TROUBLES D'APPRENTISSAGE

Stratégies visant à améliorer le développement mathématique des jeunes enfants

Lynn S. Fuchs, Ph.D.

Nicholas Hobbs Chair of Special Education and Human Development, Vanderbilt University, États-Unis

Mars 2006

Introduction et sujet

Les données¹ suggèrent qu'entre 4 et 7 % de la population d'âge scolaire souffre de difficultés en mathématiques (DM). Bien que ce taux de prévalence soit similaire à celui des difficultés en lecture, les études sur le DM sont beaucoup moins systématiques.² La plupart des recherches disponibles décrivent la nature du trouble, mais il existe peu de recherches sur la nature d'une prévention efficace ou de stratégies de rattrapage. Cette négligence relative est problématique parce que les difficultés en mathématiques sont un problème grave de santé publique, qui conduit à des difficultés scolaires et professionnelles pendant toute la vie et qui occasionne un fardeau financier pour la société. Les compétences en mathématiques expliquent la variance de l'emploi, du revenu et de la productivité au travail même après avoir expliqué l'intelligence et la lecture.³

Contexte de la recherche

Dans les premières années scolaires (par exemple, de la maternelle à la troisième année), les combinaisons de nombres et les problèmes sous forme d'énoncé sont les deux dimensions clés de la performance nécessaire pour construire une base solide. Il n'est donc pas surprenant que ces deux aspects des habiletés en mathématiques soient persistants et graves et qu'ils puissent causer des difficultés chez les étudiants souffrant de DM.⁴

Les *combinaisons de nombres* sont des problèmes d'addition et de soustraction avec des opérands à un chiffre (par exemple $2+3=5$). Pour obtenir le bon résultat, il faut extraire des réponses de la mémoire à long terme. Les individus développent des représentations dans la mémoire à long terme en appariant les problèmes et les réponses en utilisant des stratégies de plus en plus sophistiquées de calcul et de soutien.

Les *problèmes sous forme d'énoncé* sont des questions présentées sous forme linguistique, qui incluent parfois de l'information non pertinente ou des tableaux et des graphiques, auxquels il faut ajouter ou soustraire des nombres à un ou deux chiffres. Les problèmes sous forme d'énoncé présentent aussi des défis persistants pour les élèves souffrant de DM.

Questions clés pour la recherche

La question clé pour la recherche porte sur les stratégies d'intervention qui peuvent être employées pour prévenir une difficulté ou remédier aux déficiences qui se développent au primaire.

Récents résultats de recherche

Pour résoudre des *problèmes de combinaisons de nombres* (par exemple $2+3$), les enfants normaux développent graduellement une compétence procédurale en calcul. Premièrement, ils comptent les deux séries dans leur entièreté (1, 2, 3, 4, 5); et ensuite ils comptent à partir du premier chiffre (2, 3, 4, 5); et enfin, ils comptent à partir du grand chiffre (3, 4, 5). Quand la connaissance conceptuelle mûrit, les enfants élaborent aussi des stratégies de soutien ($2+3=[2+2]+1=4+1=5$). Au fur et à mesure que les stratégies efficaces de calcul et de soutien aident les enfants à associer rapidement et de façon cohérente les problèmes et les bonnes réponses, les associations s'établissent dans la mémoire à long terme et les enfants préfèrent progressivement extraire les réponses qu'ils ont en mémoire.

Cependant, les enfants souffrant de DM ont de plus grandes difficultés à compter⁵ et continuent à employer des stratégies de soutien immatures. Il n'est donc pas surprenant qu'ils n'arrivent pas à passer au stade de la réponse extraite de la mémoire.⁶ Quand les enfants souffrant de DM le font, ils se trompent davantage et la vitesse d'extraction est moins systématique que celle de leurs pairs plus jeunes et dont le niveau scolaire est normal.⁷ En fait, les difficultés à combiner les nombres sont caractéristiques des élèves souffrant de DM.

Des travaux antérieurs suggèrent de remédier à cette déficience chez des élèves de niveau intermédiaire,^{8,9} ce qui est malheureux parce que les habiletés à effectuer des combinaisons de nombres (HCN) semblent être la base d'une performance d'ordre plus élevé.⁴ Étant donné le rôle éventuel des HCN dans le développement d'autres compétences en mathématiques ainsi que les difficultés de rattrapage quand l'enfant atteint un niveau scolaire plus élevé, il est important d'intervenir au primaire, dès l'apparition des DM.

Il existe deux approches d'intervention contradictoires. La première consiste en de *l'instruction conceptuelle* : l'enseignant structure les expériences pour favoriser les connaissances interreliées sur les quantités, et explique afin d'amener les étudiants à comprendre correctement.^{10,11}

L'hypothèse est la suivante : les HCN évoluent à partir de concepts solides qui confèrent une signification aux séquences de chiffres constituant des faits arithmétiques.¹²⁻¹⁵

La deuxième approche d'intervention consiste à *faire des exercices et à pratiquer*, moyen par lequel les associations répétées de problèmes de référence et de réponses exactes permettent d'établir des représentations dans la mémoire à long terme.

La distribution du modèle d'associations^{16,17} de Siegler explique l'importance potentielle des deux approches. Selon ce modèle, les compétences précoces en calcul et les stratégies de soutien forment la base de l'exactitude de la réponse. Tous les résultats d'un problème donné représentent les associations d'un individu pour ce problème, donc les erreurs précoces interfèrent avec l'extraction de combinaisons de nombres plus tard. Ceci suggère la nécessité d'une meilleure pensée stratégique au cours des premières étapes (favorisée par une instruction conceptuelle) et la nécessité d'associer quotidiennement les réponses correctes avec les problèmes de référence (améliorée par l'exercice et la pratique).

Malheureusement, on a effectué peu de recherches sur l'efficacité de l'intervention pour développer les HCN des enfants aussi tôt que la première, la deuxième ou la troisième année. Les

plupart des travaux sur les compétences sont curatifs, portent sur des élèves d'âge intermédiaire, sont centrés exclusivement sur les exercices et la pratique et produisent des résultats discutables.
18-20

Parmi le peu d'études²¹ sur l'intervention précoce, une petite étude pilote en première année visait à évaluer l'efficacité des exercices et de la pratique informatisés. Les élèves à risque (n=33) ont été aléatoirement attribués à des conditions d'exercice et de pratique analogues en mathématiques et en lecture, stratifiées par classe (pour que les élèves de la même classe soient dans les deux conditions). L'intervention en lecture a servi de contrôle pour celle en mathématiques. Les élèves ont assisté à 50 à 54 séances en 14 semaines et ont passé un test avant et après. Le groupe de mathématiques s'était significativement amélioré par rapport au groupe de lecture (ES = 0,92).

Dans une étude en cours sur le rattrapage auprès d'élèves plus âgés,²² un logiciel d'exercice et de pratique a été intégré à l'instruction conceptuelle. Il y a eu un essai pratique aléatoire contrôlé sur plusieurs sites, 128 élèves ont terminé l'intervention à ce jour, et les résultats penchent indéniablement en faveur du groupe témoin (ES=0,73).

En ce qui a trait à l'amélioration des *habiletés à traiter les problèmes sous forme d'énoncé* (HPFE), la plupart des recherches ont évalué la valeur des stratégies de planification et d'organisation auprès des élèves de niveau intermédiaire et secondaire. Par exemple, Montague et Bos²³ ont évalué les effets d'un traitement métacognitif en huit étapes auprès de six adolescents qui avaient des problèmes d'apprentissage. On leur a montré à lire les problèmes, à les paraphraser à voix haute, à montrer graphiquement l'information connue et inconnue, à émettre une hypothèse sur les méthodes de résolution, à évaluer les réponses, à les calculer et à les vérifier. En utilisant un devis à sujet unique, les chercheurs ont montré que ce traitement métacognitif favorisait les HPFE. Grâce au devis de groupe, Charles et Lester²⁴ ont appuyé une approche similaire parmi les s en cinquième et septième année qui se développaient normalement.

L'approche d'intervention la plus contrastée pour développer les HPFE est une instruction basée sur des schémas. Selon Cooper et Sweller,²⁵ les étudiants acquièrent les HPFE en commençant par maîtriser les règles de résolution des types de problèmes et ensuite en développant des schémas de regroupement des problèmes par types qui demandent des stratégies de résolution similaires. Plus le schéma est étendu, plus les individus sont susceptibles de reconnaître les liens entre les problèmes sur lesquels ils ont travaillé en classe et les nouveaux problèmes.

Dans les travaux expérimentaux au niveau intermédiaire, Jitendra et coll.²⁶ ont évoqué une instruction basée sur des schémas pour réussir à améliorer les HPFE. Nous avons étendu ces travaux à la troisième année, où l'objectif était de promouvoir des HPFE complexes. Les enfants ont appris des règles de résolution pour les quatre types de problèmes. Ensuite, grâce à l'instruction basée sur des schémas, les enfants se sont familiarisés avec la notion de transfert et les enseignants leur ont appris à construire des schémas en leur montrant que les caractéristiques superficielles des problèmes changeaient sans pour autant modifier les règles de résolution.

Au cours de plusieurs essais aléatoires contrôlés, Fuchs et coll.²⁷⁻²⁹ ont fourni un soutien empirique à cette approche, avec de grandes tailles d'effet (0,89-2,14). Plus récemment, Fuchs et coll.³⁰ ont étendu ce programme de recherche à la troisième année pour traiter les changements à une étape, et égaliser et comparer les problèmes sous forme d'énoncés. Les étudiants qui ont des difficultés en mathématiques ou en lecture ($n=40$) ont été aléatoirement attribués à des groupes d'instruction basée sur des schémas et à des groupes témoins; et les résultats ont montré l'efficacité de cette approche avec des tailles d'effet de 0,77 à 1,25.

Conclusions

Une approche soutenue par la théorie, pour laquelle il existe des données empiriques qui favorisent les HCN, est une instruction orientée vers les concepts et qui intègre les exercices et la pratique sur les combinaisons de nombres. Pour ce qui est de promouvoir les HPFE, les deux principales approches concurrentes sont l'instruction métacognitive dans laquelle les enseignants aident les étudiants à planifier et à organiser les stratégies, et l'instruction basée sur des schémas. Cependant, à ce jour, peu d'études sur l'efficacité de l'intervention ont opposé les deux approches marquantes de promotion des HCN ou des HPFE, et les travaux effectués au niveau primaire sont inadéquats. De plus, aucune étude n'a porté sur le maintien à long terme.

Implications

Les faiblesses en mathématiques sont un problème grave de santé publique qui conduit à des difficultés scolaires et professionnelles pendant toute la vie et qui occasionne un fardeau financier pour la société. Étant donné les graves résultats négatifs associés à une faible performance en mathématiques, de nouvelles recherches visant à examiner les méthodes de prévention et de rattrapage sont justifiées, surtout au primaire. À l'heure actuelle, la recherche tente de soutenir le recours à l'instruction orientée vers des concepts et qui intègre les exercices et la pratique sur les

combinaisons de nombres afin de traiter les difficultés de combinaison. L'instruction métacognitive et celle basée sur des schémas représentent des stratégies prometteuses de promotion des habiletés à traiter les problèmes sous forme d'énoncé.

Références

1. Gross-Tsur V, Manor O, Shalev RS. Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology* 1996;38(1):25-33.
2. Rasanen P, Ahonen T. Arithmetic disabilities with and without reading difficulties: A comparison of arithmetic errors. *Developmental Neuropsychology* 1995;11(3):275-295.
3. Rivera-Batiz FL. Quantitative literacy and the likelihood of employment among young adults in the United State. *Journal of Human Resources* 1992;27(2):313-328.
4. Fuchs LS, Fuchs D, Compton DL, Powell SR, Seethaler PM, Capizzi AM, Schatschneider C, Fletcher JM. The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*. Sous presse.
5. Geary DC. A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology* 1990;49(3):363-383.
6. Goldman SR, Pellegrino JW, Mertz DL. Extended practice of basic addition facts: Strategy changes in learning-disabled students. *Cognition and Instruction* 1988;5(3):223-265.
7. Geary DC, Brown SC. Cognitive addition: Strategy choice and speed-of-processing differences in gifted, normal, and mathematically disabled children. *Developmental Psychology* 1991;27(3):398-406.
8. Hasselbring TS, Goin LI, Bransford JD. Developing math automaticity in learning handicapped children: The role of computerized drill and practice. *Focus on Exceptional Children* 1988;20(6):1-7.
9. Pellegrino JW, Goldman SR. Information processing and elementary mathematics. *Journal of Learning Disabilities* 1987;20(1):23-32, 57.
10. Fuchs LS, Fuchs D, Karns K. Enhancing kindergarteners' mathematical development: Effects of peer-assisted learning strategies. *Elementary School Journal* 2001;101(5):495-510.
11. Fuchs LS, Fuchs D, Yazdian L, Powell SR. Enhancing first-grade children's mathematical development with peer-assisted learning strategies. *School Psychology Review* 2002;31(4):569-583.
12. Domahs F, Delazer M. Some assumptions and facts about arithmetic facts. *Psychology Science* 2005;47(1):96-111.
13. Landerl K, Bevan A, Butterworth B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition* 2004;93(2):99-125.
14. Lemaire P, Siegler RS. Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General* 1995;124(1):83-97.
15. Gersten R, Jordan NC, Flojo JR. Early identification and interventions for students with mathematics disabilities. *Journal of Learning Disabilities* 2005;38(4):293-304.
16. Lemaire P, Siegler RS. Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General* 1995;124(1):83-97.
17. Siegler RS. Strategy choice procedures and the development of multiplication skill. *Journal of Experimental Psychology: General* 1988;117(3):258-275.

18. Christensen CA, Gerber MM. Effectiveness of computerized drill and practice games in teaching basic math facts. *Exceptionality* 1990;1(3):149-165.
19. Okolo CM. The effect of computer-assisted instruction format and initial attitude on the arithmetic facts proficiency and continuing motivation of students with learning disabilities. *Exceptionality* 1992;3(4):195-211.
20. Hasselbring TS, Goin LI, Bransford JD. Developing math automaticity in learning handicapped children: The role of computerized drill and practice. *Focus on Exceptional Children* 1988;20(6):1-7.
21. Fuchs LS, Fuchs D, Hamlett CL, Powell SR, Seethaler PM, Capizzi AM. . The effects of computer-assisted instruction on number combination skill in at-risk first graders. *Journal of Learning Disabilities*. Sous presse.
22. Fuchs LS, Compton DL, Fuchs D, Paulsen K, Bryant JD, Hamlett CL. The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology* 2005;97(3):493-513.
23. Montague M, Bos CS. The effect of cognitive strategy training on verbal math problem solving performance of learning disabled adolescents. *Journal of Learning Disabilities* 1986;19(1):26-33.
24. Charles RI, Lester, FK Jr. An evaluation of a process-oriented instructional program in mathematical problem solving in grades 5 and 7. *Journal of Research in Mathematics Education* 1984;15(1):15-34.
25. Cooper G, Sweller J. Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology* 1987;79(4):347-362.
26. Jitendra AK, Griffin CC, McGoey K, Gardill MC, Bhat P, Riley T. Effects of mathematical word problem solving by students at risk or with mild disabilities. *Journal of Educational Research* 1998;91(6):345-355.
27. Fuchs LS, Fuchs D, Prentice K, Burch M, Hamlett, CL, Owen R, Schroeter, K. Enhancing third-grade students' mathematical problem solving with self-regulated learning strategies. *Journal of Educational Psychology* 2003;95(2):306-315.
28. Fuchs LS, Fuchs D, Prentice K, Burch M, Hamlett CL, Owen R, Hosp M, Jancek D. Explicitly teaching for transfer: Effects on third-grade students' mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology* 2003;95(2):293-305.
29. Fuchs, LS, Fuchs D, Prentice K, Hamlett CL, Finelli R, Courey SJ. Enhancing mathematical problem solving among third-grade students with schema-based instruction. *Journal of Educational Psychology* 2004;96(4):635-647.
30. Fuchs LS, Seethaler PM, Powell SR, Hamlett CL, Fuchs D. *Remediating third-grade deficits in word problem skill: A pilot*; 2005. Données brutes non-publiées.