

NUMÉRATIE

Numératie chez le jeune enfant : transition des premiers mois aux premières années de vie

Kelly S. Mix, Ph.D.

Michigan State University, États-Unis

Juillet 2010

Introduction

Les concepts relatifs au nombre se forment avant l'entrée à l'école. Les enfants d'âge préscolaire montrent des aptitudes verbales, comme le comptage, et saisissent les notions fondamentales de l'équivalence, du rang ou de l'ordre et de la transformation numérique. Bien que les chercheurs conviennent de l'existence de ces capacités dès la petite enfance, ils ne s'entendent pas encore sur le moment où celles-ci se manifestent ni sur les mécanismes qui les sous-tendent. Autrement dit, quelles sont les origines de la numératie chez le jeune enfant?

Sujet

Jusqu'à récemment, les recherches sur la numératie portaient principalement sur le comptage verbal. Or, l'idée selon laquelle la numératie pourrait se manifester chez le nourrisson et le très jeune enfant a amené les chercheurs à prêter davantage attention aux aptitudes non verbales. Ce changement de cap a élargi l'éventail des comportements considérés comme des manifestations de la numératie chez le jeune enfant, ce qui a eu une incidence directe sur l'évaluation et l'éducation des jeunes enfants. En outre, cette nouvelle perspective a soulevé des questions sur les origines des troubles d'apprentissage et des lacunes en mathématiques et a amené les chercheurs à s'interroger notamment sur les différences entre les divers groupes socioéconomiques.

Problèmes

Les études actuelles sur le développement n'accordent pas toutes la même importance aux manifestations verbales et non verbales.

Certains spécialistes soutiennent que la structure conceptuelle fondamentale liée aux nombres est innée et prend la forme d'une représentation non verbale semblable au comptage verbal.^{1,2,3} Dans cet ordre d'idées, un jalon majeur du développement consiste à associer les mots qui désignent les nombres à leurs référents non verbaux.

D'autres chercheurs prétendent que les processus innés contribuent à l'acquisition d'aptitudes en numération mais ne constituent pas un système conceptuel complet en ce qui concerne les nombres.^{4,5} Ils tiennent compte à la fois du comptage préverbal et d'une seconde forme de représentation fondée sur le suivi visuel d'objets. Ils caractérisent le comptage verbal comme un catalyseur conceptuel qui permet d'intégrer les deux représentations non verbales,⁵ transcendant ainsi les limitations inhérentes de chacune pour parvenir à un concept réel du nombre.⁴

D'autres scientifiques encore incluent les représentations des nombres par des objets, mais avancent que celles-ci se construisent au cours de la petite enfance.⁶ Selon ce point de vue, les représentations du nombre au moyen d'objets sont imprécises, même pour les petits ensembles. On pense plutôt que le très jeune enfant estime le nombre avec de plus en plus d'exactitude en raison : 1) de l'accroissement de la capacité de sa mémoire de travail à mesure qu'il vieillit; 2) des interactions entre la connaissance partielle des mots désignant les nombres et la reconnaissance de petites quantités dans des contextes précis.^{6,7,8}

Enfin, d'autres spécialistes estiment que les concepts relatifs au nombre découlent du système de comptage à proprement parler, sans passer par la représentation non verbale. Des études montrent que les enfants ne comprennent les principes du comptage que lorsqu'ils ont appris à compter.^{9,10} Il a également été avancé que les enfants ne peuvent pas associer d'étiquettes désignant de petits ensembles au système de calcul conventionnel parce qu'ils n'arrivent pas à reconnaître la séquence normale des chiffres parmi d'autres séquences.¹¹

Contexte de la recherche

Étant donné l'accent mis par les chercheurs sur l'émergence de la numération verbale dans le contexte d'une base formée de concepts non verbaux, les expériences actuelles comprennent un mélange de méthodes verbales et non verbales. Dans le domaine verbal, on mesure diverses sous-composantes du comptage (p. ex., on demande aux enfants de réciter les nombres dans l'ordre, de compter un groupe d'objets ou d'indiquer le nombre des éléments ensemble, c'est-à-dire d'en nommer le cardinal). Tandis que dans le domaine non verbal, on recourt à des tâches axées sur des objets qui ne nécessitent aucun comptage verbal. Dans le cas des nourrissons et des très jeunes enfants, il est courant de mesurer le temps d'observation (p. ex., l'habituation) et de faire appel à des tâches où l'enfant doit tendre la main pour atteindre des objets.

Questions clés pour la recherche

Un objectif important visé par la recherche est de décrire le sens des nombres chez les nourrissons et les très jeunes enfants. Les chercheurs veulent savoir ce que les enfants comprennent des nombres avant d'acquérir

les compétences conventionnelles. Le profil précis des forces et des faiblesses non verbales est parfois utilisé pour défendre une étude donnée sur le développement. Les chercheurs tentent également de décrire de façon détaillée l'émergence de la numératie verbale. Dans ce genre de recherche, les interactions possibles entre la numératie verbale et la non verbale sont examinées de près.

Résultats d'études récentes

Le sens des nombres chez les nourrissons

Les premières recherches effectuées sur l'habituation ont indiqué que les nourrissons peuvent faire la distinction entre de petits ensembles d'objets. Par exemple, lorsque l'on présente aux bébés une série d'ensembles comportant tous le même nombre d'objets (p. ex., deux), mais de couleurs, de formes et de positions variées, le temps qu'ils passent à les observer diminue graduellement. Toutefois, lorsqu'on leur présente un ensemble comportant un nombre différent d'objets (p. ex., trois), ils le regardent plus longtemps, ce qui laisse croire qu'ils sont conscients du changement sur le plan de la quantité.^{12,13} Des expériences semblables permettent de penser que les nourrissons peuvent distinguer des ensembles comportant de nombreux éléments, qu'ils leur soient présentés sous forme visuelle ou auditive,^{14,15} effectuer des calculs simples à partir d'objets³ et déceler la relation numérique entre les différentes modalités perceptuelles.

Opérations non verbales chez le jeune enfant

Les enfants effectuent des tâches liées aux nombres axées sur des objets bien avant de montrer une compréhension similaire au moyen de tâches faisant appel aux habiletés verbales. Par exemple, les enfants d'âge préscolaire résolvent de simples problèmes d'addition et de soustraction s'appliquant à des objets (p. ex., $2 + 2$) des années avant de pouvoir résoudre des problèmes semblables exprimés en mots.^{6,8,18} De même, les enfants déterminent le rang ou l'ordre et l'équivalence dans des tâches à choix forcé bien avant de pouvoir comparer les mêmes ensembles verbalement, en les comptant.^{6,19,20,21,22,23 24} L'enfant devient capable d'effectuer des opérations non verbales entre deux ans et demi et trois ans.

Apprentissage du comptage verbal

Le comptage verbal englobe trois sous-compétences principales. En premier lieu, l'enfant doit mémoriser la séquence des mots qui désignent les nombres. À trois ans, il peut habituellement compter jusqu'à dix,^{25,26} tandis que vers l'âge de six ans, il apprend à créer des nombres au moyen de la structure décimale (de 10 à 19, de 20 à 29, etc.). En deuxième lieu, le jeune calculateur doit faire correspondre les mots et les objets, de sorte que chaque élément d'un ensemble soit compté et étiqueté une fois et une seule fois. L'enfant se trompe à maintes reprises tandis qu'il découvre et apprend à maîtriser les procédures d'étiquetage, surtout entre 36 et 42 mois.²⁵ En troisième lieu, il apprend que le dernier mot du compte des éléments effectué représente la valeur cardinale de l'ensemble (p. ex., s'il compte « un, deux, trois » éléments, cela signifie que l'ensemble contient trois éléments). Fait intéressant, l'enfant saisit cette notion avant de maîtriser le processus du comptage verbal, ce qui semble indiquer qu'il arrive à comprendre le principe de la cardinalité en faisant des expériences avec de petits ensembles.^{4,25,26,27,28,29} En fait, les petits ensembles (soit ceux qui comportent de un à trois éléments) pourraient bien représenter le seul contexte permettant de découvrir le principe de la cardinalité, car le nombre de leurs éléments peut être déterminé sans comptage.^{4,26,27,28,29,30,31,32,33}

Lacunes de la recherche

Un problème qui persiste consiste à faire le rapprochement entre la précocité apparente des nourrissons au chapitre de la numératie et les difficultés éprouvées par les enfants d'âge préscolaire relativement à des tâches semblables. Par exemple, si les nourrissons peuvent se représenter des ensembles comportant de nombreux objets et les comparer, comme certains le prétendent,¹⁵ pourquoi les enfants d'âge préscolaire n'arrivent-ils pas à discerner des correspondances entre de grands ensembles avant d'avoir appris à compter?^{34,35}

Ce genre de discordance alimente un vif débat sur la valeur des travaux portant sur les nourrissons, et l'établissement d'un lien entre les diverses études continue à poser un défi de taille. Par exemple, les chercheurs commencent à peine à tenter de déterminer si la sensibilité du nourrisson à la notion de quantité est liée à la numératie chez l'enfant d'âge préscolaire ou s'il existe un lien entre cette dernière et la réussite scolaire subséquente en mathématiques.³⁶

Une autre question inexplorée est la façon dont les enfants coordonnent les notions de quantité discrète et de quantité continue. Il est bien établi que le nourrisson perçoit une quantité continue. Certains prétendent que l'emploi de quantités continues explique en fait l'aptitude à effectuer des tâches liées aux nombres démontrée chez les nourrissons.^{37,38} Toutefois, que le nourrisson comprenne les quantités continues, les quantités discrètes ou les unes et les autres, des études sont requises pour déterminer ce qui l'amène à passer d'une forme d'évaluation de la quantité à l'autre, ainsi que les changements qui se produisent sur le plan du développement à mesure que l'enfant apprend la relation entre la quantité continue et la quantité discrète (p. ex., la taille d'un élément n'a pas d'incidence sur le décompte, à moins qu'on ne calcule des unités de mesure).

Enfin, il reste beaucoup à apprendre sur les interactions entre la quantification non verbale et le comptage verbal. Certains spécialistes soutiennent que tout ce que le nourrisson peut faire ou comprendre au stade préverbal est nécessairement inné, car ces aptitudes se manifestent sans intervention verbale.⁴ D'autres affirment cependant que même les bébés qui ne prononcent pas les noms des nombres comme tels ont néanmoins été exposés au langage qui s'y rapporte, ce qui brouille les données lorsqu'il s'agit de déterminer si leurs aptitudes sont acquises ou innées.³⁹ Une question apparentée porte sur la façon dont les enfants apprennent la signification des mots désignant les nombres et la mesure dans laquelle l'acquisition de cette connaissance repose sur des fondements non verbaux. Des études actuelles cherchent par ailleurs à

déterminer si l'apprentissage du pluriel joue un rôle dans ces interactions.⁴⁰

Conclusions

Les preuves des aptitudes du nourrisson en ce qui concerne les nombres soulèvent des questions intéressantes sur les origines de la numératie et les ressources conceptuelles auxquelles les jeunes enfants recourent pour apprendre le comptage verbal. Toutefois, d'autres recherches devront être effectuées pour comprendre ce qu'impliquent ces capacités du nourrisson et de quelle manière elles sont précisément liées au développement non verbal et verbal subséquent.

Références

1. Dehaene S. *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford, England: Oxford University Press; 1997.
2. Gallistel CR, Gelman R. Preverbal and verbal counting and computation *Cognition* 1992;44: 43-74.
3. Wynn K. Origins of numerical knowledge. *Mathematical Cognition* 1995;1:35-60.
4. Carey S. Whorf versus continuity theorists: Bringing data to bear on the debate. In: Bowerman M, Levinson SC, eds. *Language acquisition and conceptual development*. New York, NY: Cambridge University Press: 2001;185-214.
5. Spelke E. What makes us smart? Core knowledge and natural language. In: Gentner D, Goldin-Meadow S, eds. *Language in mind*. Cambridge, MA: MIT Press; 2003.
6. Huttenlocher J, Jordan N, Levine SC. A mental model for early arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: General* 1994;123:284-296.
7. Mix KS, Sandhofer CM., Baroody A. Number words and number concepts: The interplay of verbal and nonverbal processes in early quantitative development. In: Kail RV, ed. *Advances in Child Development and Behavior*. New York, NY: Academic Press; 2005: 305-345.
8. Rasmussen C, Bisanz J. Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology* 2005; 91:137-157.
9. Briars DJ, Siegler RS. A featural analysis of preschoolers' counting knowledge. *Developmental Psychology* 1984;20:607-618.
10. Frye D, Braisby N, Lowe J, Maroudas C, Nicholls J. Young children's understanding of counting and cardinality. *Child Development* 1989;60:1158-1171.
11. Rips LJ, Asmuth J, Bloomfield A. Giving the boot to the bootstrap: How not to learn natural numbers. *Cognition* 2006;101:B51-B60.
12. Antell S, Keating DP. Perception of numerical invariance in neonates. *Child Development* 1983;54:695-701.
13. Strauss MS, Curtis LE. Infant perception of numerosity. *Child Development* 1981;52:1146-1152.
14. Lipton JS, Spelke ES. Origins of number sense: Large number discrimination in human infants. *Psychological Science* 2003;14: 396-401.
15. Xu F, Spelke ES. Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition* 2000;74: B1-B11.
16. Starkey P, Spelke ES, Gelman R. Numerical abstraction by human infants. *Cognition* 1990;36:97-127.
17. Jordan KE, Suanda SH, Brannon EM. Intersensory redundancy accelerates preverbal numerical competence. *Cognition* 2008;108: 210-221.
18. Levine SC, Jordan NC, Huttenlocher J. Development of calculation abilities in young children. *Journal of Experimental Child Psychology* 1992;53:72-103.
19. Cantlon J, Fink R, Safford K, Brannon EM. Heterogeneity impairs numerical matching but not numerical ordering in preschool children. *Developmental Science* 2007;10:431-440.
20. Mix KS. Preschoolers' recognition of numerical equivalence: Sequential sets. *Journal of Experimental Child Psychology* 1999;74:309-322.
21. Mix KS. Similarity and numerical equivalence: Appearances count. *Cognitive Development* 1999;14:269-297.
22. Mix KS. The construction of number concepts. *Cognitive Development* 2002;17:1345-1363.
23. Mix KS. Children's equivalence judgments: Crossmapping effects. *Cognitive Development* 2008;23:191-203.
24. Mix KS, Huttenlocher J, Levine SC. Do preschool children recognize auditory-visual numerical correspondences? *Child Development* 1996; 67:1592-1608.
25. Fuson KC. *Children's counting and conceptions of number*. New York, NY: Springer-Verlag; 1988.

26. Bermejo V. Cardinality development and counting. *Developmental Psychology* 1996;32:263-268.
27. Mix KS. How Spencer made number: First uses of the number words. *Journal of Experimental Child Psychology* 2009;102: 427-444.
28. Wynn, K. Children's understanding of counting. *Cognition* 1990;36:155-193.
29. Klahr D, Wallace JG. *Cognitive development: An information processing approach*. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1976.
30. Mix KS, Sandhofer CM, Moore JA. How input helps and hinders acquisition of the cardinal word principle. Paper presented at: The biennial meeting of the Society for Research in Child Development. April 2-4, 2009. Denver, CO.
31. Schaeffer B, Eggleston VH, Scott JL. Number development in young children. *Cognitive Psychology* 1974;6:357-379.
32. Spelke ES, Tsivkin S. Initial knowledge and conceptual change: Space and Number. In: Bowerman M, Levinson SC, eds. *Language acquisition and conceptual development.*, New York, NY: Cambridge University Press; 2001:70-97.
33. Wagner S, Walters JA. A longitudinal analysis of early number concepts: From numbers to number. In: Forman G, ed. *Action and thought*. New York: Academic Press; 1982:137-161.
34. LeCorre M, Carey S. One, two, three, four, nothing more: An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition* 2007;105: 395-438.
35. Siegel LS. The sequence of development of certain number concepts in preschool children. *Developmental Psychology* 1971;5:357-361.
36. Jordan NC, Kaplan D, Ramineni C, Locuniak MN. Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology* 2009;45: 850-867.
37. Clearfield MW, Mix KS. Number versus contour length in infants' discrimination of small visual sets. *Psychological Science* 1999;10:408-411.
38. Feigenson L, Carey S, Hauser M. The representations underlying infants' choice of more: Object files versus analog magnitudes. *Psychological Science* 2002;13:150-156.
39. Mix KS, Huttenlocher J, Levine SC. Multiple cues for quantification in infancy: Is number one of them? *Psychological Bulletin* 2002;128: 278-294.
40. Barner D, Libenson A, Cheung P, Takasaki M. Cross-linguistic relations between quantifiers and numerals in language acquisition: Evidence from Japanese. *Journal of Experimental Child Psychology* 2009;103: 421-440.