



# ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРОССМОДАЛЬНОГО ПРАЙМИНГА

**ЧЕРЕНКОВА Л.В.**

*Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО СПбГУ),  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9010-1600>, e-mail: [chlwic@mail.ru](mailto:chlwic@mail.ru)*

**СОКОЛОВА Л.В.**

*Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО СПбГУ)  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5284-3374>, e-mail: [lsokolova2021@mail.ru](mailto:lsokolova2021@mail.ru)*

Работа посвящена изучению временной динамики кроссмодального прайминга у детей дошкольного возраста. В исследовании приняли участие 60 детей в возрасте от 4 до 6 лет ( $M=5,6$ ;  $SD=1,2$ ) и 20 взрослых испытуемых в возрасте от 17 до 23 лет ( $M=20,4$ ;  $SD=2,6$ ). В качестве модели исследования использовали прайминг-парадигму, с помощью которой определяли влияние предваряющей зрительной стимуляции на скорость и точность идентификации тестовых звуков в зависимости от конгруэнтности их сочетания со зрительными объектами и интервала между тестовым и прайм-стимулами. В ходе исследования было установлено, что у детей 4 лет точность и скорость реакции снижается во всех попытках, а с увеличением межстимульного интервала величина отрицательного прайминг-эффекта снижается. У детей пяти лет число ошибок увеличивается только в ответ на предъявление неконгруэнтных сочетаний стимулов, а время реакции уменьшается только в конгруэнтных пробах и только при значениях межстимульных интервалов от 150 до 500 мс. У детей 6 лет и взрослых испытуемых точность реакции не изменяется, а скорость реакции достоверно возрастает в конгруэнтных пробах и уменьшается при неконгруэнтных сочетаниях в зависимости от величины межстимульного интервала. Наблюдаемая динамика изменения взаимодействия звуковой и зрительной стимуляции свидетельствует о формировании механизмов межсенсорной интеграции и внимания в рассматриваемый период детства.

**Ключевые слова:** кроссмодальный прайминг, временная динамика, дошкольный возраст, возрастная динамика.

---

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 17-06-00644-ОГН.

**Для цитаты:** Черенкова Л.В., Соколова Л.В. Возрастная динамика кроссмодального прайминга // Экспериментальная психология. 2022. Том 15. № 4. С. 84–98. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150405>



# AGE CHANGES OF CROSSMODAL PRIMING

**LUDMILA V. CHERENKOVA**

*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9010-1600>, e-mail: [chluciv@mail.ru](mailto:chluciv@mail.ru)

**LYUDMILA V. SOKOLOVA**

*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia,*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5284-3374>, e-mail: [lsokolova2021@mail.ru](mailto:lsokolova2021@mail.ru)

The study is aimed at studying at determining the temporal dynamics of crossmodal priming in preschool children. The study involved 60 children aged 4 to 6 years ( $M = 5.6$ ;  $SD = 1.2$ ) and 20 adult subjects aged 17 to 23 years ( $M = 20.4$ ;  $SD = 2.6$ ). The priming paradigm was used as a research model. In this study, we determined the influence of a priori visual stimulation on the speed and accuracy of identification of test sounds, depending on the congruence of their combination with visual objects and the interval between the test and prime stimuli. In the course of the study, it was found that in 4-year-old children, a priori visual information leads to a decrease in the accuracy and speed of reaction to test sound stimuli — a negative priming effect. The magnitude of the negative priming effect decreases with an increase in the interval between prime and test stimuli. In 5-year-old children, the number of errors increases only when incongruent combinations of stimuli are presented — a negative priming effect. On the contrary, the reaction time decreases only in congruent trials with when the test stimulus is delayed relative to the prime by 150–500 ms — a positive priming effect. In 6-year-old children and adults, the accuracy of the reaction does not change, and the reaction rate significantly increases in congruent trials (positive priming effect) and decreases in incongruent trials (negative priming effect). The observed dynamics of changes in the interaction of sound and visual stimulation testifies to the formation of mechanisms of attention and multisensory integration in preschool children.

**Keywords:** crossmodal priming, temporal dynamics, preschool age, age dynamics.

**Funding.** The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 17-06-00644-ОГН.

**For citation:** Cherenkova L.V., Sokolova L.V. Age-Related Dynamics of Crossmodal Priming. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2022. Vol. 15, no. 4, pp. 84–98. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150405> (In Russ.).

## Введение

Вопрос о механизмах интеграции стимулов разной модальности и организации процессов произвольного внимания является одним из важнейших и пока полностью не решенных в области когнитивной психофизиологии. Исследование этих проблем наиболее эффективно при использовании прайминг-парадигмы. Процедура прайминга позволяет не только учитывать параметры входных сигналов при формировании зрительно-звукового образа, но и определять степень участия процессов внимания в отборе информации, необходимой для регуляции и контроля деятельности организма [5].

Индивидуальный опыт организма в мультисенсорной среде существенно влияет на развитие процессов межсенсорной интеграции [24]. В период раннего детства выделяют три уровня межсенсорного взаимодействия, которые включаются у ребенка последовательно. Сразу после рождения ребенка имеет место первый, наиболее глобальный уровень взаимодействия — временная синхронизация между звуковыми и зрительными стимулами [13].



Далее формируется более специфическое взаимодействие, которое учитывает временную микроструктуру, общую для зрительно-звуковых сигналов, и тем самым определяет пространственную и временную композицию объектов [24]. Для третьего уровня характерно модально-специфическое взаимодействие, которое учитывает параметры зрительных и звуковых стимулов, а также процессы селекции значимых признаков объектов [18]. Несмотря на то, что влияние зрительной информации на восприятие звуковых стимулов, казалось бы, доказано в целом ряде экспериментов [14], остается открытым вопрос о становлении этого процесса в онтогенезе [11]. При этом принципиальное значение приобретает анализ зависимости временной структуры межсенсорной интеграции текущей информации от параметров опережающей стимуляции у детей дошкольного возраста.

Именно в период дошкольного детства происходят качественные преобразования в мозговой организации когнитивных процессов, интенсивное функциональное развитие сенсорных и ассоциативных систем мозга, обеспечивающих межсенсорную интеграцию информации и селекцию значимых признаков, основанную на механизмах организации процессов произвольного внимания [10; 25]. Убедительно показано, что функциональное развитие регуляторных систем головного мозга играет важную роль в формировании произвольного внимания у детей дошкольного и младшего школьного возраста [2]. В современной науке организация произвольного внимания рассматривается как сложный многоуровневый процесс, включающий такие компоненты, как поддержание уровня активации, необходимого для оценки сигналов, удержание уровня внимания по отношению к воспринимаемым объектам, процессы информационной оценки и селекции пространственных и категориальных признаков, значимых для реализации адекватной реакции [20]. Исследования становления механизмов внимания в детском возрасте свидетельствуют о том, что для разных систем внимания характерны качественные изменения, происходящие на разных этапах развития ребенка [15]. В возрастном диапазоне от 5 до 10 лет происходит постепенное совершенствование систем поддержания оптимального уровня бодрствования и эффективности внимания, что выражается в сокращении времени, необходимого для мобилизации ресурсов внимания [3]. Развитие контроля внимания в ходе онтогенеза занимает наиболее длительный промежуток времени и продолжается, по некоторым данным, вплоть до зрелого возраста [23].

Однако, несмотря на широкий интерес к данной проблеме в последние десятилетия, сравнительно невелико число работ, посвященных изучению развития механизмов, связанных с формированием отдельных операций внимания в детском возрасте.

Цель настоящего исследования состояла в определении возрастной динамики формирования характеристик кроссmodalного прайминга. В задачи исследования входило выяснение возрастной специфики процессов распределения внимания между априорной и текущей информацией, а также определение временной зависимости процесса идентификации звуковых стимулов под воздействием предваряющего восприятия зрительных объектов у детей разного возраста.

## Методика

**Испытуемые.** В исследовании приняли участие 60 нейротипичных детей (18 девочек и 42 мальчика, средний возраст — от 4,1 до 6,8 лет), посещавших дошкольное отделение начальной школы—детского сада № 687 «Центр реабилитации ребенка» (г. Санкт-Петербург). Для сравнительного анализа была набрана контрольная группа, состоящая из 20 взрослых



испытуемых (8 мужчин и 12 женщин, средний возраст — от 17,8 до 23,1 лет) — студентов Санкт-Петербургского государственного университета. Все испытуемые использовали правую руку в качестве ведущей и не имели проблем со зрением и слухом.

Дети были разделены на три возрастные группы: младшая ( $N = 20$ , 6 девочек и 14 мальчиков, средний возраст —  $4,6 \pm 0,3$  года), средняя ( $N = 20$ , 8 девочек и 12 мальчиков, средний возраст —  $5,4 \pm 0,3$  лет) и старшая ( $N = 20$ , 4 девочки и 16 мальчиков, средний возраст —  $6,7 \pm 0,2$  лет).

По результатам оценки уровня интеллектуального развития испытуемых детской группы по методу Векслера для детей дошкольного возраста (WHHSI), адаптированному на российской выборке [1], диапазон варьирования показателей составил от 90 до 138 баллов, (что соответствует уровню нормального интеллектуального развития) (табл. 1).

Таблица 1

### Испытуемые

Группа детей	Число детей			Возраст (лет)			IQ по Векслеру (баллы)		
	Общее	Мальчики	Девочки	M	SD	Range	M	SD	Range
1	20	14	6	4,6	0,3	4,2–4,9	104	14	90–118
2	20	12	8	5,4	3	5,1–5,7	115	15	100–130
3	20	16	4	6,7	2	6,5–6,9	124	13	110–138

*Примечание:* M — средняя величина переменной; SD — среднее квадратичное отклонение; Range — ряд используемых переменных.

Родители детей, отобранных для исследования, и взрослые испытуемые выразили добровольное согласие на участие в экспериментах. Проведение данного исследования одобрено Этическим комитетом Санкт-Петербургского государственного университета.

**Стимулы.** В качестве тестовых стимулов использовали звуки, издаваемые животными (мяуканье котенка и лай щенка), из библиотеки звуков «Find Sounds». Звуки предъявлялись через динамики компьютера в случайном порядке, максимальная интенсивность составляла 60 дБ, длительность — 100 мс.

В качестве конгруэнтных прайм-стимулов в центре экрана компьютера предъявляли цветные фотографии животных (котенка и щенка) из базы данных «Shutter stock» в сочетании с соответствующими им тестовыми звуковыми стимулами. Яркость серого фона составляла 30 кд/м<sup>2</sup>, максимальная яркость изображения — 40 кд/м<sup>2</sup>, размер изображения — 6 угловых градусов, длительность предъявления — 100 мс. В качестве неконгруэнтных прайм-стимулов использовали те же изображения, только в условии несоответствия прайм- и тестовых стимулов. Межстимульный интервал между окончанием прайма и началом предъявления тестового стимула (МСИ) варьировал от 0 до 500 мс.

**Процедура исследования.** Обследование испытуемых проводилось в знакомой и комфортной обстановке. Испытуемый сидел перед компьютером, расстояние от экрана монитора составляло около 50 см. Яркость освещения в комнате равнялась 120 кд/м<sup>2</sup>. Для предъявления стимулов использовали ноутбук Samsung R40-1 с размером экрана 17». Для создания и предъявления стимулов использовалась программа Psy Task v. 1.50.12. (ООО Мицар, Санкт-Петербург, РФ).

В начале исследования в течение двух дней испытуемых обучали различению тестовых стимулов. В ответ на предъявления одного из них необходимо было нажать правой



рукой на левую клавишу компьютера (20 стимулов), а в ответ на предъявления другого — на правую клавишу компьютера (20 стимулов). Все стимулы предъявлялись в случайном порядке. Параметры реакции, зарегистрированные во второй день обучения, использовали при вычислении прайминг-эффекта (ПЭ).

При тестировании перед тестовыми стимулами в равном количестве и в случайном порядке предъявляли конгруэнтные и неконгруэнтные прайм-стимулы (80 проб). Тестирование проводили в течение двух последовательных дней, используя в случайном порядке по четыре значения МСИ (0, 50, 100 и 150 — первый день; 200, 300, 400 и 500 мс — второй день; по 20 проб с каждым значением МСИ.) Интервал между пробами варьировал в пределах 2,5–3,0 с.

В сериях тестирования в равном количестве и в случайном порядке предъявляли конгруэнтные и неконгруэнтные прайм-стимулы. Использовали два теста, в каждом из которых применяли МСИ четырех значений (0, 50, 100 и 150; 200, 300, 400 и 500 мс). В каждом тесте предъявляли 80 сочетаний стимулов с интервалом между пробами в 2,5–3,0 с.

Во время тестирования с помощью программы PsyTask регистрировали среднее время реакции (ВР) и количество ошибок (КО).

**Анализ полученных результатов.** Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTIKA-13. Распределение переменных по всей выборке соответствовало нормальному (тест Колмогорова-Смирнова:  $d=0,15$ ;  $p>0,21$ ), что позволило использовать для анализа параметрические критерии: *t*-тест Стьюдента и дисперсионный анализ ANOVA для повторных измерений. При анализе параметров реакций у детей разных возрастных групп «возраст испытуемого» рассматривали в качестве независимого межгруппового фактора. При сравнении изменения КО, ВР и ПЭ в зависимости от условий предъявления стимулов (при наличии прайм-стимула/в отсутствии прайм-стимула, конгруэнтное/неконгруэнтное сочетание стимулов, предъявление прайма и тестового стимулов с разными МСИ) в каждой возрастной группе использовали модель анализа для внутригрупповых зависимых факторов. Для анализа значений ВР отбирали только верные ответы (94,56% из всех проб). Значения ВР, которые превышали 2SD от средней величины, не включали в обработку данных (1,32% из всех проб). При статистической обработке полученных материалов для каждого испытуемого определяли знак и величину прайминг-эффекта (ПЭ) при каждом значении МСИ. Знак ПЭ устанавливали по достоверному увеличению (положительный ПЭ) или уменьшению (отрицательный ПЭ) точности и скорости реакции. Величину ПЭ определяли по разнице между средними значениями ВР и КО при предъявлении только тестового стимула (второй день обучения) и сочетания тестового и прайм-стимулов. Величину временного окна изменения реакции определяли как период значений МСИ, при котором попарное сравнение средних значений ВР или КО на неконгруэнтные и конгруэнтные сочетания стимулов показало достоверные различия. Достоверными считали различия при  $p \leq 0,05$ .

## Результаты

**Обучение.** Анализ данных, полученных во второй день обучения, показал, что у всех испытуемых КО не превышает уровень случайности, а ВР варьирует в пределах 1231–1701 мс. При попарном сравнении средних значений КО и ВР были выявлены возрастные различия. При оценке КО достоверные различия установлены для детей младшей и средней групп, а также для детей старшей и средней групп. В случае анализа ВР значимые



отличия показаны у детей младшей группы по сравнению со средней и у детей старшей группы по сравнению со взрослыми испытуемыми (табл. 2).

Таблица 2

**Зависимость параметров реакции на звуковые стимулы от возраста**

Параметры реакции	Возраст (в годах)	M	SD	Range	Тест Стьюдента	
					t	p
Количество ошибок (%)	4	5,25	2,84	4,46–8,12		
	5	2,11*	1,12	,98–3,27	2,47	,02
	6	1,08*	,61	,72–2,14	1,43	,03
	20	,98	,52	,22–1,52	,99	,07
Время реакции (мс)	4	1650	38,69	1604–1701		
	5	1520*	35,03	1480–1586	2,07	,03
	6	1489	29,69	1547–1521	1,38	,17
	20	1196*	34,76	1138–1231	3,82	,003

*Примечание:* звездочкой отмечены значения с достоверными отличиями данной возрастной группы по сравнению с предыдущей возрастной группой при  $p \leq .05$ .

**Тестирование.** При использовании зрительного объекта в качестве прайма для идентификации тестовых звуков была установлена возрастная динамика изменения точности и скорости реакции. При оценке изменения КО во всей выборке испытуемых было установлено, что величина ПЭ значимо зависит от возраста ( $F(3;156)=73,61$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,19$ ), конгруэнтности прайма и тестового звука ( $F(1;158)=84,37$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,35$ ) и МСИ ( $F(7;152)=113,41$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,12$ ). Взаимодействие данных факторов также было значимым ( $F(2,157)=98,17$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,28$ ).

Аналогичные данные были получены при оценке изменения ВР. Значимой была зависимость ПЭ от возраста ( $F(3;156)=45,78$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,16$ ), конгруэнтности прайма и тестового стимула ( $F(1;158)=106,59$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,41$ ) и МСИ ( $F(7;152)=64,37$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,11$ ), а также взаимодействие между всеми факторами ( $F(2,157)=96,18$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,27$ ).

Для определения специфики проявления прайминга был проведен анализ изменения ПЭ в каждой возрастной группе.

**Тестирование детей младшей группы.** Априорное предъявление зрительных объектов отрицательно влияло на идентификацию звуковых стимулов: увеличивалось КО ( $M=5,25$ ;  $SD=2,84$ ; Range: 1,15–9,89% – только звуки и  $M=22,85$ ;  $SD=4,84$ ; Range: 12,15–33,11% – праймы+звуки) и удлинялось ВР ( $M=1650$ ;  $SD=95$ ; Range: 1573–1766 мс – только звуки и  $M=1686$ ;  $SD=69$ ; Range: 1657–1766 мс – праймы+звуки). Однако при попарном сравнении средних значений было установлено, что если изменение КО находится на значимом уровне ( $t=4,65$ ;  $p=0,02$  – рис. 1 а,б), то увеличение ВР не достигает значимых значений ( $t=1,45$ ;  $p=0,07$  – рис. 1 в, г).

Как в пробах с конгруэнтными, так и в пробах с неконгруэнтными стимулами дети совершали статистически неразличимое КО ( $t=1,65$ ;  $p=0,06$ ) с достоверно не отличающейся скоростью реакции ( $t=1,89$ ;  $p=0,18$ ). Однако ПЭ при разных значениях МСИ показывает постепенное снижение КО и ВР с ростом МСИ (рис. 1). Дисперсионный анализ выявил значимую зависимость ПЭ от МСИ при оценке изменения только точности реакции ( $F(7;312)=22,81$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,53$ ).

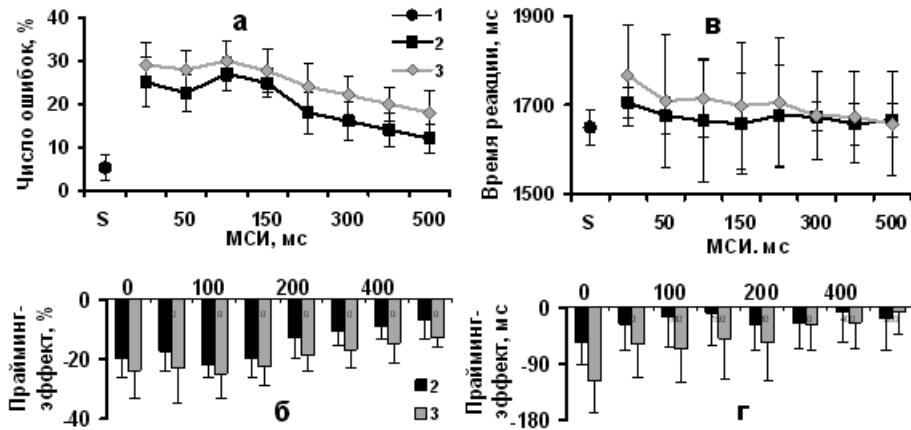


Рис. 1. Изменение параметров реакций на звуковые стимулы при предъявлении зрительного прайма у детей 4 лет: а, б – изменение точности реакции; в, г – изменение скорости реакции; 1 – только звуки; 2 – конгруэнтные пробы; 3 – неконгруэнтные пробы; по горизонтали: межстимульный интервал в мс; по вертикали: число ошибок в % (а); время реакции в мс (в); величина прайминг-эффекта в % (б), в мс (г); S – предъявление только звукового стимула; вертикальные линии – доверительные интервалы при  $p \leq 0,05$

**Тестирование детей средней группы.** В этой возрастной группе наблюдается проявление не только отрицательного, но и положительного ПЭ в зависимости от конгруэнтности прайма и тестового стимула. Так, предъявление конгруэнтного прайма не вызывает достоверного изменения КО ( $M=2,02$ ;  $SD=1,11$ ; Range: 0–6% – только звуки и  $M=1,93$ ;  $SD=0,91$ ; Range: 0–4% – прайм+звуки;  $t=1,05$ ;  $p=0,09$ ) – отсутствие ПЭ (рис. 2а). Однако ВР достоверно снижается ( $M=1520$ ;  $SD=35$ ; Range: 1273–1658 мс – только звуки и  $M=1458$ ;  $SD=57$ ; Range: 1401–1511 мс – прайм+звуки;  $t=3,14$ ;  $p=0,01$ ) – положительный ПЭ. В условии предъявления неконгруэнтных стимулов достоверно возрастает и среднее КО ( $M=8,45$ ;  $SD=247$ ; Range: 3–13%;  $t=2,25$ ;  $p=0,02$ ), и ВР ( $M=1605$ ;  $SD=49$ ; Range: 1529–1684 мс;  $t=3,25$ ;  $p=0,01$ ) – отрицательный ПЭ (рис. 2в).

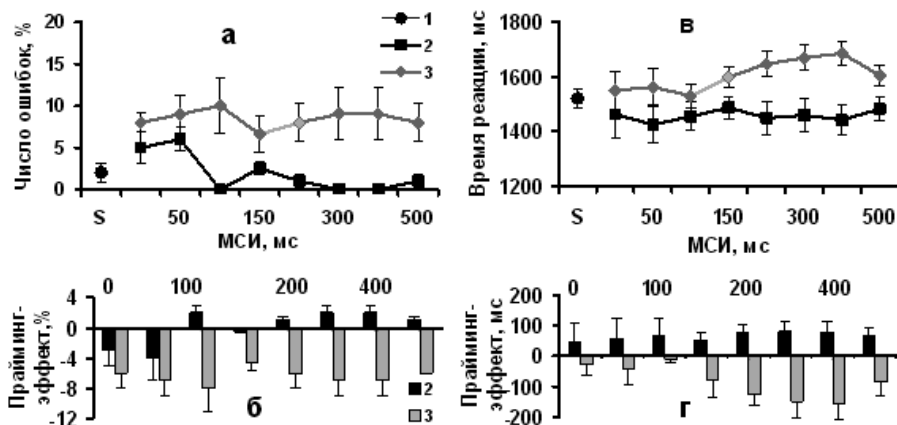


Рис. 2. Изменение параметров реакций на звуковые стимулы при предъявлении зрительного прайма у детей 5 лет (обозначения – как на рис. 1)



Дисперсионный анализ подтвердил зависимость величины ПЭ от фактора конгруэнтности прайма и тестового стимула для КО ( $F(1;38)=84,37$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,69$ ) и для ВР ( $F(1;38)=97,51$ ;  $p<0,00$ ;  $\eta_p^2=0,72$ ).

Анализ КО при разных значениях МСИ показал зависимость величины ПЭ от МСИ ( $F(7;152)=53,41$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,11$ ) — чем больше интервал, тем меньше КО (рис. 2б). Попарное сравнение КО в условиях конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов при разных значениях МСИ установило, что большинство ошибок было связано с сочетаниями неконгруэнтных стимулов при МСИ в интервале 100 ~ 500 мс ( $t=11,45$ ;  $p<0,001$ ).

Аналогичный анализ ВР определил, что с увеличением МСИ в пробах с конгруэнтными стимулами не наблюдается статистически значимых изменений величины ПЭ ( $F(7;152)=1,89$ ;  $p=0,18$ ;  $\eta_p^2 < 0,1$ ), а увеличение скорости реакции при предъявлении неконгруэнтного прайм-стимула происходит одновременно с ростом МСИ ( $F(7;152)=61,49$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,11$  — рис. 2г). Попарное сравнение ВР в условиях предъявления конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов при каждом значении МСИ показало отсутствие достоверных различий в скорости реакций в интервале МСИ от 0 до 100 мс ( $t=0,82$ ;  $p=0,53$ ). В то же время в интервале МСИ от 150 до 500 мс значения ВР на конгруэнтные и неконгруэнтные сочетания стимулов отличались достоверно ( $t=2,82$ ;  $p=0,005$ ) (рис. 2в).

**Тестирование детей старшей группы.** В этой возрастной группе показатели степени влияния зрительной информации на идентификацию звуков обнаруживает отсутствие взаимосвязи с показателями точности выполнения реакции. Среднее КО при предъявлении только звуков ( $M=1,08$ ;  $SD=0,61$ ; Range: 0–2%) статистически не изменяется при добавлении как конгруэнтных ( $M=1,08$ ;  $SD=0,72$ ; Range: 0–3%;  $t=1,42$ ;  $p=0,3$ ), так и неконгруэнтных ( $M=1,09$ ;  $SD=0,72$ ; Range: 0–3%;  $t=0,87$ ;  $p=0,6$ ) зрительных праймов (рис. 3а).

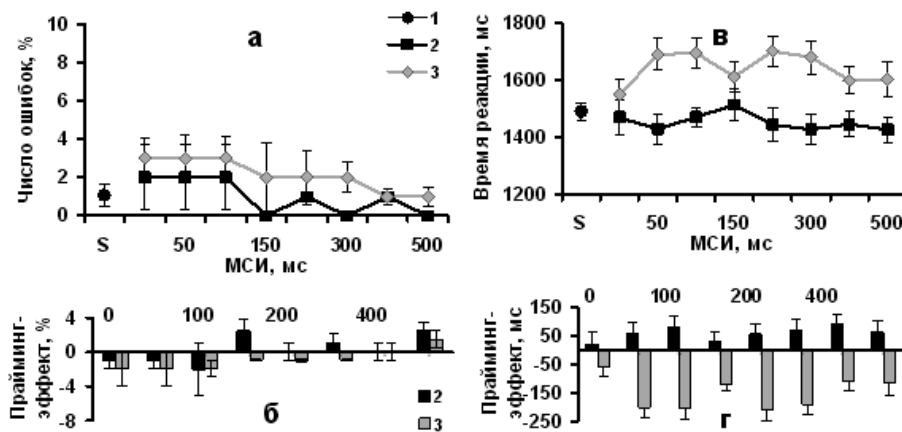


Рис. 3. Изменение параметров реакций на звуковые стимулы при предъявлении зрительного прайма у детей 6-ти лет (обозначения — как на рис. 1)

Дисперсионный анализ не выявил зависимости величины ПЭ от фактора конгруэнтности прайма и тестового стимула ( $F(1;38)=0,75$ ;  $p=0,63$ ;  $\eta_p^2 < 0,1$ ). Однако анализ зависимости величины ПЭ от МСИ показал уменьшение КО при увеличении МСИ ( $F(7;152)=19,94$ ;  $p=0,01$ ;  $\eta_p^2=0,1$  — рис. 3б).

Иные результаты были получены при оценке изменения ВР. Как у детей 5 лет, в пробах с неконгруэнтными стимулами ПЭ — отрицательный ( $M=1489$ ;  $SD=50$ ; Range: 1421–





1521 мс – только звуки и  $M=1644$ ;  $SD=58$ ; Range: 1529–1684 мс – прайм+звуки), а при предъявлении конгруэнтных сочетаний стимулов – положительный ( $M=1451$ ;  $SD=57$ ; Range: 1401–1511 мс – рис. 3в). Дисперсионный анализ подтверждает зависимость величины ПЭ от фактора конгруэнтности сочетания прайма и тестовых стимулов ( $F(1;38)=13,89$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,27$ ).

В то же время зависимость величины ПЭ от МСИ не является значимой, как для условия оценки конгруэнтных стимулов ( $F(7;152)=1,89$ ;  $p=0,18$ ;  $\eta_p^2=0,1$ ), так и в условиях оценки неконгруэнтных стимулов ( $F(7;152)=2,74$ ;  $p=0,08$ ;  $\eta_p^2=0,1$  – рис. 3г). Однако попарное сравнение величины ПЭ при каждом значении МСИ позволило выделить интервалы МСИ, для которых характерно наличие достоверных различий ВР в условиях предъявления как конгруэнтных, так и неконгруэнтных стимулов: 50 и 100 мс ( $t=2,07$ ;  $p=0,001$ ), а также 200, 300, 400 и 500 мс ( $t=3,88$ ;  $p=0,001$ ). Полученные данные позволяют выделить два временных окна облегчения реакции, где ВР на конгруэнтные и неконгруэнтные пары стимулов достоверно различаются в группе детей старшего возраста в отличие от детей 5 лет, у которых отмечается только одно временное окно облегчения реакции – от 150 до 500 мс.

**Тестирование взрослых испытуемых.** Как и у детей 6 лет, у взрослых испытуемых предъявление зрительного прайма не оказывало влияния на точность идентификации звуков. Среднее КО до тестирования ( $M=0,98$ ;  $SD=0,62$ ; Range: 0–2%) достоверно не отличалось от КО в условиях предъявления конгруэнтных ( $M=1,01$ ;  $SD=0,69$ ; Range: 0–2%;  $t=0,41$ ;  $p=0,12$ ) и неконгруэнтных ( $M=1,49$ ;  $SD=0,72$ ; Range: 0–3%;  $t=0,62$ ;  $p=0,09$ ) стимулов (рис. 4а).

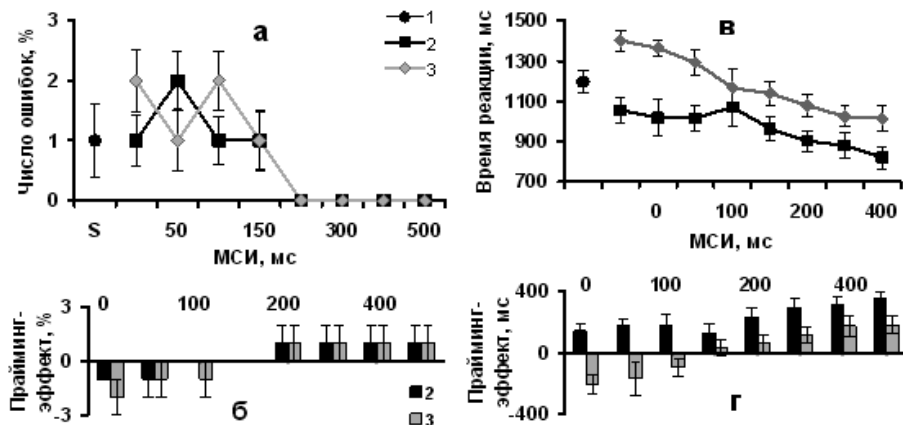


Рис. 4. Изменение параметров реакций на звуковые стимулы при предъявлении зрительного прайма у взрослых испытуемых (обозначения – как на рис. 1)

Дисперсионный анализ не показал зависимости ПЭ ни от фактора конгруэнтности ( $F(1;38)=0,75$ ;  $p=0,63$ ;  $\eta_p^2<0,1$ ), ни от значения МСИ ( $F(7;152)=0,82$ ;  $p=0,54$ ;  $\eta_p^2<0,1$ ) (рис. 4б).

В отношении ВР также наблюдаются близкие по характеру проявления ПЭ у взрослых испытуемых и шестилетних детей. В пробах с конгруэнтными стимулами выявляется положительный ПЭ – уменьшение ВР ( $M=1196$ ;  $SD=56$ ; Range: 1138–1560 мс только звуки и  $M=966$ ;  $SD=61$ ; Range – 820–1054 мс прайм+звуки), а в пробах с неконгруэнтными стимулами – отрицательный ПЭ – увеличение ВР ( $M=1292$ ;  $SD=50$ ; Range: 1114–1401)



(рис. 4в). Дисперсионный анализ подтверждает наличие зависимости ПЭ от фактора конгруэнтности сочетания стимулов ( $F(1;38)=31,89$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,46$ ).

Анализ значений ПЭ при разных МСИ показал, что в отличие от детей 6 лет в группе взрослых зависимость статистически значима, как для проб с конгруэнтными ( $F(7;152)=97,49$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,12$ ), так и для проб неконгруэнтными ( $F(7;152)=89,64$ ;  $p<0,001$ ;  $\eta_p^2=0,12$ ) стимулами (рис. 4г). Попарное сравнение средней величины ПЭ при каждом значении МСИ также показывает достоверность различий ВР при МСИ 0, 50 и 100 мс ( $t=2,07$ ;  $p=0,001$ ), а также при МСИ 200, 300, 400 и 500 мс ( $t=3,88$ ;  $p=0,001$ ). Имеются различия и в количественных параметрах ПЭ между взрослыми испытуемыми и детьми 6 лет: величина ПЭ у взрослых испытуемых достоверно выше ( $M=422,32$ ;  $SD=139,93$ ; Range: 194–548 мс), чем у детей 6 лет ( $M=162,12$ ;  $SD=40,91$ ; Range: 93–230 мс). Кроме того, у взрослых испытуемых в интервале МСИ от 200 до 500 мс в пробах с неконгруэнтными ПЭ становится положительным, а у детей остается отрицательным при всех значениях МСИ (рис. 4г).

### Обсуждение

Использование прайминг-парадигмы направлено на изучение процессов перцептивной и когнитивной настроенности организма на восприятие целевого стимула и позволяет выявить возрастные изменения механизмов межсенсорной интеграции и произвольного избирательного внимания.

Полученные в работе результаты позволяют выделить несколько особенностей возрастной динамики кроссмодального прайминга в дошкольный период детства.

В первую очередь обращает на себя внимание тот факт, что точность идентификации звуков под воздействием опережающей зрительной информации достоверно изменяется только у детей 4 и 5 лет. При этом наблюдается ухудшение реакции — отрицательный ПЭ.

Вторым важным результатом проведенной работы является установленный процесс возрастного формирования модели проявления прайминга в пробах с конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами. Если у детей четырех лет отрицательный прайминг при оценке точности и скорости реакции наблюдается независимо от фактора конгруэнтности зрительно-звуковых сочетаний, то у детей пяти лет появляется положительный ПЭ, проявляющийся в почти полном отсутствии ошибок и достоверном ускорении реакции в пробах с конгруэнтными стимулами. У детей 6 лет модель зависимости ПЭ от фактора конгруэнтности сочетания прайма и целевого стимула не отличается от той, что наблюдается у взрослых испытуемых.

Особое внимание необходимо уделить данным, полученным при анализе временной динамики процессов, связанных с межсенсорным взаимодействием. У детей 4 лет величина отрицательного ПЭ постепенно снижается с увеличением МСИ, как при оценке точности, так и при оценке скорости реакции. У детей 5 лет при оценке ВР наблюдается отсутствие изменения скорости реакции в пробах с конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами в ранний период взаимодействия разномодальной информации (0–150 мс). У детей 6 лет и взрослых испытуемых достоверные различия ВР и ПЭ при изменении конгруэнтности сочетания зрительного прайма и тестового звука выявляются при МСИ от 50 до 500 мс.

Такая последовательность проявления ПЭ в разном возрасте может быть связана с развитием механизмов интеграции стимулов разной модальности. Известно, что мультисенсорная интеграция, как правило, улучшает восприятие по сравнению с мономодальной информацией [11; 12]. Однако у детей 4 и 5 лет отмечается ухудшение параметров реакции при обработке априорной и текущей информации. Полученные данные подтверждают предположение о формирова-



нии в данном возрастном периоде процессов конкуренции информации разной модальности при формировании адекватной реакции организма [14; 22; 23]. Если в четырехлетнем возрасте в процессе конкуренции может преобладать либо информация о прайме, либо о тестовом стимуле, то в пятилетнем возрасте преимущественное положение получает зрительная информация. В возрасте шести лет этот процесс приобретает характер модально-специфического взаимодействия различных сенсорно-перцептивных механизмов, способных как учитывать параметры зрительных и звуковых стимулов, так и осуществлять процессы селекции значимых признаков объектов [18; 20]. Исследования с применением мультисенсорных сочетаний и измерением временной структуры процессов межсенсорной интеграции свидетельствуют о том, что размер временного окна, в пределах которого мультисенсорные раздражители одновременно соотносятся друг с другом, составляет примерно 200 мс [5; 7]. Этот период рассматривается как интервал интеграции текущей и последующей мультисенсорной информации [6; 8]. В связи с этим ускорение реакции на конгруэнтные сочетания при МСИ, равном 50–100 мс, наблюдаемое в старшем возрасте, может быть связано с анализом межсенсорной информации. Отсутствие подобного ускорения реакции у детей 4 и 5 лет может говорить о незрелости процессов межсенсорной интеграции в этом возрасте [7; 11; 12]. Более того, предполагают, что низкий уровень интеграции в младшем возрасте может быть полезен с точки зрения более гибкого использования мультисенсорной информации и способствует интеграции мультисенсорных речевых сигналов [17].

С точки зрения развития процессов внимания, наблюдаемые возрастные изменения параметров кроссмодального прайминга могут отражать формирование механизмов произвольного внимания в дошкольный период детства. Наличие отрицательного ПЭ при взаимодействии априорной и целевой информации у детей младших возрастных групп может быть связано с незрелостью процессов произвольного предстимульного внимания. При использовании модели простого обнаружения стимула после предупреждающего сигнала было показано, что дети младшего школьного возраста испытывают трудности при мобилизации «ресурсов внимания», необходимых для правильной идентификации целевых стимулов [3; 21]. Специфика организации процессов предстимульного внимания у детей 4–5 лет в проведенном нами исследовании проявилась в особенностях влияния увеличения МСИ на скорость реагирования при появлении тестового сигнала после прайма. Изменение ВР при увеличении МСИ характеризует эффективность произвольного удержания внимания — сокращение ВР у детей 4 лет говорит о том, что «включение» мобилизационного компонента внимания при больших значениях МСИ у этих детей способствует более быстрой обработке информации о тестовом стимуле. У детей 5 лет ВР начинает сокращаться только при МСИ от 150 до 500 мс, что может указывать на малую эффективность механизмов произвольного удержания внимания в ранний период после предъявления априорной информации; повышение эффективности работы данных механизмов при возрастании МСИ происходит за счет подключения мотивационного компонента внимания. У детей 6 лет и взрослых испытуемых зрелость активационного и мотивационного компонентов внимания обеспечивает увеличение скорости реакции уже через 50 мс после предъявления прайма.

Селективность процессов произвольного внимания наиболее ярко проявляется при сравнении параметров реакции в пробах с конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами [23]. Незрелость мобилизационных компонентов внимания приводит к трудностям, связанным с обнаружением соответствия/несоответствия между праймом и тестовым стимулом, что порождает ошибочные реакции на тестовые стимулы независимо от их конгруэнтности у детей 4 лет и реакции только в соответствии со зрительной информацией у детей 5 лет.



Уменьшение ВР на конгруэнтные сочетания стимулов и его увеличение в случае неконгруэнтных стимулов в большей мере может быть связано с процессами переключения внимания между идентифицированными звуковыми и зрительными объектами, что показано в ряде работ [4; 6; 19; 21]. По-видимому, в данном случае можно говорить о включении процессов нисходящей корковой регуляции ресурсов произвольного внимания, когда неконгруэнтный прайм-стимул инициирует сдвиг внимания, увеличивая время восприятия целевого сигнала, что соответствует модели асинхронного обновления [16; 25]. У детей 6 лет, как показывают результаты данного исследования, механизмы организации произвольного внимания обладают достаточной зрелостью. Однако при сравнении со взрослыми испытуемыми видно, что у детей имеет место более низкая величина положительного ПЭ в пробах с конгруэнтными стимулами и более высокая величина отрицательного ПЭ в пробах с неконгруэнтными стимулами. Данные факты могут говорить о том, что в возрасте 6 лет механизмы регуляции произвольного внимания и мультисенсорного взаимодействия еще не являются полностью сформированными, о чем свидетельствуют и данные, полученные в работах нескольких авторов [8; 10; 15], показавших, что завершение этого процесса наблюдается в подростковом возрасте.

Таким образом, полученные результаты показывают, что в период дошкольного детства происходит формирование процессов регуляции поведения, обусловленное функциональным развитием механизмов межсенсорного взаимодействия и произвольного внимания.

### **Заключение**

При использовании кроссmodalной парадигмы прайминга отмечается возрастная динамика изменения влияния априорной зрительной информации на точность и скорость идентификации звуковых стимулов.

Появление предваряющих зрительных объектов приводит к достоверному снижению точности реакции на звуковые стимулы только у детей четырех и пяти лет. При этом у детей четырех лет число ошибочных реакций возрастает, как в случае конгруэнтных, так и в случае неконгруэнтных сочетаний стимулов, а у детей пяти лет ошибочные реакции наблюдаются только при несоответствии предваряющей и целевой стимуляции.

В то же время скорость реакции на целевые звуки не изменяется у детей четырех лет, а у детей пяти и шести лет и взрослых испытуемых время реакции становится меньше в случае использования конгруэнтных сочетаний стимулов и возрастает при предъявлении неконгруэнтных зрительно-звуковых сочетаний.

Особое внимание необходимо уделить данным, полученным при анализе временной динамики процессов, связанных с кроссmodalным праймингом. У детей 4 лет величина отрицательного прайминг-эффекта постепенно снижается с увеличением МСИ, как при оценке точности, так и при оценке скорости реакции. У детей 5 лет наблюдается отсутствие изменения скорости реакции, как при конгруэнтных, так и при неконгруэнтных сочетаниях стимулов в ранний период межсенсорной обработки информации (0–150 мс). У детей 6 лет и взрослых испытуемых достоверные различия ВР и ПЭ при изменении конгруэнтности сочетания зрительного прайма и тестового звука выявляются при МСИ от 50 до 500 мс.

Полученные данные свидетельствуют о незрелости процессов мультисенсорного взаимодействия и произвольного внимания у детей пяти и шести лет и их формировании к шестилетнему возрасту.



## Литература

1. Ильина М.Н. Психологическая оценка интеллекта у детей. СПб: Питер, 2009. 366 с.
2. Мачинская Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания (Аналитический обзор) // Журн. высш. нервн. деят. 2003. Том 53. № 2. С. 133–150.
3. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // Когнитивные исследования: сб. науч. тр. Вып. 2. М.: Изд-во: «Институт психологии РАН», 2008. С. 32–48.
4. Семенова О.А., Мачинская Р.И. Особенности регуляторных компонентов познавательной деятельности у детей 5–10 лет с изменениями электрической активности мозга лимбического происхождения // Журнал высшей нервной деятельности имени И.П. Павлова. 2016. Том 66. № 4. С. 458–469. DOI:10.7868/S0044467716040109
5. Barutchu A., Spence C., Humphreys G.W. Multisensory enhancement elicited by unconscious visual stimuli // Exp. Brain Res. 2018. Vol. 236. № 3. P. 409–417. DOI:10.1007/s00221-017-5140-z
6. Bauer A.-K. R., Debener S., Nobre A.C. Synchronisation of Neural Oscillations and Cross-modal Influences // Trends in Cognitive Sciences. 2020. Vol. 24. № 6. P. 481–495. DOI:10.1016/j.tics.2020.03.003
7. Beker S., Foxe J.J., Molholm S. Ripe for solution: Delayed development of multisensory processing in autism and its remediation // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 2018. Vol. 84. № 1. P. 182–192. DOI:10.1016/j.neubiorev.2017.11.008
8. Colonius H., Diederich A. Recalibration of the Multisensory Temporal Window of Integration // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. Vol. 126. № 21. P. 67–68. DOI:10.1016/j.sbspro.2014.02.318
9. Cowie D., McKenna A., Bremner A., Aspell J. The development of bodily self-consciousness: Changing responses to the Full Body Illusion in childhood // Developmental Science. 2017. Vol. 21. № 3. P. 1–12. DOI:10.1111/desc.12557
10. Flom R., Hyde D.C. Recent advances in multisensory development // Journal of Experimental Child Psychology. 2021. Vol. 201. № 1. P. 104–983. DOI:10.1016/j.jecp.2020.104983
11. Gori M. Multisensory integration and calibration in children and adults with and without sensory and motor disabilities // Multisensory Research. 2015. Vol. 28. № 1–2. P. 71–99. DOI:10.1163/22134808-00002478
12. Greenfield K., Ropar D., Themelis K., Ratcliffe N., Newport R. Developmental changes in sensitivity to spatial and temporal properties of sensory integration underlying body representation // Multisensory research. 2017. Vol. 30. № 6. P. 467–484. DOI:10.1163/22134808-00002591
13. Curtindale L.M., Bahrack L.E., Lickliter R., Colombo J. Effects of multimodal synchrony on infant attention and heart rate during events with social and nonsocial stimuli // Journal of Experimental Child Psychology. 2019. Vol. 178. № 2. P. 283–294. DOI:10.1016/j.jecp.2018.10.006
14. Jensen A., Merz S., Spence C., Frings C. Overt spatial attention modulates multisensory selection // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2019. Vol. 45. № 2. P. 174–188. DOI:10.1037/xhp0000595
15. Jones L.B., Rothbart M.K., Posner M.I. Development of executive attention in preschool children // Developmental Science. 2003. Vol. 6. № 5. P. 498–504. DOI:10.1111/1467-7687.00307
16. Labossière D.I., Leboe-McGowan J.P. Specific and non-specific match effects in negative priming // Acta Psychologica. 2018. Vol. 182. № 1. P. 138–153. DOI:10.1016/j.actpsy.2017.10.009
17. Lewkowicz D.J. Early experience and multisensory perceptual narrowing // Developmental Psychobiology. 2014. Vol. 56. № 2. P. 292–315. DOI:10.1002/dev.21197
18. Mercier M.R., Molholm S., Fiebelkorn I.C., Butler J.S., Schwartz T.H., Foxe J.J. Neurooscillatory phase alignment drives speeded multisensory response times: an electrocorticographic investigation // Journal of Neuroscience. 2015. Vol. 35. № 22. P. 8546–8557. DOI:10.1523/JNEUROSCI.4527-14.2015
19. Murphy J.W., Foxe J.J., Molholm S. Neuro-oscillatory mechanisms of intersensory selective attention and task switching in school-aged children, adolescents and young adults // Developmental science. 2016. Vol. 19. № 3. P. 469–487. DOI:10.1111/desc.12316
20. Posner M.I., Rothbart M.K. Research on attention networks as a model for the integration of psychological science // Annual Review of Psychology. 2007. Vol. 58. P. 1–23. DOI:10.1146/annurev.psych.58.110405.085516



21. *Querne L., Vernier-Hauvette M.-P., Berquin P.* Development of phasic attention in children: Temporal analysis of alert during a detection task [Электронный ресурс] // Current psychology letters. Behaviour, brain & cognition. 2009. Vol. 25. № 1. P. 1–18. URL:<http://cpl.revues.org/4800> (дата обращения: 18.01.2017).
22. *Rohe T., Ehlis A.-C., Noppeney U.* The neural dynamics of hierarchical Bayesian causal inference in multisensory perception // Nature Communications. 2019. Vol. 10. № 1. P. 1–17. DOI:10.1038/s41467-019-09664-2
23. *Rueda M.R., Rothbart M.K., McCandliss B.D.* Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2005. Vol. 102. № 41. P. 14931–14936. DOI:10.1073/pnas.0506897102
24. *Simon D.M., Noel J.P., Wallace M.T.* Event related potentials index rapid recalibration to audiovisual temporal asynchrony // Front Integrative Neuroscience. 2017. Vol. 11. № 1. P. 8–22. DOI:10.3389/fnint.2017.00008
25. *Spence C., Frings C.* Multisensory feature integration in (and out) of the focus of spatial attention // Attention, Perception, & Psychophysics. 2020. Vol. 82. № 1. P. 363–376. DOI:10.3758/s13414-019-01813-5016

## References

1. Илина М.Н. Психологическая оценка интеллекта у детей [Psychological evaluation of intelligence in children]. Saint Petersburg: Piter, 2009. 366 p. (In Russ.).
2. Machinskaya R.I. Neuroфизиологические механизмы произвольного внимания (Аналитический обзор) // *Zhurn. vyssh. nervn. deyat.* 2003. V. 53. № 2. P. 133–150. (In Russ.).
3. Machinskaya R.I., Krupskaya E.V. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // *Kognitivnye issledovaniya: sb. nauch. tr. Vyp. 2.* М.: Publishing House: "Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences", 2008. P. 32–48. (In Russ.).
4. Semenova O.A., Machinskaya R.I. Особенности регуляторных компонентов познавательной деятельности у детей 5–10 лет с изменением электрической активности мозга лимбического происхождения // *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I.P. Pavlova.* 2016. V. 66. № 4. P. 458–469. DOI:10.7868/S0044467716040109 (In Russ.).
5. Barutcu A., Spence C., Humphreys G.W. Multisensory enhancement elicited by unconscious visual stimuli. *Exp Brain Res.*, 2018. Vol. 236, no. 3, pp. 409–417. DOI:10.1007/s00221-017-5140-z
6. *Bauer A.-K.R., Debener S., Nobre A.C.* Synchronisation of Neural Oscillations and Cross-modal Influences. *Trends in Cognitive Sciences*, 2020. Vol. 24, no. 6, pp. 481–495. DOI:10.1016/j.tics.2020.03.003
7. Beker S., Foxe J.J., Molholm S. Ripe for solution: Delayed development of multisensory processing in autism and its remediation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2018. Vol. 84, no. 1, pp. 182–192. DOI:10.1016/j.neubiorev.2017.11.008
8. Colonius H., Diederich A. Recalibration of the Multisensory Temporal Window of Integration. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2014. Vol. 126, no. 21, pp. 67–68. DOI:10.1016/j.sbspro.2014.02.318
9. Cowie D., McKenna A., Bremner A., Aspell, J. The development of bodily self-consciousness: Changing responses to the Full Body Illusion in childhood. *Developmental Science*, 2017. Vol. 21, no. 3, pp. 1–12. DOI:10.1111/desc.12557
10. Flom R., Hyde D.C. Recent advances in multisensory development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2021. Vol. 201, no. 1, pp. 104–983. DOI:10.1016/j.jecp.2020.104983
11. Gori M. Multisensory integration and calibration in children and adults with and without sensory and motor disabilities. *Multisensory Research*, 2015. Vol. 28, no. 1–2, pp. 71–99. DOI:10.1163/22134808-00002478
12. Greenfield K., Ropar D., Themelis K., Ratcliffe N., Newport R. Developmental changes in sensitivity to spatial and temporal properties of sensory integration underlying body representation. *Multisensory research*, 2017. Vol. 30, no. 6, pp. 467–484. DOI:10.1163/22134808-00002591
13. Curtindale L.M., Bahrlick L.E., Lickliter R., Colombo J. Effects of multimodal synchrony on infant attention and heart rate during events with social and nonsocial stimuli. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2019. Vol. 178, no. 1, pp. 283–294. DOI:10.1016/j.jecp.2018.10.006
14. Jensen A., Merz S., Spence C., Frings C. Overt spatial attention modulates multisensory selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2019. Vol. 45, no. 2, pp. 174–188. DOI:10.1037/xhp0000595



15. Jones L.B., Rothbart M.K., Posner M.I. Development of executive attention in preschool children. *Developmental Science*. 2003. Vol. 6. № 5. P. 498–504. DOI:10.1111/1467-7687.00307
16. Labossière D.I., Leboe-McGowan J.P. Specific and non-specific match effects in negative priming. *Acta Psychologica*, 2018. Vol. 182, no. 1, pp. 138–153. DOI:10.1016/j.actpsy.2017.10.009
17. Lewkowicz D.J. Early experience and multisensory perceptual narrowing. *Developmental Psychobiology*, 2014. Vol. 56, no. 2, pp. 292–315. DOI:10.1002/dev.21197
18. Mercier M.R., Molholm S., Fiebelkorn I.C., Butler J.S., Schwartz T.H., Foxe J.J. Neurooscillatory phase alignment drives speeded multisensory response times: an electrocorticographic investigation. *Journal of Neuroscience*. 2015. Vol. 35. № 22. P. 8546–8557. DOI:10.1523/JNEUROSCI.4527-14.2015
19. Murphy J.W., Foxe J.J., Molholm S. Neuro-oscillatory mechanisms of intersensory selective attention and task switching in school-aged children, adolescents and young adults. *Developmental science*, 2016. Vol. 19, no. 3, pp. 469–487. DOI:10.1111/desc.12316
20. Posner M.I., Rothbart M.K. Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*. 2007. Vol. 58. P. 1–23. DOI:10.1146/annurev.psych.58.110405.085516
21. Querne L., Vernier-Hauvette M.-P., Berquin P. Development of phasic attention in children: Temporal analysis of alert during a detection task [Электронный ресурс]. *Current psychology letters. Behaviour, brain & cognition*. 2009. Vol. 25. № 1. P. 1–18. URL:<http://cpl.revues.org/4800> (Accessed 18.01.2017).
22. Rohe T., Ehlis A.-C., Noppeney U. The neural dynamics of hierarchical Bayesian causal inference in multisensory perception. *Nature Communications*, 2019. Vol. 10, no. 1, pp. 1–17. DOI:10.1038/s41467-019-09664-2
23. Rueda M.R., Rothbart M.K., McCandliss B.D. Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2005. Vol. 102. № 41. P. 14931–14936. DOI:10.1073/pnas.0506897102
24. Simon D.M., Noel J.P., Wallace M.T. Event related potentials index rapid recalibration to audiovisual temporal asynchrony. *Front Integr. Neurosci.*, 2017. Vol. 11, no. 1, pp. 8–12. DOI:10.3389/fnint.2017.00008
25. Spence C., Frings C. Multisensory feature integration in (and out) of the focus of spatial attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 2020. Vol. 82, no. 1, pp. 363–376. DOI:10.3758/s13414-019-01813-5016

### **Информация об авторах**

Черенкова Людмила Викторовна, доктор биологических наук, профессор кафедры высшей нервной деятельности и психофизиологии, Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО СПбГУ), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9010-1600>, e-mail: [chlivic@mail.ru](mailto:chlivic@mail.ru)

Соколова Людмила Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры высшей нервной деятельности и психофизиологии, Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО СПбГУ), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5284-3374>, e-mail: [lsokolova2021@mail.ru](mailto:lsokolova2021@mail.ru)

### **Information about the authors**

Ludmila V. Cherenkova, PhD in Biology, Department of High Nervous Activity and Psychophysiology, Professor, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9010-1600>, e-mail: [chlivic@mail.ru](mailto:chlivic@mail.ru)

Lyudmila V. Sokolova, PhD in Biology, Department of High Nervous Activity and Psychophysiology, Professor, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5284-3374>, e-mail: [lsokolova2021@mail.ru](mailto:lsokolova2021@mail.ru)

Получена 17.06.2021

Received 17.06.2021

Принята в печать 01.12.2022

Accepted 01.12.2022