacunes de la recherche

Certaines avenues de recherche ont le potentiel d'éclairer davantage notre compréhension des fonctions exécutives et du développement émotionnel. Bien que les études transversales puissent révéler beaucoup d'informations, des études longitudinales seront requises pour éliminer la possibilité d'effets dus à la variance individuelle entre les différents groupes d'âge. Ainsi, les études longitudinales peuvent fournir des informations importantes sur le développement cognitif et émotionnel typique et atypique.²⁵ Une autre question importante n'a toujours pas été résolue : dans quelle mesure les interventions éducatives conçues pour améliorer les fonctions exécutives peuvent-elles entraîner des changements stables, à la fois structurels et fonctionnels, dans l'efficacité du système cérébral qui sous-tend ces fonctions? Certaines études ont révélé les bénéfices de l'entraînement des fonctions exécutives pour le fonctionnement du cerveau en cours de développement,^{16,17,22,23} des bénéfices qui sont toujours observables après quelques mois même si l'entraînement n'a pas été poursuivi.¹⁶ Cependant, plus de recherches seront nécessaires pour caractériser davantage les bénéfices de l'entraînement à long terme et pour déterminer si ces bénéfices sont transférés à la capacité de régulation émotionnelle.

Conclusion

Le développement émotionnel entraîne une meilleure compréhension des émotions chez soi-même et autrui ainsi qu'une habileté accrue à réguler ses émotions en fonction des objectifs poursuivis et des conventions sociales. Il est reconnu que l'évolution du fonctionnement émotionnel joue un rôle critique dans l'adaptation sociale et la compétence scolaire.^{26,27} Un développement affectif adaptatif est lié au bien-être chez l'enfant, alors que les difficultés de régulation émotionnelle sont liées à des perturbations de l'humeur et à des problèmes comportementaux.^{27,28} Le développement émotionnel se produit grâce à une variété d'habiletés cognitives, dont celle de réguler volontairement son comportement avec souplesse, qui dépend fortement de la maturation des lobes frontaux.²⁹ La régulation cognitive et la régulation émotionnelle semblent se développer de concert. Ce développement, très intense pendant la période préscolaire, se poursuit plus doucement tout au long de l'enfance et de l'adolescence.³⁰

Implications pour les parents, les services et les politiques

De plus en plus de résultats suggèrent que les fonctions exécutives peuvent être améliorées par des interventions d'entraînement cognitif, qui ont le potentiel d'accroître l'efficacité des systèmes cérébraux sous-tendant les habiletés de régulation comportementale et émotionnelle chez les enfants¹⁶ et chez les adultes.^{23,31,32} La recherche récente montre également que le développement du contrôle exécutif est affecté par des facteurs environnementaux, notamment les pratiques parentales et l'éducation. La qualité des interactions parent-enfant pendant la petite enfance semble favoriser le développement ultérieur des fonctions exécutives. Les attitudes parentales comme la chaleur, la sensibilité et une discipline douce, liées à un attachement parent-enfant sécurisé et réciproque, sont associées à de meilleures fonctions exécutives chez l'enfant.³³ De même, on a montré que les programmes éducatifs préscolaires axés sur l'enseignement des habiletés d'autorégulation améliorent significativement le développement du contrôle exécutif.²⁴ La plasticité du système neurocognitif qui sous-tend la régulation cognitive et émotionnelle pourrait être liée à la maturation graduelle de ce système, qui se prolonge tout au long des deux premières décennies de la vie. Il est important de noter que la sensibilité de ce système neurocognitif offre de multiples opportunités de favoriser la compétence sociale et émotionnelle des enfants avec une vaste gamme d'expériences. Des données de recherche telles que celles résumées dans le présent article doivent encourager les décideurs politiques à promouvoir l'utilisation de programmes éducatifs qui ciblent directement les compétences socioémotionnelles.

Références

1. Zelazo, P. D., & Cunningham, W. A. (2007). *Executive Function: Mechanisms Underlying Emotion Regulation Handbook of emotion regulation* (pp. 135-158). New York, NY: Guilford Press.
2. Tottenham, N., Hare, T. A., & Casey, B. J. (2011). Behavioral assessment of emotion discrimination, emotion regulation, and cognitive control in childhood, adolescence, and adulthood. *Frontiers in Psychology, 2*, 39.
3. Olsson, A., & Ochsner, K. N. (2008). The role of social cognition in emotion. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(2), 65-71.
4. Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.
5. Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S., & Zelazo, P. D. (2005). Assessment of Hot and Cool Executive Function in Young Children: Age-Related Changes and Individual Differences. *Developmental Neuropsychology, 28*(2), 617-644.
6. Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 28*(2), 595-616.
7. Carlson, S. M., & Wang, T. S. (2007). Inhibitory control and emotion regulation in preschool children. *Cognitive Development, 22*(4), 489-510.
8. Simonds, J., Kieras, J. E., Rueda, M., & Rothbart, M. K. (2007). Effortful control, executive attention, and emotional regulation in 7-10-year-old children. *Cognitive Development, 22*(4), 474-488.
9. Eisenberg, N., Fabes, R. A., Nyman, M., Bernzweig, J., & Pinuelas, A. (1994). The relations of emotionality and regulation to children's anger-related reactions. *Child Development, 65*(1), 109-128.
10. Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., & Hershey, K. L. (1994). Temperament and social behavior in childhood. *Merrill-Palmer Quarterly, 40*, 21-39.
11. Decety, J., & Jackson, P.L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Review, 3*, 71-100.
12. Carlson, S. M., Moses, L. J., & Claxton, L. J. (2004). Individual differences in executive functioning and theory of mind: An investigation of inhibitory control and planning ability. *Journal of Experimental Child Psychology, 87*(4), 299-319.
13. Liebermann, D., Giesbrecht, G. F., & Muller, U. (2007). Cognitive and emotional aspects of self-regulation in preschoolers. *Cognitive Development, 22*(4), 511-529.
14. Kochanska, G., & Aksan, N. (2006). Children's conscience and self-regulation. *Journal of Personality, 74*(6), 1587-1617.
15. Kochanska, G., Murray, K. T., & Harlan, E. T. (2000). Effortful control in early childhood: Continuity and change, antecedents, and implications for social development. *Developmental Psychology, 36*(2), 220-232.
16. Rueda, M. R., Checa, P., & Combita, L. M. (2011). Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: Immediate and after two months effects. [doi: 10.1016/j.dcn.2011.09.004]. *Developmental Cognitive Neuroscience*.
17. Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 102*(41), 14931-14936.
18. Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(25), 10081-10086.
19. Mackey, A. P., Hill, S. S., Stone, S. I., & Bunge, S. A. (2011). Differential effects of reasoning and speed training in children. *Developmental Science, 14*(3), 582-590.

20. Nutley, S. B., Soderqvist, S., Bryde, S., Thorell, L. B., Humphreys, K., & Klingberg, T. (2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: a controlled, randomized study. *Developmental Science*, 14(3), 591-601.
21. Dahlin, E., Nyberg, L., Bäckman, L., & Neely, A. S. (2008). Plasticity of executive functioning in young and older adults: immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, 23, 720-730.
22. Jolles, D. D., Grol, M. J., Van Buchem, M. A., Rombouts, S. A. R. B., & Crone, E. A. (2010). Practice effects in the brain: Changes in cerebral activation after working memory practice depend on task demands. *NeuroImage*, 52, 658-668.
23. Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7(1), 75-79.
24. Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science*, 318(5855), 1387-1388.
25. Reichenberg, A., Caspi, A., Harrington, H., Houts, R., Keefe, R. S., Murray, R. M. et al. (2010). Static and dynamic cognitive deficits in childhood preceding adult schizophrenia: a 30-year study. *American Journal of Psychiatry*, 167, 160-169.
26. Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American Psychologist*, 57(2), 111-127.
27. Eisenberg, N., Smith, C. L., & Spinrad, T. L. (2011). Effortful Control: Relations with emotion regulation, adjustment, and socialization in childhood. In K. D. Vohs & R. F. Baumeister (Eds.), *Handbook of Self-Regulation. Research, Theory and Applications* (2nd ed., pp. 263-283). New York: The Guilford Press.
28. Cole, P. M., Martin, S. E., & Dennis, T. A. (2004). Emotion regulation as a scientific construct: Methodological challenges and directions for child developmental research. *Child Development*, 75, 317-333.
29. Welch, M. C. (2001). The prefrontal cortex and the development of executive function in childhood. In A. F. Kalverboer & A. Gramsbergen (Eds.), *Handbook of brain and behavior in human development* (pp. 767-790). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
30. Carlson, S. M. (2003). Executive function in context: Development, measurement, theory, and experience. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 138-151.
31. Tang, Y. Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., et al. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104(43), 17152-17156.
32. Tang, Y. Y., Lu, Q., Geng, X., Stein, E. A., Yang, Y., & Posner, M. I. (2010). Short-term meditation induces white matter changes in the anterior cingulate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 107(35), 15649-15652.
33. Bernier, A., Carlson, S. M., & Whipple, N. (2010). From External Regulation to Self-Regulation: Early Parenting Precursors of Young Children's Executive Functioning. *Child Development*, 81(1), 326-339.

Le lien entre les fonctions exécutives et la cognition sociale

Jeannette Benson, M.A., Mark A. Sabbagh, Ph.D.

Queen's University, Canada

Janvier 2013

Introduction

Pour trouver un sens au comportement des gens qui nous entourent et le prédire, nous utilisons ce que les chercheurs en psychologie ont nommé la « théorie de l'esprit » (ou « theory of mind ») : nous comprenons que les actions des autres sont causées par des états mentaux idiosyncratiques comme les croyances, les désirs et les intentions.¹ Par exemple, imaginez que vous voyez un ami prendre un verre dans une armoire et se diriger vers le réfrigérateur. Peu importe quelle est votre boisson favorite, vous vous attendrez probablement à ce que votre ami cherche et choisisse la boisson qu'il préfère. De façon similaire, imaginez que votre ami vous dise qu'il a faim puis qu'il se dirige vers une armoire de cuisine que vous savez vide. Vous pouvez tirer un sens de son action en raisonnant qu'il croit probablement que l'armoire contient de la nourriture et qu'il agit en conséquence. Dans ces exemples, le fait de pouvoir déchiffrer les états mentaux de votre ami (c.-à-d. ce qu'il désire et croit) vous permet à la fois d'expliquer et de prédire ses actions.

Le développement de la théorie de l'esprit chez les enfants a fait l'objet d'un grand nombre de recherches au cours des vingt dernières années. Les chercheurs se sont particulièrement intéressés à la compréhension qu'ont les enfants des « fausses croyances » (situations dans lesquelles quelqu'un a une croyance sur le monde qui diffère de la réalité). Dans une tâche souvent utilisée par les chercheurs pour mesurer la compréhension des fausses croyances, on montre aux enfants un personnage (par ex. Sally) qui cache un objet à un endroit et quitte la scène. En l'absence de Sally, l'objet est ensuite déplacé à un autre endroit. Sally revient alors sur les lieux et on demande aux enfants à quel endroit elle ira chercher l'objet. Pour réussir ce test, les enfants doivent reconnaître que Sally a une croyance fautive et maintenant dépassée sur l'endroit où est caché l'objet et qu'elle le cherchera là où elle croit (à tort) qu'il se situe (c.-à-d. à l'endroit où elle l'a caché avant de partir). La capacité de réaliser correctement cette tâche se développe typiquement entre trois et cinq ans, période pendant laquelle se développent aussi

plusieurs habiletés sociocognitives applicables dans le monde réel et liées à la théorie de l'esprit, comme de faire semblant,² mentir,³ jouer à des jeux comme la cachette,⁴ garder des secrets,⁴ développer des relations avec les pairs⁵ et comprendre la culpabilité morale.⁶

Un corpus de recherche maintenant important montre qu'il existe un lien chez les enfants d'âge préscolaire entre la maîtrise de la théorie de l'esprit et le développement des fonctions exécutives typiquement associées au *cortex frontal*. Les fonctions exécutives sont les processus et habiletés qui nous permettent de planifier et d'agir de manière réfléchie, en fonction des objectifs à atteindre. Elles incluent la capacité d'établir des objectifs, de planifier les étapes nécessaires pour les atteindre et d'inhiber l'impulsion d'agir de manière incohérente avec l'objectif poursuivi. Le meilleur prédicteur de la compréhension qu'ont les enfants des fausses croyances est le fonctionnement exécutif en situation de conflit, défini comme l'habileté à réprimer une impulsion lorsqu'une règle l'impose, comme c'est notamment le cas dans le jeu « Jean dit ».

Sujet

Bien que la recherche soutienne clairement le lien entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la performance lors de tâches sur les fausses croyances chez les enfants d'âge préscolaire, les chercheurs et les théoriciens débattent encore de la raison qui explique ce lien. L'objectif de cet article est de résumer la recherche sur la nature de la relation entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la compréhension des fausses croyances et de discuter des implications de cette relation pour notre compréhension des déficits sociocognitifs.

Contexte de la recherche

La corrélation entre la performance lors de tâches sur les fausses croyances et le fonctionnement exécutif en situation de conflit a été observée chez des enfants de différentes cultures⁷ et statuts socioéconomiques,⁸ ainsi que dans les populations atypiques.⁹ De plus, cette corrélation semble indépendante d'une vaste gamme de variables pertinentes, dont l'âge, les habiletés langagières et l'intelligence générale.¹⁰ Une des premières hypothèses sur la question suggérait que la corrélation observée pouvait être expliquée par le fait que les tâches standardisées utilisées pour évaluer la compréhension des fausses croyances posent des demandes cognitives inhabituelles pour l'enfant et impliquent le fonctionnement exécutif en situation de conflit.¹⁰ Par exemple, pour prédire correctement l'endroit où la personne dotée de la fausse croyance cherchera l'objet, l'enfant doit poser une action inhabituelle, celle de désigner un endroit qui n'est pas celui où se

cache l'objet recherché. Cette réponse inhabituelle présente un défi important pour l'enfant étant donné sa tendance naturelle à dire où se situe réellement l'objet recherché. L'hypothèse initiale posait que c'est le fonctionnement exécutif en situation de conflit qui permet de remporter ce défi. La recherche menée pour supporter cette hypothèse a montré que de manipuler expérimentalement la demande sur le fonctionnement exécutif en situation de conflit lors de tâches sur les fausses croyances a des effets prévisibles sur la performance des enfants : lorsque la demande sur le fonctionnement exécutif en situation de conflit s'accroît, la performance lors des tâches diminue.¹¹⁻¹⁵

Toutefois, bien que les réponses inhabituelles devant être fournies lors des tâches sur les fausses croyances impliquent probablement le fonctionnement exécutif en situation de conflit, il semble maintenant improbable que ceci explique entièrement l'association entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la compréhension des fausses croyances. La recherche récente suggère plutôt qu'il existe une relation plus profonde et « intrinsèque » entre ces deux aspects qu'on ne l'avait initialement proposé. Les chercheurs ont emprunté différentes approches pour examiner cette possibilité. Par exemple, certains se sont concentrés sur le rôle joué par des facteurs communs pouvant réguler la maturation *corticale* dans les systèmes à la fois importants pour la théorie de l'esprit et le fonctionnement exécutif en situation de conflit (p. ex. la *dopamine*).¹⁶ D'autres ont suggéré des explications à l'effet que les tâches de mesure du fonctionnement exécutif en situation de conflit et de la théorie de l'esprit pourraient requérir des habiletés cognitives semblables.¹⁷ Une autre possibilité particulièrement intéressante suggère qu'un bon fonctionnement exécutif en situation de conflit permettrait aux enfants d'apprendre à reconnaître les états mentaux des autres à partir de leurs expériences quotidiennes.

Résultats de recherche

Plusieurs résultats de recherche montrent que l'implication du fonctionnement exécutif en situation de conflit inhérente aux tâches sur les fausses croyances ne peut expliquer entièrement la relation entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la performance lors de ces tâches :

- D'abord, si le fonctionnement exécutif en situation de conflit est corrélé avec la performance lors de tâches standardisées sur les fausses croyances qui amènent les enfants à répondre d'une manière inhabituelle considérant leurs habitudes typiques, il est aussi corrélé avec la performance lors de tâches qui ne requièrent pas de telles réponses. Par exemple, le

fonctionnement exécutif en situation de conflit est associé à la capacité d'expliquer avec précision les actions résultant de la fausse croyance du personnage après l'avoir montré en train de chercher l'objet sans succès.¹⁸ Fournir une telle explication ne va à l'encontre d'aucune routine comportementale établie évidente. Ceci suggère donc que la relation entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la compréhension des fausses croyances va au-delà des demandes sur le fonctionnement exécutif en situation de conflit qui sont inhérentes aux tâches standardisées sur les fausses croyances.

- Ensuite, des travaux interculturels montrent que l'atteinte d'un niveau particulier de fonctionnement exécutif en situation de conflit ne se traduit pas en soi par une meilleure performance lors de tâches sur les fausses croyances.^{7,19} Par exemple, Sabbagh et coll. ont montré que les enfants chinois et américains d'âge préscolaire présentaient une performance similaire lors de mesures de la compréhension des fausses croyances, mais le fonctionnement exécutif en situation de conflit des enfants chinois était clairement plus avancé que celui de leurs pairs américains du même âge; en effet, les enfants chinois de 3,5 ans présentaient une performance similaire aux enfants américains de 4 ans lors de tâches de mesure du fonctionnement exécutif en situation de conflit.⁷ Ces résultats suggèrent qu'un bon fonctionnement exécutif en situation de conflit n'est pas suffisant à lui seul pour assurer la compréhension des fausses croyances car, si c'était le cas, les enfants chinois auraient également démontré leur supériorité sur cet aspect.

Des résultats à l'effet qu'un bon fonctionnement exécutif en situation de conflit est nécessaire pour acquérir des concepts utiles au développement de la théorie de l'esprit ont été révélés dans les travaux suivants :

- Dans l'étude interculturelle décrite précédemment, les niveaux relatifs de fonctionnement exécutif en situation de conflit dans les échantillons chinois et américain différaient. Toutefois, la relation entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la performance lors des tâches sur les fausses croyances était significative dans chacun des deux groupes et la magnitude de cette relation était similaire entre les groupes. Ces résultats suggèrent qu'un fonctionnement exécutif en situation de conflit développé pourrait être nécessaire mais pas suffisant pour la compréhension des fausses croyances.
- Des études longitudinales montrent que le fonctionnement exécutif en situation de conflit initial prédit l'habileté ultérieure à comprendre les fausses croyances, alors que la relation inverse (entre l'habileté initiale à comprendre les fausses croyances et le fonctionnement

exécutif en situation de conflit ultérieur) n'est pas significative.^{20,21,22} Une analyse pleinement contrôlée devrait être conduite sur le sujet, mais ce patron général de résultats a été observé même lorsque plusieurs variables pertinentes étaient contrôlées, dont l'âge, l'habileté verbale et le niveau initial de compréhension des fausses croyances. Ces résultats ont été obtenus en suivant des enfants d'âge préscolaire sur des périodes allant de 5 mois à un an.^{20,21,22} Ils suggèrent que le fonctionnement exécutif en situation de conflit a contribué aux transitions dans la compréhension des fausses croyances qui sont survenues pendant la période de suivi.

Futures avenues de recherche

En assumant que le fonctionnement exécutif en situation de conflit est important pour le développement de la compréhension des états mentaux des autres, une prochaine étape sera de caractériser plus précisément comment il a cet effet facilitateur. Plusieurs chercheurs ont avancé que le fonctionnement exécutif en situation de conflit donnerait aux enfants les outils nécessaires pour apprendre à comprendre, à partir de leurs propres expériences, ce que ressentent, désirent et croient les autres (voir la référence 23 pour une revue). Évidemment, selon cette théorie, l'exposition à des expériences pertinentes est également critique pour le développement de la théorie de l'esprit. En effet, une panoplie de recherches montrent que la théorie de l'esprit est liée aux facteurs expérientiels, notamment l'emploi par les parents de termes désignant les états mentaux,²⁴ le nombre de frères et sœurs à la maison,²⁵ le style de parentage,²⁶ l'attachement²⁷ et le statut socioéconomique.²⁸

Le processus d'apprentissage des états mentaux d'autrui à partir de l'expérience personnelle pourrait être facilité par le fonctionnement exécutif en situation de conflit par le biais d'au moins deux mécanismes. Premièrement, les enfants ayant un bon fonctionnement exécutif en situation de conflit pourraient être plus susceptibles de susciter et d'entretenir des interactions sociales qui fournissent une source d'informations sur l'état d'esprit des autres.^{21,22,29} Deuxièmement, une fois l'interaction sociale amorcée, un bon fonctionnement exécutif en situation de conflit pourrait permettre aux enfants d'utiliser les informations disponibles qui sont utiles à la détection des fausses croyances. Le fonctionnement exécutif pourrait contribuer aux apprentissages faits à partir de l'expérience personnelle en permettant aux enfants 1) d'identifier et de porter attention aux variables pertinentes,^{29,30} 2) de remarquer les divergences entre leurs attentes antérieures et la réalité (c.-à-d. les attentes inadéquates)³¹ et, de manière plus spéculative, 3) de mettre à jour leurs connaissances antérieures en fonction de nouvelles informations, ce qui nécessite une

certaine flexibilité cognitive. Plus de recherches seront nécessaires pour mieux comprendre le rôle que joue le fonctionnement exécutif en situation de conflit dans le support des interactions sociales et l'apprentissage à partir des situations sociales pertinentes.

Conclusion

La recherche suggère que le fonctionnement exécutif en situation de conflit est important pour le développement d'un aspect central de la cognition sociale, la théorie de l'esprit, pendant les années préscolaires. Plus de travaux à ce sujet seront nécessaires, mais il semble raisonnable de croire qu'un bon fonctionnement exécutif en situation de conflit aiderait les enfants dans leur processus d'apprentissage des états mentaux des autres. Plus spécifiquement, le fonctionnement exécutif en situation de conflit aiderait les enfants à tirer profit des expériences qui sont importantes pour le développement de leurs connaissances sociocognitives. Plus de travaux seront nécessaires pour clarifier les mécanismes précis par lesquels le fonctionnement exécutif en situation de conflit a un effet sur ce processus développemental.

Implications pour les parents, les services et les politiques

La compréhension des états mentaux d'autrui est critique pour la communication quotidienne et la coordination des interactions sociales. La meilleure façon de favoriser son développement chez les enfants qui semblent avoir de la difficulté à comprendre l'état d'esprit des autres constitue donc une question importante. Par exemple, il pourrait sembler naturel pour un parent ou un intervenant en garderie d'encourager un enfant qui a volé le jouet d'un autre à « penser à comment l'autre se sent » suite à ce geste, dans le but de sensibiliser l'enfant aux états mentaux d'autrui. Cependant, la recherche sur le lien entre le fonctionnement exécutif en situation de conflit et la théorie de l'esprit suggère que ces interventions naturelles auront un succès limité si les enfants n'ont pas le fonctionnement exécutif en situation de conflit nécessaire pour tirer profit de cette information. En conséquence, supporter le développement du fonctionnement exécutif en situation de conflit chez les enfants d'âge préscolaire pourrait permettre l'établissement d'une fondation importante pour l'apprentissage des états mentaux des autres. Heureusement, il a été démontré que le fonctionnement exécutif en situation de conflit peut être amélioré par plusieurs expériences d'entraînement.²⁹ Nous suggérons que l'amélioration du fonctionnement exécutif en situation de conflit devrait s'accompagner d'une amélioration de la réceptivité des enfants à l'information disponible sur les états mentaux des autres.

Références:

1. Wellman, H. M. (1990). *The Child 's Theory of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
2. Taylor, M., & Carlson, S. M. (1997). The relation between individual differences in fantasy and theory of mind. *Child Development*, 68, 436-455.
3. Talwar, V., & Lee, K. (2008). Social and cognitive correlates of children's lying behavior. *Child Development*, 79, 866-881.
4. Peskin, J., & Ardino, V. (2003). Representing the mental world in children's social behavior: Playing hide-and-seek and keeping a secret. *Social Development*, 12, 496-512.
5. Astington, J. W., & Jenkins, J. (1995) Theory of mind development and social understanding. *Cognition and Emotion*, 9, 151-165.
6. Killen, M., Mulvey, K. L., Richardson, C., Jampol, N., & Woodward, A. (2001). The accidental transgressor: Morally-relevant theory of mind. *Cognition*, 199, 197-215.
7. Sabbagh, M. A., Xu, F., Carlson, S. M., Moses, L. J., & Lee, K. (2006). The development of executive functioning and theory of mind: A comparison of Chinese and U.S. preschoolers. *Psychological Science*, 17, 74-81.
8. Hughes, C., & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental Psychology*, 43, 1447-1459.
9. Zelazo, P. D., Jacques, S., Burack, J. A., & Frye, D. (2002). The relation between theory of mind and rule use: Evidence from persons with autism-spectrum disorders. *Infant and Child Development*, 11, 171-195.
10. Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Development*, 72(4), 1032-1053.
11. Carlson, S. M., Moses, L. J., & Hix, H. R. (1998). The role of inhibitory processes in young children's difficulties with deception and false belief. *Child Development*, 69(3), 672-691.
12. Leslie, A. M. (2005). Developmental parallels in understanding minds and bodies. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 459-462.
13. Mitchell, P., & Lacohee, H. (1991). Children's early understanding of false belief. *Cognition*, 39, 107-127.
14. Wellman, H. M., & Bartsch, K. (1988). Young children's reasoning and beliefs. *Cognition*, 30, 239-277.
15. Zaitchik, D. (1991). Is only seeing really believing? Sources of the true belief in the false belief task. *Cognitive Development*, 6, 91-103.
16. Lackner, C., Bowman, L.C., & Sabbagh, M.A. (2010). Dopaminergic functioning and preschoolers' theory of mind. *Neuropsychologia*, 48, 1767-1774.
17. Frye, D., Zelazo, P. D., Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development*, 10, 483-527.
18. Perner, J., Lang, B., & Kloo, D. (2002). Theory of mind and self-control: More than a common problem of inhibition. *Child Development*, 73, 752-767.
19. Oh, S., & Lewis, C. (2008). Korean preschoolers' advanced inhibitory control and its relation to other executive skills and mental state understanding. *Child Development*, 79, 80-99.
20. Carlson, S. M., Mandell, D. J., & Williams, L. (2004). Executive function and theory of mind: Stability and prediction from ages 2 to 3. *Developmental Psychology*, 40(6), 1105-1122.
21. Flynn, E. (2007). The role of inhibitory control in false belief understanding. *Infant and Child Development. Special Issue: Using the Microgenetic Method to Investigate Cognitive Development*, 16, 53-69.
22. Hughes, C. (1998). Finding your marbles: Does preschoolers' strategic behavior predict later understanding of mind? *Developmental Psychology*, 34, 1326-1339.
23. Benson, J. E., Sabbagh, M. A. (2009). Theory of mind and executive functioning: A developmental neuropsychological approach. In P. Zelazo, E. Crone & M. Chandlers (Eds.). *Developmental social cognitive neuroscience* (pp. 63-80). New York,

NY: Psychology Press.

24. Ruffman, T., Slade, L., & Crowe, E. (2002). The relation between children's and mother's mental state language and theory of mind understanding. *Child Development, 73*, 734-751.
25. Ruffman, T., Perner, J., Naito, M., Parkin, L., & Clements, W.A. (1998). Older (but not younger) siblings facilitate false belief understanding. *Developmental Psychology, 34*, 161-174.
26. Hughes, C., Deater-Deckard, K., & Cutting, A. L. (1999). 'Speak roughly to your little boy'? Sex differences in the relations between parenting and preschoolers' understanding of mind. *Social Development, 8*, 143-160.
27. Meins, E., Fernyhough, C., Russell, J., Clark-Carter, D. (1998). Security of attachment as a predictor of symbolic and mentalising abilities: A longitudinal study. *Social Development, 7*, 1-24.
28. Cutting, A. L., & Dunn, J. (1999). Theory of mind, emotion understanding, language, and family background: Individual differences and interrelations. *Child Development, 70*, 853-865.
29. Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science, 318*, 1387-1388.
30. Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin, 134*(1), 31-60.
31. Zelazo, P.D., Carlson, S.M., & Kesek, A. (2008). The development of executive function in childhood. In C. Nelson, & M. Luciana (Eds.), *Handbook of developmental cognitive neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press.

Le statut socioéconomique et le développement des fonctions exécutives

Cayce J. Hook, B.A., Gwendolyn M. Lawson, B.A., Martha J. Farah, Ph.D.

University of Pennsylvania, États-Unis

Janvier 2013

Introduction

Des recherches récentes indiquent qu'il existe une relation entre le statut socioéconomique pendant l'enfance et la performance des fonctions exécutives. Or, chacun de ces deux facteurs, considéré séparément, est fortement corrélé avec le parcours scolaire et la santé. Une meilleure compréhension des interrelations entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives pourrait potentiellement aider à concevoir des interventions pour réduire les disparités socioéconomiques et cognitives et ainsi favoriser le développement sain de tous les enfants.

Sujet

Le statut socioéconomique, une mesure de position sociale qui inclut typiquement le revenu, le niveau d'éducation atteint et l'emploi occupé, a été lié à une variété de caractéristiques individuelles, notamment les habiletés cognitives, la réussite scolaire et la santé physique et mentale.¹⁻⁵ La compréhension des trajectoires par lesquelles le statut socioéconomique pendant l'enfance influence l'évolution ultérieure est une question d'importance critique pour l'éducation et la santé publique, particulièrement dans le contexte actuel, alors que des tendances économiques mondiales contraignent de plus en plus de familles à vivre dans la pauvreté.⁶

Nos connaissances actuelles sur le statut socioéconomique et le développement de l'enfant indiquent que les enfants de familles de statut socioéconomique plus élevé présentent de meilleures fonctions exécutives – ces fonctions qui réfèrent à la capacité de diriger, contrôler et réguler activement les pensées et le comportement – que les enfants de familles de statut socioéconomique plus faible. Comme on a montré que les fonctions exécutives prédisent la réussite scolaire^{7,8} et qu'elles sont aussi associées à la santé mentale,⁹⁻¹³ il est possible qu'elles médient partiellement le lien bien établi entre le statut socioéconomique et la réussite scolaire.

Problèmes

La recherche sur ce sujet rencontre certains défis méthodologiques, qui résultent en partie de la nature large et parfois ambiguë des expressions « fonctions exécutives » et « statut socioéconomique ». L'expression « fonctions exécutives » réfère à des processus de haut niveau comme le contrôle inhibiteur, la mémoire de travail et la flexibilité attentionnelle, qui gouvernent les comportements orientés vers un but. Ce large éventail d'habiletés peut être opérationnalisé et mesuré de manière valide avec plusieurs outils différents, comme les tâches cognitives à l'ordinateur ou les rapports des parents sur le comportement des enfants.¹⁴ De même, le statut socioéconomique est un construit large qui peut être mesuré de plusieurs manières.¹⁵ Il ne peut être manipulé expérimentalement, de sorte qu'il est difficile de départager ses racines génétiques et environnementales et d'évaluer les effets individuels de chaque aspect de la pauvreté (p. ex., stress familial accru, stimulation cognitive réduite, nutrition appauvrie, densité humaine élevée dans l'environnement, piètres conditions environnementales).^{16,17} Étant donné la difficulté d'établir un lien de causalité entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives, il est nécessaire de réaliser des études de grande envergure à ce sujet, bien conçues et interprétées prudemment.

Contexte de la recherche

La plupart des études disponibles sur le statut socioéconomique et les fonctions exécutives sont basées sur la performance comportementale des enfants lors de tâches de mesure des fonctions exécutives adaptées à leur niveau de développement. Toutefois, quelques études récentes¹⁸⁻²⁰ ont plutôt utilisé des mesures électrophysiologiques du fonctionnement du *cortex préfrontal*. Le développement des fonctions exécutives a été examiné à la fois dans des études transversales et des études longitudinales à grande échelle, comme le NICHD (National Institute of Child Health and Human Development) Study of Early Childcare et le Family Life Project. Plusieurs études de médiation sont basées sur des mesures prises lors de visites à domicile, comme l'inventaire HOME²¹ ou des observations des interactions parent-enfant au cours de jeux libres ou structurés.²²

Questions clés de la recherche

1. Quelle est la relation entre le statut socioéconomique pendant l'enfance et le développement des fonctions exécutives?
2. Quels facteurs environnementaux médiatisent la relation entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives?

Résultats récents de la recherche

Quelle est la relation entre le statut socioéconomique et la performance des fonctions exécutives?

La recherche indique que le statut socioéconomique a un impact inégal sur les différents systèmes neurocognitifs. Dans une série d'études récentes,²³⁻²⁵ des enfants de 5 et 6 ans et de 11 à 13 ans provenant de différents milieux socioéconomiques ont exécuté des batteries de tâches évaluant différents processus cognitifs indépendants, dont les fonctions exécutives, la mémoire, le langage et la cognition visuo-spatiale. Les habiletés langagières et les fonctions exécutives – particulièrement la mémoire de travail et le contrôle cognitif – comptaient parmi les aspects les plus fortement affectés par le statut socioéconomique.

Les disparités des fonctions exécutives liées au statut socioéconomique ont été documentées pour une large tranche d'âge, dès le début de la vie²⁶ jusqu'à la fin de l'enfance.²⁷ Les études révèlent systématiquement qu'un statut socioéconomique plus élevé est associé à une meilleure performance des fonctions exécutives. Ce résultat a été obtenu avec différentes mesures du statut socioéconomique (comme le rapport revenus/besoins de la famille ou l'éducation de la mère) et différentes mesures des fonctions exécutives (comme la mémoire de travail et le contrôle inhibiteur).²⁸⁻³²

Les fonctions exécutives sont supportées par le cortex préfrontal, une région du cerveau dont le développement postnatal s'étend sur une longue période³³ et qui pourrait donc être particulièrement sensible aux influences des expériences de l'enfance. Les chercheurs ont utilisé les potentiels évoqués cognitifs (PEC), qui mesurent l'activité cérébrale par des électrodes placées sur le scalp, pour examiner les variations, selon le statut socioéconomique, du traitement neural ayant lieu dans le cortex préfrontal. Deux études basées sur les PEC^{18,20} ont comparé des mesures neurales de l'attention sélective dans différents groupes socioéconomiques. Dans les deux études, la performance lors des tâches était équivalente dans tous les groupes, mais des données relatives au traitement neural indiquaient que les enfants de faible statut socioéconomique portaient davantage attention aux stimuli non pertinents que leurs pairs de haut statut socioéconomique.

Quels facteurs médiatisent la relation entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives?

On a montré que plusieurs facteurs environnementaux – comme le stress, la stimulation cognitive à la maison, l’environnement prénatal et la nutrition – varient selon le statut socioéconomique.^{16,17} Chacun de ces facteurs pourrait contribuer aux disparités des fonctions exécutives liées au statut socioéconomique. La recherche récente a tenté d’isoler des facteurs environnementaux qui médient la relation entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives. Ces facteurs médiateurs pourraient être intégrés dans des interventions qui ciblent les disparités (des fonctions exécutives ou d’autres fonctions cognitives et comportementales) liées au statut socioéconomique.

Plusieurs études ont révélé que différents aspects de l’environnement familial au début de la vie influencent le développement des fonctions exécutives. Par exemple, on a montré que la qualité des interactions parent-enfant, particulièrement pendant la première année de vie, médie les effets du statut socioéconomique sur les fonctions exécutives à 36 mois.²² De plus, le niveau de stress du nourrisson (mesuré par le *cortisol* salivaire) expliquait en partie l’effet d’un parentage positif sur les fonctions exécutives, ce qui suggère que les pratiques parentales pourraient affecter les fonctions exécutives en façonnant la réponse au stress des enfants.²⁸ D’autres études indiquent que l’importance accordée par les parents à l’autonomie de l’enfant,³⁴ la structure et la guidance qu’ils fournissent par une aide non intrusive et le niveau de désorganisation familiale^{35,36} sont d’importants prédicteurs des fonctions exécutives pendant la petite enfance.

Lacunes de la recherche

- La trajectoire des disparités des fonctions exécutives est en grande partie inconnue. Il est possible que les effets du statut socioéconomique s’accroissent au fil du temps, notamment s’ils se combinent au fil du développement. À l’inverse, il est possible qu’ils restent constants ou qu’ils diminuent s’ils sont, par exemple, contrecarrés par une éducation formelle (comme celle offerte dans les centres de la petite enfance).
- La recherche à ce jour suggère que le développement des fonctions exécutives pourrait être particulièrement sensible aux influences environnementales entre la première et la quatrième année de vie, mais le moment exact et la nature précise de cette période de vulnérabilité potentielle devront être examinés dans des recherches ultérieures.
- Il est difficile de départager le rôle que jouent les facteurs génétiques et environnementaux dans le développement des fonctions exécutives et la nature causale de la relation entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives n’a pas encore été clairement établie.

Une façon d'établir la causalité de cette relation serait d'étudier les effets d'interventions modifiant les facteurs environnementaux pendant l'enfance.

- Bien qu'il semble que la variabilité des fonctions exécutives explique au moins en partie les disparités observées dans le rendement scolaire des enfants, il serait pertinent d'étudier davantage à quel point les interventions d'amélioration des fonctions exécutives mènent à des améliorations d'autres aspects de l'évolution de l'enfant.

Conclusion

Les résultats de recherche indiquent une association claire entre le statut socioéconomique pendant l'enfance et la performance des fonctions exécutives. Cette association semble être médiatisée par certains aspects de l'environnement familial, particulièrement des facteurs qui impliquent la qualité de la relation parent-enfant et sa capacité à atténuer le stress. La recherche dans ce domaine n'en est qu'à ses débuts et les études actuellement en cours approfondiront notre compréhension de la nature de la relation statut socioéconomique-fonctions exécutives et des facteurs environnementaux qui y contribuent.

Il est important de noter que l'existence de disparités liées au statut socioéconomique dans les fonctions exécutives et le fonctionnement cérébral n'implique aucunement que ces disparités sont innées ou immuables. Le cerveau est un organe très plastique; en fait, un corpus de recherches en émergence démontre que les corrélats neuraux de la cognition peuvent être modifiés par l'expérience environnementale.³⁷ Nous espérons que l'élucidation des effets du statut socioéconomique sur le développement cognitif permettra de cibler des processus cognitifs et des facteurs environnementaux plus spécifiques lors des interventions, pour ultimement nous aider à réduire les disparités socioéconomiques.

Implications

Les politiques sociales conçues pour réduire les disparités socioéconomiques ont traditionnellement ciblé le statut socioéconomique en soi ou des aspects plus larges de la réussite. Les recherches mentionnées dans cet article révèlent des cibles supplémentaires : les facteurs qui médiatisent la relation entre le statut socioéconomique et les fonctions exécutives (p. ex., l'environnement familial) et les fonctions exécutives elles-mêmes.

Un corpus de recherches en émergence³⁸ indique que des interventions peuvent améliorer les fonctions exécutives des enfants. Des exemples d'interventions efficaces incluent un logiciel d'entraînement, des jeux, le yoga et la méditation, la participation à des sports et des programmes scolaires spécialisés; les enfants provenant des milieux les plus défavorisés sont parmi ceux qui bénéficient le plus de telles interventions.

Comment les politiques et les services peuvent-ils cibler les causes fondamentales des disparités du statut socioéconomique et des fonctions exécutives? Comme l'environnement familial a des effets durables sur le développement, les politiques qui ciblent l'environnement de l'enfant au sens large – et qui ne sont donc pas centrées seulement sur l'école ou les garderies – peuvent être utiles. En particulier, les études de médiation soulignent le besoin de programmes et d'interventions qui réduisent le stress parental et facilitent l'accès à des activités et des ressources pour les enfants qui sont stimulantes sur le plan cognitif.³⁹

Références:

1. Adler NE, Boyce T, Chesney MA, Cohen S, Folkman S, Kahn RL, & Syme SL. Socioeconomic status and health: The challenge of the gradient. *American Psychologist*. 1994;49(1):15-24.
2. Gottfried AW, Gottfried AE, Bathurst K, Guerin DW, & Parramore MM. In: Bornstein, MH, Bradley RH, eds. *Socioeconomic Status, Parenting, and Child Development. Monographs in Parenting Series*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates; 2003; 189-207.
3. Merikangas KR, He JP, Brody D, Fisher PW, Bourdon K, Koretz DS. Prevalence and treatment of mental disorders among US children in the 2001–2004 NHANES. *Pediatrics*. 2010; 125(1):75-81.
4. Shanahan L, Copeland W, Costello EJ, & Angold A. Specificity of putative psychosocial risk factors for psychiatric disorders in children and adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2008;49(1):34-42.
5. Sirin SR. Socioeconomic status and academic achievement: a meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*. 2005;75(3):417-453.
6. Fritzell J, Ritakallio V. Societal shifts and changed patterns of poverty. *International Journal of Social Welfare*. 2010;19:S25-S41.
7. Blair C, Diamond A. Biological processes in prevention and intervention: the promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and Psychopathology*. 2008; 20:899-911.
8. Evans GW, Rosenbaum J. Self-regulation and the income-achievement gap. *Early Child Research Quarterly*. 2008; 23(4):504-514.
9. Barch D. The cognitive neuroscience of schizophrenia. *Annual Review of Clinical Psychology*. 2005; 1:321-353.
10. Bush G, Valera EM, & Seidman LJ. Functional neuroimaging of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A review and suggested future directions. *Biological Psychiatry*. 2005; 57:1273-128.
11. Morgan AB, Lilienfeld SO. A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function. *Clinical Psychology Review*. 2000; 20(1):113–136.

12. Rogers RD, Kasai K, Koji M, Fukuda R, Iwanami A, Nakagome K., et al. Executive and prefrontal dysfunction in unipolar depression: a review of neuropsychological and imaging evidence. *Neuroscience Research*. 2004; 50(1):1-11.
13. Williams JM, Watts, FM, Macleod C, & Mathews A. *Cognitive Psychology and Emotional Disorders* (2nd ed.). New York: John Wiley and Sons; 1997.
14. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager T. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*. 2000; 41(1):49-100.
15. Hauser RM. Measuring socioeconomic status in studies of child development. *Child Development*. 1994; 65:1541-1545.
16. Bradley RH, Corwyn RF. Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*. 2002; 53(1):371-399.
17. Evans GW. The environment of childhood poverty. *American Psychologist*. 2004; 59(2):77-92.
18. D’AngiulliA, Weinberg J, Grunau R, Hertzman C, and Grebenkov P. Towards a cognitive science of social inequality: Children’s attention-related ERPs and salivary cortisol vary with their socioeconomic status. Proceedings of the 30th Cognitive Science Society Annual Meeting. 211-216
19. Kishiyama, MM, Boyce WT, Jimenez AM, Perry LM, Knight RT. Socioeconomic disparities affect prefrontal function in children. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2008; 21(6):1106-1115.
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. Bradley RH, Corwyn RF, McAdoo HP, Coll CG. The home environments of children in the United States. Part 1: variations by age, ethnicity, and poverty status. *Child Development*. 2001; 72(6):1868-1886.
22. Rhoades BL, Greenberg MT, Lanza ST, Blair C. Demographic and familial predictors of early executive function development: contribution of a person-centered perspective. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2011; 108(3): 638-662.
23. Farah MJ, Shera DM, Savage JH, et al. Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research*. 2006; 1110(1): 166-174.
24. Noble KG, Norman MF, Farah MJ. Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science*. 2005; 8(1): 74-87.
25. Noble KG, McCandliss BD, Farah MJ. Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science*. 2007; 10(4): 464-480.
26. Lipina SJ, Martelli MI, Vuelta B, Colombo JA. Performance on the A-not-B task of Argentinian infants from unsatisfied and satisfied basic needs homes. *International Journal of Psychology*. 2005; 39: 49-60.
27. Sarsour K, Sheridan M, Jutte D, Nuru-Jeter A, Hinsh S, Boyce WT. Family socioeconomic status and child executive functions: The roles of language, home environment, and single parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2011; 17(1): 120-132.
28. Blair C, Granger DA, Willoughby M et al. Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development*. 2011; 82(6): 1970-1984.
29. Hughes C, Ensor R. Executive function and theory of mind in 2 year olds: a family affair? *Developmental Neuropsychology*. 2005; 28(2): 645-668.
30. Lipina SJ, Martelli MI, Vuelta BL, Injoque-Ricle I, Colombo JA. Poverty and executive performance in preschool pupils from Buenos Aires city (Republica Argentina). *Interdisciplinaria*. 2004; 21(2): 153-193.
31. Mezzacappa E. Alerting, orienting, and executive attention: Developmental properties and sociodemographic correlates in an epidemiological sample of young, urban children. *Child Development*. 2004; 75(5): 1373-1386.

32. Wiebe SA, Sheffield T, Nelson JM, Clark CAC, Chevalier N, & Espy KA. The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2011; 108(3): 436-452.
33. Casey BJ, Giedd JN, Thomas KM. Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*. 2000; 54(1-3): 241-257.
34. Bernier A, Carlson SM, Whipple N. From external regulation to self-regulation: Early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development*. 2010; 81(1): 326-339.
35. Bibok MB, Carpendale JIM, Muller U. Parent scaffolding and the development of executive function. *New Directions in Child and Adolescent Development*. 2009; 123: 17-34.
36. Hughes C, Ensor R. How do families help or hinder the emergence of early executive function? *New Directions in Child and Adolescent Development*. 2009; 123: 35-50.
37. Rosenzweig, MR. Effects of differential experience on the brain and behavior. *Developmental Neuropsychology*. 2003;24(2-3):523-540.
38. Diamond A, Lee K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*. 2011;333(6045):959 -964.
39. Hackman DA, Farah MJ, Meaney MJ. Socioeconomic status and the brain: mechanistic insights from human and animal research. *Nature Reviews Neuroscience*. 2010; 11: 651-659.

Les fonctions exécutives à l'école

Clancy Blair, Ph.D.

NYU Steinhard, États-Unis

Janvier 2013

Introduction

Les fonctions exécutives réfèrent aux habiletés cognitives impliquées dans le contrôle et la coordination de l'information nécessaire aux actions orientées vers un but.^{1,2} Les fonctions exécutives peuvent donc être définies comme un système de supervision important pour la planification, la capacité de raisonnement et l'intégration de la pensée et de l'action.³ Mais plus précisément, les fonctions exécutives telles qu'étudiées dans la recherche sur le développement cognitif en sont venues à référer à des capacités spécifiques et interreliées de traitement de l'information qui permettent la gestion d'informations contradictoires, à savoir : la mémoire de travail, qui permet de maintenir à l'esprit et de mettre à jour une information tout en l'utilisant dans une opération; le contrôle inhibiteur, qui permet d'inhiber une réponse prédominante ou automatique lors de l'achèvement d'une tâche; et la flexibilité mentale, qui permet de consacrer tour à tour les ressources attentionnelles ou cognitives à différents aspects interreliés d'une tâche donnée.^{4,5,6,7}

Sujet

Les fonctions exécutives font l'objet d'un intérêt croissant dans le domaine de la recherche sur le développement de l'enfant, car elles constituent un indicateur de santé, de bien-être général et, plus spécifiquement, d'autorégulation chez l'enfant. La mesure dans laquelle les jeunes enfants peuvent gérer adéquatement des informations contradictoires et inhiber leurs réactions automatiques lorsque c'est nécessaire est un indicateur de leur capacité de réflexion et de leur capacité à agir en anticipant l'avenir. De telles capacités devraient, en retour, mener à un comportement bien régulé et à une bonne adaptation dans une variété de contextes. Au fil des deux dernières décennies, plusieurs études ont démontré qu'il est possible de mesurer les fonctions exécutives des jeunes enfants.^{8,9,10} En parallèle, on a aussi démontré que le fonctionnement exécutif est significativement relié à un bon nombre d'aspects du développement de l'enfant, dont les compétences socio-émotionnelles^{11,12} et les aptitudes scolaires précoces.^{13,14,15}

Des études sur le développement du trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) et des problèmes de conduite, de même que la recherche sur les troubles d'apprentissage,¹⁶ indiquent que les déficits des fonctions exécutives pourraient jouer un rôle central dans ces troubles.¹⁷

Problèmes

Plusieurs problématiques sont rencontrées dans la recherche sur les fonctions exécutives des enfants. Ces problématiques sont principalement liées à la définition et à la validité du construit que constituent les fonctions exécutives et au besoin de mesures adaptées à un suivi longitudinal. Il est important de noter que des recherches précédentes menées avec diverses batteries de tests auprès de participants adultes ont indiqué la présence de trois facteurs distincts mais interreliés composant les fonctions exécutives, à savoir la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la flexibilité attentionnelle.¹⁸ Des travaux de mesure similaires menés auprès de jeunes enfants, toutefois, n'ont révélé la présence que d'un seul facteur sous-jacent à la performance des fonctions exécutives.^{19,20} Ces résultats ont fait naître un questionnement sur une possible différenciation des fonctions exécutives au cours de l'adolescence ou au début de l'âge adulte, depuis un seul facteur jusqu'à des facteurs distincts. Ils ont aussi mené à s'interroger sur les limites inhérentes à la mesure des fonctions exécutives chez les jeunes enfants et à formuler l'idée que les évaluations des fonctions exécutives pourraient devenir plus précises avec l'âge. Ceci a mis en lumière le besoin de mesures des fonctions exécutives qui peuvent être utilisées longitudinalement. En effet, la plupart des mesures des fonctions exécutives pouvant être utilisées avec de jeunes enfants ont tendance à discriminer la performance dans une gamme d'âges relativement étroite et donnent donc lieu à des effets plafond et plancher chez les enfants plus jeunes ou plus vieux que l'âge ciblé.²¹ Récemment, toutefois, un certain nombre de mesures adaptées à un usage longitudinal ont été développées.^{22,23}

Questions clés de la recherche

Comme les résultats de recherche indiquent que les fonctions exécutives sont importantes pour la préparation à l'école et qu'elles constituent un aspect central de l'autorégulation des enfants, les questions clés sont liées à l'identification des facteurs qui influencent significativement le développement des fonctions exécutives et à la malléabilité de celui-ci. Plus spécifiquement, on s'intéresse aux manières dont la pauvreté affecte le développement des fonctions exécutives et à l'hypothèse selon laquelle les effets de la pauvreté sur les fonctions exécutives pourraient

expliquer en partie les disparités socioéconomiques observées dans la préparation à l'école et la réussite académique en début de parcours scolaire.

Résultats récents de la recherche

Des résultats de recherche récents ont permis d'approfondir notre connaissance du développement des fonctions exécutives au cours de la petite enfance. Plusieurs mesures pouvant être utilisées dès l'âge de 30 mois et adaptées à un usage longitudinal ont été développées et sont en cours de validation. Ces mesures incluent une version de la tâche Dimensional Change Card Sort (DCCS) adaptée à un usage longitudinal,²⁴ ainsi qu'une tâche connue sous l'appellation Shape School.²⁵ En parallèle, une batterie de tests novatrice comportant des tâches distinctes pour mesurer la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la flexibilité attentionnelle a aussi été développée.

Une précision accrue dans la définition et la mesure des fonctions exécutives des enfants a favorisé la réalisation d'études longitudinales dans lesquelles on a examiné le développement des fonctions exécutives et leur relation avec de multiples aspects du développement de l'enfant. Plusieurs études, basées sur une variété de mesures, ont révélé des associations modérées à fortes entre la performance des fonctions exécutives et le rendement scolaire au cours des premières années du primaire.^{13,14,15,26,27} Il est important de noter que ces associations ont été observées même en contrôlant pour l'intelligence générale ou pour des indicateurs précoces du rendement scolaire, ou pour ces deux facteurs à la fois; en fait, les mesures des fonctions exécutives atténuaient substantiellement ou expliquaient entièrement la variance des aspects associés à l'intelligence générale et à l'aptitude précoce aux études.

Les résultats d'une étude longitudinale menée auprès d'un échantillon d'enfants provenant principalement de foyers à faible revenu et suivis depuis la naissance, ainsi que les résultats d'autres études, indiquent que la qualité des pratiques parentales médiate les effets des conditions sociodémographiques sur le développement des fonctions exécutives à l'âge de 3 ans.^{28,29,30} De plus, des résultats de la même étude longitudinale révèlent que la physiologie du stress, comme indiqué par les niveaux de cortisol (une hormone *glucocorticoïde*) chez les enfants, est liée aux fonctions exécutives et médiate en partie les effets des pratiques parentales et des facteurs de risque précoces sur les fonctions exécutives.²⁹

La démonstration des liens entre l'expérience précoce et les fonctions exécutives, d'une part, et des liens entre les fonctions exécutives et l'évolution socioaffective et académique, d'autre part, a généré des études d'intervention dans lesquelles on a considéré les fonctions exécutives comme cible potentielle pour accroître les compétences socioémotionnelles et académiques des enfants à haut risque d'échec scolaire. Les résultats de ces études sont généralement positifs, suggérant ou indiquant que les changements dans les fonctions exécutives liés aux programmes testés médiatisent, dans une certaine mesure, les effets des programmes sur l'évolution académique et comportementale des enfants.^{30,31,32}

Lacunes de la recherche

Les lacunes actuelles dans la littérature concernent notamment la nécessité d'une plus grande précision dans la mesure longitudinale des fonctions exécutives pendant la petite enfance, le besoin d'identifier des précurseurs précoces du développement des fonctions exécutives qui peuvent être mesurés avant l'âge de 3 ans et le manque de données sur la malléabilité du développement des fonctions exécutives ou sur leur capacité d'entraînement. Une précision accrue dans la mesure longitudinale des fonctions exécutives permettra une meilleure compréhension de leur trajectoire développementale typique et des facteurs qui déterminent leur évolution. L'identification de précurseurs précoces du développement des fonctions exécutives pourrait aider à déterminer, dès la petite enfance, le risque qu'un enfant développe un déficit des fonctions exécutives et éprouve des difficultés d'autorégulation. Finalement, s'il est réaliste d'envisager que l'amélioration des pratiques parentales ou la participation à un programme institutionnalisé de soins et d'éducation de la petite enfance puisse améliorer le fonctionnement exécutif, une lacune centrale dans la recherche sur le développement des fonctions exécutives concerne la mesure dans laquelle il peut être modifié par les expériences vécues.

Conclusions

La recherche sur les fonctions exécutives pendant la petite enfance a crû de façon exponentielle au cours de la dernière décennie. En général, la littérature sur ce construit indique que les fonctions exécutives peuvent être mesurées de façon valide et fidèle pendant la petite enfance et que les mesures des fonctions exécutives sont significativement reliées à de multiples aspects du développement de l'enfant, notamment les aspects socioaffectifs et académique. Ainsi, la recherche disponible confirme globalement que le développement des fonctions exécutives est un indicateur clé de la préparation à l'école. Elle suggère également que les déficits précoces des

fonctions exécutives pourraient constituer un indicateur sensible du risque de trouble d'apprentissage et peut-être du risque de psychopathologie précoce. Plus de recherches sur le cours développemental des fonctions exécutives seront toutefois nécessaires, non seulement pendant la petite enfance, mais tout au long de l'enfance et de l'adolescence. Des travaux supplémentaires seront aussi requis pour cibler les aspects de l'environnement familial et scolaire des enfants qui pourraient favoriser ou entraver le développement des fonctions exécutives. Cette compréhension accrue des influences expérientielles sur le développement des fonctions exécutives devrait être combinée avec une augmentation des travaux sur la neurobiologie qui sous-tend la cognition exécutive.

Implications pour les parents, les services et les politiques

Les résultats de recherche révèlent des liens entre les fonctions exécutives et plusieurs aspects d'un développement sain chez l'enfant. Ceci met en lumière la nécessité continue d'identifier les aspects spécifiques de l'expérience et les approches pédagogiques qui permettent aux enfants d'exercer leurs fonctions exécutives. Les résultats qui lient les fonctions exécutives à la préparation à l'école et au rendement scolaire précoce suggèrent la possibilité de développer de nouvelles approches pédagogiques ou de modifier les approches existantes pour mettre plus explicitement l'accent sur les fonctions exécutives dans les programmes d'éducation à la petite enfance et dans les programmes scolaires des premières années du primaire. Les résultats disponibles actuellement suggèrent que les programmes pour la petite enfance qui sont axés sur l'autorégulation peuvent effectivement favoriser la performance des fonctions exécutives des enfants.^{32,33} En effet, il est possible que diverses activités, telles que le yoga, la méditation de type « pleine conscience » ou « mindfulness » (au cours de laquelle l'attention est consciemment dirigée vers l'expérience présente), les arts martiaux ou les exercices aérobiques, aient des effets bénéfiques importants sur différents aspects des fonctions exécutives, comme l'orientation de l'attention, le contrôle des impulsions et la mémoire de travail.

Références

1. Fuster, J. M. (1997). *The prefrontal cortex. Anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe*. NY: Lippincott-Raven Press.
2. Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
3. Shallice, T., & Burgess, P. (1996). The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 351(1346), 1405-1411.

4. Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4-13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 2037-2078.
5. Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D. Stuss & R. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 466 – 503). New York: Oxford.
6. Garon, N., Bryson, S.E., & Smith, I.M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134, 31-60.
7. Zelazo, P. D., & Müeller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp. 445-469). Oxford, UK: Blackwell Publishers.
8. Diamond, A., & Taylor, C. (1996). Development of an aspect of executive control: Development of the abilities to remember what I said and to “do as I say, not as I do.” *Developmental Psychobiology*, 29, 315 – 334.
9. Espy, K. A. (1997). The shape school: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13(4), 495-499.
10. Zelazo, P.D. & Reznick, J.S. (1991). Age related asynchrony of knowledge and action. *Child Development*, 62, 719-735.
11. Carlson, S.M., Mandell, D.J., & Williams, L. (2004). Executive function and theory of mind: stability and prediction from age 2 to 3. *Developmental Psychology*, 40, 1105-1122.
12. Hughes, C. & Ensor, R. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2- to 4-years. *Developmental Psychology*, 43, 1447-1459.
13. Blair, C. & Razza, R. P (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78, 647-663.
14. Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293.
15. Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 465-486.
16. Geary, D. C., Hoard, M., Byrd-Craven, J., Nugent, L. & Numtee, C (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78, 1343-1359.
17. Arnsten, A. F., & Li, B. M. (2005). Neurobiology of executive functions: Catecholamine influences on prefrontal cortical functions. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1377-1384.
18. Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.
19. Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, 44, 575-587.
20. Willoughby, M. T., Blair, C. B., Wirth, R. J., Greenberg, M., & the Family Life Project Investigators (2010). The measurement of executive function at age 3 years: Psychometric properties and criterion validity of a new battery of tasks. *Psychological Assessment*, 22, 306-317.
21. Carlson, S. A. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595-616.
22. Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4-13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 2037-2078.
23. Willoughby, M. T., Wirth, R. J., & Blair, C. B. (2011). Contributions of modern measurement theory to measuring executive function in early childhood: An empirical demonstration. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 414-435.

24. Zelazo, P. D. (2006). The dimensional change card sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297-301.
25. Espy, K.A., Bull, R.B., Martin, J. & Stroup, W. (2006). Measuring the development of executive control with the Shape School. *Psychological Assessment*, 18, 373-381.
26. McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary and math skills. *Developmental Psychology*, 43, 947-959.
27. Welsh, J. A., Nix, R. L., Blair, C., Bierman, K. L., & Nelson, K. E. (2010). The development of cognitive skills and gains in academic school readiness for children from low-income families. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 43-53.
28. Bernier, A., Carlson, S.M., & Whipple, N. (2010). From external regulation to self-regulation: early parenting precursors of young children's executive functioning. *Child Development*, 81, 326-339.
29. Blair, C., Granger, D. Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox, M., Greenberg, M.T., Kivlighan, K., Fortunato, C. & the FLP Investigators (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development*, 82, 1970-1984.
30. Hammond, S. I., Müller, U., Carpendale, J. I. M., Bibok, M. B., & Liebermann-Finestone, D. P. (2011). The effects of parental scaffolding on preschoolers' executive function. *Developmental Psychology*. Advance online publication. doi: 10.1037/a002551.
31. Bierman, K.B., Nix, R.L., Greenberg, M.T., Domitrovich, C., & Blair, C. (2008). Executive functions and school readiness intervention: Impact, moderation, and mediation in the Head Start – REDI program. *Development and Psychopathology*, 20, 821-843.
32. Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science* 318(5855), 1387-1388.
33. Raver, C. C., Jones, S. M., Li-Grining, C. P., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' pre-academic skills: Self-regulation as a mediating mechanism. *Child Development*.82, 362-378.

Réflexions sur le développement des fonctions exécutives : commentaires sur les articles de Knapp & Morton, Munakata et coll., Rueda & Paz-Alonso, Benson & Sabbagh, Hook et coll., et Blair

Philip David Zelazo, Ph.D.

Institute of Child Development, University of Minnesota, États-Unis

Janvier 2013

Introduction

Il est maintenant reconnu que les fonctions exécutives (FE) constituent un aspect clé du développement humain. L'intérêt pour le développement des FE s'est considérablement accru au cours de la dernière décennie, notamment parce qu'on a montré que les différences individuelles dans les FE, mesurées pendant l'enfance, permettent de prédire un large éventail d'issues développementales, dont la préparation à l'école, le fonctionnement social, le rendement scolaire et même la santé mentale et physique.¹ En effet, les déficits des FE constituent une caractéristique saillante d'un grand nombre de troubles apparaissant pendant l'enfance, dont le TDAH, l'autisme et le trouble des conduites. En parallèle, toutefois, la recherche a généré des résultats qui suggèrent une plasticité ou une malléabilité considérable des FE, de sorte qu'elles sont en train de devenir une cible primaire des interventions conçues pour favoriser un développement sain des enfants. Les articles de ce thème²⁻⁷ offrent une vue d'ensemble des principaux éléments investigués dans la recherche actuelle sur les FE, identifient les futures questions de recherche dans ce domaine et révèlent clairement pourquoi l'étude des FE et de leur développement a une importance capitale, à la fois pour notre compréhension scientifique fondamentale du comportement humain et pour nos efforts directs d'amélioration de la vie des enfants.

Recherche et conclusions

Cette série d'articles soulève plusieurs questions d'intérêts, mais les cinq suivantes sont les plus centrales.

1. Comment mesurer les FE pendant l'enfance et tout au long de la vie?

Blair² souligne le besoin de « mesures adaptées à la recherche longitudinale » et Knapp & Morton³ notent que « les tâches conçues pour la mesure des FE à un âge donné ne conviennent généralement pas à la mesure des FE chez les enfants plus âgés. » Munakata et coll.⁶ abordent aussi ce point. Il est important de disposer d'outils de mesure qui peuvent être utilisés dans une large tranche d'âge si l'on veut pouvoir comparer les différents niveaux d'habiletés des FE, qu'ils soient ou non liés à l'âge. De tels outils s'appuient sur notre compréhension de la structure des FE et l'alimentent en retour.

Une avancée méthodologique majeure sur ce plan est l'introduction de la batterie de tests cognitifs (Cognition Battery) contenue dans la nouvelle boîte d'outils pour l'évaluation du fonctionnement neurologique et comportemental (Toolbox for the Assessment of Neurological and Behavioral Function) proposée par les instituts nationaux de la santé américains (National Institutes of Health ou NIH).^{8,9} Cette série de tests inclut des mesures des trois aspects clés des FE, à savoir la flexibilité cognitive, le contrôle inhibiteur et la mémoire de travail. Respectivement, il s'agit d'une version du Dimensional Change Card Sort,¹⁰ d'une version de la tâche Eriksen flanker dérivée de la tâche Attention Network,¹¹ et d'une tâche de List Sorting dérivée des échelles d'évaluation neuropsychologiques (Neuropsychological Assessment Scales) espagnoles et anglaises.¹² Les mesures des FE proposées dans la boîte à outils des NIH sont brèves (elles durent moins de cinq minutes chacune) et leurs *effets de séquence* sont minimales, de sorte qu'elles peuvent être utilisées plusieurs fois auprès des mêmes participants dans le cadre d'essais répétés, et ce, à tout âge. Une étude de validation de la boîte à outils des NIH (n = 476) a confirmé que les tests de mesure des FE inclus dans la boîte sont fidèles et valides. L'étude a aussi révélé des informations sans précédent sur la structure des FE à différents âges (de 3 à 85 ans).¹³ En général, les résultats appuient l'idée d'une différenciation croissante des FE par rapport aux autres aspects du fonctionnement cognitif et ils montrent également leur spécialisation croissante, cohérente avec une caractérisation du développement neurocognitif que l'on qualifie de spécialisation fonctionnelle interactive.¹⁴

La boîte à outils actuelle des NIH présente toutefois une lacune : elle ne contient pas de mesure des FE dites « chaudes ». Comme le notent Rueda et Paz-Alonso,⁴ il faut faire une importante distinction entre les formes cognitives « froides » des FE, qui sont utilisées dans les situations purement intellectuelles, et leurs formes plus « chaudes », émotionnelles, qui jouent un rôle clé dans les situations ayant une composante motivationnelle.¹⁵ Les premières reposent davantage sur les réseaux neuronaux parcourant les régions latérales du *cortex préfrontal (CPF)*, notamment

le CPF rostrolatéral, alors que les secondes s'appuient plutôt sur les réseaux parcourant les régions ventrales et médianes du CPF (p. ex., le cortex orbitofrontal, impliqué dans la réévaluation flexible de la signification affective ou motivationnelle de stimuli).

2. Qu'avons-nous appris sur les FE avec l'étude du cerveau?

L'utilisation d'un outil de mesure unique des FE à différents âges a permis d'observer que c'est au cours des années préscolaires que leur développement est le plus rapide, mais aussi que ce développement subit une accélération lors de la transition vers l'adolescence.⁹ Ces deux périodes semblent être marquées par des changements relativement rapides, non seulement dans le comportement, mais aussi dans la structure et le fonctionnement des réseaux du CPF liés aux FE, dont discutent Knapp & Morton.³ Bien que plus de recherches soient requises sur le sujet, ces périodes seraient dites « sensibles ». Ceci implique qu'elles constitueraient des périodes de sensibilité accrue aux influences environnementales, qui incluent à la fois les influences normatives prévisibles et celles qui sont propres à chaque individu.¹⁶

En général, le développement neurocognitif peut être considéré comme un processus dynamique d'adaptation au cours duquel les systèmes neuronaux sont construits en fonction de leur utilisation. Les fibres qui connectent les régions au sein d'un réseau (et entre les réseaux) sont myélinisées en fonction de leur niveau d'activité et les synapses inutilisées sont élaguées. Naturellement, ces processus sont accompagnés des changements correspondants dans le fonctionnement neurocognitif. Par exemple, en plus d'améliorer la performance des FE, l'entraînement des FE pendant la petite enfance produit des changements dans l'activité électrique du cerveau telle que mesurée sur le cuir chevelu. Ces changements, qui touchent, plus précisément, l'amplitude de la *composante N2*, reflètent l'activation du *cortex cingulé antérieur* et peuvent être observés lorsque l'on place l'enfant dans une situation de détection de conflit.^{17,18}

Cet exemple illustre également une autre caractéristique importante des FE : il y a une interaction dynamique entre les processus de haut en bas (« top-down ») qui constituent les FE et les influences de bas en haut (« bottom-up ») qui affectent les FE en particulier et le comportement en général. Les réponses neurocognitives relativement rapides, automatiques, qui surviennent du bas vers le haut (par ex., la réponse au conflit du cortex cingulé antérieur telle qu'illustrée par la composante N2) semblent influencer les processus relativement lents, volontaires, survenant de haut en bas qui constituent les FE (p. ex., en suscitant l'activation du CPF qui sous-tend la réflexion¹⁹). Le fonctionnement exécutif semble ensuite influencer en retour les processus qui

surviennent plutôt du bas vers le haut (p. ex., il peut y avoir réduction de l'amplitude de la composante N2). L'étude longitudinale de Blair sur les FE et le stress/la réactivité au stress²⁰ aborde un autre aspect de cette interaction dynamique.

3. Quelles sont les influences naturelles sur les FE et leur développement et comment exercent-elles leurs effets?

Bien qu'il soit clair qu'il existe des corrélats génétiques et plusieurs corrélats environnementaux des FE, dont certains exercent probablement une influence causale, il est, comme le soulignent Hook, Lawson et Farah,⁵ « difficile de départager le rôle que jouent les facteurs génétiques et environnementaux dans le développement des fonctions exécutives ». En fait, une telle distinction pourrait tout simplement être inconcevable, car les influences génétiques et environnementales interagissent de manière dynamique au fil du temps pour produire les phénotypes des FE observés. Pour étudier cette interaction, il faut étudier les mécanismes causaux bidirectionnels qui lient les gènes, le comportement et les aspects de l'environnement. Par exemple, il sera très intéressant de comparer les changements épigénétiques qui accompagnent l'évolution naturelle des FE et ceux qui surviennent lors de changements dans les FE induits expérimentalement.

4. Quels sont les corrélats sociodémographiques des FE?

Les articles de Blair² et Hook et coll.⁵ décrivent certains des nombreux corrélats sociodémographiques des FE, qui incluent le statut socioéconomique (et toutes les sources de variabilité capturées simultanément par ce construit) et, plus précisément, des aspects spécifiques du parentage, du fonctionnement social et du rendement scolaire.

Il est intéressant de noter que les aspects du fonctionnement cognitif qui sont reliés le plus fortement au statut socioéconomique, soit le langage et les fonctions exécutives, sont précisément ceux que l'on pourrait intuitivement imaginer comme étant les plus dépendants de l'enculturation.

Hook et coll.⁵ soulignent que la recherche actuelle suggère que les enfants de faible statut socioéconomique soient les plus susceptibles de bénéficier d'interventions ciblant les FE. Dans la mesure où ces interventions offrent des opportunités spécifiques que les enfants de faible statut socioéconomique risquent moins de rencontrer au quotidien (p. ex., jouer à des jeux qui requièrent un contrôle inhibiteur, comme le jeu « Jean dit »), ces enfants pourraient effectivement retirer des interventions des apprentissages nécessaires au développement sain ou optimal de

leurs FE. Les enfants de la classe moyenne pourraient être plus susceptibles de rencontrer ces exercices de développement des fonctions exécutives (qui sont aussi ludiques, amusants, motivants, etc.) dans leurs interactions quotidiennes avec leurs parents, enseignants, frères et sœurs plus âgés et autres personnes de leur entourage. Bien sûr, ces enfants sont aussi plus susceptibles d'évoluer dans un environnement sûr et stable, d'être impliqués dans des discussions autoréflexives faisant appel à la *distanciation psychologique*, de recevoir un soutien sensible de leur entourage et de bénéficier de plusieurs autres facteurs favorables au développement de leurs FE.

Il est aussi possible, cependant, que les enfants dont les FE s'appuient déjà sur une solide base et qui ont atteint un niveau d'autoréflexion et de conscience de soi approprié soient ceux qui puissent tirer le meilleur parti de toute intervention. Quoi qu'il en soit, il sera important, comme le note Blair,² d'en apprendre davantage sur les limites de la plasticité des FE. Il serait également utile d'établir dans quelle mesure cette plasticité évolue avec l'âge (p. ex., en termes de périodes de sensibilité accrue), de déterminer quelles variables influencent la plasticité, d'évaluer si ces influences évoluent avec l'âge, etc. Nous en savons actuellement bien peu sur le sujet, si ce n'est qu'il y a une certaine plasticité des FE et que leur développement traverse des périodes de croissance relativement rapides pendant lesquelles les influences environnementales jouent un rôle actif prédominant.

5. Que savons-nous sur les caractéristiques des interventions d'amélioration des FE?

La gamme d'interventions efficaces qui permettent d'améliorer les FE a fait l'objet d'une revue détaillée.²¹ Selon cette revue et d'autres sources, les interventions efficaces semblent avoir les caractéristiques suivantes :

- a. Elles tendent à exiger la résolution d'un problème en fonction d'un but à atteindre dans un contexte motivationnel. Le rôle exact de la motivation dans ces interventions n'est pas encore clair, mais l'apprentissage et, vraisemblablement, le degré de plasticité sont généralement améliorés lorsque les enfants sont intéressés par quelque chose (un objectif, par exemple). Il est possible qu'il existe un intervalle optimal pour le niveau d'intérêt envers l'activité et la motivation générale, qui permette d'obtenir un maximum de bénéfices.
- b. Elles requièrent typiquement que les enfants centrent leur attention autoréflexive vers un défi quelconque de manière soutenue (c.-à-d., qu'elles impliquent un traitement réflexif et continu de l'information). Pour relever ce type de défi, les enfants sont appelés à ralentir,

réfléchir sur le contexte de l'activité (notamment sur les règles et objectifs pertinents) et sélectionner la règle ou l'objectif approprié à mettre en action.

- c. Elles impliquent souvent des défis adaptatifs. Bien sûr, à la base, les défis doivent être adaptatifs pour rester des défis et pour qu'il y ait un apprentissage à en tirer, mais l'ampleur du défi interagit également avec la motivation. L'une des conséquences de poser continuellement des défis aux enfants est de favoriser le maintien de leur motivation à un niveau approprié.
- d. Elles ont tendance à impliquer beaucoup de répétitions et de pratique. L'importance de la pratique pour l'acquisition des habiletés en général est largement reconnue. À cet égard, il est maintenant possible d'observer les processus Hebbian, par lesquels la pratique répétée de comportements particuliers renforce les mécanismes neuraux qui sous-tendent ces comportements.²²

Conclusion

Au cours de la dernière décennie, notre compréhension des FE et de leur développement pendant l'enfance a fait l'objet de progrès considérables. Les articles²⁻⁷ de ce thème, qui survolent les connaissances acquises à ce jour et les questions qui n'ont toujours pas trouvé réponse, constituent une excellente introduction sur le sujet.

Références

1. Carlson, S. M., & Zelazo, P. D., & Faja, S. (in press). Executive function. In P. D. Zelazo (Ed.), *Oxford handbook of developmental psychology* (Vol. 1: Body and mind). New York: Oxford University Press.
2. Blair C. Executive functions in the classroom. Morton JB, topic ed. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development and Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-7. Available at: http://www.child-encyclopedia.com/documents/BlairANGxp1-Cognitive_stimulation.pdf. Accessed January 14, 2013.
3. Knapp K, Morton B. Brain development and executive functioning. Morton JB, topic ed. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development and Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-7. Available at: <http://www.child-encyclopedia.com/documents/Knapp-MortonANGxp1.pdf>. Accessed January 14, 2013.
4. Rueda MR, Paz-Alonso PM. Executive function and emotional development. Morton JB, topic ed. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development and Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-7. Available at: <http://www.child-encyclopedia.com/documents/Rueda-Paz-AlonsoANGxp1.pdf>. Accessed January 14, 2013.
5. Hook CJ, Lawson GM, Farah MJ. Socioeconomic status and the development of executive function. Morton JB, topic ed. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development and Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-8. Available at: <http://www.child-encyclopedia.com/documents/Hook-Lawson-FarahANGxp1.pdf>. Accessed January 14, 2013.

6. Munakata Y, Michaelson L, Barker J, Chevalier N. Executive functioning during infancy and childhood. Morton JB, topic ed. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development and Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-6. Available at: <http://www.child-encyclopedia.com/documents/Munakata-Michaelson-Barker-ChevalierANGxp1.pdf>. Accessed January 14, 2013.
7. Benson J, Sabbagh MA. The relation between executive functioning and social cognition. Morton JB, topic ed. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Encyclopedia on Early Childhood Development* [online]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development and Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-7. Available at: <http://www.child-encyclopedia.com/documents/Benson-SabbaghANGxp1.pdf>. Accessed January 14, 2013.
8. Zelazo, P. D., Anderson, J. E., Richler, J., Wallner-Allen, K., Beaumont, J. L., & Weintraub, S. (in press). NIH Toolbox Cognition Battery (NIHTB-CB): measuring executive function and attention. In P. D. Zelazo & P. J. Bauer (Eds.), *National Institutes of Health Toolbox Cognition Battery (NIHTB-CB): Validation for children between 3 and 15 years. Monographs of the Society for Research in Child Development*.
9. Zelazo, P. D., & Bauer, P. J. (Eds.) (in press). *National Institutes of Health Toolbox Cognition Battery (NIHTB-CB): Validation for children between 3 and 15 years. Monographs of the Society for Research in Child Development*.
10. Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort: A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1, 297-301.
11. Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42, 1029-1040.
12. Mungas, D., Reed, B. R., Tomaszewski Farias, S., & DeCarli, C. (2005). Criterion-referenced validity of a neuropsychological test battery: equivalent performance in elderly Hispanics and non-Hispanic Whites. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11, 620-630.
13. Mungas, D., Widaman, K., Zelazo, P. D., Tulskey, D., Heaton, R., Slotkin, J. et al. (in press). NIH Toolbox Cognition Battery (CB): Factor Structure for 3- to 15-year-olds. In P. D. Zelazo & P. J. Bauer (Eds.), *National Institutes of Health Toolbox—Cognition Battery (NIH Toolbox CB): Validation for children between 3 and 15 years. Monographs of the Society for Research in Child Development*.
14. Johnson, M. H. (2011). Interactive specialization: A domain-general framework for human functional brain development? *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 7-21.
15. Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive functions in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.
16. Greenough, W. T., Black, J. E., & Wallace, C. S. (1987). Experience and brain development. *Child Development*, 58, 539-559.
17. Espinet, S. D., Anderson, J. E., & Zelazo, P. D. (in press). Reflection training improves executive function in preschool-age children: Behavioral and neural effects. *Developmental Cognitive Neuroscience*.
18. Rueda, M. R., Rothbart, M. K., & Saccamanno, L., & Posner, M. I. (2005) Training, maturation and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 14931-14936.
19. Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624-652.
20. Blair, C., & Ursache, A. (2011). A bidirectional theory of executive functions and self-regulation. In R. Baumeister & K. Vohs (Eds.), *Handbook of self-regulation* (2nd ed., pp. 300-320). New York: Guilford.
21. Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333, 959-964.

22. Stiles, J. (2008). *The fundamentals of brain development: Integrating nature and nurture*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Rôle protecteur que jouent les fonctions exécutives dans les environnements à risque élevé

Amanda J. Wenzel , B.A., Megan R. Gunnar, Ph.D.

University of Minnesota, États-Unis

Avril 2013

Introduction

Récemment, le domaine de la résilience a décidé de porter une attention particulière au rôle protecteur que jouent les fonctions exécutives dans la réussite scolaire des enfants qui font face à l'adversité. Les fonctions exécutives, également appelées « contrôle cognitif », décrivent les aptitudes à contrôler la pensée, le comportement et les émotions en fonction d'atteindre un objectif.¹ Ces aptitudes peuvent être décrites comme les habiletés à retenir des renseignements dans la mémoire de travail, à maintenir l'attention, à modifier l'objet de l'attention, à inhiber des réponses automatiques afin de suivre des instructions ou en fonction de l'accomplissement d'un objectif, de même qu'à retarder la gratification.

La maturité scolaire cognitive et comportementale semble reposer sur les fonctions exécutives,³ lesquelles se développent rapidement à l'âge préscolaire.² Les fonctions exécutives se manifestent en classe par l'habileté à porter attention, à suivre les instructions, à attendre son tour et à se souvenir des règles. À la lumière de recherches récentes suggérant que les fonctions exécutives prédisent un fonctionnement résilient à l'école et avec les pairs au-delà du niveau d'intelligence,^{4,5,6,7} ces aptitudes semblent très importantes pour les enfants qui vivent du stress en début de vie.

Bien que ces aptitudes aient un effet protecteur sur les enfants très vulnérables, l'exposition à des traumatismes et à un stress chronique a une influence sur le développement des fonctions exécutives.⁸ Les fonctions exécutives des enfants provenant de divers environnements défavorables (p. ex., itinérance ou déménagements fréquents, pauvreté, institutionnalisation précoce, maltraitance, etc.) ont tendance à être moins développées.^{6,7,9,10,11} Ensemble, ces observations suggèrent de diminuer l'exposition au stress chronique et de cibler le renforcement des fonctions exécutives par le biais d'interventions et d'efforts de prévention auprès des enfants.

Sujet

Les jeunes à risque élevé dont les fonctions exécutives sont plus développées font preuve d'une plus grande maturité scolaire cognitive et comportementale et réussissent mieux.^{3,12} Ces aptitudes semblent permettre aux enfants de s'adapter à leur environnement qui évolue constamment,^{9,13} ce qui peut être essentiel pour les enfants grandissant dans des environnements chaotiques.

Toutefois, une étude récente a démontré que les enfants faisant face à une grande adversité peuvent être moins préparés à réussir à l'école, notamment si leurs fonctions exécutives sont moins développées.^{6,7,9,10,11} Ainsi, les enfants pourraient moins bien réussir à l'école et éprouver de la difficulté à établir des relations positives avec les pairs et les enseignants.^{12,14,15} Cette situation pourrait avoir des répercussions à long terme sur la réussite scolaire étant donné que les écarts de réussite ont tendance à persister et même à prendre de l'ampleur au fil des années scolaires.^{16,17}

Étant donné que les fonctions exécutives peuvent être modifiées par des interventions et que les enfants qui réussissent mal au départ sont aussi ceux qui font le plus de progrès,¹⁸ des efforts récents visant à améliorer la transition à l'école pour les enfants très vulnérables ont porté une attention particulière au renforcement des fonctions exécutives avant l'entrée à la maternelle.^{4,19} De plus, la recherche suggère que les fonctions exécutives réagissent aux interventions au fil des années scolaires.¹⁸

Problèmes

L'étude du rôle protecteur que jouent les fonctions exécutives présente plusieurs défis. Premièrement, il existe peu d'instruments de mesure pouvant réellement évaluer les fonctions exécutives des enfants qui accusent des retards de développement en la matière. Puisqu'un lien a été établi entre l'exposition au stress chronique en début de vie et le sous-développement des fonctions exécutives chez certains enfants,⁸ il est essentiel de pouvoir mesurer une vaste gamme de fonctions afin de bien saisir la variabilité de ces aptitudes.

Les interventions actuelles visant à améliorer les fonctions exécutives se fondent sur diverses méthodes incluant la formation, le programme pédagogique en classe ou l'activité physique.¹⁸ Bien que ces programmes suggèrent que les fonctions exécutives peuvent être modifiées, ils démontrent également des degrés divers de succès dans l'amélioration de ces aptitudes.^{20,21,22,23,24} Les programmes qui reposent sur une formation informatisée semblent prometteurs pour améliorer les fonctions exécutives. Toutefois, les améliorations sont propres au domaine visé par l'intervention (p. ex., mémoire de travail) et ne semblent pas se généraliser aux autres types de

fonctions exécutives.¹⁸

D'autres programmes visant à maximiser le développement des fonctions exécutives intègrent leurs activités de formation dans la vie quotidienne des enfants, comme Tools of the Mind, un programme pédagogique préscolaire.²⁵ Grâce à ce programme pédagogique, les enfants sont encouragés à utiliser le dialogue intérieur ou des rappels visuels (p. ex., une image d'une oreille pour leur rappeler qu'ils doivent écouter ou être attentifs) pour développer le contrôle inhibiteur. Les conclusions initiales suggèrent que les enfants de ces classes développaient de meilleures fonctions exécutives.²⁶ Toutefois, des études récentes n'ont pu confirmer ces conclusions,²⁷ suggérant que le programme pédagogique ou la fidélité de sa mise en place pouvaient poser des défis.

Questions clés de la recherche

Des études développementales visant à comprendre le rôle protecteur que jouent les fonctions exécutives abordent souvent les questions suivantes :

1. Par quel mécanisme les fonctions exécutives permettent-elles de préparer les enfants à réussir à l'école?
2. Qu'est-ce qui permet d'encourager le développement des fonctions exécutives chez les jeunes enfants accusant des retards?
3. Qu'est-ce qui permet de protéger ces aptitudes contre le stress chronique?

Résultats récents de la recherche

La recherche démontre systématiquement que les enfants dont les fonctions exécutives sont plus développées avant l'entrée à la maternelle réussissent mieux à l'école,^{6,7} car ces aptitudes peuvent accroître la réussite sur les plans langagier et mathématique.¹² En fait, une recherche réalisée auprès d'enfants provenant de familles à faible revenu a montré que les fonctions exécutives avant l'entrée à la maternelle prédisent le développement des capacités en lecture, écriture et calcul tout au long de la maternelle.¹² Une transition réussie vers l'école peut être particulièrement importante pour les enfants qui ont fait face à une grande adversité et qui seraient susceptibles de moins bien réussir à l'école.

En plus de servir de base cognitive pour l'apprentissage, les fonctions exécutives peuvent également favoriser la réussite scolaire en encourageant un comportement approprié en classe.³

Plusieurs enseignants à la maternelle signalent que pour les enfants, il est plus important de bien se comporter en classe, de suivre les consignes et de ne pas déranger que de connaître l'alphabet ou de savoir compter jusqu'à 20.³ Cette conclusion suggère que les enseignants considèrent qu'il est plus facile d'enseigner aux enfants dont les fonctions exécutives sont plus développées qu'aux enfants plus distraits et enclins à déranger.³

Les fonctions exécutives peuvent également favoriser l'établissement de relations positives avec les enseignants et les pairs.²⁸ Des études suggèrent que le développement des fonctions exécutives est inter-relié avec le développement de la théorie de l'esprit (TE), soit la capacité à comprendre que quelqu'un d'autre peut avoir des désirs et connaissances différents des nôtres. Ces aptitudes sont liées à des degrés d'agressivité plus faibles, à de meilleures capacités de résolution de problèmes et à des aptitudes sociales positives.^{29,30} De plus, la capacité à retarder la gratification peut être liée à l'aptitude des enfants de maîtriser la frustration et le stress.^{31,32}

Lacunes de la recherche

Actuellement, peu de recherches portent sur l'efficacité des interventions visant à développer les fonctions exécutives des enfants très vulnérables. Au cours de l'élaboration des interventions s'adressant à ces enfants, il pourrait s'avérer essentiel de tenir compte de la possibilité que les fonctions exécutives des enfants provenant de divers environnements néfastes puissent être systématiquement moins développées.^{6,7,9,10,11} Néanmoins, il ne faudra pas oublier que les besoins en matière d'intervention et les réactions des enfants provenant de différents milieux pourraient varier. Pour les enfants subissant actuellement un stress chronique (p. ex., itinérance ou déménagements fréquents), il n'est pas certain qu'il soit possible de cibler les fonctions exécutives sans réduire le stress et renforcer les habiletés d'adaptation au préalable. D'autres recherches devront être effectuées afin d'apprendre comment mieux élaborer des interventions qui tiennent compte des besoins des différents enfants.

Conclusions

Les études suggèrent systématiquement que l'exposition aux traumatismes et au stress chronique en début de vie peut nuire au développement des fonctions exécutives.^{6,7,9,10,11} La maturité scolaire, par le biais de la cognition et du comportement, semble reposer sur ces aptitudes.^{3,12} Il peut être plus facile d'enseigner à des enfants dont les fonctions exécutives sont plus développées.³ En effet, parmi les enfants très vulnérables, ceux dont les fonctions exécutives

sont plus développées au début de la maternelle réussissent mieux en écriture, en lecture et en calcul que les enfants dont les aptitudes initiales étaient plus faibles.¹² Étant donné que des études montrent que les écarts de réussite persistent et qu'ils prennent même de l'ampleur au fil des années scolaires,^{16,17} les enfants très vulnérables doivent commencer l'école avec le plus d'outils possibles pour réussir.

Pour cette raison, une attention particulière a été portée aux interventions axées sur les fonctions exécutives. Bien qu'il ait été prouvé que les fonctions exécutives peuvent être modifiées,^{18,33} peu d'interventions ont tenté de développer les aptitudes des enfants qui font face à des niveaux de stress toxiques. Les efforts pour concevoir des interventions axées sur les fonctions exécutives s'adressant à ces enfants pourraient devoir tenir compte des niveaux actuels d'exposition au stress et trouver des moyens de les réduire afin que les interventions soient le plus efficaces possible.

Implications pour les parents, les services et les politiques

Jusqu'à présent, la recherche souligne que les fonctions exécutives font partie intégrante de la réussite scolaire, notamment pour les enfants vivant dans des environnements à risque élevé. Les programmes visant à développer les fonctions exécutives ont connu du succès à différents degrés, incluant le programme pédagogique, la formation informatisée et même les activités physiques comme les arts martiaux.^{18,33,34} Comme pour la formation informatisée, les parents peuvent encourager ces aptitudes par le biais de jeux nécessitant d'attendre son tour, de porter attention et de faire travailler la mémoire. De plus, prodiguer des soins avec sensibilité peut encourager ces aptitudes en protégeant les enfants contre l'effet de conditions de vie chaotiques.³⁵

Différents programmes pédagogiques et les classes Head Start^{4,34} ont permis de cibler avec succès le développement des fonctions exécutives. Des résultats expérimentaux suggèrent que les programmes d'éducation à la petite enfance, comme Head Start, peuvent développer les fonctions exécutives en offrant plus de soutien en matière de maîtrise de soi en classe (p. ex., mise en place de règles et de routines claires, rediriger ou récompenser le comportement d'un enfant).³⁴ Si les programmes d'éducation à la petite enfance pouvaient être plus axés sur les fonctions exécutives, les écarts de réussite pourraient être moins grands avant l'entrée à l'école et au fil des années scolaires.

Références

1. Best JR, 1. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager T. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychol.* 2000;41:49-100.
2. Zelazo PD, Anderson JE, Richler J, Wallner-Allen K, Beaumont JL, Weintraub S. NIH toolbox cognitive function battery (CFB): Measuring executive function and attention. *Monogr Soc Res Child.* In press.
3. Blair C. School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children’s functioning at school entry. *Am Psychol.* 2002;57:111-127.
4. 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. *Developmental Psychopathol.* 2008;20:821-843.
5. Bierman KL, Domitrovich CE, Nix RL, et al. (2008). Promoting academic and social-emotional school readiness: The Head Start REDI program. *Child Dev.* 2008;79:1802-1817.
6. Masten AS, Herbers JE, Desjardins CD, et al. Executive function skills and school success in young children experiencing homelessness. *Educational Res.* 2012;41:375-384.
7. Obradovic J. Effortful control and adaptive functioning of homeless children: Variable-focused and person-focused analyses. *J App Dev Psychol.* 2010;31:109-117.
8. Pechtel P, Pizzagalli DA. Effects of early life stress on cognitive and affective function: An integrated review of human literature. *Psychopharmacology(Berl).* 2011;214:55-70.
9. DePrince AP, Weinzierl KM, Combs MD. Executive function performance and trauma exposure in a community sample of children. *Child Abuse Neglect.* 2009;33:353-361.
10. Loman MM, Johnson AE, Westerlund A, et al. The effect of early deprivation on executive attention in middle childhood. *J Child Psychol Psyc.* 2012;54:37-45.
11. Pears KC, Fisher PA, Bruce J, Kim HK, Yoerger K. Early elementary school adjustment of maltreated children in foster care: The role of inhibitory control and caregiver involvement. *Child Dev.* 2010;81:1550-1564.
12. Welsh JA, Nix RL, Blair C, Bierman KL, Nelson, KE. The development of cognitive skills and gains in academic school readiness for children from low-income families. *J Educ Psychol.* 2010;102:43-53.
13. Willcutt, EG, Brodsky K, Chhabildas N, et al. The neuropsychology of ADHD: Validity of the executive function hypothesis. In: Gozal D, Molfese DL, eds. *Attention deficit hyperactivity disorder: From genes to patients.* 3rd ed. Totowa, NJ: Humana Press;205:185-213.
14. Liew, J. Effortful control, executive functions, and education: Bringing self-regulatory and social-emotional competences to the table. *Child Dev Perspect.* 2011;6:105-111.
15. McClelland MM, Cameron CE, Connor CM, Farris CL, Jewkes AM, Morrison FJ. Links between behavioral regulation and preschoolers’ literacy, vocabulary, and math skills. *Dev Psychol.* 2007;43:947-959.
16. Cutuli JJ, Desjardins CD, Herbers JE, et al. Academic achievement trajectories of homeless and highly mobile students: Resilience in the context of chronic and acute risk. *Child Dev.* In press.
17. Herbers JE, Cutuli JJ, Supkoff LM, et al. Early reading skills and academic achievement trajectories of students facing poverty, homelessness, and high residential mobility. *Educational Res.* 2012;41:366-365.
18. Diamond A, Lee K. Intervention shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science.* 2011;333:959-964.
19. Blair C, Razza RP. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev.* 2007;78:647-663.

20. Holmes J, Gathercole SE, Dunning DL. Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Sci.* 2009;12:F9-F15.
21. Holmes J, Gathercole SE, Place M, Dunning DL, Hilton KA, Elliott JG. *Appl Cognitive Psych.* 2010;24:827-836.
22. Klingberg T, Fernell E, Olesen P, et al. Computerized training of working memory in children with ADHD- a randomized, controlled trial. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2005;44:177-186.
23. Bergman-Nutley S, Söderqvist S, Bryde S, Thorell LB, Humphreys K, Klingberg T. Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: a controlled randomized study. *Dev Sci.* 2011;14:591-601.
24. Thorell LB, Lindqvist S, Bergman-Nutley S, Bohlin G, Klingberg T. Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Dev Sci.* 2009;12:106-113.
25. Bodrova E, Leong DJ. *Tools of the Mind: The Vygotskian approach to early childhood education.* ed. 2. New York: Merrill/Prentice Hall; 2007.
26. Diamond A, Barnett WS, Thomas J, Munro S. Preschool program improves cognitive control. *Science.* 2007;318:1387-1388.
27. Wilson SJ, Farran DC. Experimental evaluation of the Tools of the Mind preschool curriculum. Paper presented at the Society for Research on Educational Effectiveness; March 2012; Washington, DC.
28. Riggs NR, Jahromi LB, Razza RP, Dillworth-Bart JE, Mueller U. *J Appl Dev Psychol.* 2006;27:300-309.
29. Capage L, Watson AC. Individual differences in theory of mind, aggressive behavior, and social skills in young children. *Early Educ Dev.* 2001;12:613-628.
30. Jenkins JM, Astington JW. Theory of mind and social behavior: Causal model tested in a longitudinal study. *Merrill Palmer Quart.* 2000;46:203-220.
31. Mischel W, Shoda Y, Rodriguez ML. Delay of gratification in children. *Science.* 1989;244:933-938.
32. Sethi A, Mischel W, Aber JL, Shoda Y, Rodriguez, ML. The role of strategic attention deployment in development of self-regulation: Predicting preschoolers' delay of gratification from mother - toddler interactions. *Dev Psychol.* 2000;36:767-777.
33. Zelazo PD, Carlson SM. Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Dev Perspect.* 2012;6:354-360.
34. Raver CC, Jones SM, Li-Grining C, Zhai F, Bub K, Pressler E. CSRP's impact on low-income preschoolers' preacademic skills: Self-regulation as a mediating mechanism. *Child Dev.* 2011;82:362-378.
35. Lewis-Morrarty E, Dozier M, Bernard K, Terraciano SM, Moore SV. Cognitive flexibility and theory of mind outcomes among foster children: Preschool follow-up results of a randomized clinical trial. *J Adolescent Health.* 2012;51:S17-S22.

Contrôle cognitif et autorégulation chez les jeunes enfants : Comment les améliorer et pourquoi? [Diaporama]

Adele Diamond, Ph.D., FRSC

Professeure de niveau 1 de la Chaire de recherche du Canada en neuroscience du développement cognitif du département de psychiatrie de l'Université de la Colombie-Britannique

Janvier 2013

Présenté lors de la conférence internationale *Préparation à l'école et réussite scolaire : de la recherche aux pratiques et aux politiques*. 12-13 novembre 2009, Ville de Québec, Québec, Canada

[Téléchargez la version PDF du diaporama](#)