Числовая грамотность в раннем возрасте: переход от младенчества к раннему детству

Келли С. Микс, PhD

Университет штата Мичиган, США

июня 2010 г.

Введение

Представления о числах возникают у детей еще до начала формального обучения. Дети дошкольного возраста демонстрируют такие вербальные навыки как счет и базовые представления об эквивалентности, порядковости и количественных преобразованиях. Хотя исследователи единодушны во мнении, что эти способности проявляются в раннем детстве, они продолжают дискутировать относительно того, когда и посредством каких механизмов указанные способности возникают. Иными словами, каково происхождение ранней числовой грамотности?

Предмет

Исследования числовой грамотности традиционно сосредоточены на вербальном счете. Однако понимание того, что числовая грамотность может возникнуть в младенчестве или в

возрасте, когда ребенок начинает ходить, сместило центр внимания ученых в сторону невербальных способностей. В результате смещения интереса круг поведенческих проявлений, относимых к ранним проявлениям числовой грамотности, расширился, что в итоге имеет прямое отношение к обучению детей младшего возраста и оценке их результатов. Новый фокус исследований вызвал ряд вопросов о происхождении неспособности к математике и пробелах при ее изучении, что связано, например, с принадлежностью к различным социально-экономическим группам.

Проблематика

Современные теории развития различаются в том, какую важность они придают вербальным и невербальным представлениям.

Некоторые исследователи считают, что базовая концептуальная структура для числа является врожденной и принимает форму невербальной репрезентации, схожей с вербальным счетом[1,2,3]. С этой точки зрения главным возрастным достижением является способность соотносить числительные с их невербальными референтами.

Другие исследователи утверждают, что врожденные процессы способствуют развитию понимания чисел, но не представляют собой полноценную концептуальную систему числа[4,5]. Эти теории предполагают совмещение доречевого счета и вторичной формы репрезентации, основанной на отслеживании предметов в зрительном поле. Исследователи характеризуют вербальный счет как понятийный катализатор, допускающий сочетание двух невербальных представлений[5] и тем самым помогающий детям преодолеть врожденные ограничения и достигнуть истинного понимания числа[4].

Существует и третий подход, который включает в себя репрезентации с опорой на предметы, но утверждает, что эти репрезентации развиваются в раннем детстве[6]. Согласно этому подходу, предметные репрезентации числа не точны даже для небольших наборов предметов. Напротив, предполагается, что данные представления позволяют ребенку все более точно определять количество благодаря (1) увеличению объема рабочей памяти в ходе онтогенеза, а также (2) благодаря взаимодействию частичного знания о числительных и способности распознавать небольшие множества в определенных условиях[6,7,8].

Некоторые утверждают, что числовые понятия извлекаются из самой системы счета без опоры на невербальные представления. Исследования показали, что дети не способны понять принципы счета до тех пор, пока они не освоили процедуру счета[9,10]. Также было высказано предположение, что дети не способны связать наименования для небольших количеств предметов с общепринятой системой счета, поскольку им не удается выделить естественную последовательность чисел из других последовательностей[11].

Научный контекст

Поскольку исследования направлены на изучение возникновения вербальной числовой грамотности из недр невербальной понятийной основы, существующие эксперименты включают сочетание вербальных и невербальных методов. В вербальном плане исследователи оценивают различные компоненты счета (например, просят детей посчитать вслух по порядку, сосчитать количество предметов в наборе, или назвать число предметов в наборе). В невербальном плане исследователи используют задания с опорой на манипуляции с предметами, не требующие устного счета. При работе с младенцами и детьми младшего возраста часто используются методы, регистрирующие время фиксации взгляда ребенка на объекте (например, методика привыкания*), или задания, при выполнении которых ребенок должен дотянуться до предмета с определенного расстояния.

Ключевые вопросы

Основная цель исследований заключалась в том, чтобы описать особенности восприятия количества у младенцев и детей младшего возраста. Исследователи хотят выяснить, что дети знают о числах до того, как они овладевают стандартными навыками. Особый профиль сильных и слабых сторон невербальных навыков выдвигается в качестве обоснования той или иной теории развития. Еще одна важная цель исследований – это максимально подробное описание процесса возникновения вербальной числовой грамотности. В этом случае внимательно изучается потенциальное взаимодействие между вербальными и невербальными проявлениями числовой грамотности.

Результаты последних исследований

Числовая чувствительность младенцев

Исследования с использованием методики привыкания показали, что младенцы способны различать небольшие наборы по количеству предметов. Например, когда детям демонстрировалась серия групп предметов с одинаковым количеством, (например, группы, состоящие из двух предметов), но разных по цвету, форме и расположению, время фиксации взгляда у детей постепенно уменьшалось. Однако когда детям предъявляли группу с другим количеством предметов (например, с тремя), время фиксации взгляда увеличивалось, что свидетельствует о том, что дети замечали изменения количества[12,13]. Аналогичные исследования показали, что младенцы способны различать большие группы предметов, предъявляемые как в зрительном, так и в слуховом режиме[14,15], выполнять простейшие вычисления с предметами[3] и распознавать количественные соотношения объектов при предъявлении их в различных модальностях[16,17].

Измерения невербальных способностей в раннем возрасте

Дети начинают выполнять числовые задачи с опорой на манипулирование предметами гораздо раньше, чем у них появляется аналогичное понимание задач, предъявляемых вербально форме. Например, дети дошкольного возраста решают простые задачи на сложение и вычитание, оперируя при этом предметами (например, 2+2), на несколько лет раньше, чем они способны решать аналогичные задачи вербально6,8,18. Подобным образом, дети способны определять порядок и эквивалентность при выполнении заданий с фиксированным количеством вариантов, гораздо раньше, чем они приобретают способность сравнивать идентичные группы предметов вербально, т.е. посредством счета[6,19,20,21,22,23,24]. Способность решать невербальные задачи появляется у детей в возрасте 2,5 – 3 лет.

Развитие навыков вербального счета

Вербальный счет включает три основных навыка. Во-первых, дети должны усвоить последовательность числительных. Названия первых десяти чисел обычно запоминаются к возрасту 3-х лет[25,26]. Дети учатся производить названия чисел, используя конструкции для обозначения чисел второго и третьего десятка (например, оканчивающиеся на -надцать, -дцать), в возрасте около 6-ти лет. Во-вторых, при освоении счета дети должны научиться соотносить слова и предметы, то есть понять, что при счете каждый предмет в группе обозначается конкретной цифрой только один раз. Дети совершают много ошибок на пути к овладению данной способностью в возрасте от 36 и 42 месяцев[25]. В-третьих, дети должны усвоить, что последнее по счету число обозначает общее количество предметов (например,

когда вы считаете «1-2-3», у вас имеется 3 предмета). Интересно, что дети приобретают подобное понимание, еще не овладев устным счетом, то есть они осваивают этот принцип, взаимодействуя с небольшими группами предметов[4,25,26,27,28,29]. Действительно, небольшие группы предметов (в количестве от 1 до 3-х) могут обеспечить необходимый контекст для понимания принципа количественного числительного, так как предметы в этих группах можно и сосчитать, и дать им название без подсчета[4,26,27,28,29,30,31,32,33].

Неисследованные области

Неизменной проблемой в исследованиях является вопрос о преодолении трудностей, с которыми сталкиваются дети дошкольного возраста при выполнении задач с числами, не смотря на очевидное понимание ими чисел еще в младенчестве. Например, если младенцы способны представлять и сравнивать группы, состоящие из большого количества предметов, как утверждают некоторые исследователи[15], то почему дети дошкольного возраста не могут устанавливать количественную равнозначность больших групп предметов до тех пор, пока не научатся считать[34,35]? Такие противоречия подпитывают дебаты о содержании деятельности младенцев, а формулирование данных проблем остается сложной задачей. Например, исследователи только начали задаваться вопросом о том, связано ли восприятие количества у младенцев с числовой грамотностью у детей дошкольного возраста. Также возникает вопрос: связана ли числовая грамотность дошкольников с последующей успеваемостью в школьном курсе математики[36].

Еще один неразрешенный вопрос состоит в том, каким образом дети различают дискретные и непрерывные величины. Доказано, что младенцы способны воспринимать непрерывные величины. Некоторые исследователи утверждают, что именно использование непрерывных величин объясняет способность младенцев решать задачи с числами[37,38]. Независимо от того, способны ли младенцы оперировать непрерывными величинами, дискретными величинами, или и теми и другими, требуется проведение дополнительных исследований, чтобы определить, что именно побуждает их переключать внимание с одного типа величин на другой. Также это поможет определить, какие возрастные изменения происходят, когда дети узнают, каким образом соотносятся непрерывные и дискретные величины (например, то, что размер не влияет на счет, если только не производится счет единиц измерения).

Наконец, многое еще предстоит узнать о взаимодействии процессов невербальной оценки количества и устного счета. Некоторые исследователи утверждают, что все доречевые

способности младенцев являются врожденными, поскольку они развиваются без помощи речи[4]. Однако по утверждению других исследователей даже младенцы, не способные называть числа вслух, могли слышать речь с употреблением чисел, поэтому нельзя однозначно сказать, являются ли способности младенцев невербальными или врожденными [39]. С этим связана проблема, каким образом дети осваивают значения числительных и того, в какой мере этот процесс происходит на невербальной основе. Текущие исследования также направлены на изучении того, опосредствует ли овладение понятием множественного числа описанные взаимодействия[40].

Выводы

Данные о наличии числовых компетенций у младенцев породили интересные вопросы об истоках числовой грамотности и понятийных ресурсах, используемых маленькими детьми для овладения вербальным счетом. Однако требуется проведение дальнейших исследований, чтобы выяснить роль этой способности в развитии младенцев и то, каким образом она связана с последующим невербальным и речевым развитием.

Литература

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 Developmen*t 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.

* Методика зрительного привыкания (visual habituation paradigm), строится следующим образом. Ребенок в течение некоторого времени смотрит на один стимул (который обычно предъявляется на экране). Через небольшой промежуток времени происходит привыкание к стимулу, он все меньше привлекает внимание ребенка, и тот начинает отвлекаться. Затем, когда ребенок в очередной раз отворачивается, ему предъявляют новый стимул. Если ребенок начинает дольше смотреть на новый стимул, значит, он отличает его от предыдущего.