

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ПРАЙМИНГА

© 2021 г. Л. В. Черенкова¹, *, Л. В. Соколова¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: chluvic@mail.ru

Поступила в редакцию 10.06.2021 г.

После доработки 04.07.2021 г.

Принята к публикации 05.07.2021 г.

В целях исследования возрастного развития процессов зрительного прайминга проводили сравнение характеристик влияния априорной зрительной информации на идентификацию объектов разной степени сложности у детей четырех (20 детей), пяти (20 детей) и шести лет (20 детей). С помощью прайминг-парадигмы анализировали зависимость величины прайминг-эффекта от интервала между тестовым и прайм-стимулами. В качестве тестовых стимулов использовали линии с разной ориентацией и пространственной частотой, рисунки зверей и клякс. В качестве прайм-стимулов предъявляли комбинированные изображения, содержащие тестовые стимулы в виде локального и глобального элементов. Сопоставление данных тестирования у детей разного возраста показало, что независимо от сложности используемых зрительных объектов величина прайминг-эффекта с возрастом снижается. При идентификации линий предъявление прайма приводило к облегчению реакции и на первый, и на второй тестовый стимул у всех детей. С возрастом наблюдалось снижение величины прайминг-эффекта и сужение временного окна облегчения реакции. Когда использовали фигуры зверей, у детей четырех и пяти лет положительный прайминг наблюдали при идентификации двух тестовых объектов, а у детей шести лет ускорение реакции отмечалось только на стимул, представленный в прайме как глобальный элемент. При различении фигур клякс у детей четырех лет прайм вызывал увеличение времени реакции, а у детей пяти и шести лет – ее ускорение. В то же время у детей пяти лет по сравнению с шестилетними величина положительного прайминг-эффекта была ниже, и облегчение реакции начиналось при больших значениях межстимульного интервала. Полученные данные свидетельствуют о том, что механизмы зрительного прайминга у детей младших возрастных групп могут быть реализованы при идентификации знакомых и простых объектов, антиципирующие схемы для которых уже сформированы.

Ключевые слова: зрительный прайминг, временная динамика, дошкольный возраст, возрастная динамика

DOI: 10.31857/S086981392109003X

Зрительный прайминг представляет собой изменение способности идентифицировать, воспроизводить или классифицировать объекты под влиянием восприятия априорной зрительной информации [1]. В поведенческих исследованиях влияние вариаций прайм-стимулов на эффективность восприятия оценивается по изменению успешности и времени реакции [2], а в нейрофизиологических работах – по параметрам связанных с событием потенциалов [3]. В ходе взаимодействия априорной и текущей информации могут изменяться пороги обнаружения стимулов, пороги их различения, успешность и скорость идентификации зрительных

объектов [1, 2]. При этом отмечают как улучшение (положительный прайминг-эффект), так и ухудшение (отрицательный прайминг-эффект) зрительного восприятия в зависимости от характеристик как прайма, так и тестовой стимуляции и условий их предъявления [4, 5]. По степени и глубине переработки зрительной информации различают сенсорный прайминг, основанный на анализе внешнего сходства отдельных признаков априорной информации (прайма) с объектом идентификации (целевым стимулом), перцептивный, связанный с определением сходства формы внешних объектов, семантический, направленный на разделение стимулов по их значению, и категориальный, задействующий анализ категориальной принадлежности стимулов [6].

При использовании сценария “кратковременного прайминга” последовательно предъявляют прайм-стимул и тестовый стимул с интервалом, который варьирует в пределах сотен миллисекунд [1]. В настоящее время экспериментально показано, что вариации задержки по времени между моментами включения прайма и целевого стимула (*stimulus-onset asynchrony* – SOA) приводит к реализации механизмов обработки зрительной информации на разных уровнях сенсорной системы [7]. Так, при SOA до 50 мс определяющими являются периферические механизмы взаимодействия априорной и текущей информации [8]. В диапазоне SOA от 50 до 100 мс включаются механизмы сенсорного прайминга [9, 10]. При SOA в интервале 200–300 мс возникает интерференция когнитивных процессов, связанных с анализом чередующихся целевого и прайм-стимулов (перцептивный прайминг), причины которого могут быть обусловлены процессами сличения поступающей информации с той, что хранится в памяти субъекта и необходимостью переключения внимания с анализа целевого стимула на прайм и обратно [11–13]. SOA в интервале от 300 до 500 мс связывают с семантическим анализом сигналов и с реализацией процессов планирования двигательной реакции [14, 15].

Вопрос о механизмах формирования процессов интеграции и внимания в онтогенезе является одним из важнейших в области сенсорной и когнитивной психофизиологии. Наиболее интенсивно эти процессы развиваются в период дошкольного и младшего школьного возраста [16]. Однако большинство работ по изучению особенностей формирования зрительного прайминга в онтогенезе направлено в основном на выявление специфики речевого развития и формирования процессов восприятия семантической информации [17, 18]. Так, при рассмотрении синтаксического прайминга не наблюдали принципиальных различий в характере проявления прайминг-эффекта (ПЭ) между взрослыми и детьми, когда использовали конструкции языка, которыми дети овладевают на достаточно ранних этапах речевого развития (от четырех лет) [19, 20].

При анализе семантического прайминга была показана зависимость величины ПЭ от характера взаимосвязи между предвещающей и анализируемой информацией [21]. При использовании стимулов, которые объединены между собой ассоциациями разного типа, положительный ПЭ наблюдался уже у пятилетних детей [22]. Для пар слов, связанных категориально, положительный ПЭ был впервые обнаружен только у детей семи лет [23]. Если тестовый и прайм-стимулы были соединены между собой действием, положительный ПЭ отмечался у детей пяти лет [24]. В возрасте девяти лет наибольший ПЭ наблюдали в том случае, когда тестовый и прайм-стимулы соответствовали друг другу по смыслу [25]. При этом во всех случаях с увеличением возраста величина ПЭ снижалась [26].

Анализ исследований проявления семантического прайминга у детей разного возраста убедительно демонстрируют особенности преднастройки процесса восприятия и его селективности по сравнению с взрослыми испытуемыми. Особенно важным представляется исследование формирования этих процессов в период дошкольного детства, поскольку этот период в развитии связан с формированием функциональных систем, обеспечивающих произвольную избирательную регуляцию деятельности, основанную на процессах организации произвольного внимания [16]. Однако систематических исследований, направленных на изучение дина-

Таблица 1. Описание исследованных детей

Группа детей	Число детей			Возраст (в годах)		IQ по Векслеру (баллы)		
	общее	мальчики	девочки	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>
1	20	11	9	4.5	0.4	105	13	92–118
2	20	15	5	5.6	0.3	115	15	100–130
3	20	13	7	6.4	0.4	124	14	110–138

мики формирования и развития процессов реализации всех механизмов, задействованных при зрительном прайминге на разных уровнях обработки зрительной информации у детей дошкольного возраста, не проводилось.

В связи с этим цель настоящего исследования заключалась в проведении сравнительного анализа характеристик зрительного прайминга в зависимости от типа используемого прайма, сложности задачи идентификации целевого объекта и возраста ребенка в пределах дошкольного периода.

Задачи работы включали тестирование величины ПЭ при идентификации простых зрительных стимулов, знакомых оформленных объектов и фигур неопределенной конфигурации в зависимости от интервала задержки между праймом и целевым стимулом у детей четырех, пяти и шести лет.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Испытуемые

В исследовании принимали участие 60 детей от четырех до шести лет ($M = 5.4$; $SD = 0.8$), посещающих детский сад № 45 и дошкольное отделение начальной школы-детского сада № 687 “Центр реабилитации ребенка” (г. Санкт-Петербург).

В соответствии с возрастом дети были разделены на три группы: 1) 20 детей, из них 9 девочек, от 4.1 до 4.9 лет; 2) 20 детей, из них 5 девочек, от 5.2 до 5.9 лет; 3) 20 детей, из них 7 девочек, от 6.0 до 6.8 лет (табл. 1).

Все дети использовали правую руку для выполнения теста в качестве ведущей и не имели проблем со зрением и слухом.

Дети всех возрастных групп были протестированы на уровень интеллектуального развития по методу Векслера для детей дошкольного возраста (WPPSI), адаптированному для нашей страны [27]. Анализ результатов показал, что уровень IQ варьировал от 92 до 138 баллов, что соответствовало уровню нормального развития ребенка (см. табл. 1).

Все использованные в исследовании процедуры соответствуют этическим стандартам Национального комитета по исследовательской этике и Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующим изменениям или сопоставимым нормам этики. Родители детей, принимавших участие в данном исследовании, подписали информированное добровольное согласие. Проведение исследования одобрено Этическим комитетом Санкт-Петербургского государственного университета (протокол № от 1 от 10.09.2017 г.).

Стимулы

В качестве тестовых стимулов использовали изображения вертикальных линий с пространственной частотой 10 циклов на град. и горизонтальных линий с пространственной частотой 2 цикла на град. (задача 1), изображения фигур зверей (задача 2), изображения клякс разной конфигурации (задача 3) из базы данных “Sutterstock”.

В качестве прайм-стимулов в центре экрана компьютера предъявляли вертикальные линии с пространственной частотой 2 цикла на град. (задача 1) и комбинированные изображения, содержащие тестовые стимулы, один как общий гло-

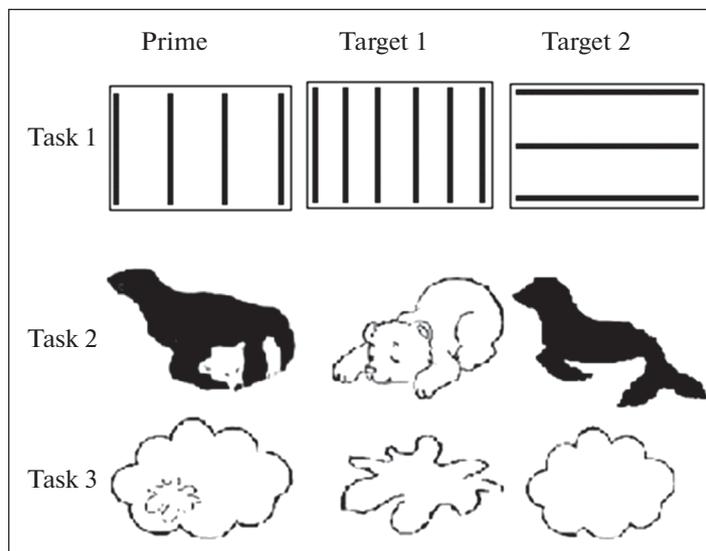


Рис. 1. Используемые стимулы.

бальный элемент изображения, второй как встроенный локальный элемент изображения (задачи 2 и 3) (рис. 1).

Яркость серого фона экрана компьютера составляла 30 кд/м^2 , максимальная яркость изображения — 60 кд/м^2 , размер изображения — 8 угловых градусов, длительность предъявления тестовых стимулов составляла 200 мс, а прайм-стимула — 100 мс. Межстимульный интервал между окончанием предъявления прайма и началом предъявления тестового стимула (МСИ) варьировал от 50 до 600 мс.

Процедура исследования

Обследование детей проводилось в знакомой и комфортной обстановке. Ребенок сидел перед компьютером, расстояние от экрана монитора составляло около 50 см. Общая освещенность в комнате равнялась 120 лк. Для демонстрации стимулов испытуемым был использован ноутбук Samsung R40-1 с размером экрана 17". Для предъявления стимулов и регистрации параметров реакции использовалась программа PsyTask v. 1.50.12. (ООО Мицар, Санкт-Петербург, РФ).

Перед началом тестирования проводили обучение задаче по различению тестовых стимулов. В ответ на предъявление одного из них необходимо было нажать на левую клавишу компьютера (20 стимулов), а в ответ на предъявление другого — на правую клавишу компьютера (20 стимулов). Все стимулы предъявлялись в случайном порядке.

В сериях тестирования использовали сочетания тестовых и прайм-стимулов, которые предъявляли в случайном порядке. В каждой задаче использовали два теста с разными значениями МСИ (50, 100, 150 и 200 мс; 300, 400, 500 и 600 мс). Число проб в одном тесте составляло 80 сочетаний стимулов (по 20 проб с одним значением МСИ).

Анализ полученных результатов

Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTIKA-13. Распределение переменных по всей выборке соответствовало нормальному (тест К-S: $d = 0.15$; $p > 0.21$), что позволило использовать для анализа параметрические критерии: t -теста Стьюдента для сравнения двух независимых выборок и многофак-

торный анализ ANOVA с последующим применением *post hoc* Бонферонни для сравнения трех и четырех групп переменных. При анализе значений времени реакции (ВР) отбирали только правильные реакции испытуемых (94.56% из всех проб). Значения ВР, которые превышали $2SD$ от средней величины для каждого ребенка, не включали в обработку данных (1.32% из всех проб). Для каждого испытуемого вычисляли знак и среднюю величину прайминг-эффекта (ПЭ) при каждом значении МСИ, а также временное окно эффекта облегчения реакции. Знак прайминг-эффекта определяли по достоверному увеличению (положительный ПЭ) или уменьшению (отрицательный ПЭ) скорости идентификации зрительного объекта при введении прайм-стимула. Величину ПЭ определяли по разнице между средними значениями ВР при предъявлении только тестового стимула и сочетания тестового и прайм-стимулов. Временное окно эффекта облегчения определяли как период значений МСИ, при которых величина ПЭ была достоверной, т.е. попарное сравнение средних значений времени реакции на тестовые стимулы, предваряемые и не предваряемые праймом, показало достоверные различия. Достоверными считали различия при $p \leq 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обучение

Анализ данных, полученных в процессе обучения различению используемых фигур у детей разного возраста, показал, что число ошибок не превышает уровень случайности. Среднее число ошибок составляло $2.25 \pm 1.01\%$ у детей четырех лет, $2.11 \pm 1.02\%$ – у детей пяти лет и $1.08 \pm 0.51\%$ – у детей шести лет. При этом среднее значение времени реакции составляло 1047 ± 76 мс ($n = 20$) у детей четырех лет, 994 ± 48 мс ($n = 20$) – у детей пяти лет и 883 ± 45 мс ($n = 20$) – у детей шести лет.

Сравнение ВР у детей всех возрастных групп не выявило зависимости от вида задачи по идентификации объектов разной сложности ($F(2,357) = 2.57$; $p = 0.08$) и от типа используемых в каждой задаче стимулов ($F(2,357) = 1.12$; $p = 0.33$). В то же время методом дисперсионного анализа ANOVA была установлена зависимость временных параметров реакции от возраста детей при выполнении всех трех задач ($F(2,357) = 44.87$; $p < 0.001$).

Попарное сравнение средних значений ВР с помощью метода Стьюдента у детей разных возрастных групп определило прогрессивный рост скорости реакции в ряду детей четырех и пяти лет, а также пяти и шести лет (табл. 2).

Тестирование

При введении прайм-стимулов ВР изменялось в зависимости от возраста, выполняемой задачи, типа идентифицируемых стимулов и величины МСИ.

При различении простых стимулов (горизонтальных и вертикальных линий с низкой и высокой пространственной частотой) введение прайм-стимула в виде вертикальных линий с низкой пространственной частотой показало, что независимо от возраста наблюдается уменьшение ВР на оба тестовые стимулы – положительный ПЭ (рис. 2).

Попарное сравнение средних величин ВР на предъявление тестовых стимулов и их сочетание с праймом определило достоверное снижение ВР на оба стимула у детей четырех лет ($M = 944$ мс, $SD = 72$; ПЭ = 162 мс; $t(38) = 4.76$, $p < 0.001$), пяти лет ($M = 941$ мс, $SD = 64$; ПЭ = 70 мс; $t = 4.76$, $p < 0.001$) и шести лет ($M = 849$ мс, $SD = 43$; ПЭ = 46 мс; $t(38) = 4.76$, $p < 0.001$).

При этом, если у детей четырех и пяти лет достоверные значения ПЭ были зафиксированы при всех значениях МСИ (рис. 2а, б), то у детей шести лет временное окно облегчения реакции было ограничено (50–200 мс – рис. 2с).

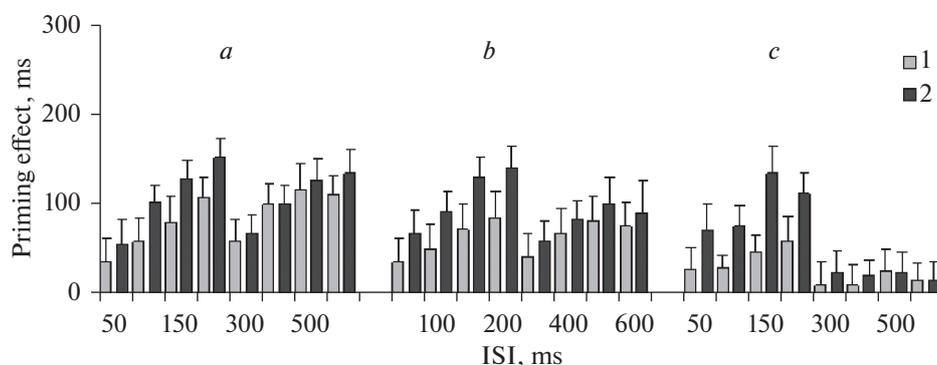


Рис. 2. Возрастная динамика проявления прайминг-эффекта при различении линий разной ориентации и частоте следования. Обозначения: (a) – тестирование детей четырех лет; (b) – тестирование детей пяти лет; (c) – тестирование детей шести лет; (1) – прайм + тестовый стимул 1; (2) – прайм + тестовый стимул 2. По вертикали – средняя величина прайминг-эффекта, мс; по горизонтали – значение межстимульного интервала, мс. Вертикальные линии – значение доверительного интервала при $p \leq 0.05$.

Методом дисперсионного анализа ANOVA выявлено достоверное влияние фактора возраста ($F(2,949) = 41.01; p < 0.001$), типа стимула ($F(1,949) = 63.14; p < 0.001$) и МСИ ($F(7,949) = 17.17; p < 0.001$) при значимой величине взаимодействия данных факторов ($F(2,949) = 108.17; p < 0.001$).

Анализ зависимости величины ПЭ от возраста определил достоверное снижение эффекта облегчения при воздействии априорной информации в возрастном ряду от четырех до пяти лет. Уменьшение ВР на тестовые стимулы была наибольшей у детей четырех лет по сравнению с детьми пяти ($t(318) = 5.41; p < 0.001$) и шести ($t(318) = 8.37; p < 0.001$) лет.

Сравнение средних значений ПЭ на первый и второй тестовые стимулы, предваряемые праймом, подтвердил достоверность различий ВР на вертикальные и горизонтальные линии у детей четырех ($t(38) = 3.81; p < 0.001$), пяти ($t(38) = 4.18; p < 0.001$) и шести ($t(38) = 5.07; p < 0.001$) лет. Необходимо отметить, что совпадение частоты следования в прайме и тестовом стимуле приводило к большему ПЭ по сравнению с совпадением направления ориентаций линий у детей всех возрастных групп (рис. 2).

Детальный анализ зависимости величины ПЭ от МСИ выявил различия в интервалах от 50 до 200 мс и от 300 до 600 мс.

Таблица 2. Временные параметры идентификации тестовых стимулов после обучения

Стимулы	Возраст (годы)	Время реакции (мс)			Тест Стьюдента	
		Mean	SD	Range	t	p
Линии	4	1106	72	913–1152		
	5	1011*	56	849–1151	2.66	0.02
	6	895*	42	803–991	3.62	0.001
Звери	4	1062	75	903–1125		
	5	983*	38	901–1081	3.92	0.002
	6	865*	36	710–1012	3.58	0.001
Кляксы	4	1102	92	971–1288		
	5	963*	42	851–1080	2.52	0.02
	6	888*	47	807–986	3.46	0.001

* Указана достоверность различий данных при $p \leq 0.05$.

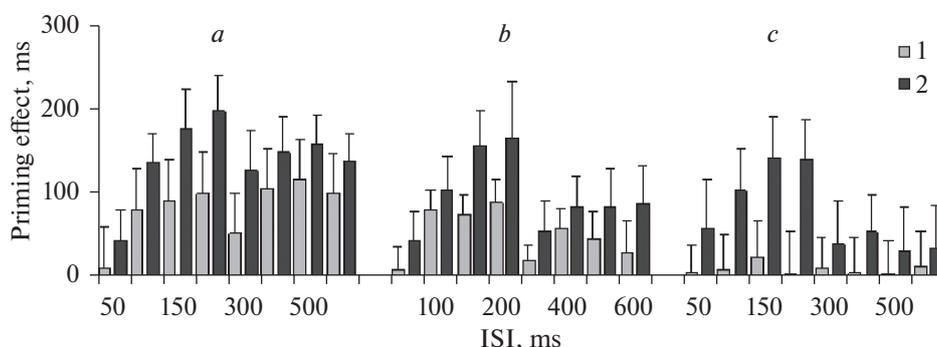


Рис. 3. Возрастная динамика проявления прайминг-эффекта при различии фигур зверей. Обозначения, как на рис. 2.

При МСИ до 200 мс величина ПЭ на тестовые стимулы прогрессивно увеличивается у детей всех возрастных групп ($F(3,76) = 4.01; p = 0.01; F(3,76) = 3.75; p = 0.03, F(3,76) = 3.17; p = 0.04$, у детей 4-х, 5-ти и 6-ти лет соответственно). В то же время при МСИ более 300 мс достоверные изменения ВР отсутствуют ($F(3,76) = 1.51; p = 0.18, F(3,76) = 1.15; p = 0.13, F(3,76) = 0.71; p = 0.55$, у детей четырех, пяти и шести лет соответственно).

Такая же закономерность просматривается и для различий между средними значениями ВР на первый и второй тестовые стимулы. В интервале МСИ от 50 до 200 мс ВР реакции было достоверно ниже при идентификации редких горизонтальных линий – второй стимул ($t(78) = 3.53; p < 0.001, t(78) = 4.05; p < 0.001, t(78) = 4.93; p < 0.001$ у детей 4-х, 5-ти и 6-ти лет соответственно). При МСИ от 300 до 600 мс достоверные различия между средними значениями ВР на тестовые стимулы не наблюдается ($t(78) = 1.87; p = 0.06, t(78) = 1.96; p = 0.05, t(78) = 1.03; p < 0.01$ у детей четырех, пяти и шести лет соответственно).

Таким образом, при выполнении данной задачи положительный зрительный прайминг отмечается уже у детей четырех лет. Возрастные различия состоят в снижении выраженности ПЭ и в уменьшении временного окна эффекта облегчения с возрастом.

Опережающая демонстрация комбинированной фигуры, состоящей из изображений зверей в качестве глобального и локального элементов стимула, продемонстрировала несколько иные результаты. В этом случае также наблюдалось уменьшение ВР при различии тестовых фигур – положительный прайминг-эффект (рис. 3).

Однако у детей четырех и пяти лет уменьшение ВР отмечалось на оба тестовых стимула ($M = 943$ мс, $SD = 29$, ПЭ = 119 мс; $t(318) = 2.48, p < 0.001; M = 872$ мс, $SD = 30$, ПЭ = 111 мс; $t(318) = 1.73, p < 0.001$ соответственно), а у детей шести лет – только на стимул, который был представлен в прайме как глобальный элемент фигуры ($M = 758$ мс, $SD = 28$, ПЭ = 85 мс; $t(318) = 2.53; p < 0.001$). Необходимо отметить, что у детей четырех и пяти лет достоверные значения ПЭ были зафиксированы при всех значениях МСИ при идентификации первого стимула и в интервале МСИ от 100 до 600 мс при реакции на второй стимул (рис. 3a, b). У детей шести лет временное окно облегчения реакции было ограничено (50–200 мс – рис. 3c).

Методом дисперсионного анализа было показано достоверное влияние фактора возраста ($F(2,949) = 32.28; p < 0.001$), типа стимула ($F(1,949) = 96.04; p < 0.001$) и МСИ ($F(7,949) = 1.01; p < 0.001$) при значимой величине взаимодействия данных факторов ($F(2,949) = 469.98; p < 0.001$).

Анализ зависимости величины ПЭ от возраста показал, что уменьшение ВР на тестовые стимулы была наибольшей у детей четырех лет по сравнению с детьми пя-

ти ($t(318) = 3.15; p < 0.001$) и 6-ти ($t(318) = 5.38; p < 0.001$) лет (рис. 3). При этом, как и в случае тестирования первой задачи, выраженность ПЭ снижалась с возрастом.

Детальный анализ зависимости величины ПЭ от МСИ свидетельствует о том, что в интервале 50–200 мс регистрируется прогрессивный рост скорости реакции на оба тестовых стимула у детей четырех и пяти лет ($F(3,76) = 2.97; p = 0.04$ и $F(3,76) = 4.71; p = 0.01$ соответственно) и только на изображение, выступающее в качестве глобального элемента в прайме, у детей шести лет ($F(3,76) = 5.58; p = 0.01$). При МСИ более 300 мс величина ПЭ снижается и ее зависимость от значения МСИ не достигает достоверных значений у детей всех возрастных групп ($F(3,76) = 1.28; p = 0.29$, $F(3,76) = 0.37; p = 0.56$, $F(3,76) = 0.37; p = 0.78$ у детей четырех, пяти и шести лет соответственно).

Попарное сравнение средних величин ПЭ в ответ на предъявление тестовых стимулов позволило установить, что ВР на первый стимул (глобальный элемент прайма) было достоверно меньше по сравнению с ВР на второй стимул (локальный элемент прайма) у детей всех возрастных групп при всех значениях МСИ ($t(76) = 4.34; p < 0.001$, $t(76) = 4.83; p < 0.001$, $t(76) = 4.51; p < 0.001$ у детей четырех, пяти и шести лет соответственно).

Таким образом, у детей шести лет при распознавании фигур зверей введение прайм-стимула (сочетание двух тестовых фигур, одна из которых представляла локальный, а другая глобальный элементы комбинированного изображения) приводило к достоверному снижению ВР только при предъявлении фигуры, представляющей глобальный элемент изображения. Достоверные различия значений ВР на тестовые стимулы, предваряемые праймом, сохранялись при всех исследованных значениях МСИ. Максимальный эффект облегчения ВР регистрировали в интервале МСИ от 100 до 200 мс. В то же время у детей четырех и пяти лет наблюдается снижение ВР на оба стимула, хотя эффект облегчения в большей мере сказывается на идентификации тестового стимула, который в априорной информации выступает как глобальный элемент комбинированного изображения.

Несколько иная картина была характерна для различения стимулов неопределенной конфигурации (кляксы) после введения прайм-стимула, представляющего собой комбинацию тестовых изображений, одно из которых представляло глобальный элемент стимула, а второе – его локальный элемент. В этом случае наблюдались не только количественные, но и качественные различия проявления ПЭ у детей разного возраста (рис. 4).

Как и при выполнении первых двух задач, методом дисперсионного анализа было установлено достоверное влияние фактора возраста ($F(2,949) = 130.47; p < 0.001$), типа тестового стимула ($F(2,949) = 134.49; p < 0.001$) и МСИ ($F(2,949) = 14.73; p < 0.001$) при значимой величине взаимодействия данных факторов ($F(2,949) = 17.71; p < 0.001$).

Однако у детей четырех лет опережающее предъявление прайма приводило к достоверному увеличению ВР на оба тестовых стимула в интервале МСИ от 50 до 300 мс ($M = 1244$ мс, $SD = 58$, ПЭ = -142 мс; $t(98) = 5.89, p < 0.001$) – отрицательный ПЭ (рис. 4a). В то же время у детей пяти лет достоверный отрицательный ПЭ наблюдается только при выполнении реакции на тестовый стимул, включенный в прайм как локальный элемент, независимо от МСИ ($M = 1129$ мс, $SD = 76$, ПЭ = -105 мс; $t(158) = 1.13; p = 0.02$). При предъявлении второго тестового стимула (глобальный элемент прайма) ВР достоверно уменьшалось в интервале МСИ от 150 до 600 мс ($M = 954$ мс, $SD = 66$, ПЭ = 84 мс; $t(118) = 3.44; p < 0.001$ – положительный ПЭ – рис. 4b). У детей шести лет также наблюдалось достоверное уменьшение ВР на данный тестовый стимул, но при всех значениях МСИ ($M = 773$ мс, $SD = 38$, ПЭ = 91 мс; $t(158) = 4.87; p < 0.001$). Однако в ответ на стимул, включенный в прайм в качестве локального элемента, достоверных изменений величины ВР не было зафиксировано ни при одном значении МСИ ($M = 886$ мс, $SD = 49$, ПЭ = 2 мс; $t(158) = 0.83; p = 0.45$ – рис. 4c).

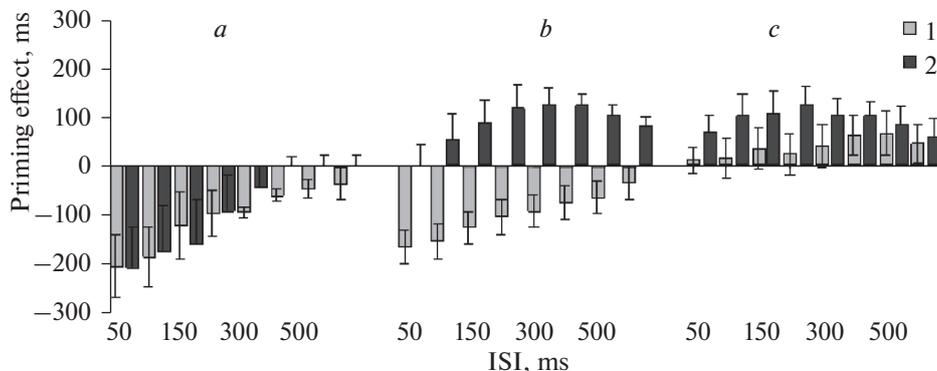


Рис. 4. Возрастная динамика проявления прайминг-эффекта при различии фигур неопределенной конфигурации. Обозначения как на рис. 2.

Дисперсионный анализ ПЭ при разных МСИ показал, что у детей четырех лет негативное влияние прайма прогрессивно уменьшается с увеличением МСИ в интервале от 50 до 300 мс ($F(7,152) = 4.12; p < 0.01$). У детей пяти лет с ростом МСИ негативное влияние прайма также достоверно уменьшается относительно тестового стимула, включенного в прайм как локальный элемент ($F(7,152) = 5.89; p < 0.001$), а в отношении стимула, входящего в прайм как глобальный элемент изображения, положительное влияние прайма возрастает при увеличении МСИ ($F(7,152) = 3.23; p < 0.01$). Необходимо отметить, что в последнем случае достоверное увеличение ПЭ отмечено только для МСИ, больших 100 мс (рис. 4b).

У детей шести лет достоверное снижение ВР наблюдается при всех значениях МСИ (начиная с 50 мс), а максимальный рост облегчающего эффекта прайма характерен для интервала МСИ в 50–200 мс ($F(3,76) = 3.35; p = 0.02$). При МСИ 300–600 мс зависимость величины положительного ПЭ от МСИ недостоверна ($F(3,76) = 3.61; p = 0.23$). Также недостоверным является и зависимость величины ПЭ от МСИ при тестировании ответов на второй тестовый стимул ($F(3,76) = 6.11; p = 0.43$ – рис. 4c).

Анализ зависимости величины ПЭ от типа стимула показывает, что у детей четырех лет достоверные различия между ВР на первый и второй тестовые стимулы отсутствуют ($t(58) = 1.18; p = 0.24$) при МСИ 50, 100 и 150 мс). У детей пяти и шести лет при этих же значениях МСИ различия ПЭ между реакциями на тестовые стимулы достоверны ($t(158) = 17.32; p < 0.001$ $t(158) = 6.31; p < 0.001$ соответственно).

Таким образом, при выполнении третьей задачи у детей четырех лет отмечается негативное влияние прайма на процесс идентификации последующего объекта независимо от того, является ли он глобальным или локальным элементом прайма. У детей пяти и шести лет в этой задаче был выявлен эффект облегчения реакции при идентификации объекта в отношении стимула, присутствующего как глобальный элемент в прайме. При этом временное окно облегчения реакции у детей пяти лет сдвинуто в сторону больших значений МСИ по сравнению с детьми шести лет.

Количественное сравнение величины ПЭ при выполнении разных задач у детей одного возраста показало, что у детей четырех лет относительная величина ПЭ достоверно не отличается при выполнении всех трех задач ($F(2,238) = 1.51; p = 0.13$). У детей пяти и шести лет наименьшие показатели ПЭ характерны для выполнения третьей задачи ($t = 2.14; p = 0.03$).

В целом, полученные результаты раскрывают временную динамику взаимодействия априорной и текущей зрительной информации и устанавливают закономерности формирования зрительного прайминга у детей дошкольного возраста.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в работе данные позволили выделить несколько аспектов возрастной динамики зрительного прайминга при восприятии зрительных объектов разной степени сложности.

В первую очередь необходимо отметить, что с возрастом изменяется выраженность зрительного прайминга. Полученные в работе данные свидетельствуют о достоверном снижении величины ПЭ от четырех до шести лет при выполнении первых двух задач. Эти данные согласуются с работами, проведенными с использованием метода семантического прайминга [26] и подтверждают предположение о том, что именно в период дошкольного детства происходит формирование механизмов зрительного прайминга.

Второй аспект возрастной динамики касается временных параметров взаимодействия априорной и текущей зрительной информации. При исследованиях с использованием прайминг-парадигмы было показано, что очень важной характеристикой прайм-стимула, которая оказывает влияние на величину и знак прайминг-эффекта, является величина интервала между целевым и прайм-стимулами [9]. Нейрофизиологические исследования показывают, что когда два образа предъявляются с интервалом от начала прайма (SOA) менее чем 300 мс, группы зрительных нейронов в верхне-височной коре пытаются кодировать наличие двух отдельных объектов, что приводит к уменьшению влияния прайма [11]. В нашем исследовании в большинстве случаев при МСИ 50–200 мс (SOA – 150–300 мс) наблюдался прогрессивный рост величины ПЭ, что, по-видимому, и отражает процесс конкуренции между априорной и текущей информацией. Этот процесс не зависел от возраста, что свидетельствует о его зрелости уже у детей четырех лет. И только при идентификации фигур сложной конфигурации у детей пяти лет наблюдается сдвиг этого периода в сторону больших значений. Интервал для различения элементов прайма в этом случае занимает от 200 до 400 мс (по SOA).

В интервале МСИ от 300 до 600 мс выявлена стабилизация значений ПЭ. Показано, что отсутствие влияния прайма на ВР в ответ на тестовый стимул связано со сдвигом внимания от прайм-стимула к тестовому сигналу [28]. Таким образом, в нашей работе МСИ = 300 мс является критической величиной для восприятия используемых праймов. Однако при этом у детей шести лет ВР при таких МСИ достоверно не отличима от той, которая была зафиксирована при отсутствии прайма. В то же время у детей младших возрастных групп стабилизация ПЭ проходит при сохранении эффекта облегчения реакции от воздействия прайма. Это может быть связано с достоверно большими значениями ВР, наблюдаемыми у детей младшего возраста. Предполагают, что временной интервал свыше 500 мс связан с активацией моторных процессов [9]. Можно предположить, что длительная реализация моторных процессов требует поддержания активации систем восприятия на высоком уровне. Это подтверждается и тем, что у детей пяти лет значения ВР у которых достоверно меньше, чем у детей четырех лет, в этом интервале МСИ отмечаются и достоверно меньшие значения ПЭ.

Третий аспект возрастной динамики зрительного прайминга относится к зависимости величины ПЭ от свойств идентифицируемых объектов. При выполнении всех задач эффект облегчения под воздействием одного и того же прайма был выше при предъявлении одного из тестовых стимулов. С возрастом увеличивались различия между величинами ПЭ на тестовые стимулы. Так, в случае различения линий разной ориентации и пространственной частоты меньшее ВР отмечалось при совпадении в прайме и тестовом стимуле частотного признака объектов по сравнению с признаком направления линий. Это свидетельствует о более выраженном влиянии низкой пространственной частоты априорной информации на время идентификации текущих объектов. Полученный факт согласуется с нашими предыдущими поведенческими и электрофизиологическими данными, показыва-

ющими влияние зрительных стимулов с низкой пространственной на различение стимулов с высокой и низкой пространственной частотой [29, 30].

В случае различения фигур зверей и клякс в большинстве случаев достоверно большая величина ПЭ наблюдалась при идентификации той фигуры, которая в прайме была представлена в качестве глобального элемента комбинированного изображения. Сравнение с работами, проведенными на взрослых испытуемых, не показывают качественных отличий в проявлении прайминг-эффектов и эффектов облегчения при восприятии таких зрительных изображений [31, 32].

Четвертый аспект возрастной динамики зрительного прайминга, выявленный в нашей работе, связан с типом предлагаемой детям задачи. При различении простых зрительных стимулов и знакомых фигур зверей положительный ПЭ наблюдался уже у детей четырех лет. Возрастные изменения зрительного прайминга в случае использования в качестве объектов идентификации простых зрительных стимулов заключались в уменьшении выраженности ПЭ. Это свидетельствует о том, что механизмы сенсорного прайминга, связанные с сопоставлением информации об отдельных признаках объектов в априорной и текущей информации, в основном, сформированы к четырехлетнему возрасту, что согласуется с данными о влиянии цвета текста на идентификацию формы объектов [25].

При различении знакомых фигур зверей у детей шести лет зрительный прайминг был установлен только при идентификации фигуры, которая в прайме представляла глобальный элемент изображения, что согласуется с данными, полученными на взрослых испытуемых и подростках [32]. Факт о ведущей роли глобальной информации при реализации зрительного прайминга в литературе рассматривается с точки зрения о преимущественной роли низкочастотной зрительной информации при идентификации формы объекта [33]. Наличие этого процесса у детей шести лет свидетельствует о зрелости перцептивного прайминга в этом возрасте.

Напротив, у детей четырех и пяти лет наблюдали облегчающее влияние как глобального, так и локального элементов прайма, хотя величина ПЭ была достоверно больше при идентификации стимула, соответствующего глобальному элементу прайма. Это говорит о том, что от четырех до пяти лет происходит формирование процесса автоматического выделения ведущего признака комбинированного объекта, которое завершается к шестилетнему возрасту.

При различении фигур сложной конфигурации была выявлена близкая по характеру картина. У детей шести и пяти лет так же, как и в предыдущем случае, обнаружено влияние априорной информации, связанной с ее глобальными элементами, но ПЭ был выражен в меньшей степени по сравнению со второй задачей. В отличие от этого у детей четырех лет установлен негативный ПЭ на оба идентифицируемых объекта, а у детей пяти лет на объект, включенный в прайм в качестве локального элемента. Вопрос относительно механизмов проявления негативного прайминга до сих пор дискутируется в литературе. Существует две основные гипотезы относительно его природы [34, 35]. Первая из них рассматривает ПЭ как проявление механизмов конкуренции между внешними объектами. При несоответствии между ними на уровне репрезентации образов объектов в ассоциативных зонах коры подавляется информация о прайм-стимуле для облегчения выбора информации о целевом стимуле, который является актуальным при выполнении реакции [34]. Вторая модель основывается на предположении о том, что целевой стимул является сигналом для извлечения из памяти предыдущих эпизодов обработки информации о таком же стимуле, причем в этих следах памяти хранится и информация об ответных реакциях на этот стимул [35]. Эти две модели во многом схожи между собой. Но при этом они различаются в понятиях того, чему придается особое значение в последовательности процессов, вовлеченных в восприятие прайм-стимула и теста. Увеличение ВР на все тестовые стимулы у детей 4-х лет, наблюдаемое в данной работе, в большей степени связано с первой гипотезой — введение любого нового

объекта в этом возрасте вызывает сильную ориентировочную реакцию, что приводит к торможению текущей деятельности в целом [34]. Этот факт подтверждается тем, что одинаковый по величине отрицательный ПЭ характерен для идентификации обоих тестовых стимулов, это подтверждается и нашими предыдущими данными о формировании гетеросенсорного прайминга, которые показали аналогичную картину у детей четырех лет при влиянии априорной зрительной информации на идентификацию звуковых стимулов [36]. С возрастом выраженность этого процесса постепенно снижается, и у детей пяти лет наблюдается негативный ПЭ только в отношении идентификации объекта, который в прайме присутствует как локальный элемент изображения, а в возрасте шести лет полностью исчезает. Такая динамика проявления отрицательного прайминга может свидетельствовать о постепенном формировании механизмов конкуренции между априорной и текущей информацией в рассмотренном возрастном периоде.

В целом полученные данные позволяют раскрыть возрастную динамику формирования сенсорного и перцептивного прайминга в зависимости от характеристик взаимодействующей информации и подтверждают предположение о том, что именно в период дошкольного детства процессы интеграции и внимания преобразуются и постепенно приобретают характер, который учитывает не только пространственно-временную композицию стимулов, но и процессы селекции значимых признаков объектов.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-06-00644-ОГН-а).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ВКЛАД АВТОРОВ

Идея работы и планирование эксперимента (Л.В.Ч., Л.В.С.), психологическое тестирование и обработка данных (Л.В.С.), психофизиологическое тестирование и обработка данных (Л.В.Ч.), написание статьи (Л.В.Ч.), редактирование манускрипта (Л.В.С.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Grill-Spector K* (2008) Visual Priming. In book: *Learning and Memory: A Comprehensive Reference*. USA Acad Press 3: 219–236. <https://doi.org/10.1016/B978-012370509-9.00130-3>
2. *Gary SD, Victor SF* (2016) Thirty years of structural priming: An introduction to the special issue. *J Memory and Language* 91: 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2016.05.005>
3. *Tan D, Touzel JB, Segal MJ, Snidal C, Renoult L* (2019) A central component of the N1 event-related brain potential could index the early and automatic inhibition of the actions systematically activated by objects. *Front Behav Neurosci* 13: 95. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00345>
4. *Ben-Haim MS, Chajut E, Hassin RR, Algom D* (2015) Speeded naming or naming speed? The automatic effect of object speed on performance. *J Psychol: General* 144: 326–338. <https://doi.org/10.1037/a0038569>
5. *Mayr S, Buchner A* (2015) Negative Priming as a Memory Phenomenon. *Zeitschr Psychol (J Psychol)* 215: 35–51. <https://doi.org/10.1027/0044-3409.215.1.35>
6. *Biederman I, Cooper EE* (1992) Size invariance in visual object priming. *J Exp Psychol: Human Perception and Performance* 18(1): 121–133. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.18.1.121>

7. *Kristjansson A, Asgeirsson AG* (2019) Attentional Priming: Recent insights and current controversies. *Current Opinion in Psychology* 29: 71–75.
<https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2018.11.0133>
8. *Tapial E, Breitmeyer B, Broyles EC* (2011) Properties of spatial attention in conscious and non-conscious visual information processing. *Consciousness and Cognition* 20: 426–431.
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.07.001>
9. *Carlson T, Tovar DA, Alink A, Kriegeskorte N* (2013) Representational dynamics of object vision: the first 1000 ms. *J Vision* 13: 1–19.
<https://doi.org/10.1167/13.10.1>
10. *Lin Z, He S* (2012) Automatic frame-centered object representation and integration revealed by iconic memory, visual priming, and backward masking. *J Vision* 12: 1–18.
<https://doi.org/10.1167/12.11.24>
11. *Keysers C, Perrett DI* (2002) Visual masking and RSVP reveal neural competition. *Trends in Cognitive Sci* 6: 120–125.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01852-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01852-0)
12. *Proverbio AM, Adorni R, D'Aniello GE* (2011) 250 ms to code for action affordance during observation of manipulable objects. *Neuropsychologia* 49: 2711–2717.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.05.019>
13. *Huang Y, Chen L, Luo H* (2015) Behavioral Oscillation in Priming: Competing Perceptual Predictions Conveyed in Alternating Theta-Band Rhythms. *J Neurosci* 35: 2830–2837.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4294-14.2015>
14. *González-Perilli F, Ellis R* (2015) I don't get you. Action observation effects inverted by kinematic variation. *Acta Psychol* 157: 114–121.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.02.010>
15. *Vainio L, Hammaren L, Hausen M, Rekolainen E, Riskila S* (2011) Motor inhibition associated with the affordance of briefly displayed objects. *Quart J Exp Psychol* 64: 1094–1110.
<https://doi.org/10.1080/17470218.2010.538221>
16. *Best JR, Miller PH* (2010) A developmental perspective on executive function. *Child Development* 81: 1641–1660.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
17. *Wang Y, Wang Yo, Liu P, Wang Ju, Li Y* (2018) Critical role of top-down processes and the push-pull mechanism in semantic single negative priming. *Consciousness and Cognition* 57: 84–93.
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.11.007>
18. *López-Alanis P, Fernández-Harmony T, Silva-Pereyra JF, Rodríguez-Morales MC, Prieto-Corona DMB, Avecilla-Ramírez GN, Calderón-Carrillo M, Vélez-Domínguez LC* (2012) Semantic priming in children: an event-related potential (ERP) study. *J Behav Health & Social* 4: 59–72.
<https://doi.org/10.5460/jbhsi.v4.2.34108>
19. *Mahowald K, James A, Futrell R, Gibson E* (2016) A meta-analysis of syntactic priming in language production. *J Memory and Language* 91: 5–27.
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2016.03.009>
20. *Huttenlocher J, Vasilyeva M, Shimpi P* (2004) Syntactic priming in young children. *J Memory and Language* 50: 182–195.
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2003.09.003>
21. *Perraudin S, Mounoud P* (2009) Contribution of the priming paradigm to the understanding of the conceptual developmental shift from 5 to 9 years of age. *Development Sci* 12: 956–977.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00847.x>
22. *Jurkat S, Gruber MJ* (2021) The effect of verbal priming of visual attention styles in 4- to 9-year-old children. *Cognition* 212: 104–681.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104681>
23. *Noguera C, Álvarez D, Carmona E, Parra L* (2015) Temperament and negative semantic priming in children 7 to 12 years old. *Child Neuropsychol* 21: 302–313.
<https://doi.org/10.1080/09297049.2014.913558>
24. *Frings C, Feix S, Röthig U, Brüser C, Junge M* (2007) Children do show negative priming: Further evidence for early development of an intact selective control mechanism. *Development Psychol* 43: 1269–1273.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.5.1269>
25. *Gathercole SF, Pickering SJ, Ambridge B, Wearing H* (2004) The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Development Psychol* 140: 177–190.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
26. *Bankson PS, Hebart BB, Groen MN* (2018) The temporal evolution of conceptual object representations revealed through models of behavior, semantics and deep neural. *Neuroimage* 178: 172–182.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.05.037>
27. *Ильина МН* (2009) Психологическая оценка интеллекта у детей. Питер, Санкт-Петербург, Россия. [Il'ina MN (2009) Psychological evaluation of intelligence in children. Piter, Saint Petersburg, Russia. (In Russ)].
28. *Murphy JW, Foxe JJ, Molholm S* (2016) Neuro-oscillatory mechanisms of intersensory selective attention and task switching in school-aged children, adolescents and young adults. *Develop-*

- ment Sci 19: 469–487.
<https://doi.org/10.1111/desc.12316>
29. Черенкова ЛВ, Соколова ЛВ (2018) Специфика участия парво- и магноцеллюлярной систем обработки зрительной информации в процессе формирования целостного образа у детей дошкольного возраста с типичным и атипичным развитием. Приложение международного научн журн Вестник психофизиол 1: 84–86. [Cherenkova LV, Sokolova LV (2018) Specificity of the participation of parvo- and magnocellular systems of visual information processing in the process of formation of a whole image in children of preschool age with typical and atypical development. Suppl Internat Scient J Psychophysiol News 1: 84–86. (In Russ)].
 30. Черенкова ЛВ, Соколова ЛВ (2018) Характеристики вызванных потенциалов на зрительные стимулы с высокой и низкой пространственной частотой у детей дошкольного возраста с атипичным развитием. Вестн психофизиол 4: 123–128. [Cherenkova LV, Sokolova LV (2018) Characteristics of evoked potentials on visual stimulus with high and low spatial frequency in preschool children with atypical development. Psychophysiol News 4: 123–128. (In Russ)].
 31. Janiszewski C, Wyer RS (2014) Content and process priming: A review. J Consumer Psychol 24: 96–118.
<https://doi.org/10.1016/j.jcps.2013.05.006>
 32. Kimchi R (2015) The perception of hierarchical structure: Oxford Handbook of Perceptual Organization J Wagemans (Ed). Oxford, UK: Oxford Univer Press: 129–149.
 33. Nilsson JE, Falck-Ytter T, Bölte S (2018) Local and Global Visual Processing in 3-Year-Olds With and Without Autism. J Autism Dev Disord 48: 2249–2278.
<https://doi.org/10.1007/s10803-018-3470-8>
 34. Tipper SP (2001) Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. Quart J Exp Psychol: Human Exp Psychol 54: 321–343.
<https://doi.org/10.1080/02724980042000183>
 35. Labossière DI, Leboe-McGowan JP (2018) Specific and non-specific match effects in negative priming. Acta Psychol 182: 138–153.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.10.009>
 36. Черенкова ЛВ, Соколова ЛВ (2020) Возрастные изменения зрительного прайминга в дошкольном возрасте. В сб XVI международ междисциплинарн конгр “Нейронаука для медицины и психологии”: 507–508. [Cherenkova LV, Sokolova LV A age-related changes in the visual priming in preschool age. In: XVI Internat Congress Proc: 507–508. (In Russ)].
<https://doi.org/10.29003/m1327.sudak.ns2020-16/507>

Age-Related Dynamics of Visual Priming

L. V. Cherenkova^{a,*} and L. V. Sokolova^a

^a St-Petersburg State University, St-Petersburg, Russia

*e-mail: chluvic@mail.ru

In order to study the age-related development of visual priming, we compared the characteristics of the influence of a priori visual information on the identification of objects of varying degrees of complexity in children of four ($n = 20$), five ($n = 20$), and six years ($n = 20$). Using the priming paradigm, the dependence of the magnitude of the priming effect on the interval between the target and prime stimuli was analyzed. As targets, we used pictures of lines, animals and blots. Combined figures containing targets were presented as primes. Comparison of testing data showed that, regardless of the complexity of visual objects, the priming effect decreases with age. With the identification of lines, the reaction time decreased to both stimuli regardless of age. If animal figures were used, positive priming was observed on both targets in children of four and five years old, but in children of 6 years old, an acceleration of reaction was noted only to the target presented in prime as a global element. When presented with figures of blots, reaction times increased in four-year-olds and decreased in five and six years old. At the same time, the positive priming effect was lower and was observed at large values of the interval between prime and test in five-year-old children compared with six-year-old children. The results indicate that the mechanisms of visual priming in children of younger age groups are active when using familiar and simple objects, for which anticipatory schemes have already been formed.

Keywords: visual priming, temporal dynamics, pre-school age, age development