

ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ СТУДЕНТОВ В ВЕЛИКОБРИТАНИИ И РОССИИ

Н. КОДИРОЛИ^{1*}, Ю.В. КОВАС^{1,2}, М. ТОСТО¹, Е. КУПЕР¹,
А.В. БУДАКОВА², О.Е. БОГДАНОВА²

¹ *Голдсмитс колледж, Университет Лондона, Лондон, Великобритания;*

² *ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский университет», Томск, Россия*

Математическая тревожность (МТ) ассоциируется с низким уровнем результатов экзаменов по математике и с избеганием математических дисциплин в высшем образовании и профессионального выбора, связанного с математикой, даже у студентов с высоким потенциалом. В статье обсуждаются результаты исследования взаимосвязи математической тревожности и ряда когнитивных характеристик, значимых в решении математических заданий, на выборках студентов из Великобритании и России. Когнитивные характеристики включают в себя «чувство числа», пространственные способности, IQ, способности к математике и знание числовых определений. Не выявлены половые различия в уровне математической тревожности; уровни математической тревожности были сопоставимы в выборках двух стран. Не были обнаружены корреляции между МТ и изученными когнитивными характеристиками. Взаимосвязь между IQ и МТ была установлена на российской выборке участников исследования.

Ключевые слова: математическая тревожность, обработка числовой информации, студенты.

Введение

МТ определяется как негативное аффективное состояние, возникающее в процессе размышления о перспективе выполнения математического задания (Hembree R., 1990) [22]. При увеличении МТ наблюдается линейное снижение результатов по стандартизованным тестам с умеренной корреляцией (-0,31) (Fennema E., 1989) [18]. Вместе со снижением результатов исследования позволили выявить взаимосвязи между МТ и избеганием математики, а также с выбором карьеры, связанной со значительной долей «числового» содержания (Ma X. & Xu J., 2004 [29]; Krinzinger H.,

Kaumann L. & Willmes K., 2009 [25]). На всех уровнях достижений МТ отрицательно связана с интересом к математике и выбором карьеры в научных областях (Chipman S.F., Kranntz D.H. & Silver R., 1992) [13].

Исследования половых различий в уровнях МТ и ее взаимосвязи с достижениями демонстрируют неоднозначные результаты. В нескольких исследованиях показан более высокий уровень МТ у женщин (например, Wigfield A. & Meece J.L., 1988 [46]; Yuksel-Sahin F., 2008 [49]; Betz N.E., 1978 [10]; Divine, Fawcett, Szucs, & Dowker, 2012), в то время как в других – половые различия не обнаружены (Ma X. & Xu J., 2004 [29]; Newstead K., 1998 [33]), а в третьих – указывается на более высокий уровень МТ у мужчин (Abed A.S. & Alkhateeb H.M., 2001 [1]; Reavis P.S., 1989 [39]). Таким образом, необходимы дальнейшие исследования половых различий в МТ.

Представляется, что математическая тревожность в какой-то степени отличается от общей тревожности. Например,

© Кодироли Н., Ковас Ю.В., Тосто М., Купер Е., Будакова А.В., Богданова О.Е., 2013

* **Для корреспонденции:**

N. Codiroli
Department of Psychology,
Goldsmiths, University of London,
London, SE14 6NW

в исследовании психофизиологических проявлений МТ в условиях выполнения математических заданий с возрастающим уровнем сложности, участники с высоким уровнем МТ продемонстрировали увеличение частоты сердечных ритмов, а у участников с низким уровнем МТ изменения в реакции не были обнаружены (Faust M.W., 1992) [16]. Участники с высоким уровнем МТ не демонстрировали повышения реактивности в условиях решения вербальных задач с возрастающим уровнем сложности, что позволяет обозначить специфичность и отличие математической тревожности от общей или экзаменационной тревожности (Ashcraft M.H., 1995) [3].

Остается открытым вопрос о том, развивается ли математическая тревожность постепенно в процессе обучения или ее проявления становятся более выраженными по мере усложнения математики (Ashcraft M.H. et al., 2007) [4]. Например, Ashcraft M.H., Kirk E.P. & Норко D. (1998) [6] не выявили влияния МТ на выполнение заданий с целыми числами, однако в заданиях, предполагающих операции с дробями, МТ была негативно связана с достижениями. Задания на сложение оказались под влиянием МТ когда было необходимо переносить числа; эффект увеличивался, когда участников просили запоминать информацию в процессе решения задач (Ashcraft M.H. & Kirk E.P., 2001) [5].

Проводимые исследования позволили Ashcraft M.H. & Kirk E.P. (2001) [5] высказать идею о том, что тревожность влияет на достижения через отвлечение ресурсов рабочей памяти, необходимых для высоких достижений в математике (Geary D.C. & Widaman K.F., 1992) [19]. Это предположение основано на модели общей тревожности (Eysenck M.W. & Calvo M.G., 1992) [15]: эффективность обработки информации как противопоставление аргументу о том, что МТ обусловлена низким уровнем способностей и достижениями. Авторы полагают, что люди с высоким уровнем математической тревожности распределяют ресурсы на совладание с беспокойством и тревожными

мыслями, оставляя меньше ресурсов, доступных для выполнения задания. Это может быть описано как теория когнитивной интерференции; тревожность отвлекает когнитивные ресурсы за счет сокращения объема рабочей памяти (Wine J., 1980) [47] в отличие от теорий дефицита, утверждающих, что тревожность является реакцией на предшествующий низкий уровень способностей (Tobias S., 1986) [43].

Beilock S.L. & DeCaro M.S. (2008) [8] показали, что эффекты МТ становятся значимыми для людей с высоким, а не низким объемом рабочей памяти (РП). Люди с высоким уровнем МТ в среднем демонстрируют меньший объем рабочей памяти [5]. В условиях тестирования по решению задач на сложение с высокой нагрузкой на рабочую память, время реакции и возникающее количество ошибок значительно возросли для группы с высоким уровнем МТ в сравнении с группой, характеризующейся низким уровнем МТ.

Несмотря на то, что во многих исследованиях изучается взаимосвязь между МТ и математическими способностями, только немногочисленные исследования посвящены взаимосвязи между МТ и базовыми способностями оценки числа, которые связаны с математическими достижениями. Например, чувство числа – способность оценивать, предлагать возможные решения числовых заданий и числовая интуиция (Dehaene S., Piazza M., Pinel P. & Cohen L., 2003) связано с различными аспектами математических достижений (например, Halberda J. & Feigenson L., 2008 [21]; Nys & Content, 2010). Показателем уровня развития чувства числа является точность различения двух количеств, измеряемая долей Вебера – наименьшим соотношением двух множеств, которое может быть определено человеком (Barth H., Kanwisher N. & Spelke E.S., 2003 [7]). В исследовании P. Pica et al. (2004) [36] показано, что средняя доля Вебера на выборке взрослых составляет 0,11, которые в среднем различают множества в соотношении 9:10 в визуальных предъявлениях.

В последнее время появился ряд публикаций, посвященных исследованиям взаимосвязи МТ и чувством числа. Е.А. Maloney et al. (2010) [31] использовали задание «сравнение множеств» для оценивания способностей к приближительной оценке. Поскольку время ответа на каждое предъявление очень краткое, нагрузка на рабочую память невысока (Kaufman E.L. et al., 1949) [24]. Когда количество точек превышало 5, участники должны были пересчитать точки, что требовало большего времени и ресурсов рабочей памяти (Trick L. & Pylyshyn Z., 1993) [44]. Участники с высоким уровнем МТ показали значительно более низкие результаты по счету в сравнении с субитайзингом (subitizing – мгновенное определение точного количества от одного до 4 без пересчета). Малони и соавторы предлагают интегративную модель низкого уровня математических способностей, приводящих к МТ, которая в свою очередь влияет на рабочую память, продолжая тем самым снижать способности. В другом исследовании, участников просили определить какое из двух чисел больше (Maloney E.A., Ansari D. & Fugelsang J.A., 2011) [30]. Как правило, взаимосвязь между разницей между двумя числами и временем ответа отрицательна (Dehaene S., Dupoux E. & Mehler J., 1990) [14]. В исследовании обнаружена взаимодействие с МТ: участники с высоким уровнем МТ демонстрировали более резкое увеличение времени ответа с увеличением разницы между числами. Более того, отрицательные эффекты на пространственные способностями были обнаружены для взрослых участников с высоким уровнем МТ (Maloney E.A., Waechter S., Risko E.F. & Fugelsang J.A., 2012) [32]. Представление о том, какие когнитивные аспекты связаны с математической тревожностью, позволит понять механизмы ее развития и природу ее связей с математическими способностями, достижениями, мотивацией и вовлеченностью.

В исследовании сравниваются различные математически-релевантные когнитивные способности студентов университетов

в их связи с дисперсией математической тревожности. Включение в выборку участников обоих полов из двух культур (Великобритании и России) позволило исследовать культурные и половые различия в уровнях математической тревожности и во взаимосвязи с когнитивными способностями.

Методика

Участники исследования. Выборка включает участников из нескольких университетов Великобритании и России. Студенты, обучающиеся по различным направлениям (например, психология, математика) приняли участие в исследовании. Всего 774 участника приняли участие в исследовании: 125 из Великобритании и 649 из России. Поскольку некоторые данные были пропущены для 211 участника, эти участники не были включены в анализ. Для того чтобы увеличить нормальность распределения данных, результаты еще 11 участников (<5%), которые отличались более чем на $\pm 2,5$ SD от средних, были исключены из анализа. Итоговое количество участников составило 552 – 103 (30% мужчин) из Великобритании и 449 (37% мужчин) из России. Возраст участников был около 19 лет в обеих выборках: средний возраст в выборке Великобритании составил 21,92 (SD=3,56, 19–41); средний возраст российской выборки составил 19,45 (SD=1,94, 18–38).

Материалы исследования. Опросники и компьютеризованные тесты были адаптированы для проведения на выборках Великобритании и России. Все тесты проводились с использованием компьютера. До начала исследования, участники заполнили краткий опросник о трудностях в обучении и самооценке математических способностей.

Демографический опросник. Участники предоставляли информацию о возрасте, поле и выборе школьных предметов. Российские участники предоставили результаты ЕГЭ по математике и русскому языку;

участники из Великобритании предоставили результаты по математике и английскому языку (Общий сертификат среднего образования). Студенты из Великобритании, которые до этого учились за пределами Великобритании, предоставили оценки в соответствии со стандартами Великобритании. В опросники были включены следующие вопросы: изучали ли студенты другие иностранные языки, какие факторы определили выбор специальности в университете и национальность их родителей. Информация о социоэкономическом статусе была предоставлена участниками о доходах семьи (выбор из четырех вариантов).

Семантика. Тест использовался для оценивания степени понимания математических понятий и терминов и основан на тесте, разработанном Zhang H., Chen C., & Zhou X. (2011) [50]. На экране предъявлялись три математических термина. Одно слово предъявлялось над двумя другими; участникам нужно было решить, какое из двух слов из нижнего ряда было ближе по смыслу слову из верхнего ряда.

Числовые ряды. В центре черного экрана предъявлялась последовательность из четырех белых чисел. Участникам нужно было определить принцип числового ряда (например, числовой ряд «1», «2», «3», «4» будет продолжен «5») и выбрать один из четырех предложенных вариантов.

Общий интеллект. Прогрессивные матрицы Равена (адаптированные по Raven J.C., Court J., & Raven J., 1996 [38]) были использованы как показатель общего текучего интеллекта или невербального IQ. Участники должны были определить недостающий фрагмент, который завершит фигуру из 9 частей.

Рабочая память. Объем рабочей памяти измерялся тестом «Блоки Корси», адаптированный для использования онлайн (Pagulayan K.F. et al., 2006) [34]. На экране предъявляется черный прямоугольник с 9 квадратами внутри. Квадраты загорались желтым цветом на одну секунду в определенном порядке с интервалом в 1

секунду между каждым квадратом. Задача состояла в воспроизведении последовательности в том же порядке, в котором она предъявлялась. Тест включает 6 уровней сложности с двумя предъявлениями на каждом уровне.

Пространственные способности. Задание «мысленное вращение», созданное Shepard R.N. & Metzler J. (1971) [41], использовалось для измерения пространственных способностей. В центре экрана предъявлялся трехмерный объект и два других объекта в нижней части экрана. Задание предполагало выбор одной из двух фигур, соответствующей модельной, после операции мысленного вращения. Тест состоял из 180 попыток и длился 3 минуты; учитывалось количество ответов за 3 минуты. Предъявляемые фигуры вращались с поворотом между 15 и 345°, с интервалом в 15°.

Чувство числа. Задание чувство числа является вариантом задания «числовое множество», разработанного Ginsburg H. & Baroody A.J. (1990) [20]. Два набора точек (голубых или желтых) различного размера одновременно предъявлялись на экране. Участникам нужно было оценить какое из множеств состоит из большего количества точек независимо от размера индивидуальных точек. Количество точек в множествах варьировалось от 5 до 12, но совокупная площадь, покрытая точками оставалась неизменной. В тесте было 36 предъявлений, все из которых необходимо было оценить.

Математическая тревожность. Математическая тревожность измерялась с помощью адаптированной версии RMARS (Alexander & Martray, 1989), краткой версии MARS (Math Anxiety Rating Scale; Richardson F.C. & Suinn R.M., 1972 [40]). Опросник включал в себя 25 вопросов, на которые участники отвечали по шкале Лайкерта от 1 до 4 баллов от «совсем нет» до «очень сильно». Ситуации включали: «получение учебника по математике», «решение задачи на деление на экзамене по математике» и «получение отметка за экзамен по математике».

Процедура. Участников приветствовали и предлагали занять индивидуальные рабочие места в тихой обстановке. Далее участники подписывали форму согласия на участие в исследовании и получали уникальные логины и пароли для выполнения компьютеризованных тестов. Процедура тестирования занимала между 40 минутами и 1 часом в зависимости от того, насколько быстро участники выполняли задания. В процессе работы присутствовал как минимум один исследователь. Тесты проводились в одном и том же порядке для всех участников.

Результаты

Проверка данных и чистка. Баллы по заданию «мысленное вращение» были скорректированы на «догадку»; ошибка рассчитывалась через вычитание количества правильных ответов из общего числа ответов каждого участника; затем ошибка вычиталась из общего количества правильных ответов участника.

Доля правильных ответов каждого участника рассчитывалась для чувства числа, IQ и рабочей памяти: общее количество правильных ответов было разделено на общее количество попыток каждого участника.

Регрессия по возрасту была проведена для всех типов заданий для того, чтобы исключить возможные влияния связанные с возрастными различия участников. Описательные статистики показали практически нормальное распределение данных, с показателями асимметрии в границах -2 и +2. Анализ гистограмм для каждого из заданий продемонстрировал наличие отклоняющихся значений, снижая нормальность распределения данных. 11 отклоняющихся значений (<5% данных) были определены во всех заданиях, из которых 6 пришлось на задание «семантика». Это может быть связано с неправильным пониманием задания; некоторые участники могли не понять, что понималось под «семанти-

ческой» близостью. Эти 11 отклоняющихся значений были исключены из анализа; после этого описательные статистики показали значительно меньшую асимметрию данных во всех заданиях. Данные также были проверены на наличие многомерных выбросов. Расстояние Махаланобиса (статистика χ^2) было рассчитано для данных каждого участника с целью определения отклоняющихся значений, уровень значимости которых был ниже 0,001. Многомерные отклоняющиеся значения обнаружены не были.

Описательные статистики

Таблица 1

Средние значения и стандартное отклонение (SD) баллов математической тревожности, регрессированных по возрасту – полу и стране

	Среднее значение	Стандартное отклонение
Великобритания (мужчины)	0,016	1,067
Великобритания (женщины)	0,185	1,076
Россия (мужчины)	-0,057	1,011
Россия (женщины)	-0,041	0,973

Дисперсионный анализ. Баллы по опроснику математической тревожности были включены в 2×2 анализ ANOVA (пол: мужской/женский; страна: Великобритания/Россия). Результаты анализа не выявили значительного эффекта пола – $F(1,553)=1,471$, $p=0,439$, страны обучения – $F(1,553)=3,845$, $p=0,300$ и значительного взаимодействия – $F(1,553)=0,430$, $p=0,512$. Тест Левина был проведен для проверки гипотезы о равенстве дисперсий. Результаты теста были не значимы – $F(3,553)=1,926$, $p=0,124$, подтверждая, что отсутствуют различия дисперсий в группах.

На рисунке 1 представлены предельные средние баллы по полу и стране обучения. Несмотря на то, что показаны различия между группами: баллы по математической

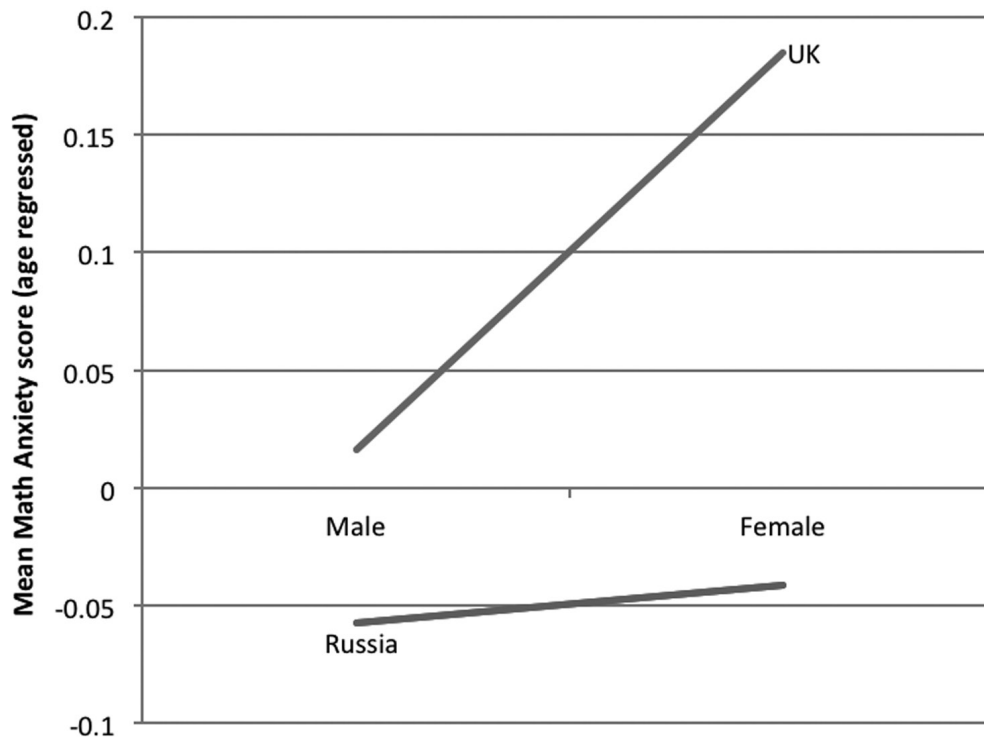


Рис. 1. Средние по баллам математической тревожности по полу (женский и мужской) и стране обучения (Великобритания или Россия)

тревожности в выборке Великобритании выше и в большей степени различаются по полу (более высокий уровень математической тревожности наблюдаются у участников женского пола), средние отклонения (табл. 1) большие и эффекты не значимы. Отсутствие различий по математической тревожности в выборках позволило объединить выборки для дальнейшего анализа.

Факторный анализ. Баллы по всем показателям, включая математическую тревожность, чувство числа, блоки Корси, семантика, числовая линия и мысленное вращение анализировались с использованием метода главных компонент. Все выделенные общности превышали 0,2 и тест КМО адекватности выборки составил 0,749, свидетельствуя о том, что данные подходят для анализа. Выделились два фактора с собственным значением, превышающим 1. Решение было повернуто с помощью метода варимакс вращения с целью максимизации нагрузок на переменные, связанные с каждым фактором. Мысленное вращение, блоки Корси, прогрессивные матрицы Равена

и чувство числа объединились в один фактор, объясняя 28,363% общей дисперсии. Математическая тревожность, числовые ряды и семантика объединились во второй фактор, объясняя 16,620% общей дисперсии. Результаты позволяют предварительно предположить, что математическая тревожность в большей степени относится к более сложным математическим заданиям, как например, числовые ряды и семантика, чем к базовым числовым способностям (чувству числа, пространственной рабочей памяти, пространственным способностям или общему интеллекту).

Регрессионный анализ. Стандартная множественная регрессия была применена для оценки взаимосвязей между математической тревожностью, когнитивными характеристиками (чувство числа, блоки Корси, семантика, числовые ряды, мысленное вращение, прогрессивные матрицы Равена), страной и значима – $F(6,545)=2,637$, $r=0,16$, однако только 1,8% дисперсии математической тревожности объяснялось всеми переменными. Двумерные корреля-

ции показали, что математическая тревожность была значимо отрицательно связана с мысленным вращением – $r(550) = -0,116$, $p < 0,01$, прогрессивными матрицами Равена – $r(550) = -0,112$, $p < 0,01$ и числовыми рядами – $r(550) = -0,108$, $p < 0,01$. Корреляции между МТ и блоками Корси – $r(550) = -0,027$, $p = 0,263$, чувством числа – $r(550) = -0,024$, $p = 0,288$ и семантикой – $r(550) = -0,057$, $p = 0,092$ были отрицательными, но статистически не значимыми.

Ни одна из переменных независимо не объясняла никакой доли дисперсии в математической тревожности. Корреляции Пирсона представлены в таблице 2.

Поскольку системы оценивания результатов экзаменов в Великобритании и

России не сопоставимы регрессионный анализ для оценки процента дисперсии математической тревожности объясняемого оценками экзамена по математике проводился отдельно для каждой страны. Стандартная множественная регрессия, описанная выше, была повторена с добавлением оценки по экзаменам. В российской выборке общая регрессионная модель была значима – $F(7,439) = 2,827$, $p = 0,07$, объясняя только 2,8% дисперсии математической тревожности. Переменная прогрессивные матрицы Равена объяснила наибольшую долю дисперсии математической тревожности ($\beta = -0,113$, $t(446) = -2,181$, $p = 0,03$). Корреляции Пирсона представлены в таблице 3.

Таблица 2

Корреляции Пирсона для всей выборки (n=552)

	Математическая тревожность	Мысленное вращение	Блоки Корси	Прогрессивные матрицы Равена	Чувство числа	Числовые ряды
Мысленное вращение	-0,116					
Блоки Корси	-0,027	0,3*				
Прогрессивные матрицы Равена	-0,122	0,34*	0,232			
Чувство числа	-0,024	0,265*	0,199	0,262*		
Числовые ряды	-0,108	0,236*	0,255	0,296*	0,208*	
Семантика	-0,057	0,070	0,067	0,136	0,089	0,168*

Примечание: * $p < 0,001$

Таблица 3

Корреляции Пирсона по различным заданиям для российской выборки, включая экзаменационные оценки в возрасте 16 лет (n=447)

	Математическая тревожность	Мысленное вращение	Блоки Корси	Прогрессивные матрицы Равена	Чувство числа	Числовые ряды	Семантика
Мысленное вращение	-0,087						
Блоки Корси	-0,006	0,299*					
Прогрессивные матрицы Равена	-0,145	0,305*	0,226*				
Чувство числа	-0,009	0,224*	0,186*	0,243*			
Числовые ряды	-0,103	0,247*	0,241*	0,327*	0,221*		
Семантика	-0,111	0,060	0,065	0,153	0,064	0,195*	
Оценка российских студентов в возрасте 16 лет	-0,101	0,153	0,127	0,126	0,094	0,159*	-0,025

Примечание: * $p < 0,001$

Таблица 4

Корреляции Пирсона для различных заданий на выборке Великобритании, включая экзаменационные оценки в возрасте 16 лет (n=102)

	Математическая тревожность	Мысленное вращение	Блоки Корси	Прогрессивные матрицы Равена	Чувство числа	Числовые ряды	Семантика
Мысленное вращение	-0,210						
Блоки Корси	-0,104	0,318					
Прогрессивные матрицы Равена	0,057	0,436*	0,300				
Чувство числа	-0,073	0,424*	0,267	0,340*			
Числовые ряды	-0,176	0,255	0,348*	0,280	0,166		
Семантика	-0,113	0,095	0,083	0,061	0,161	0,093	
Оценка британских студентов в возрасте 16 лет	-0,104	-0,116	0,041	0,105	0,027	0,180	0,010

Примечание: * $p < 0,001$

В выборке Великобритании общая регрессионная модель была статистически не значима – $F(7,94)=1,945$, $p=0,071$. Корреляции Пирсона представлены в таблице 4.

Обсуждение

Проведенный анализ не выявил эффекта пола или страны на математическую тревожность. Результаты исследования позволяют предположить, что половые различия в математической тревожности, наблюдаемые у школьников, и обсуждаемые в ряде опубликованных исследований, уменьшаются или исчезают у взрослых. Отсутствие средних различий или различий дисперсий по математической тревожности между двумя странами согласуются только с незначительными средними различиями (и значимым перекрытием дисперсий) по результатам Международной программы по оценке образовательных достижений учащихся (PISA). Первоначальный анализ показал значимые корреляции между IQ, пространственными способностями, мысленным вращением, чувством числа и объемом рабочей памяти, указывая на «фактор невербальных способно-

стей». В исследованиях показано, что выполнение задания «семантика», которое тестирует знание математических терминов, активизирует схожие области мозга, которые задействованы в выполнении математических заданий (Zhang H., Chen C., & Zhou X., 2011) [50]. Однако в настоящем исследовании результаты этого задания только слабо коррелировали с другими показателями, связанными с математикой.

Математическая тревожность слабо коррелирует с результатами выполнения невербальных заданий, с большой нагрузкой на отдельный фактор. Интересно, что показатель задания «числовые ряды» демонстрирует более низкие корреляции с заданиями на невербальные способности. Это может быть связано с тем, что выполнение этих заданий требует предшествующих знаний и понимания математики, в то время как другие задания ориентированы на базовые числовые способности. Это может также объяснять, почему этот показатель входит в один фактор с математической тревожностью.

Предположение о связи математической тревожности с базовыми процессами числовой обработки информации не подтвер-

дилось. Этот результат указывает на то, что математическая тревожность может быть связана только с математическими операциями более высокого уровня; особенно в условиях нагрузки на рабочую память и когда математическая тревожность может отвлекать когнитивные ресурсы (Ashcraft M.H., & Kirk E.P., 2001) [5]. При включении в регрессию показателей тестовых заданий, ни одно из них значимо не коррелировало с математической тревожностью, свидетельствуя о том, что математическая тревожность не связана с этими измеряемыми способностями. Отсутствие корреляций с пространственной рабочей памятью не противоречит теории когнитивной интерференции: возможно, что математическая тревожность не отражает низкий объем рабочей памяти, но отвлекает ресурсы рабочей памяти в процессе решения математических заданий с возрастающим уровнем когнитивной нагрузки.

В выборке студентов из России более высокий уровень IQ ассоциируется с более низким уровнем математической тревожности при незначительном размере эффекта.

Настоящее исследование имеет некоторые ограничения. Оценки по математике собирались «ретроспективно» для экзамена, который участники сдавали в возрасте 16 лет. Несмотря на то, что возраст большинства участников исследования 18–19 лет, в выборку исследования вошли участники значительно более старшего возраста, что могло оказать влияние на предоставленные данные об оценках. Более того, их способности могли с течением времени существенно измениться. Оценки по математике студентов России представлены в формате процентов, а не абсолютных значений как в выборке Великобритании, что придает большую статистическую мощь анализу данных по Российской выборке. Размер выборок отличался: выборка Великобритании была значительно меньше, что необходимо учитывать при интерпретации результатов межгруппового сравнения. Поскольку исследование было срезовым, ана-

лиз данных не позволяет установить причинно-следственные связи наблюдаемых ассоциаций. Лонгитюдные исследования необходимы как для установления направленности наблюдаемых взаимосвязей, так и для изучения различий в степени взаимосвязей исследуемых переменных на различных уровнях развития.

Заключение

Таким образом, в настоящем исследовании изучались взаимосвязи математической тревожности и ряда когнитивных характеристик, имеющих значение для решения математических заданий, на выборках студентов из Великобритании и России. Когнитивные характеристики включают в себя «чувство числа», пространственные способности, IQ, способности к математике и знание числовых определений. Не выявлены половые различия в уровне математической тревожности. Уровни математической тревожности были сопоставимы в выборках двух стран. Не были обнаружены корреляции между математической тревожностью и изученными когнитивными характеристиками. Взаимосвязь между IQ и математической тревожностью была установлена на российской выборке.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, № 11.G34.31.0043.

Литература

1. Abed A.S., Alkhateeb H.M. Mathematics anxiety among eighth-grade students of the United Arab Emirates [abstract] // Psychological Reports. – 2001. – Vol. 89. – P. 65.
2. Agrillo C., Piffer L., & Bisazza A. Number versus continuous quantity in numerosity judgments by fish // Cognition. – 2011. – Vol. 119. – P. 281–287.

3. *Ashcraft M.H.* Cognitive psychology and simple arithmetic: A review and summary of new directions // *Mathematical Cognition*. – 1995. – Vol. 1. – P. 3–34.
4. *Ashcraft M.H., Krause J.A., & Hopko D.R.* Is math anxiety a mathematical learning disability? / In: D.B. Berch & M.M.M. Mazocco (Eds.). *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical difficulties and disabilities*. – Baltimore: Paul H. Brookes Publishing, 2007. – P. 329–348.
5. *Ashcraft M.H., & Kirk E.P.* The relationships among working memory, math anxiety, and performance // *Journal of Experimental Psychology*. – 2001. – Vol. 130. – P. 224–237.
6. *Ashcraft M.H., Kirk E.P., & Hopko D.* On the cognitive consequences of mathematics anxiety / In: C. Donlan (Ed.). *The development of mathematical skills*. – East Sussex, Great Britain: Psychology Press, 1998. – P. 175–196.
7. *Barth H., Kanwisher N., & Spelke E.S.* The construction of large number representations in adults // *Cognition*. – 2003. – Vol. 86. – P. 201–221.
8. *Beilock S.L., & DeCaro M.S.* From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*. – 2007. – Vol. 33. – P. 983–998.
9. *Beilock S.L., Gunderson E.A., Ramirez G., & Levine S.C.* Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement // *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*. – 2010. – Vol. 107. – P. 1060–1063.
10. *Betz N.E.* Prevalence, distribution, and correlates of math anxiety in college students // *Journal of Counselling Psychology*. – 1978. – Vol. 25. – P. 441–448.
11. *Bynner J., & Parsons S.* Does numeracy matter? Evidence from the national child development study on the impact of poor numeracy on adult life. – London: The Basic Skills Agency, 1997.
12. *Dehaene S.* *The number sense: How the mind creates mathematics*. – New York: Oxford University Press, 1997.
13. *Chipman S.F., Krantz D.H., Silver R.* Mathematics anxiety and science careers among able college women // *Psychological Science*. – 1992. – Vol. 3. – P. 292–295.
14. *Dehaene S., Dupoux E., & Mehler J.* Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1990. – Vol. 16. – P. 626–641.
15. *Eysenck M.W., & Calvo M.G.* Anxiety and performance: The processing efficiency theory // *Cognition and Emotion*. – 1992. – Vol. 6. – P. 409–434.
16. *Faust M.W.* *Analysis of physiological reactivity in mathematics anxiety*. Unpublished doctoral dissertation. – Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio, 1992.
17. *Faust M.W., Ashcraft M.H., & Fleck D.E.* Mathematics anxiety effects in simple and complex addition // *Mathematical Cognition*. – 1996. – Vol. 2. – P. 25–62.
18. *Fennema E.* *The study of affect and mathematics: A proposed generic model for research* / In: D.B. McLeod & V.M. Adams (Eds.). *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*. – New York: Springer-Verlag, 1989. – P. 205–219.
19. *Geary D.C., & Widaman K.F.* Numerical cognition: On the convergence of componential and psychometric models // *Intelligence*. – 1992. – Vol. 16. – P. 47–80.
20. *Ginsburg H., & Baroody A.J.* *Test of early mathematical ability* (2nd ed.). – Austin, TX: Pro-Ed., 1990.
21. *Halberda J., & Feigenson L.* Developmental change in the acuity of the «number sense»: The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults // *Developmental Psychology*. – 2008. – Vol. 44. – P. 1457–1465.
22. *Hembree R.* The nature, effects, and relief of mathematics anxiety // *Journal for Research in Mathematics Education*. – 1990. – Vol. 21. – P. 33–46.
23. *Jamieson J.P., Mendes W.B., Blackstock E., & Schmader T.* Turning the knots in your stomach into bows: Reappraising arousal improves performance on the GRE // *Journal of Experimental Social Psychology*. – 2010. – Vol. 46. – P. 208–212.
24. *Kaufman E.L., Lord M.W., Reese T.W., & Volkman J.* The discrimination of visual

- number // *American Journal of Psychology*. – 1949. – Vol. 62. – P. 498–525.
25. *Krinzinger H., Kaufmann L., & Willmes K.* Math anxiety and math ability in early primary school years // *Journal of Psychoeducational Assessment*. – 2009. – Vol. 27. – P. 206–225.
 26. *Lachance J.A. & Mazzocco M.M.M.* A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children // *Learning and Individual Differences*. – 2006. – Vol. 16. – P. 195–216.
 27. *Linn M.C., & Peterson A.C.* Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis // *Child Development*. – 1985. – Vol. 56. – P. 1479–1498.
 28. *Lyons I.M. & Beilock S.L.* Mathematics anxiety: separating the math from the anxiety // *Cerebral Cortex*. – 2011. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhr289>.
 29. *Ma X., & Xu J.* Determining the causal ordering between attitude toward mathematics and achievement in mathematics // *American Journal of Education*. – 2004. – Vol. 110. – P. 256–281.
 30. *Maloney E.A., Ansari D., & Fugelsang J.A.* The effect of mathematics anxiety on the processing of numerical magnitude // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2011. – Vol. 64. – P. 10–16.
 31. *Maloney E.A., Risko E.F., Ansari D., & Fugelsang J.* Mathematics anxiety affects counting but not subitizing during visual enumeration // *Cognition*. – 2010. – Vol. 114. – P. 293–297.
 32. *Maloney E.A., Waechter S., Risko E.F., & Fugelsang J.A.* Reducing the sex difference in math anxiety: The role of spatial processing ability // *Learning and Individual Differences*. – 2012. – Vol. 22. – P. 380–384.
 33. *Newstead K.* Aspects of children's mathematics anxiety // *Educational Studies in Mathematics*. – 1998. – Vol. 36. – P. 53–71.
 34. *Pagulayan K.F., Busch K.F., Medina K.L., Bartok J.A., Krikorian R.* Developmental normative data for the Corsi block-tapping task // *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*. – 2006. – Vol. 28. – P. 1043–1052.
 35. *Park A., Ramirez G., & Beilock S.L.* Put your math burden down: Expressive writing for the highly math anxious / Oral presentation at the Midwestern Psychological Association Annual Meeting. – Chicago, IL, 2011.
 36. *Pica P., Lemer C., Izard V., & Dehaene S.* Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group // *Science*. – 2004. – Vol. 306. – P. 499–503.
 37. *Ramirez G., Gunderson E.A., Levine S.C., & Beilock S.L.* Math anxiety, working memory and math achievement in early elementary school // *Journal of Cognition and Development*. – 2013. – Vol. 14(2). – P. 187–202.
 38. *Raven J.C., Court J., & Raven J.* Manual for Raven's Standard Progressive Matrices (1996 edition). – Oxford, England: Oxford Psychologists Press, 1996.
 39. *Reavis P.S.* Mathematics anxiety and the relationship between attitude, sex, ethnicity and achievement in mathematics in three high school curriculum tracks / PhD thesis. – University of Arizona, 1989.
 40. *Richardson F.C., & Suinn R.M.* The Mathematics Anxiety Rating Scale // *Journal of Counseling Psychology*. – 1972. – Vol. 19. – P. 551–554.
 41. *Shepard R.N., & Metzler J.* Mental rotation of three dimensional objects // *Science*. – 1971. – Vol. 171. – P. 701–703.
 42. *Spencer S.J., Steele C.M., & Quinn D.M.* Stereotype threat and women's performance // *Journal of Experimental Social Psychology*. – 1999. – Vol. 35. – P. 4–28.
 43. *Tobias S.* Anxiety and cognitive processing of instruction / In: R. Schwarzer (Eds.). *Self-related Cognitions in Anxiety and Motivation* – Hillsdale N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1986. – P. 35–54.
 44. *Trick L., & Pylyshyn Z.* What enumeration studies can show us about spatial attention: Evidence for limited capacity preattentive processing // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. – 1993. – Vol. 19. – P. 331–351.
 45. *Vonk J., & Beran M.J.* Bears «count» too: Quantity estimation and comparison in black bears (*Ursus americanus*) // *Animal Behaviour*. – 2012. – Vol. 84. – P. 231–238.
 46. *Wigfield A., & Meece J.L.* Math anxiety in elementary and secondary school students // *Journal of Educational Psychology*. – 1988. – Vol. 80. – P. 210–216.

47. Wine J. Cognitive-attentional theory of test anxiety / In: I.G. Sarason, N.J. Hillsdale (Eds). *Test Anxiety: Theory, Research and Application*. – Hillsdale N.J.: Erlbaum, 1980. – P. 349–385.
48. Young C.B., Wu S.S., & Menon V. The neurodevelopmental basis of math anxiety // *Psychological Science*. – 2012. – Vol. 23. – P. 492–501.
49. Yüksel-Şahin F. Mathematics anxiety among 4th and 5th grade Turkish elementary school students // *International Electronic Journal of Mathematical Education*. – 2008. – Vol. 3. – P. 179–192.
50. Zang H., Chen C., Zhou X. Neural correlates of numbers and mathematical terms // *NeuroImage*. – 2011. – Vol. 60. – P. 230–240.
51. Zettle R.D. Acceptance and commitment therapy vs. systematic desensitization in treatment of mathematics anxiety // *The Psychological Record*. – 2003. – Vol. 53. – P. 197–215.

NUMERICAL PROCESSES AND MATHEMATICAL ANXIETY IN UK AND RUSSIAN UNIVERSITY STUDENTS

N. CODIROLI¹, Y. KOVAS^{1,2}, M.G. TOSTO¹, E. COOPER¹,
A.V. BUDAKOVA², O.E. BOGDANOVA²

¹ *Goldsmiths, University of London, London, United Kingdom;*

² *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

Mathematical anxiety (MA) has been shown to be related to poor performance in mathematics exams, as well as to avoidance of mathematical subjects in higher education and mathematics-related careers choices, even among students of high potential. This study investigated the relationship of MA and a number of mathematically relevant cognitive traits in UK and Russian University students. The cognitive traits included number sense, spatial ability, IQ, aptitude for mathematics and knowledge of numerical vocabulary. No sex differences in levels of MA were observed. The levels of MA were also similar in the two countries. No correlations were found between MA and mathematically relevant cognitive traits. A relationship between IQ and MA was found in the Russian participants.

Keywords: mathematical anxiety, processing of numerical information, students.