Science for Education Today

2026. Том 16. № 5 http://sciforedu.ru ISSN 2658-6762

УДК 159.922.7+612.821+371.7
DOI: 10.15293/2658-6762.2605.11

Научная статья / Research Full Article
Язык статьи: русский / Article language: Russian

Особенности развития слухомоторных координаций у детей 4–10 лет в городской и сельской популяции

В. М. Поляков[1], Ж. В. Прохорова[1], Л. В. Рычкова[1], А. П. Аникович[1], Л. И. Колесникова[1]

[1] Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, Россия

Проблема и цель. *Научная проблема состоит в отсутствии сравнительных данных о влиянии среды проживания на становление слухомоторных координаций у детей, несмотря на доказанную связь ритмических процессов с развитием речи и когнитивных функций. Цель исследования – выявить возрастные и популяционные особенности развития слухомоторных координаций (акустического невербального гнозиса) у детей 4–10 лет, проживающих в городской и сельской среде.*

Методология. *Выполнено поперечное исследование в рамках популяционного нейропсихологического скрининга. Обследовано 2253 ребенка (1362 городских и 891 сельский) в возрасте от 4 до 10 лет. Восприятие ритма и воспроизведение ритма оценивались по стандартизированной методике Rhythm Evaluation and Reproduction по пятибалльной шкале. Статистическая обработка включала критерии λ Колмогорова – Смирнова, x^2 Пирсона, коэффициент ранговой корреляции r-Спирмена и φ*-критерий Фишера (пакет Statistica 8.0).*

Результаты. *В исследовании выявлено, что различия в успешности формирования слухомоторных координаций между городской и сельской популяциями детей появляются в 5 лет и достигают статистической значимости с 6-летнего возраста. Обосновано, что интенсивное развитие функции начинается раньше и протекает эффективнее у сельских детей, тогда как гетерохрония развития сохраняется вплоть до окончания начальной школы. Обобщены половые различия: девочки опережают мальчиков независимо от популяционной принадлежности. Установлено, что в сельской популяции слухомоторные координации связаны с кинестетическим и пространственным праксисом, а в городской – с кинетическим компонентом.*

Заключение. *Развитие слухомоторных координаций у детей более популяционно специфично и протекает гетерохронно. Сельская среда обеспечивает более раннее и успешное*

Финансирование проекта: Исследование выполнено в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 121022500178-3 по теме «Ключевые закономерности и механизмы формирования нарушений здоровья детей и подростков как основа персонализированного подхода к диагностике, лечению и профилактике в современной педиатрии».

Библиографическая ссылка: Поляков В. М., Прохорова Ж. В., Рычкова Л. В., Аникович А. П., Колесникова Л. И. Особенности развития слухомоторных координаций у детей 4–10 лет в городской и сельской популяции // Science for Education Today. – 2026. – Т. 16, № 5. – С. 226–247. DOI: http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2605.11

✉ *Автор для корреспонденции: А. П. Аникович, anikovichenka@yandex.ru*

© В. М. Поляков, Ж. В. Прохорова, Л. В. Рычкова, А. П. Аникович, Л. И. Колесникова, 2026

© 2011–2026 Science for Education Today **Все права защищены**

формирование акустического невербального гнозиса по сравнению с городской, что необходимо учитывать при разработке возрастных нормативов и образовательных программ.

***Ключевые слова**: слухомоторные координации; акустический невербальный гнозис; восприятие ритма; воспроизведение ритма; городская популяция детей; сельская популяция детей; гетерохрония развития; средовые факторы онтогенеза.*

Постановка проблемы

Слуховая система начинает формироваться еще до рождения и продолжает развиваться на протяжении всей жизни, пока мы погружены в сложное звуковое окружение, которое, в свою очередь, зависит от особенностей окружающей среды. В процессе онтогенеза слуховая система постоянно находится под влиянием специфических звуковых нагрузок, характерных для среды обитания и популяционной принадлежности ребенка. Поэтому можно предположить, что слуховой гнозис будет иметь особенности развития в городской и сельской популяции детей. В первую очередь это относится к невербальному анализу звуковых стимулов, относительно мало изученному по сравнению с анализом речевых звуков.

Ритмические предпочтения формируются уже в раннем возрасте, умение включаться в ритм основано на точном анализе временных аспектов звука. Способность распознавать ритмический рисунок и отбивать такт является одним из маркеров нормального развития речи у детей и подростков.

Дети уже в четыре года при исследовании акустического гнозиса правильно оценивают простые ритмические структуры, предъявляемые в медленном темпе, но не могут их воспроизвести по образцу или инструкции из-за несформированности произвольной регуляции собственной деятельности[1]. В возрасте 5–6 лет дошкольники могут правильно оценивать простые ритмические структуры, предъявляемые даже в быстром темпе, и воспроизводить их по инструкции с единичными ошибками и самостоятельной коррекцией[2]. Исследование детей младшего школьного возраста показало[3], что оценка и воспроизведение ритмических структур в 1–2 классах оказались недоступны 10,5 % школьников, причем это относилось в основном к оценке ритмических структур, тогда как воспроизведение их не вызывало больших затруднений. В 3–4 классах детей, не справляющихся с заданием, не оставалось: без ошибок анализ и воспроизведение ритмических паттернов смогли выполнить 57,2 % школьников 1–2-х и 65,5 % – 3–4-х классов[4].

Необходимо заметить, что приведенные выше данные по оценке и воспроизведению ритмов по слуховому образцу относились исключительно к городской популяции детей –

[1] Баарс Б., Гейдж Н. Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки: в 2 т. Т. 1 / под общ. ред. В.В. Шульговского; пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2022. – 541 с.

[2] Frackowiak R. S. J., Friston K. J., Frith C. D., Dolan R. J., Mazziotta J.C. Human Brain Function. – 2nd ed. – Boston: Elsevier Academic, 2004. – 1144 p.

[3] Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. – М.: Академия, 2013. – 380 с.;
Хомская Е. Д. Нейропсихология. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.;
Лурия А. Р., Цветкова Л. С., Футер Д. С. Афазия у композитора // Проблемы динамической локализации функций мозга: сб. тр., посвящ. С.А. Саркисову. – М.: Медицина, 1968. – С. 328–333.

[4] Ахутина Т. В. (ред.) Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет. – М.: В. Секачев, 2022. – 278 с.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

сопоставимых исследований в сельской популяции найти не удалось. Это составляет очевидный пробел в изученности проблемы: онтогенез слухомоторных координаций был прослежен только в одной, городской, среде обитания, тогда как сельская среда с иной звуковой, двигательной и социальной нагрузкой остается неисследованной, несмотря на ее существенное отличие от городской по структуре сенсорных стимулов.

В последние годы накапливается все больше данных о том, что городской и сельский образ жизни сопряжен с различиями в когнитивном развитии и в специфике формирования мозговых структур. Так, показано, что городские и сельские траектории на протяжении жизни связаны с различиями когнитивного функционирования в пожилом возрасте [14], а также что урбанизированная среда во время беременности и в детстве ассоциирована с особенностями микроструктуры белого вещества мозга у детей [16], а степень урбанизации взаимодействует с полигенным риском и влияет на функцию медиальной префронтальной коры при стрессе [17]. На большой выборке подростков показано, что глобальная урбанизированность связана с особенностями структуры мозга и поведения [18], а половые различия и средовые условия совместно определяют чувствительность улитки внутреннего уха в популяциях по всему миру [19]. Применительно непосредственно к слуховому восприятию у детей раннего возраста показано, что становление способности анализировать природные и рукотворные звуковые сигналы существенно зависит от характера звуковой среды, в которой растет ребенок [25]. Совокупность этих данных указывает на то, что городская и сельская среда могут по-разному влиять на созревание мозговых систем, обеспечивающих в том числе и слуховой невербальный гнозис, однако прямых сравнительных исследований слухомоторных координаций в этих двух популяциях детей ранее не проводилось.

Поэтому при изучении слуховых (гностических) процессов необходимо принимать во внимание факторы окружающей среды.

Цель исследования – выявить возрастные и популяционные особенности развития слухомоторных координаций (слухового невербального гнозиса) у детей 4–10 лет, проживающих в городской и сельской популяции.

Методология исследования

Методологические подходы. В основу исследования положен междисциплинарный подход, объединяющий представления отечественной нейропсихологии развития (А. Р. Лурия, Е. Д. Хомская, Т. В. Ахутина) о системной динамической организации высших психических функций с современной концепцией сенсомоторной интеграции, рассматривающей слуховой невербальный гнозис как результат непрерывного взаимодействия сенсорных и моторных систем мозга. Популяционно-средовой подход позволил рассматривать город и село как естественные модели различающихся по структуре сенсорных и социальных условий развития ребенка.

Теоретическое основание. Слуховой путь является более сложным органом, чем зрительный, из-за большого числа переключений между слуховыми рецепторами и корой, а также наличия большого количества альтернативных путей передачи слуховой информации. Анатомия и морфология слуховой системы отражает разнообразие связей внутри и

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

вне слуховой системы[5]. Ее возможности для восприятия сложных звуков ограничены, но способность к изучению новых акустических объектов сохраняется на протяжении всей жизни.

Несмотря на то, что слуховая кора получает сигналы от обоих ушей, информация в полушария поступает асимметрично, преобладая с контралатеральной стороны тела. Отмечается также наличие многочисленных связей между корой левого и правого полушария; обмен информацией происходит через мозолистое тело, и связи между полушариями имеют тонотопическую организацию.

Размер и расположение извилин Гешля, где находится первичная слуховая кора, имеющая тонотопическую организацию, характеризуются большой индивидуальной вариативностью [1]. Активность нейронов этой области отражает внешний звуковой ландшафт и способствует стабилизации слуховых стимулов [2]. В то же время височная область в большинстве случаев намного крупнее в левом полушарии – у правшей она может быть до десяти раз больше, чем в правом полушарии[6]. Предполагается, что большие размеры височной области левого полушария могут быть связаны с реализацией речи. Вторичные корковые поля слуховой системы правого полушария имеют, по данным разных авторов, преимущественное отношение к состоянию слухового невербального гнозиса[7].

Анализ стимулов в слуховой системе сопровождается взаимодействием с другими сенсорными и моторными системами, информация между которыми непрерывно циркулирует, что необходимо для их синхронизации [3], особенно сильны связи с двигательной функцией: одно только прослушивание ритмических рисунков активирует моторную кору [4; 5]. В отличие от зрительной системы слуховой гнозис связан с восприятием последовательности стимулов, реализующихся во времени, т. е. необходим сукцессивный анализ поступающих звуковых стимулов. Однако слуховая система обладает способностью и к восприятию звуков с высоким временным разрешением [6].

Ритм является универсальной биологической характеристикой, имеющей мозговые механизмы для его реализации [7; 8]. Ритм можно рассматривать в рамках временной шкалы, при этом субкортикальные структуры обрабатывают информацию в диапазоне микросекунд, а кора производит анализ звуковой информации в более растянутых временных рамках (секундах); возможность улавливать ритмический рисунок опирается на этот медленный мозговой ритм [9]. По некоторым данным, мелодические элементы музыки обрабатываются преимущественно в правом полушарии, а временная структура – ритм – имеет двустороннее представительство [10]. Е. Д. Хомская[8] считает, что явление аритмии может наблюдаться не только при правосторонних, но и при левосторонних очагах поражения мозга, т. е. восприятие и воспроизведение ритмических структур реализуется обоими

[5] Баарс Б., Гейдж Н. Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки: в 2 т. Т. 1 / под общ. ред. В.В. Шульговского; пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2022. – 541 с.

[6] Frackowiak R. S. J., Friston K. J., Frith C. D., Dolan R. J., Mazziotta J. C. Human Brain Function. – 2nd ed. – Boston: Elsevier Academic, 2004. – 1144 p.

[7] Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. – М.: Академия, 2013. – 380 с.;
Хомская Е. Д. Нейропсихология. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.;
Лурия А. Р., Цветкова Л. С., Футер Д. С. Афазия у композитора // Проблемы динамической локализации функций мозга: сб. тр., посвящ. С.А. Саркисову. – М.: Медицина, 1968. – С. 328–333.

[8] Хомская Е. Д. Нейропсихология. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

полушариями[9]. В то же время А. Р. Лурия[10] относит выявляемые дефекты музыкального слуха и воспроизведения ритмических структур преимущественно к поражению правой височной области[11]. Отмечается также ведущая роль правого полушария и в осуществлении ритмических характеристик движения[12].

Материалы и методы. Исследование состояния слухомоторных координаций было проведено в рамках комплексного нейропсихологического скринингового популяционного исследования детей в возрасте от 4 до 10 лет, проживающих в городах и сельской местности Восточной Сибири. Было обследовано 7 городов (от 100 до 700 тысяч человек) и 23 сельских района. Города и сельские районы располагались в одинаковых климатогеографических зонах.

Применялся метод поперечных срезов. В реальную (репрезентативную) выборку вошло 2253 ребенка, из них 1362 городских (653 мальчика и 709 девочек) и 891 сельский ребенок (392 мальчика и 499 девочек) (табл. 1). В городе более 90 % всех детей, а в сельской местности около 80 % посещали детские дошкольные учреждения. Сельские дети представляли 3–4-е поколение сельских, а городские – 2–3-е поколение городских жителей.

Критериями включения ребенка в каждую из групп наблюдения стали возраст от 4 до 10 лет и получение информированного согласия родителей или законного представителя ребенка на участие в исследовании.

Критериями исключения из исследования являлись: возраст младше 4 и старше 10 лет, отказ родителей или законного представителя от участия в исследовании, острые заболевания и/или прием лекарственных препаратов на момент обследования.

Этические аспекты. Протокол исследования был разработан в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (World Medical Association Declaration of Helsinki, 1964; последний пересмотр – 75th WMA General Assembly, Helsinki, Finland, October 2024). Исследование одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике при ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (протокол № 2 от 18.02.2020). От родителей или законных представителей всех обследованных детей было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Изучение состояния и динамики слухомоторных координаций (акустического невербального гнозиса) в разных популяциях детей проводилось с помощью методик на восприятие и оценку ритмов и на воспроизведение ритмов по слуховому образцу [13] (Rhythm Evaluation and Reproduction). Воспроизведение ритмов по речевой инструкции не применялось, так как основное внимание было направлено на изучение собственно слухового гнозиса, а данная проба в большей степени связана с выявлением способности к произвольному выполнению двигательных программ и относится к изучению функций

[9] Хомская Е. Д. Нейропсихология. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.

[10] Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. – М.: Академия, 2013. – С. 160.

[11] Там же.

[12] Кроткова О. К. Количественная оценка проявлений доминантности полушарий в сложных параметрах двигательной сферы // Нейропсихология сегодня / под ред. Е. Д. Хомской. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 198–207.

[13] Поляков В. М. Развитие высших психических процессов в городской и сельской популяциях детей // Культурно-историческая психология. – 2008. – Т. 4, № 1. – С. 9–16. URL: https://elibrary.ru/jxdqfn

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

III блока мозга[14]. Кроме того, введение дополнительной речевой инструкции могло усложнить интерпретацию полученных данных из-за разного понимания и выполнения ее в зависимости от возраста и популяционной принадлежности ребенка.

Таблица 1

Общая характеристика выборки

Table 1

General characteristics of the sample

Популяции / Populations		Городские дети / City children	Сельские дети / Rural children	Итого / Total
Возраст, N (%) / Age, N (%)	4 года / 4 years	132 (59 %)	93 (41 %)	225
	5 лет / 5 years	219 (61 %)	139 (39 %)	358
	6 лет / 6 years	399 (65 %)	216 (35 %)	615
	7–8 лет / 7–8 years	378 (62 %)	231 (38 %)	609
	9–10 лет / 9–10 years	234 (52 %)	212 (48 %)	446
Пол, N (%) / Gender, N (%)	Мальчики / Boys	653 (48 %)	392 (44 %)	1045 (46 %)
	Возраст, годы (M±SD)	7,1±1,81	6,7±1,93	6,9±1,84
	Девочки / Girls	709 (52 %)	499 (56 %)	1208 (54 %)
	Возраст, годы (M±SD)	7,8±1,82	7,4±1,76	7,6±1,78
Всего, N / Total, N		1362	891	2253

Для восприятия и оценки ритмических структур с разной скоростью предъявлялось четыре группы ритмов по два или три удара в каждой группе. При оценке ритмических структур четырехлетним детям предъявлялись только медленные ритмические последовательности без акцентированных ударов. Оценка и воспроизведение ритмов по слуховому образцу в более старшем возрасте (с 6 до 10 лет) включали дополнительно две группы акцентированных ритмических структур. Результаты выполнения проб суммировались, и интегральная оценка выставлялась по пятибалльной системе: 4 балла – недоступность выполнения; 3 балла – грубые ошибки в оценке и воспроизведении ритмов с частичной коррекцией с внешней помощью; 2 балла – постоянные ошибки в восприятии и воспроизведении ритмических структур с самостоятельной коррекцией; 1 балл – единичные ошибки с самокоррекцией, уверенное восприятие и воспроизведение ритмов; 0 баллов – безошибочное выполнение задания. Для восприятия или воспроизведения каждого ритмического образца давалось не более двух попыток, после чего сразу переходили к следующему ритму.

Статистический анализ данных. Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программного пакета Statistica 8.0 (StatSoft Inc., США). Использовались методы параметрической и непараметрической статистики: критерий λ Колмогорова – Смирнова и критерий x^2 Пирсона – для сравнения двух эмпирических рас-

[14] Ахутина Т. В. (ред.) Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет. – М.: В. Секачев, 2022. – 278 с.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

пределений, коэффициент ранговой корреляции r-Спирмена – для оценки корреляционных связей. Различия в процентных (относительных) величинах оценивали с помощью φ*-критерия Фишера с угловым преобразованием. Критический уровень статистической значимости принимался при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования

Дети 4 лет

Выполнение проб на оценку и воспроизведение простых ритмов по слуховому образцу вызывало заметные трудности у всех детей, но в целом задания были доступны в этом возрасте.

Таблица 2

Оценка и воспроизведение ритмических структур городскими и сельскими детьми в разном возрасте (x^2 Пирсона)

Table 2

Assessment and reproduction of rhythmic structures by urban and rural children at different ages (x^2 Pearson's)

Возраст / Age	Популяции / Populations	4 балла* / 4 points* N (%)	3 балла / 3 points N (%)	2 балла / 2 points N (%)	1 балл / 1 point N (%)	0 баллов / 0 points N (%)	x^2
4 года / 4 years	Город / City N = 132	10 (7,8 %)	25 (19,1 %)	38 (28,6 %)	44 (33,3 %)	15 (11,2 %)	$x^2 = 1,059$ $p > 0,05$
	Село / Village N = 93	5 (5,6 %)	10 (10,6 %)	28 (30,5 %)	35 (37,6 %)	15 (15,7 %)	
5 лет / 5 years	Город / City N = 219	10 (4,7 %)	12 (5,5 %)	30 (13,7 %)	87 (39,7 %)	80 (36,4 %)	$x^2 = 9,740$ $p \leq 0,05$**
	Село / Village N = 139	0 (0 %)	7 (4,8 %)	24 (17,3 %)	52 (37,4 %)	56 (40,5 %)	
6 лет / 6 years	Город / City N = 399	0 (0 %)	36 (8,9 %)	38 (9,6 %)	127 (31,8 %)	198 (49,7 %)	$x^2 = 9,428$ $p \leq 0,05$**
	Село / Village N = 216	0 (0 %)	7 (3,4 %)	23 (10,4 %)	57 (26,4 %)	129 (59,8 %)	
1–2 класс / 1–2 grade	Город / City N = 378	0 (0 %)	12 (3,2 %)	42 (11,1 %)	119 (31,5 %)	205 (54,2 %)	$x^2 = 9,620$ $p \leq 0,05$**
	Село / Village N = 231	0 (0 %)	0 (0 %)	20 (8,6 %)	69 (29,9 %)	142 (61,5 %)	
3–4 класс / 3–4 grade	Город / City N = 234	0 (0 %)	0 (0 %)	32 (13,6 %)	68 (29,1 %)	134 (57,3 %)	$x^2 = 8,412$ $p \leq 0,05$**
	Село / Village N = 212	0 (0 %)	0 (0 %)	16 (7,5 %)	48 (22,6 %)	148 (69,9 %)	

Примечание: * – 4 балла: недоступность выполнения; 3 балла: грубые ошибки в оценке и воспроизведении ритмов с частичной коррекцией с внешней помощью; 2 балла: постоянные ошибки с самостоятельной коррекцией; 1 балл: единичные ошибки с самокоррекцией; 0 баллов: безошибочное выполнение. ** – различия между городской и сельской популяцией статистически достоверны ($p \leq 0,05$).

Note: * – 4 points: unavailable performance; 3 points: gross errors with partial external correction; 2 points: constant errors with self-correction; 1 point: isolated errors with self-correction; 0 points: error-free performance. ** – the discrepancy between urban and rural populations is statistically significant ($p \leq 0.05$).

С заданием не справились 7,8 % городских и 5,6 % сельских детей – при оценке и воспроизведении простых ритмов в медленном темпе. При усложнении задания (ускорении темпа) оценка и воспроизведение ритмов

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

становились недоступны еще большему числу детей – 26,9 % городских и 16,2 % сельских. Одновременно в выборках четырехлетних детей выявлена группа из 11,2 % городских и 15,7 % сельских дошкольников, безошибочно выполнявшая пробы даже при небольшом ускорении темпа предъявления ритмических структур.

Подавляющее большинство детей, независимо от популяционной принадлежности, могли оценивать и воспроизводить только простые ритмические структуры в медленном темпе с грубыми, постоянными или единичными ошибками: в городской выборке – 81 %, в сельской – 78,7 %. В этом возрасте дети лучше справлялись с оценкой ритмов, чем с их воспроизведением по слуховому образцу. В целом данные восприятия и воспроизведения ритмических структур городскими и сельскими детьми оказались статистически сопоставимыми – значимых различий между выборками не выявлено (табл. 2).

Девочки в четыре года, независимо от места проживания, оценивали и воспроизводили ритмы по слуховому образцу несколько лучше, чем мальчики.

Дети 5 лет

В пятилетнем возрасте дети заметно улучшили показатели восприятия и воспроизведения ритмических структур, несмотря на то что темп предъявления ритмов ускорялся и предъявлялись отдельные акцентированные ритмы. Улучшение отмечалось в обеих выборках, не зависело от пола и места жительства, а различия между показателями четырёх- и пятилетних детей достигали уровня статистической значимости (табл. 3).

Таблица 3

Результаты выполнения пробы на оценку и воспроизведение ритмических структур городскими и сельскими детьми в возрастном аспекте (λ Колмогорова – Смирнова)

Table 3

Results of the assessment and reproduction of rhythmic structures by urban and rural children by age (λ Kolmogorov – Smirnov)

Возрастные группы сравнения / Age comparison groups	Городские дети / City children			Сельские дети / Rural children		
	Мальчики / Boys	Девочки / Girls	Все / Total	Мальчики / Boys	Девочки / Girls	Все / Total
4–5 лет / 4–5 years	2,03; p = 0,0005*	1,70; p = 0,0061*	1,99; p = 0,0007*	1,53; p = 0,018*	1,37; p = 0,046*	1,99; p = 0,0007*
5–6 лет / 5–6 years	1,92; p = 0,0012*	1,83; p = 0,0024*	2,01; p = 0,0006*	1,60; p = 0,011*	1,63; p = 0,009*	2,11; p = 0,0002*
6 лет – 1–2 кл. / 6 years – 1–2 grades	1,30; p = 0,068	1,27; p = 0,079	1,29; p = 0,071	1,25; p = 0,087	1,23; p = 0,097	1,34; p = 0,055
1–2 / 3–4 кл. / 1–2 / 3–4 grades	1,33; p = 0,058	1,31; p = 0,064	1,34; p = 0,055	1,32; p = 0,061	1,24; p = 0,092	1,21; p = 0,10

Примечание: * – p (λ): различия между группами городских и сельских детей значимы на уровне 0,01–0,05.

Note: * – p (λ): differences between groups of urban and rural children are significant at the 0.01–0.05 level.

Число детей, выполнявших пробы с различными типами ошибок, снизилось до 63,6 % в городе и 59,5 % в сельской местности; доля дошкольников, справлявшихся с заданием без ошибок, возросла до 36,4 % в городской и до 40,5 % в сельской популяции. В городской выборке, в отличие от сельской, сохранялась

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

группа детей (4,7 %), которым задание оставалось недоступным. Число городских детей, выполнявших слухомоторные координации с грубыми ошибками, оказалось достоверно больше, чем сельских сверстников (табл. 4); в целом различие между данными городских и сельских детей достигало уровня статистической значимости (табл. 2).

Таблица 4

Распространенность грубых, некорректируемых или частично корректируемых ошибок при выполнении слухомоторных координаций у городских и сельских детей в пять лет

Table 4

Prevalence of gross, uncorrectable or partially correctable errors in auditory-motor coordination in urban and rural children at five years of age

	Городские дети / City children N = 219 (абс. %)	Сельские дети / Rural children N = 139 (абс. %)	Критерий φ* Фишера / Fisher's φ* criterion
Мальчики / Boys	12	6,6	1,64; p = 0,05**
Девочки / Girls	8,5	0,7	2,56; p = 0,004**
Все / Total	20,5	6,6	2,19; p = 0,014**

Примечание: ** – p: различия между городскими и сельскими детьми значимы на уровне 0,01–0,05.

Note: ** – p: differences between urban and rural children are significant at the 0.01–0.05 level.

Дети 6 лет

В шесть лет динамика развития слухомоторных координаций у всех детей оставалась интенсивной: сдвиги в успешности выполнения проб, по сравнению с показателями пятилетних детей, достигли уровня статистической значимости (табл. 3). Различия между данными шестилетних детей из разных популяций стали более отчетливыми и достигли уровня статистической достоверности у мальчиков и в целом по выборкам; у девочек отличия не получили статистического подтверждения (табл. 2).

В городской выборке грубые, частично корректируемые ошибки продолжали допускать 8,9 % детей (12,4 % мальчиков и 5,3 % девочек), в сельской – 3,4 % (5,1% мальчиков и 1,6 % девочек) (табл. 5). Около 60 % сельских детей выполняли пробу безошибочно, тогда как в городской выборке – только половина обследованных.

Таблица 5

Распространенность грубых, частично корректируемых ошибок при выполнении слухомоторных координаций у городских и сельских детей в шесть лет

Table 5

Prevalence of gross, partially correctable errors in auditory-motor coordination in urban and rural children aged six years

	Городские дети / City children N = 399 (абс. %)	Сельские дети / Rural children N = 216 (абс. %)	Критерий φ* Фишера / Fisher's φ* criterion
Мальчики / Boys	12,4	5,1	2,11; p = 0,01**
Девочки / Girls	5,3	1,6	1,82; p < 0,03**
Все / Total	17,7	6,7	4,11; p < 0,001**

Примечание: ** – p: различия между городскими и сельскими детьми значимы на уровне 0,05–0,001.

Note: ** – p: differences between urban and rural children are significant at the 0.05–0.001 level.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Девочки продолжали выполнять пробы более успешно, чем мальчики (табл. 6): наиболее высокие показатели – у сельских девочек (61,6 % безошибочного выполнения), наиболее низкие – у городских мальчиков (49,2 %).

Таблица 6

Распространенность грубых, частично корректируемых ошибок у мальчиков и девочек из городской и сельской популяции при выполнении слухомоторных координаций в разном возрасте

Table 6

Prevalence of gross, partially correctable errors in boys and girls from urban and rural populations at different ages

Возраст / Age	Мальчики / Boys (абс. %)	Девочки / Girls (абс. %)	Критерий φ* Фишера / Fisher's φ* criterion
5 лет / 5 years мал. N = 160 / дев. N = 198	7,2	2,6	2,060; p = 0,02**
6 лет / 6 years мал. N = 292 / дев. N = 323	8,7	3,5	2,761; p = 0,002**
7–8 лет (1–2 кл.) / 7–8 years (1–2 grades) мал. N = 288 / дев. N = 321	4,3	2	1,65; p = 0,04**

Примечание: ** – p: различия между городскими и сельскими детьми значимы на уровне 0,05–0,001.

Note: ** – p: differences between urban and rural children are significant at the 0.05–0.001 level.

Дети 7–10 лет (1–4 классы)

С началом школьного обучения положительная динамика успешности в оценке и воспроизведении ритмических структур снизилась как в городской, так и в сельской популяции; возрастные различия по сравнению со старшими дошкольниками уменьшились до уровня статистической тенденции (табл. 3). Различие между городской и сельской выборками сохранялось на уровне статистической значимости и приобрело более общий характер, охватывая все обследованные группы детей (табл. 2).

В 1–2-х классах 91,4 % сельских школьников выполняли пробы безошибочно либо с единичными, легко корректируемыми ошибками. В городской выборке сохранялась группа школьников (3,2 %), выполнявшая задание с грубыми, частично корректируемыми ошибками. В 3–4-х классах основные тенденции сохранялись; отличия между данными начала и конца обучения в начальной школе оказались незначительными (табл. 3), тогда как различие между городскими и сельскими школьниками оставалось статистически значимым. В возрасте 9–10 лет ни один школьник не допускал грубых ошибок; постоянные ошибки допускали 13,6 % городских детей (8 % мальчиков и 5,6 % девочек) и 7,5 % сельских. Без ошибок пробу выполняли 74,1 % сельских девочек, 65,3 % сельских мальчиков, 61,7 % городских девочек и 52,8 % городских мальчиков.

Взаимосвязь показателей слухомоторных координаций и праксиса

Корреляционный анализ показал наличие связей между показателями оценки и воспроизведения ритмов и показателями двигательной функции; характер группировки значимых связей в городской и сельской популяции различался (табл. 7).

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Таблица 7

Взаимосвязь показателей слухомоторных координаций и праксиса в городской и сельской популяции детей (r-Спирмена)

Table 7

Correlation between auditory-motor coordination and praxis indicators in urban and rural populations of children (r-Spearman)

Возраст / Age	Городские дети / City children				Сельские дети / Rural children			
	Реципр. проба / Reciprocal test	Динам. праксис / Dynamic praxis	Праксис позы / Postural praxis	Проба Хэда / Head's test	Реципр. проба / Reciprocal test	Динам. праксис / Dynamic praxis	Праксис позы / Postural praxis	Проба Хэда / Head's test
1–2 кл. (7–8 лет) / 1–2 grades (7–8 years)	0,204*	0,400*	0,343*	-0,108	0,058	0,170*	0,266*	0,221*
3–4 кл. (9–10 лет) / 3–4 grades (9–10 years)	0,236*	-0,152*	-0,051	0,240*	0,108	0,049	0,181*	0,267*

Примечание: * – уровень статистической значимости: p < 0,01–0,001.

Note: * – level of statistical significance: p < 0.01–0.001.

Обсуждение

Интерпретация возрастной динамики

Появление в выборке четырехлетних детей группы дошкольников (11,2 % городских и 15,7 % сельских), безошибочно выполнявших пробы уже при ускорении темпа, независимо от популяционной принадлежности, вероятно, отражает генетически обусловленную вариативность сроков созревания акустических систем, обеспечивающих слуховой гнозис, поскольку средовое влияние в этом возрасте еще минимально.

Начиная с пятилетнего возраста между популяциями формируются разные стратегии выполнения пробы. Для сельских детей была характерна быстрая и прочная оценка ритмической структуры при выраженных трудностях перехода к воспроизведению следующего ритма (инертность предыдущего двигательного стереотипа), что может быть связано с более низким уровнем развития произвольной регуляции двигательной сферы у сельских детей и демонстрирует расхождение между уровнем развития собственно акустического гнозиса и двигательным компонентом пробы. Городские дети, напротив, чаще ошибались в оценке простых ритмов, но допускали меньше ошибок при их воспроизведении; типичным для городских детей-правшей являлся переход на левую руку при воспроизведении сложных ритмических структур, что можно интерпретировать как дополнительную стимуляцию правополушарных функций, компенсирующую относительно худшую оценку ритмического рисунка.

Замедление темпа прироста успешности к началу школьного обучения может объясняться двумя причинами: во-первых, использованием единого набора проб начиная с 4 лет, вследствие чего показатели приближаются к потолку шкалы; во-вторых, смещением акцентов когнитивного развития на интенсивное

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

формирование речи и связанных с ней психических процессов, что сопровождается постоянной нагрузкой на левополушарные (в том числе височные) структуры и может вызывать реципрокное снижение активности правополушарных структур, обеспечивающих слуховой невербальный гнозис.

Разная топография значимых корреляционных связей акустического гнозиса с показателями праксиса в городской (преимущественно с кинетическим произвольным компонентом движений, связанным с передними, префронтальными отделами мозга) и сельской (преимущественно с кинестетической и пространственной составляющей движений, связанной с задними, теменными структурами) популяциях указывает на то, что в процессе развития формируются разные функциональные системы, обеспечивающие акустико-гностическую деятельность. Относительно лучшее развитие слухового невербального гнозиса в сельской популяции может быть связано со спецификой сельской среды – меньшей интенсивностью речевой нагрузки и большим значением анализа природных звуков; для городской среды, напротив, характерна интенсивная, но преимущественно фоновая звуковая нагрузка, что предъявляет повышенные требования к произвольному выделению значимого сигнала из шума и, соответственно, к височно-префронтальным связям.

Устойчивое преимущество девочек на протяжении всего исследованного возрастного диапазона, независимо от популяционной принадлежности, согласуется с данными о структурных половых различиях улитки внутреннего уха, обусловливающих более высокую слуховую чувствительность у женщин [19], а также с данными фМРТ о половых различиях топографии корковой активности при дихотическом прослушивании [23]. Вместе с тем сохраняющиеся различия между городскими и сельскими девочками на протяжении всего периода начального обучения свидетельствуют об универсальном, не зависящем от пола действии средовых факторов.

Сопоставление с литературными данными

Полученные данные согласуются с представлениями о тесной морфофункциональной связи слуховой и двигательной систем и о вовлечении моторных зон коры уже на этапе восприятия ритма [4; 5; 7], а также с данными о значении сенсомоторной интеграции для точного анализа временной структуры звука [8; 9]. Обнаруженная связь успешности оценки и воспроизведения ритмов с показателями праксиса подтверждает описанную в литературе роль лобно-теменных сетей в переработке временной и моторной составляющей ритма [4; 7].

Более раннее и успешное формирование слухомоторных координаций у сельских детей согласуется с данными о том, что резидентные траектории на протяжении жизни связаны с особенностями когнитивного функционирования [14], а степень урбанизации – с особенностями структуры и функциональной активности мозга у детей и подростков [16; 17; 18]. Эти данные расширяют представления, полученные в предшествующем исследовании той же научной группы на этой же выборке, о более раннем формировании кинестетической и пространственной основы движений у сельских детей [20], показывая, что аналогичное популяционное преимущество распространяется и на слуховой невербальный гнозис.

В то же время часть полученных данных обладает известной новизной и не имеет прямых аналогов: направленное сопоставление слухомоторных координаций именно в городской и сельской популяциях детей ранее не

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

проводилось, а формирование разных по нейропсихологической структуре акустико-когнитивных карт мозга в этих двух популяциях описано впервые. Это не противоречит, а дополняет данные об общей связи природного звукового окружения с развитием слухового восприятия у детей [25] и о влиянии урбанизированной среды на созревание корковых структур [16; 17; 18], перенося эти закономерности в область собственно слухомоторных, а не только общекогнитивных функций.

Ограничения исследования

Исследование имеет ряд ограничений. Применен поперечный (cross-sectional), а не продольный дизайн, что не позволяет напрямую проследить индивидуальную траекторию развития функции у одного и того же ребенка и заставляет интерпретировать возрастную динамику как усредненную по выборке. Обследование проведено в одном географическом регионе (Восточная Сибирь), что ограничивает возможность прямой экстраполяции полученных данных на другие популяции городских и сельских детей. Деление на городскую и сельскую популяции носило комплексный, а не строго факторный характер: различия между группами могли определяться не только акустической, но и сопутствующими социальными, двигательными и образовательными компонентами среды, вклад которых в настоящем исследовании отдельно не контролировался. Психогенетическая природа группы детей с опережающим развитием акустического гнозиса в 4 года требует специальной проверки в исследованиях с привлечением близнецового метода или молекулярно-генетических маркеров.

Заключение

1. Акустический анализ и воспроизведение ритмических структур (слуховой невербальный гнозис) лучше развивались в сельской популяции детей; значимость различий между городскими и сельскими детьми подтверждена статистическими методами и сохранялась на протяжении всего изучаемого возрастного периода начиная с пяти лет и до окончания начальной школы.

2. Формирование слухового гнозиса происходило гетерохронно в разных популяциях: более раннее развитие начиналось в сельской популяции в 4–5 лет, а в городской процесс интенсивного развития слухового невербального гнозиса приходился на 5–6-летний возраст, запаздывая примерно на год.

3. В городской и сельской популяции детей формируются разные по структуре функциональные (акустико-когнитивные) карты мозга, обеспечивающие акустико-гностическую деятельность, что согласуется с современными представлениями о пластичности мозга ребенка и его способности тонко настраиваться на особенности слухового окружения.

4. Девочки, независимо от популяционной принадлежности, опережали мальчиков в развитии слухового гнозиса.

5. Раннее (в 4 года) опережающее развитие акустического гнозиса выявлено у части детей (13,5 %) независимо от популяционной принадлежности, что позволяет рассматривать этот феномен как имеющий преимущественно генетическую, а не средовую природу и требующий организации психолого-педагогического сопровождения таких детей.

Новизна исследования

Впервые на репрезентативной выборке детей (n = 2253), обследованных в единых климатогеографических условиях Восточной Сибири, проведено прямое сопоставление показателей акустического невербального гнозиса у городских и сельских детей в возрастном диапазоне от 4 до 10 лет. Впервые показано, что становление слухомоторных координаций

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

носит гетерохронный, популяционно специфичный характер и сопровождается формированием различных по нейропсихологической структуре акустико-когнитивных карт мозга в городской и сельской среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Saenz M., Langers D. R. M. Tonotopic mapping of human auditory cortex // Hearing Research. – 2014. – Vol. 307. – P. 42–52. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.07.016
2. Riecke L., Van Opstal J., Goebel R., Formisano E. Hearing illusory sounds in noise: sensory-perceptual transformations in primary auditory cortex // Journal of Neuroscience. – 2007. – Vol. 27 (46). – P. 12684–12689. DOI: https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2713-07.2007
3. Deco G., Sanz Perl Y., Ponce-Alvarez A., Tagliazucchi E., Whybrow P., Fuster J. M., Kringelbach M. L. One ring to rule them all: the unifying role of prefrontal cortex in steering task-related brain dynamics // Progress in Neurobiology. – 2023. – Vol. 227. – P. 102468. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2023.102468
4. Grahn J. A., Brett M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain // Journal of Cognitive Neuroscience. – 2007. – Vol. 19 (5). – P. 893–906. DOI: https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.893
5. Chen J. L., Penhune V. B., Zatorre R. J. Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain // Cerebral Cortex. – 2008. – Vol. 18 (12). – P. 2844–2854. DOI: https://doi.org/10.1093/cercor/bhn042
6. Gage N., Roberts T. P., Hickok G. Temporal resolution properties of human auditory cortex: reflections in the neuromagnetic auditory evoked M100 component // Brain Research. – 2006. – Vol. 1069 (1). – P. 166–171. DOI: https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.023
7. Konoike N., Kotozaki Y., Jeong H., Miyazaki A., Sakaki K., Shinada T., Sugiura M., Kawashima R., Nakamura K. Temporal and motor representation of rhythm in fronto-parietal cortical areas: an fMRI study // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10 (6). – P. e0130120. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130120
8. Buhusi C. V., Meck W. H. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing // Nature Reviews Neuroscience. – 2005. – Vol. 6 (10). – P. 755–765. DOI: https://doi.org/10.1038/nrn1764
9. Tierney A., Kraus N. Getting back on the beat: links between auditory-motor integration and precise auditory processing at fast time scales // European Journal of Neuroscience. – 2016. – Vol. 43 (6). – P. 782–791. DOI: https://doi.org/10.1111/ejn.13171
10. Peretz I., Zatorre R. J. Brain organization for music processing // Annual Review of Psychology. – 2005. – Vol. 56 (1). – P. 89–114. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070225
11. Thomson J. M., Goswami U. Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: auditory and motor rhythms link to reading and spelling // Journal of Physiology-Paris. – 2008. – Vol. 102 (1–3). – P. 120–129. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007
12. Bonacina S., Krizman J., White-Schwoch T., Nicol T., Kraus N. Distinct rhythmic abilities align with phonological awareness and rapid naming in school-age children // Cognitive Processing. – 2020. – Vol. 21 (4). – P. 575–581. DOI: https://doi.org/10.1007/s10339-020-00984-6
13. Corriveau K. H., Goswami U. Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: tapping to the beat // Cortex. – 2009. – Vol. 45 (1). – P. 119–130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.09.008

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

14. Orsholits D., Cullati S., Cheval B., Ghisletta P., Oris M., Maurer J., Studer M., Marques A., Marconcin P., Gouveia É. R., Kliegel M., Ihle A. Residential trajectories across the life course and their association with cognitive functioning in later life // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12 (1). – P. 17004. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-022-18501-4
15. Жиркова А. В. Особенности развития контроля поведения у младших школьников из семей с различной этнокультурной принадлежностью // Экспериментальная психология. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 79–90. URL: https://elibrary.ru/axdpru DOI: https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130106
16. Binter A. C., Granés L., Bannier E., de Castro M., Petricola S., Fossati S., Vrijheid M., Chevrier C., El Marroun H., Nieuwenhuijsen M., Saint-Amour D., Tiemeier H., Guxens M. Urban environment during pregnancy and childhood and white matter microstructure in preadolescence in two European birth cohorts // Environmental Pollution. – 2024. – Vol. 346. – P. 123612. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123612
17. Zhang X., Yan H., Yu H., Zhao X., Shah S., Dong Z., Yang G., Zhang X., Muse T., Li J., Jiang S., Liao J., Zhang Y., Chen Q., Weinberger D. R., Yue W., Zhang D., Tan H. Y. Childhood urbanicity interacts with polygenic risk for depression to affect stress-related medial prefrontal function // Translational Psychiatry. – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 522. DOI: https://doi.org/10.1038/s41398-021-01650-x
18. Xu J., Liu X., Li Q., Goldblatt R., Qin W., Liu F., Chu C., Luo Q., Ing A., Guo L., Liu N., Liu H., Huang C., Cheng J., Wang M., Geng Z., Zhu W., Zhang B., Liao W., Qiu S., Zhang H., Xu X., Yu Y., Gao B., Han T., Cui G., Chen F., Xian J., Li J., Zhang J., Zuo X.-N., Wang D., Shen W., Miao Y., Yuan F., Lui S., Zhang X., Xu K., Zhang L., Ye Z., Banaschewski T., Barker G. J., Bokde A. L. W., Flor H., Grigis A., Garavan H., Gowland P., Heinz A., Brühl R., Martinot J.-L., Artiges E., Nees F., Orfanos D. P., Lemaitre H., Paus T., Poustka L., Robinson L., Hohmann S., Fröhner J. H., Smolka M. N., Walter H., Whelan R., Winterer J., Patrick K., Calhoun V., Li M. J., Liang M., Gong P., Barker E. D., Clinton N., Marquand A., Yu L., Yu C., Schumann G., CHIMGEN and IMAGEN Consortia. Global urbanicity is associated with brain and behaviour in young people // Nature Human Behaviour. – 2022. – Vol. 6 (2). – P. 279-293. DOI: https://doi.org/10.1038/s41562-021-01204-7
19. Balaresque P., Delmotte S., Delehelle F., Moreira A., Saenz-Oyhéréguy N., Croze M., Hegay T., Aripova T., Le Bomin S., Mennecier P., Descouens D., Cussat-Blanc S., Luga H., Guevara A., D'Amato M. E., King T., Mollereau C., Heyer E. Sex and environment shape cochlear sensitivity in human populations worldwide // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – P. 10475. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-92763-6
20. Поляков В. М., Рычкова Л. В., Прохорова Ж. В., Вотинева А. С., Черевикова И. А. Развитие кинестетической и пространственной основы движений в городской и сельской популяции детей // Acta biomedica scientifica. – 2025. – Т. 10, № 2. – С. 44–51. URL: https://elibrary.ru/lshefo DOI: https://doi.org/10.29413/ABS.2025-10.2.19
21. Рычкова Л. В., Астахова Т. А., Климкина Ю. Н., Долгих О. А., Погодина А. В. Динамика антропометрических характеристик подростков бурятской национальности в сельской местности Восточной Сибири в период с 2003 по 2018 год // Экология человека. – 2021. – № 4. – С. 47–54. URL: https://elibrary.ru/yvewoc DOI: https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-4-47-54
22. Астахова Т. А., Рычкова Л. В., Погодина А. В., Мандзяк Т. В., Климкина Ю. Н. Сравнительная характеристика состояния здоровья подростков разных этнических групп Республики Бурятия // Экология человека. – 2017. – № 6. – С. 24–29. URL: https://elibrary.ru/yunokn DOI: https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-6-24-29

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

23. Майорова Л. А., Кушнир А. Б. Половые различия селективного слухового внимания при дихотическом прослушивании различной степени сложности: данные фМРТ-исследования // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2023. – Т. 73, № 5. – С. 637–650. URL: https://elibrary.ru/lkhfvy DOI: https://doi.org/10.31857/S0044467723050076
24. Polyakov V. M., Dolgikh V. V., Kolesnikova L. I., Rychkova L. V. Peculiarities of ontogenesis of brain functional systems in urban and village children // International Journal of Psychophysiology. – 2008. – Vol. 69 (3). – P. 297–298. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.05.288
25. Polver S., Miller-Viacava N., Fraticelli M., Gervain J., Lorenzi C. Developmental origins of natural sound perception // Frontiers in Psychology. – 2024. – Vol. 15. – P. 1474961. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1474961

Поступила: 15 июля 2026 Принята: 2 сентября 2026 Опубликована: 31 октября 2026

Заявленный вклад авторов:

Поляков В. М.: разработка общей концепции и дизайна исследования, интерпретация полученных результатов.

Прохорова Ж. В.: организация и проведение эмпирического этапа исследования, систематизация и первичная обработка эмпирических данных.

Рычкова Л. В.: обеспечение поддержки проекта, научное консультирование на всех этапах, критический пересмотр содержания рукописи.

Аникович А. П.: подготовка и редактирование рукописи, оформление статьи в соответствии с требованиями журнала.

Колесникова Л. И.: научное консультирование и руководство исследованием, участие в обсуждении промежуточных и итоговых результатов, критический пересмотр содержания рукописи.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи

Информация об авторах

Поляков Владимир Матвеевич
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
лаборатория нейропсихологии и психосоматической патологии детского возраста,
Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6243-9391
SPIN-код: 2704-7719
E-mail: vmpolyakov@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Прохорова Жанна Владимировна
кандидат биологических наук, заведующая
лаборатория нейропсихологии и психосоматической патологии детского возраста,
Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-8236-1747
SPIN-код: 6002-5923
E-mail: 79148772181@yandex.ru

Рычкова Любовь Владимировна
доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор,
Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-2910-0737
SPIN-код: 1369-6575
E-mail: rychkova.nc@gmail.com

Аникович Анастасия Павловна
лаборант-исследователь
лаборатория нейропсихологии и психосоматической патологии детского возраста,
Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16 (автор для корреспонденции).
ORCID ID: http://orcid.org/0009-0001-5706-8482
E-mail: anikovichenka@yandex.ru

Колесникова Любовь Ильинична
доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, научный руководитель,
Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-3354-2992
SPIN-код: 1584-0281
E-mail: kolesnikova20121@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Science for Education Today

2026, vol. 16, issue 5 http://en.sciforedu.ru/ ISSN 2658-6762

DOI: 10.15293/2658-6762.2605.11 Research Full Article / Article language: Russian

Developmental features of auditory-motor coordination in urban and rural children aged between 4 and 10 years

V. M. Polyakov[1], Zh. V. Prokhorova[1], L. V. Rychkova[1], A. P. Anikovich[1], L. I. Kolesnikova[1]

[1]Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russian federation

Abstract

Introduction. *The research problem lies in the lack of comparative data on the influence of the living environment on the development of auditory-motor coordination in children, despite the established link between rhythmic processing and the development of speech and cognitive functions. The aim of this study is to identify age-related and population-specific features of auditory-motor coordination (acoustic non-verbal gnosis) in children aged 4–10 years living in urban and rural environments.*

Materials and Methods. *A cross-sectional study was conducted as part of a population-based neuropsychological screening. A total of 2,253 children (1,362 urban and 891 rural) aged between 4 and 10 years were examined. Rhythm perception and reproduction were assessed using a standardized Rhythm Evaluation and Reproduction technique on a five-point scale. Statistical processing included the Kolmogorov–Smirnov λ test, Pearson's χ^2 test, Spearman's rank correlation coefficient, and Fisher's φ* test (Statistica 8.0 software package).*

Results. *The study revealed that differences in the success of auditory-motor coordination development between urban and rural children emerge at the age of 5 years and reach statistical significance from the age of 6. Intensive development of the function begins earlier and proceeds more effectively in rural children, while heterochrony of development persists until completing primary education.*

Gender differences were summarized: girls outperform boys regardless of population group. It was established that in the rural population, auditory-motor coordination is associated with kinesthetic and spatial praxis, whereas in the urban population, it is associated with the kinetic component.

Acknowledgments

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation by a state assignment. Project No. 121022500178-3 (“Key patterns and mechanisms underlying the development of health disorders in children and adolescents as a basis for a personalized approach to diagnosis, treatment, and prevention in modern pediatrics”).

For citation

Polyakov V. M., Prokhorova Zh. V., Rychkova L. V., Anikovich A. P., Kolesnikova L. I. Developmental features of auditory-motor coordination in urban and rural children aged between 4 and 10 years. *Science for Education Today*, 2026, vol. 16 (5), pp. 226–247. DOI: http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2605.11

Corresponding Author: A. P. Anikovich, anikovichenka@yandex.ru

© V. M. Polyakov, Zh. V. Prokhorova, L. V. Rychkova, A. P. Anikovich, L. I. Kolesnikova, 2026

© 2011–2026 Science for Education Today **All rights reserved**

Conclusions. *The development of auditory-motor coordination in children is population-specific and proceeds heterochronously. The rural environment provides earlier and more successful formation of acoustic non-verbal gnosis compared to the urban environment, which should be taken into account when developing age norms and educational programs.*

Keywords

Auditory-motor coordination; Acoustic non-verbal gnosis; Rhythm perception; Rhythm reproduction; Urban child population; Rural child population; Developmental heterochrony; Environmental factors in ontogenesis.

REFERENCES

1. Saenz M., Langers D. R. M. Tonotopic mapping of human auditory cortex. *Hearing Research*, 2014, vol. 307, pp. 42-52. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.07.016
2. Riecke L., Van Opstal J., Goebel R., Formisano E. Hearing illusory sounds in noise: Sensory-perceptual transformations in primary auditory cortex. *Journal of Neuroscience*, 2007, vol. 27 (46), pp. 12684-12689. DOI: https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2713-07.2007
3. Deco G., Sanz Perl Y., Ponce-Alvarez A., Tagliazucchi E., Whybrow P., Fuster J. M., Kringelbach M. L. One ring to rule them all: The unifying role of prefrontal cortex in steering task-related brain dynamics. *Progress in Neurobiology*, 2023, vol. 227, pp. 102468. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2023.102468
4. Grahn J. A., Brett M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2007, vol. 19 (5), pp. 893-906. DOI: https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.893
5. Chen J. L., Penhune V. B., Zatorre R. J. Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex*, 2008, vol. 18 (12), pp. 2844-2854. DOI: https://doi.org/10.1093/cercor/bhn042
6. Gage N., Roberts T. P., Hickok G. Temporal resolution properties of human auditory cortex: Reflections in the neuromagnetic auditory evoked M100 component. *Brain Research*, 2006, vol. 1069 (1), pp. 166-171. DOI: https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.023
7. Konoike N., Kotozaki Y., Jeong H., Miyazaki A., Sakaki K., Shinada T., Sugiura M., Kawashima R., Nakamura K. Temporal and motor representation of rhythm in fronto-parietal cortical areas: An fMRI study. *PLoS ONE*, 2015, vol. 10 (6), pp. e0130120. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130120
8. Buhusi C. V., Meck W. H. What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 2005, vol. 6 (10), pp. 755-765. DOI: https://doi.org/10.1038/nrn1764
9. Tierney A., Kraus N. Getting back on the beat: Links between auditory-motor integration and precise auditory processing at fast time scales. *European Journal of Neuroscience*, 2016, vol. 43 (6), pp. 782-791. DOI: https://doi.org/10.1111/ejn.13171
10. Peretz I., Zatorre R. J. Brain organization for music processing. *Annual Review of Psychology*, 2005, vol. 56 (1), pp. 89-114. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070225
11. Thomson J. M., Goswami U. Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology-Paris*, 2008, vol. 102 (1-3), pp. 120-129. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007
12. Bonacina S., Krizman J., White-Schwoch T., Nicol T., Kraus N. Distinct rhythmic abilities align with phonological awareness and rapid naming in school-age children. *Cognitive Processing*, 2020, vol. 21 (4), pp. 575-581. DOI: https://doi.org/10.1007/s10339-020-00984-6

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

13. Corriveau K. H., Goswami U. Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: Tapping to the beat. *Cortex*, 2009, vol. 45 (1), pp. 119-130. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.09.008
14. Orsholits D., Cullati S., Cheval B., Ghisletta P., Oris M., Maurer J., Studer M., Marques A., Marconcin P., Gouveia É. R., Kliegel M., Ihle A. Residential trajectories across the life course and their association with cognitive functioning in later life. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12 (1), pp. 17004. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-022-18501-4
15. Zhirkova A. V. Development of control over the behavior of younger schoolchildren with different socio-cultural affiliation. *Experimental Psychology*, 2020, vol. 13 (1), pp. 79-90. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/axdpru DOI: https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130106
16. Binter A. C., Granés L., Bannier E., de Castro M., Petricola S., Fossati S., Vrijheid M., Chevrier C., El Marroun H., Nieuwenhuijsen M., Saint-Amour D., Tiemeier H., Guxens M. Urban environment during pregnancy and childhood and white matter microstructure in preadolescence in two European birth cohorts. *Environmental Pollution*, 2024, vol. 346, pp. 123612. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123612
17. Zhang X., Yan H., Yu H., Zhao X., Shah S., Dong Z., Yang G., Zhang X., Muse T., Li J., Jiang S., Liao J., Zhang Y., Chen Q., Weinberger D. R., Yue W., Zhang D., Tan H. Y. Childhood urbanicity interacts with polygenic risk for depression to affect stress-related medial prefrontal function. *Translational Psychiatry*, 2021, vol. 11 (1), pp. 522. DOI: https://doi.org/10.1038/s41398-021-01650-x
18. Xu J., Liu X., Li Q., Goldblatt R., Qin W., Liu F., Chu C., Luo Q., Ing A., Guo L., Liu N., Liu H., Huang C., Cheng J., Wang M., Geng Z., Zhu W., Zhang B., Liao W., Qiu S., Zhang H., Xu X., Yu Y., Gao B., Han T., Cui G., Chen F., Xian J., Li J., Zhang J., Zuo X.-N., Wang D., Shen W., Miao Y., Yuan F., Lui S., Zhang X., Xu K., Zhang L., Ye Z., Banaschewski T., Barker G. J., Bokde A. L. W., Flor H., Grigis A., Garavan H., Gowland P., Heinz A., Brühl R., Martinot J.-L., Artiges E., Nees F., Orfanos D. P., Lemaitre H., Paus T., Poustka L., Robinson L., Hohmann S., Fröhner J. H., Smolka M. N., Walter H., Whelan R., Winterer J., Patrick K., Calhoun V., Li M. J., Liang M., Gong P., Barker E. D., Clinton N., Marquand A., Yu L., Yu C., Schumann G., Chimgen and Imagen Consortia. Global urbanicity is associated with brain and behaviour in young people. *Nature Human Behaviour*, 2022, vol. 6 (2), pp. 279-293. DOI: https://doi.org/10.1038/s41562-021-01204-7
19. Balaresque P., Delmotte S., Delehelle F., Moreira A., Saenz-Oyhéréguy N., Croze M., Hegay T., Aripova T., Le Bomin S., Mennecier P., Descouens D., Cussat-Blanc S., Luga H., Guevara A., D'Amato M. E., King T., Mollereau C., Heyer E. Sex and environment shape cochlear sensitivity in human populations worldwide. *Scientific Reports*, 2025, vol. 15, pp. 10475. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-92763-6
20. Polyakov V. M., Rychkova L. V., Prokhorova Zh. V., Votineva A. S., Cherevikova I. A. Development of kinesthetic and spatial basis of movement in urban and rural populations. *Acta Biomedica Scientifica*, 2025, vol. 10 (2), pp. 44-51. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/lshefo DOI: https://doi.org/10.29413/ABS.2025-10.2.19
21. Rychkova L. V., Astakhova T. A., Klimkina Yu. N., Dolgikh O. A., Pogodina A. V. Secular trends in anthropometric characteristics in eastern Siberian rural Buryat adolescents from 2003 to 2018. *Human Ecology*, 2021, no. 4, pp. 47-54. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/yvewoc DOI: https://doi.org/10.33396/1728-0869-2021-4-47-54
22. Astakhova T. A., Rychkova L. V., Pogodina A. V., Mandzyak T. V., Klimkina Yu. N. Comparative analysis of health status of adolescents of different ethnic groups in Buryat republic. *Human*

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

Ecology, 2017, no. 6, pp. 24-29. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/yunokn DOI: https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-6-24-29

23. Mayorova L. A., Kushnir A. B. Sex differences in selective auditory attention during dichotic listening with different levels of complexity: an FMRI study. *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, 2023, vol. 73 (5), pp. 637-650. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/lkhfvy DOI: https://doi.org/10.31857/S0044467723050076
24. Polyakov V. M., Dolgikh V. V., Kolesnikova L. I., Rychkova L. V. Peculiarities of ontogenesis of brain functional systems in urban and village children. *International Journal of Psychophysiology*, 2008, vol. 69 (3), pp. 297-298. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.05.288
25. Polver S., Miller-Viacava N., Fraticelli M., Gervain J., Lorenzi C. Developmental origins of natural sound perception. *Frontiers in Psychology*, 2024, vol. 15, pp. 1474961. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1474961

Submitted: 15 July 2026 Accepted: 2 September 2026 Published: 31 October 2026

This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

The authors' stated contribution:

V. M. Polyakov
Contribution of the co-author: development of the overall concept and study design, interpretation of the results obtained.

Zh. V. Prokhorova
Contribution of the co-author: organization and conduct of the empirical stage of the study, systematization and preliminary processing of empirical data.

L.V. Rychkova
Contribution of the co-author: project support, scientific consultation at all stages of the study, critical revision of the manuscript.

A. P. Anikovich
Contribution of the co-author: preparation and editing of the manuscript, formatting of the article in accordance with the journal's requirements.

L. I. Kolesnikova
Contribution of the co-author: scientific consultation and supervision of the study, participation in the discussion of intermediate and final results, critical revision of the manuscript.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

Information about competitive interests:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

Information about the Authors

Vladimir Matveevich Polyakov
Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher,
Laboratory of Neuropsychology and Psychosomatic Pathology of Childhood,
Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems,
16 Timiryazev Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6243-9391
E-mail: vmpolyakov@mail.ru

Zhanna Vladimirovna Prokhorova
Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Neuropsychology and Psychosomatic Pathology of Childhood, Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems,
16 Timiryazev Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-8236-1747
E-mail: 79148772181@yandex.ru

Lyubov Vladimirovna Rychkova
Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director,
Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems,
16 Timiryazev Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-2910-0737
E-mail: rychkova.nc@gmail.com

Anastasia Pavlovna Anikovich
Research Assistant, Laboratory of Neuropsychology and Psychosomatic Pathology of Childhood,
Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems,
16 Timiryazev Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation.
ORCID ID: http://orcid.org/0009-0001-5706-8482
E-mail: anikovichenka@yandex.ru

Lyubov Ilyinichna Kolesnikova
Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director,
Scientific Center for Family Health and Human Reproduction Problems,
16 Timiryazev Str., Irkutsk, 664003, Russian Federation.
ORCID ID: http://orcid.org/0000-0003-3354-2992
E-mail: kolesnikova20121@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved