ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
раннего детского
развития

ЧИСЛОВАЯ ГРАМОТНОСТЬ

Ранние предикторы успехов и трудностей при изучении математики

Нэнси С. Джордан, PhD

Университет Делавэр, США

июня 2010 г.

Введение

Трудности при изучении математики широко распространены. Приблизительно у 10% учащихся диагностируют нарушение обучаемости математике на каком-то этапе их школьного обучения[1,2]. Гораздо больше учащихся испытывают трудности в математике, не имея при этом официального диагноза. Поскольку затруднения в изучении математики очень устойчивы, испытывающие их ученики могут никогда не догнать своих сверстников, не обнаруживающих таких проблем.

Предмет

Основания для успешного освоения математики закладываются у детей до поступления в начальную школу[3, 4]. Выявление ключевых предикторов успехов по математике помогает избежать серьезного отставания учащихся по этому предмету в школе еще на этапе скрининга, вмешательства и отслеживания текущей успеваемости детей.

©2010-2026 ABILIO | ЧИСЛОВАЯ ГРАМОТНОСТЬ

Проблематика

Низкая успеваемость по математике имеет серьезные последствия в повседневной деятельности, негативно влияет на успехи в учебе и карьерный рост[5]. Знание математики необходимо для изучения естественно-научных дисциплин в колледже (англ. STEM – science, technology, engineering, mathematics), а также профессиональной деятельности в сфере науки, технологии, инженерии или математики[6]. Имеются большие межгрупповые различия в успеваемости по математике, связанные с социально-экономическим статусом обучающихся[7], а также индивидуальные различия в базовых способностях к обучению[8]. Эти различия присутствуют уже в раннем детстве и усиливаются в ходе школьного обучения.

Научный контекст

Лонгитюдные исследования особенностей детей, испытывающих трудности при изучении математики, определили важные области для коррективного воздействия. Большинство детей поступают в школу со сформированным *чувством числа*, что имеет значение для изучения школьной математики. Довербальные компоненты числа (например, точные представления о небольших количествах и приблизительные представления о больших количествах) развиваются в младенчестве[9,10,11]. Хотя существует мнение, что эти элементарные знания лежат в основе общепринятых математических навыков, они не являются достаточными. Для большинства детей, испытывающих трудности в математике, характерно слаборазвитое вторичное символическое чувство числа, связанное с пониманием целых чисел, связей между числами и операций с ними[12] – тех областях, которые являются гибкими и меняются под влиянием опыта[13].

Ключевые вопросы

В сфере общей грамотности надежные и обоснованные приемы раннего скрининга привели к созданию эффективных программ воздействия и поддержки для детей в раннем возрасте и далее[14]. Частные показатели, относящиеся к чтению (например, знание как произносятся буквы), позволяют точнее предсказать успехи в этом виде деятельности, чем более общие компетенции. Подобным образом, в области числовой грамотности ранние компетенции, связанные с математикой, которой дети занимаются в школе, являются наиболее показательными для предсказания успехов и трудностей в математике[15]. Поэтому для целей раннего диагностирования необходимо определить ключевые лонгитюдные предикторы

успешности в математике.

Результаты последних исследований

Ранние числовые компетенции важны для установления траекторий освоения математики детьми[16,17]. Источником трудностей и нарушений обучаемости математике является слаборазвитое чувство числа[18,19]. Дети с возрастной дискалькулией, тяжелой формой нарушения обучаемости математике, характеризуются неспособностью к распознаванию и сравнению чисел, счету и перечислению предметов в группе[18].

Лонгитюдные предикторы

Краткосрочные лонгитюдные исследования (с начала до конца года в детском саду) показывают, что такие показатели числовой грамотности как счет, различение количества и называние чисел являются умеренно-сильными предикторами успеваемости по математике[20,21,22]. Более того, с точки зрения показателей уровня развития числовой грамотности успеваемость детей в яслях помогает предсказать их успеваемость в детском саду[23]. Дети из малообеспеченных семей при поступлении в детский сад отстают от своих сверстников из семей со средним уровнем дохода по уровню развития числовой грамотности, что отражается на соответствующих показателях, и этот разрыв не уменьшается в течение школьного года[12].

Лонгитюдные исследования с множественными срезами, проведенные в период с первого года посещения детского сада до конца 3 класса школы, позволяют предположить, что базовое чувство числа обусловливает дальнейшее освоение сложной математики, включающей различные вычисления, а также решение прикладных задач[15,17,24,25]. Развитость числовой грамотности на уровне детского сада, связанного со счетом, сравнением числовых величин, невербальным счетом и вербальной арифметикой, позволяет предсказать уровень понимания математики, а также успеваемость с 1 по 3 классы. Низкая успеваемость по математике у детей из группы высокого риска, из семей с низким уровнем дохода, обусловлена уровнем развития числовых компетенций в раннем детстве. Числовая компетенция также позволяет предсказать последующие результаты по математике лучше и точнее, чем переменные уровня IQ[26]. Наиболее показательным для предсказания успеваемости по математике в детсадовском возрасте является уровень освоения элементарной арифметики, включающей сложение и вычитание. Поскольку развить

числовые компетенции в раннем возрасте возможно у большинства детей[4], посреднический эффект этих компетенций определяет направление для раннего вмешательства.

Основополагающие пути

Существует три основополагающих когнитивных пути– количественный, языковой и пространственный, которые независимо друг от друга способствуют развитию числовых компетенций детей ясельного и детсадовского возраста[27]. Языковые навыки являются уникальными предикторами умения называть числа, в то время как количественные навыки выступают в качестве уникальных предикторов невербального счета; пространственное внимание является точным предиктором обоих типов рано проявляющейся числовой грамотности. Эти исходные пути по-разному влияют на результаты по математике по прошествии двух лет (например, языковой, а не количественный, путь однозначно позволяет предсказать освоение понятий геометрии и измерения). Путева́я модель может объяснить, почему учащиеся относительно хорошо справляются с задачами в одной области математики, но не в другой[28].

Неисследованные области

Необходимо разработать диагностирующие методики, позволяющие выявлять основополагающие числовые компетенции у детей дошкольного возраста, и валидизировать их для использования в школах, клиниках и образовательных учреждениях. Также должны быть разработаны коррекционные программы для детей, испытывающих или потенциально могущих испытывать трудности при изучении математики, при этом оценка качества этих программ должна осуществляться посредством проведения исследований двойным слепым методом. В частности, исследователи должны изучать, как можно наиболее эффективно достичь высоких результатов в конкретных областях числовой компетенции, возможно ли поддерживать эти результаты на высоком уровне в течение длительного времени и можно ли расширить эти успехи на освоение математики в целом. Кроме того, важно различить более и менее эффективные методы улучшения числовой компетентности.

Выводы

Трудности при изучении математики широко распространены и могут иметь негативные последствия на протяжении всей жизни. Основополагающие числовые компетенции развиваются до 1 класса и являются надежными предикторами успехов и трудностей в

математике. Более высокий уровень развития числовой компетенции у детей детсадовского возраста позволяет предсказывать статистически значимые и осмысленные по содержанию результаты в использовании математических знаний и вычислений детьми в конце третьего года обучения в школе. Особенно важны числовые компетенции с символами, связанные с пониманием отношений между целыми числами и операций с ними. Числовые компетенции зависят от языковых способностей (например, знание названий чисел), а также от количественных и пространственных знаний (комбинирование и разделение предметов). Хотя результаты в долгосрочной перспективе оказываются хуже для детей из малообеспеченных семей, по сравнению с результатами детей из семей со средним уровнем дохода, успеваемости по математике способствует раннее развитие числовых компетенций. Дети из малообеспеченных семей поступают в школу с относительно небольшим опытом, связанным с числами[29], что усиливает их и без того невыгодное положение. Посредническое влияние числовой компетенции на успеваемость по математике позволяет предположить, что необходимо более целенаправленно заниматься развитием этих умений у детей дошкольного возраста. Таким образом, чувство числа в раннем возрасте имеет решающее значение для установления траекторий освоения математики в начальной школе.

Рекомендации для родителей, служб и администрации

В современных школах трудности и нарушения в освоении математики часто не диагностируются до 4 класса. Программы ранней коррекции по математике гораздо менее распространены, чем подобные программы для чтения. Педагоги детских садов должны проверять, не испытывают ли дети трудности со счетом и числами так же, как они диагностируют трудности в области общей грамотности. В яслях и детских садах детям должна быть предоставлена возможность познакомиться с математикой и изучить числа, отношения между числами и числовые операции[4]. Эти *ключевые знания о числах* должны опираться на названия числительных, на принципы счета, связанные с количественностью и взаимно однозначным соответствием, на сравнение количества предметов в наборах, а также на соединение и разделение наборов предметов. Списки числительных и простые настольные игры с использованием чисел могут помочь детям выработать понимание количества[30]. Разработчики учебных программ для детей раннего возраста должны учитывать, что используемые материалы следует ориентировать на развитие этих ключевые основы понимания числа. В школах, где обучается большое число детей из

малообеспеченных семей, процент учащихся, испытывающих трудности при изучении математики, гораздо выше. Дети из малообеспеченных семей поступают в детский сад, отставая по своим знаниям от детей из семей со средним уровнем дохода. Программы ранней коррекции могут помочь всем детям создать необходимую основу для их последующих занятий по математике.

Литература

1. Barbaresi MJ, Katusic SK, Colligan RC, Weaver AL, Jacobsen SJ. Math learning disorder: Incidence in a population-based birth cohort, 1976-1982, Rochester, Minn. *Ambulatory Pediatrics* 2005;5(5):281-289.
2. Shalev RS, Manor O, Gross-Tsur V. Developmental dyscalculia: A prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine and Child Neurology*2005;47:121-125.
3. Clements DH, Sarama J. Early childhood mathematics learning. In: Lester JFK, ed. *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York, NY: Information Age Publishing; 2007:461-555.
4. Cross CT, Woods TA, Schweingruber H, National Research Council, Committee on Early Childhood Mathematics, eds. *Mathematics learning in early childhood: Paths toward excellence and equity*. Washington, DC: National Academies Press; 2009.
5. Sadler PM, Tai RH. The two high-school pillars supporting college science. *Science* 2007;317:457-458.
6. National Mathematics Advisory Panel (NMAP). *Foundations for success: The final report of the National Mathematics Advisory Panel*. Washington, DC: U.S. Department of Education; 2008
7. Lubienski ST. A clash of social class cultures? Students' experiences in a discussion-intensive seventh-grade mathematics classroom.*The Elementary School Journal* 2000;100(4):377-403.
8. Geary DC, Hoard MK, Byrd-Craven J, Nugent L, Numtee C. Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development* 2007;78(4):1343-1359.
9. Berch DB. Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities.*Journal of Learning Disabilities*2005;38(4):333-339.
10. Dehaene S. *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York, NY: Oxford University Press; 1997.
11. Feigenson L, Dehaene S, Spelke E. Core systems of number. *TRENDS in Cognitive Sciences* 2004;8(7):307-314.
12. Jordan NC, Levine SC. Socioeconomic variation, number competence, and mathematics learning difficulties in young children. *Developmental Disabilities Research Reviews* 2009;15:60-68.
13. Case R, Griffin S. Child cognitive development: The role of central conceptual structures in the development of scientific and social thought. In: Hauert EA, ed. *Developmental psychology: Cognitive, perceptuo-motor, and neurological perspectives*. North-Holland: Elsevier; 1990: 1993-230.
14. Schatschneider C, Carlson CD, Francis DJ, Foorman BR, Fletcher JM. Relationship of rapid automatized naming and phonological awareness in early reading development: Implications for the double-digit hypothesis.*Journal of Learning Disabilities* 2002;35(3):245-256.
15. Jordan NC, Glutting J, Ramineni C. The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences* 2010;20:82-88.
16. Duncan GJ, Dowsett CJ, Classens A, Magnuson K, Huston AC, Klebanov P, Pagani LS, Feinstein L, Engel M, Brooks-Gunn J, Sexton H, Duckworth K, Japel C. School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*2007;43(6):1428-1446.

17. Jordan NC, Kaplan D, Ramineni C, Locuniak MN. Early Math Matters: Kindergarten Number Competence and Later Mathematics Outcomes. *Developmental Psychology* 2009;3(45):850-867.

18. Landerl K, Bevan A, Butterworth B. Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8– 9-year-old students. *Cognition* 2004;93:99-125.

19. Mazzocco MM, Thompson RE. Kindergarten predictors of math learning disability. *Learning Disabilities Research and Practice* 2005;20(3):142-155.

20. Clarke B, Shinn MR. A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review* 2004;33(2):234-248.

21. Lembke E, Foegen A. Identifying early numeracy indicators in for kindergarten and first-grade students. *Learning Disabilities Research and Practice* 2009;24:2-20.

22. Methe SA, Hintze JM, Floyd RG. Validation and decision accuracy of early numeracy skill indicators. *School Psychology Review* 2008;37:359-373.

23. VanDerHeyden AM, Broussard C, Cooley A. Further development of measures of early math performance for preschoolers. *Journal of School Psychology* 2006:44:533-553.

24. Jordan NC, Kaplan D, Locuniak MN, Ramineni C. Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice* 2007;22(1):36-46.

25. Jordan NC, Kaplan D, Olah L, Locuniak MN. Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development* 2006;77:153-175.

26. Locuniak MN, Jordan NC. Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities* 2008;41(5):451-459.

27. LeFevre J, Fast L, Skwarchuk SL, Smith-Chant BL, Bisanz J, Kamawar D, Penner-Wilger M. Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*. In press.

28. Mazzocco MM. Defining and differentiating mathematical learning difficulties and disabilities. In: Berch DB, Mazzocco MMM, eds. *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities*. Baltimore, MD: Paul H. Brookes; 2007: 29-48

29. Clements DH, Sarama J. Experimental evaluation of the effects of a research-based preschool mathematics curriculum. *American Education Research Journal* 2008; 45(2), 443-494.

30. Ramani GB, Siegler RS. Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development* 2008;79:375-394.