

# МЕХАНИЗМЫ ОПОЗНАНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ И ЛОКАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЕТЬМИ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Н.Е.Петренко<sup>1</sup>

Институт возрастной физиологии, Москва

У детей 7–8 летнего возраста анализировались ССП, различных областей коры, в ситуации опознания глобального и локального уровней иерархической фигуры. Опознание локального признака характеризуется более высокой амплитудой сенсорно-специфических (N200, P200) и когнитивных (N400, N600, LPC) компонентов ССП, в сравнении с опознанием глобального признака, что отражает усиление активационных ресурсов при выделении локальных признаков изображения. Смена уровня опознания сказывается на параметрах ССП лобных и теменных отделов коры, что свидетельствует о необходимости их вовлечения в ситуацию переключения внимания с одного уровня опознания на другой.

**Ключевые слова:** кора больших полушарий, событийно-связанные потенциалы, дети.

*Event-related potentials (ERPs) were recorded to study the brain mechanisms of recognition of the global and local levels of a hierarchical image by seven-year-old children. The recognition of local versus global levels is associated with an increase in the amplitude of early (N200, P200) and late (N400, N600, LPC) ERP components. These data reflect the increase of activation during the identification of the local level of a hierarchical image. A change of recognition level influences the frontal and parietal ERP parameters. This fact suggests the necessity of involving those areas in the process of switching attention between the recognition levels.*

**Key words:** cerebral cortex, event-related potentials, children.

Выявление возрастных особенностей сложно организованных стимулов, требующих выделения либо целостного изображений (глобальный признак) либо его деталей (локальный признак) имеет важное значение для понимания механизмов, лежащих в основе реализации этой функции на разных этапах онтогенетического развития. Моделью для подобных исследований являются иерархические стимулы, представляющие собой большие буквы или геометрические фигуры, написанные маленькими. Согласно имеющимся в литературе данным глобальные признаки распознаются быстрее и процесс их обработки более автоматизирован, в отличие от локальных признаков, для распознавания которых требуется участие систем произвольного избирательного внимания [8,12,21]. Вместе с тем, на опознание глобальной и локальной информации существенное влияние оказывают размеры стимула, контрастность изображения и последовательность в который предъявлялись стимулы [14,17,19]. Например, было показано, что время ответа в тех случаях, если опознаваемый уровень совпадал с предыдущим было

---

Контакты: <sup>1</sup> Н.Е.Петренко,

значительно быстрее, независимо от того глобальным или локальным он был. Подобное явление было названо «level-repetition Effect».

Важным этапом развития механизмов зрительного восприятия является младший школьный возраст [15]. В этот период за счет созревания нейронного аппарата проекционных и ассоциативных корковых зон и нарастания внутрикорковых связей [7] происходят качественные изменения внутрисистемных взаимоотношений в передне- и заднеассоциативных областях коры. Усложнение функциональной организации зрительного восприятия отражается в усилении регионарной специфичности компонентов связанных с событием потенциалов (ССП) и зависимости их выраженности в разных областях коры от когнитивной задачи [5].

Исследования возрастной специфики организации процессов глобальной или локальной стратегии обработки информации достаточно противоречивы [6]. С одной стороны авторы предполагали, что дети лучше опознают целое (т.е. глобальный уровень), а детское восприятие синкретично. О предпочтении детьми узнавания большой фигуры целиком, а не ее локальных элементов сообщается в работе Meili-Dworetzki. С другой стороны показано, что дети более восприимчивы к деталям изображения (локальный уровень), а их восприятие более аналитично. По данным [9,10] дети четырех лет лучше воспроизводят фигурки локального уровня, в то время как уже к 6 годам и так же как у взрослых лучше воспроизводятся фигуры глобального уровня. Нейрофизиологические механизмы опознавания глобального и локального уровней у детей изучены недостаточно. Целью данной работы было изучение нейрофизиологических механизмов опознавания глобальной и локальной информации у детей 7–8 летнего возраста с использованием метода связанных с событием потенциалов.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании участвовало 17 детей (8 мальчиков, 9 девочек) в возрасте 7–8 лет (средний возраст  $7,8 \pm 0,45$ ) без отклонений в развитии имеющих нормальное зрение.

*Тестовыми стимулами* являлись иерархические фигуры: прямоугольник и крест (глобальный уровень), построенные из таких же элементов (локальный уровень) (рис.1). Глобальный и локальный уровни иерархической фигуры могли либо совпадать, либо не совпадать. Каждый стимул представлял собой матрицу  $7 \times 7$  элементов. Размеры глобального стимула  $6 \times 3,5$  угл. град, локального стимула –  $0,7 \times 0,4$  угл. град, расстояние между отдельными локальными стимулами  $0,16$  угл.град. Перед каждой тестовой фигурой предъявлялся предупреждающий стимул. Круг большого размера ( $6$  угл.град) – «глобальный ключ» требовал последующего опознавания глобального уровня иерархического стимула, маленький круг ( $0,7$  угл.град) – «локальный ключ» требовал последующего опознавания локального уровня стимула. Тестовые изображения и предупреждающие стимулы предъявлялись в центре экрана. Интервал между предупреждающим и тестовым стимулом варьировал в пределах  $3,5$ – $4$  с.

Во время эксперимента испытуемые располагались в затемненном помещении в удобном кресле в  $1$  метре перед светящимся экраном жидкокристаллического

монитора. В произвольно выбираемый промежуток времени (межстимульный интервал 4–6 сек) испытуемому предъявлялся «ключ», определяющий уровень опознания следующего за ним тестового стимула. Через 3500–4000 мс после «ключа» предъявлялось изображение тестового стимула. Время экспозиции и ключа и тестового стимула составляло 85 мс. Задачей испытуемого было опознание изображения (прямоугольник или крест) на заданном ключом уровне. Ответ осуществлялся путем нажатия на одну из двух кнопок, помеченных соответствующим изображением. Количество стимулов, требующих опознания глобальной и локальной фигур, а также стимулов с совпадением и несовпадением глобального и локального уровней было сбалансировано. Локальные и глобальные изображения предъявлялись «цугами» по 2–4 пар изображений в цуге. Испытуемому предъявлялось 60 пар стимулов. Ситуаций с переключением уровня опознания было 12 с локального на глобальный и 12 с глобального на локальный; и по 18 стимулов локальных и глобальных в ситуации не требующей смены уровня опознания.

*Рис 1 Экспериментальная модель и пример предъявляемых иерархических фигур*

*Регистрация событийно-связанных потенциалов (ССП):* Регистрировалась активность лобных (F3, F4), лобно-височных (F7, F8), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), задневисочных (T5 и T6), и затылочных (O1, O2) областей коры больших полушарий. В качестве референтного использовался объединенный ушной электрод. Частота квантования сигнала составляла 1000 Гц (система «Neocortex-pro» фирмы «Neurobotics», Россия). Сопротивление электродов не превышало 5 кОм. Частота пропускания усилителя ограничивалась диапазоном 0,1 – 100 Гц. Контроль глазных движений осуществляли с помощью регистрации вертикальной и горизонтальной электроокулограммы (ЭОГ). Из записи удалялись те реализации, в которых амплитуда ЭОГ превышала 50 мкВ. Эпоха анализа постстимульного периода составляла 1000 мс. При выделении SSP использовалась дополнительная фильтрация 0,1–35 Гц.

*Анализ ССП:* ССП усреднялись по классам стимулов, соответствующим опознанию «глобального» и «локального» уровней иерархического изображения (не зависимо от совпадения/несовпадения) и по ситуации – при стабильно повторяющемся предъявлении стимулов одного уровня и при переключении на другой уровень (с глобального на локальный и наоборот). С помощью анализа методом Главных компонентов были выделены временные границы, соответствующие компонентам ССП. Для анализа зависимости выделенных компонентов ССП от условий эксперимента применялся дисперсионный анализ (ANOVA Repeated measure). В качестве переменной использовалась суммарная амплитуда вызванного ответа в интервалах, соответствующих выделенным компонентам. В дисперсионном анализе были использованы следующие факторы: «стимул» (2 уровня: глобальный и локальный уровни изображения); «ситуация» (2 уровня: стабильное предъявление и переключение уровня опознания); «полушарие» (2 уровня: правое и левое); «отведения» (6 уровней: лобные, лобно-височные, центральные, теменные, задневисочные, затылочные). Для уточнения вклада отдельных областей в формирование стратегии восприятия проводился дисперсионный анализ параметров ССП затылочных, задневисочных, теменных, центральных, лобных и лобно-височных областей обоих полушарий. Использовались факторы «стимул» (2 уровня: глобальный и локальный уровни изображения); «ситуация» (2 уровня: стабильное предъявление и переключение уровня опознания) и «полушарие» (2 уровня: правое и левое).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Значимые различия параметров ССП, выявленные методом дисперсионного анализа (ANOVA Repeated measure) приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 изолированное влияние фактора «стимул» сказывается на временном интервале, соответствующем развитию компонента N250 (200–250мс) в каудальных областях и волны P250 во лбах, и для интервала 540–620мс, в котором при опознании глобального уровня развивается поздняя позитивность, а на локальный – отмечается негативация ССП. Для интервала 330–410мс (лобный компонент N400, каудальный – P350) получены межполушарные различия в опознании глобальной \ локальной информации – совместное влияние факторов «стимул x полушарие». Регионарные различия, связанные с опознанием глобальной\локальной информации, отражающиеся в совместном влиянии факторов «стимул x отведение» получены для интервалов 250–330мс, 480–540мс и 750–900мс. Взаимодействие фактов «ситуация x отведение», отражающее регионарные различия в ситуации наличия или отсутствия смены уровня опознания, сказывается во временных интервалах, соответствующих каудальному комплексу N250–P350 и переднее-центральному P300–N400 (200–410мс). Наиболее ранние различия по данным дисперсионного анализа проявляются в интервале 70–200 мс для совместного влияния факторов «ситуация x стимул x отведение», что свидетельствует о выраженных региональных различиях в этом временном интервале в зависимости от уровня опознания иерархического изображения и наличия или отсутствия переключения внимания

Таблица 1

Влияние факторов «Ситуация» и «Стимул» и их взаимодействие с другими факторами на суммарные амплитуды ССП

	70 – 140	140 – 200	200 – 250	250 – 330	330 – 410	410 – 480	480 – 540	540 – 620	620 – 750	750 – 900	900 – 1000
стимул			F(1;16) =7,79 p<0,02					F(1;16) = 5,99 p<0,03			
Стим х полуш					F(3;52) =4,33 p<0,01						
Сит х отвед			F(6;11) =4,49 p<0,02	F(6;11) =4,01 p<0,03	F(6;11) =3,27 p<0,05						
Стим х отвед				F(6;11) =7,58 p<0,01			F(2;34) =4,08 p<0,03			F(6;11) =3,65 p<0,03	
Сит х полуш х отв				F(6;11) =3,76 p<0,03		F(6;11) =3,02 p<0,05					F(6;11) =4,26 p<0,02
Стим х полуш х отв		F(3;45) =4,67 p<0,01				F(6;11) =6,32 p<0,01				F(3;56) =2,59 p<0,05	F(6;11) =3,62 p<0,03
сит х стим х полуш								F(1;16) = 4,47 p<0,05			
Сит х стим х отв	F(3;49) =2,89 p<0,05	F(3;45) =4,67 p<0,01									
Сит х стим х полуш х отв				F(6;11) =3,48 p<0,04		F(6;11) =3,80 p<0,03					

на другой уровень опознания. Во временном интервале (140–200мс) наблюдается так же совместное влияние факторов «ситуация х полушарие х отведение», отражая как региональные, так и межполушарные особенности опознания глобальной \ локальной информации. Для интервала 250–330мс выявлено так же совместное влияние факторов «ситуация х полушарие х отведение» и «ситуация х стимул х полушарие х отведение». Для негативного компонента N400–450 характерны совместное влияние факторов в интервале 410–480мс – «ситуация х полушарие х отведение», «стимул х полушарие х отведение» и «ситуация х стимул х полушарие х отведение».

рие x отведение». Межполушарные различия между опознанием глобальной и локальной информации, по данным дисперсионного анализа, выявлены для позднего позитивного комплекса (540–620мс «ситуация x стимул x полушарие»), совместное влияние факторов влияние «стимул x полушарие x отведение» и «ситуация x полушарие x отведение» характерно и для более поздних интервалов.

*ССП разных областей коры при опознании глобальной и локальной информации в ситуации отсутствия смены уровня опознания*

Сопоставление ССП при опознании глобальной и локальной информации в ситуации отсутствия смены уровня опознания приведены на рис. 2. Результаты дисперсионного анализа проведенного отдельно для пар затылочных, задневисочных, теменных, центральных, лобно-височных и лобных областей коры приведены в таблице 2.

Таблица 2

*Регионарные различия суммарных амплитуд ССП при сопоставлении глобальной и локальной информации в ситуации отсутствия смены уровня опознания*

отведения	140–200	200–250	250–330	330–410	480–540	540–620	620–750	750–900
F3,F4	F(1;16) =4,68 p<0,05			F(1;16) =7,39 p<0,02		F(1;16) =4,45 p<0,05		
F7,F8	F(1;16) =7,03 p<0,02		F(1;16) =6,72 p<0,02 F(1;16) =5,58 p<0,03	F(1;16) =17,8 p<0,001 F(1;16) =18,9 p<0,001	F(1;16) =8,19 p<0,01			F(1;16) =4,52 p<0,05
C3,C4	F(1;16) =5,11 p<0,04			F(1;16) =7,65 p<0,02				
T5,T6				F(1;16) =4,52 p<0,05		F(1;16) =7,53 p<0,02		F(1;16) =7,12 p<0,02
P3,P4	F(1;16) =4,45 p<0,05					F(1;16) =6,15 p<0,03	F(1;16) =5,18 p<0,04	F(1;16) =4,45 p<0,05
O1,O2		F(1;16) =9,05 p<0,01				F(1;16) =7,39 p<0,02		

**Примечания:** толстая линия – влияние фактора «ситуация»; тонкая – взаимодействие факторов «ситуация x полушарие»

*Рис 2. ССП разных областей коры при опознании глобальных и локальных признаков иерархической фигуры в ситуации, не требующей смены уровня опознания.*

*Тонкая линия – ССП при опознании глобального уровня иерархического изображения; толстая линия – ССП при опознании локального уровня иерархического изображения, вертикальные линии – границы временных интервалов, выделенных методом Главных компонент. Позитивность на этом и следующем рисунках – отклонение вниз. Черный прямоугольник – Достоверные влияние фактора «ситуация» выявленные методом дисперсионного анализа (ANOVA – Repeated measure). Заштрихованные области – значимые различия амплитуды компонент ССП выявленные при по-парном дисперсионном анализе.*

Наиболее ранние различия (140–200мс) наблюдаются в передне-центральных регионах и теменных областях и связаны с возникновением в ССП в ответ на опознание локальной информации ранней негативности, а при опознании глобального уровня возникает позитивация потенциала. Затылочные области, по данным ANOVA, включаются в опознание глобальной \ локальной информации несколько позднее (200–250 мс) – компонент P200, который имеет большую амплитуду при опознании локального уровня изображения. В латеральной префронтальной коре (F7,F8) выявлены значимые различия для позитивно-негативного комплекса P300–N400 (250–330мс и 330–410мс): имеющего большую амплитуду при опознании локального уровня иерархического изображения, при этом большая выраженность амплитуды позитивности отмечаются в левом полушарии, а негативности в правом. В интервале 480–540мс различия носят значимый характер для латеральной префронтальной коры, в который при опознании глобальной информации развивается негативный компонент, а в ответ на локальную информацию видна позитивность. При опознании локального стимула усиление поздней негативной волны N600 наблюдается как в лобных, так и в каудальных областях обоих полушарий. Поздний позитивный комплекс имеет так же большую амплитуду при опознании локального уровня иерархического изо-

бражения. Различия начинаются в теменной области (620–750мс) и в более позднем интервале наблюдаются в латеральной префронтальной коре и задневисочных регионах (750–850мс).

Как следует из представленных данных, выраженность отдельных компонентов регионарных ССП значительно различается при необходимости опознания глобальных и локальных признаков изображения. Показано, что у детей 7–8 лет амплитуда как достаточно ранних (N200, P200), так и более поздних компонентов (N400, N600, LPC) больше при идентификации локального уровня иерархического изображения. Изменения амплитуды компонентов ССП отражают изменения в интенсивности активации нейронных корковых структур, т.е. изменениях энергетических аспектов анализа информации [20]. Это означает, что опознание локальных признаков информации у детей 7–8 лет происходит при более высоком уровне активации коры. Можно полагать, что в этом возрасте глобальные признаки распознаются легче и процесс их обработки более автоматизирован, в отличие от локальных признаков, для распознавания которых требуется участие систем произвольного избирательного внимания [8, 12,21]. Эффект затруднения выделения локального уровня иерархического изображения у детей были показаны и раньше в поведенческих исследованиях [2,11]. В отличие от взрослых испытуемых, у которых различия в опознании локальной и глобальной информации в большей степени отражаются в параметрах ССП каудальных областей коры [14,22,24,26] у детей 7–8 летнего возраста в опознание локальной информации вовлекаются лобные области. Это может быть связано с недостаточной зрелостью процессов избирательного внимания в 7–8 летнем возрасте [1]. Этот факт так же свидетельствует о большей роли активационных процессов в опознании локальных изображений.

*ССП разных областей коры при опознании глобальной информации в ситуации наличия и отсутствия смены уровня опознания*

Сопоставление ССП при опознании глобальной информации в ситуациях стабильного восприятия и при смене уровня опознания приведены на рис3.

При изолированном анализе отдельных пар отведений (таблица 3), было показано, что наиболее рано (70–140 мс) в анализ информации вовлекаются лобные отделы коры (F3, F4, F7, F8): при переключении опознания с локального уровня на глобальный в ССП начинает развиваться негативность N200, при стабильного восприятия в этом временном интервале регистрируется позитивный компонент. В этой ситуации уровня значимости достигает и усиление компонента P300 (250–330мс). Значимое усиление волна N200 в ситуации смены опознаваемого признака наблюдается в левой теменной области. В затылочных областях различия проявляются в более высоких значениях ранних компонентов ответа (70–140 мс и 140–200мс) в ситуации смены уровня опознания, однако они не достигают значимого уровня. У взрослых, было установлено, что каудальный компоненте P100 чувствителен к ситуации переключения внимания с одного уровня на другой [3,13,23]. Отсутствие значимого усиления этого компонента в наших исследованиях при наличии четкой тенденции к его усилению может опре-



Таблица 3

*Регионарные различия суммарных амплитуд ССП при сопоставлении ситуации наличия и отсутствия смены уровня при опознании глобальной информации*

отведения	70–140	140–200	200–250	250 – 330	330–410	410–480	900–1000
F3,F4	F(1;16) =4,33 p<0,05	F(1;16) =6,90 p<0,02					
F7,F8		F(1;16) =7,95 p<0,02		F(1;16) =8,07 p<0,02 F(1;16) =12,2 p<0,01	F(1;16)=12, 5 p<0,01		
C3,C4							F(1;16) =5,42 p<0,04
T5,T6						F(1;16) =6,71 p<0,02	
P3,P4	F(1;16) =8,91 p<0,01	F(1;16) =4,87 p<0,05					
O1,O2			F(1;16) =5,77 p<0,03				

**Примечания:** обозначения как в таблице 2

деляться не возрастной спецификой, а большей вариативностью начального комплекса ССП у детей. При смене уровня опознания по всей коре отмечается так же усиление негативности N500, достигающее уровня значимости только в задневисочных отведениях (410–480мс). Увеличение амплитуды этого компонента отражает усиление активационных процессов, связанное с необходимостью дополнительной обработки информации [18]. Это дает основание положить, что в 7–8 летнем возрасте для опознания глобального уровня иерархической фигуры требуются дополнительные ресурсы внимания и более активное вовлечение лобных областей коры. Иная картина наблюдается при опознании локального уровня в ситуации смены уровня опознания.

*ССП разных областей коры при опознании локальной информации в ситуации стабильного восприятия и при переключения уровня опознания*

Сопоставление ССП при опознании локальной информации в ситуациях наличия и отсутствия смены уровня опознания приведены на рис3.

*Рис 3. ССП при опознании глобальных признаков иерархической фигуры в ситуации стабильного опознания и при смене уровня опознания. Тонкая линия – ССП при повторяющемся уровне опознания; толстая линия – при переходе от опознания локальных признаков фигуры к глобальным. Остальные обозначения как на предыдущем рисунке*

*Таблица 4*

*Регионарные различия суммарных амплитуд ССП при сопоставлении ситуации наличия и отсутствия смены уровня при опознании локальной информации*

отведения	70–140	540–620	750–900	900–1000
F3,F4		F(1;16)=4,52 p<0,05		
F7,F8			F(1;16)=4,76 p<0,05	
T5,T6				F(1;16)=4,37 p<0,05
P3,P4	F(1;16)=4,42 p<0,05	F(1;16)=4,66 p<0,05		

Дисперсионный анализ, проведенный отдельно для разных пар отведений (таблица 4) показал, что ранние различия основного комплекса ССП наблюдаются только в теменных областях (70–140мс) и выражаются в возникновении ранней негативности N100 при смене уровня опознания с глобального уровня на локальный. В лобных и теменных областях значимые различия отмечены для поздних компонентов ССП (интервал 540–620мс и 750–900мс) и связаны с усилением медленного позитивного комплекса в ситуации смены уровня опознания.

*Рис 4. ССП при опознании локальных признаков иерархической фигуры в ситуации стабильного опознания и при смене уровня опознания. Тонкая линия – ССП при повторяющемся уровне опознания; толстая линия – при переходе от опознания глобальных признаков фигуры к локальным. Остальные обозначения как на предыдущем рисунке*

Менее выраженные различия в опознании локального стимула при стабильном восприятии и переключении внимания с одного уровня опознания на другой могут быть связаны с тем, что восприятие элементов фигуры (локальный уровень) даже при повторяющемся их предъявлении является для детей достаточно трудной задачей и происходит при значительном привлечении процессов внимания.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ ССП, регистрируемых с различных областей коры, в ситуации опознания иерархической фигуры выявил, что у детей 7–8 лет опознание локального признака характеризуется более высокой амплитудой сенсорно-специфических и когнитивных компонентов ССП, в сравнении с опознанием глобального признака, что свидетельствует о большей степени активации коры и может указывать на большую трудность опознания локальных признаков в 7–8 летнем возрасте. Смена уровня опознания сказывается на параметрах ССП лобных и теменных отделов коры и больше проявляется при переключении внимания с локального признака на глобальный. Это свидетельствует о необходимости дополнительного привлечения ресурсов внимания к глобальному признаку, опознание которого в ситуации «стабильного» предъявления осуществляется у детей более автоматически и не требует вовлечения дополнительных активационных ресурсов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у

детей младшего школьного возраста. // Физиология человека. – 2006. – Т.32. – № 1. – С.26–36.

2. Мачинская Р.И., Крупская Е.В. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // Когнитивные исследования. Сборник трудов. Выпуск 2. Под ред. В.Д.Соловьев, Т.В.Черниговская, Изд-во «Институт психологии РАН». – Москва. – 2008. – с.32–47

3. Петренко Н.Е. ССП при смене стратегии зрительного восприятия в ситуации опознания иерархического стимула. // Физиология человека. – 2008. – Т.34. – №3. – с.1–7

4. Фарбер Д.А. Развитие зрительного восприятия в онтогенезе. Психофизиологический анализ // Мир психологии. – 2003. – №2. – 34. – с.114–124.

5. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Формирование системы зрительного восприятия в онтогенезе. // Физиология человека. – 2005. – т.31. – т.5. – с 26–36

6. Холодная М.А. Когнитивные стили как проявление своеобразия индивидуального интеллекта. // Киев УМК ВО. – 1990. – 75с.

7. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А. Структурные преобразования ассоциативной коры как морфологическая основа развития когнитивных функций человека от рождения до 20 лет. // Физиология человека. – 2001. – Т.27. – №5. – С.41.

8. Boer LC, Keuss PJ. Global precedence as a postperceptual effect: an analysis of speed-accuracy tradeoff functions // Percept Psychophys. – 1982. – V. 31. – №4. – P.358–366.

9. Burack, J. A., Enns, J. T., Iarocci, G., & Randolph, B.. Age differences in visual search for compound patterns: Long versus short range grouping. // Developmental Psychology. – 2000. – V.36. – P.721–730.

10. Dukette, D.; Stiles, J. The effects of stimulus density of children's analysis of hierarchical patterns. // Developmental science. – 2001. – V.4. – №2. – P.233–251

11. Galindo A., Solovieva Yu., Quintanar L. Selective visual recognition in of hierarchical stimuli in urban and rural schoolchildren. // The third international conference on cognitive science. – June 20–25. – 2008. – Moscow. – Russia. – P.43–44.

12. Grice GR, Canham L, Boroughs JM. Forest before trees? It depends where you look // Percept Psychophys. – 1983. – V. 33. – №2. – P. 121–128.

13. Han S, He X, Woods DL. Hierarchical processing and level-repetition effect as indexed by early brain potentials. // Psychophysiology. – 2000. – v.37. – №6. – P.817–30.

14. Han Sh, Weaver J, Murray S, Kang X, Yund W, Woods D. Hemispheric asymmetry in global \local processing: Effect of stimulus position and spatial frequency. // Neuroimage. – 2002. – v.17. – P.1290–1299.

15. Heinze, H. J., Hinrichs, H., Scholz, M., Burchert, W., and Mangun, G. R. Neural mechanisms of global and local processing. A combined PET and ERP study. // J. Cogn. Neurosci. – 1998. – v.10. – P.485–498.

16. Heinze, H.-J., Johannes, S., Munte, T. F., and Magun, G. R. The order of global- and local-level information processing: Electrophysiological evidence for parallel perception processes. // In Cognitive Electrophysiology (H. Heinze, T. Munte, and G. R. Mangun, Eds.) Birkhaeuser, Boston. – 1994. – P. 1–25.

17. Hubner R. Attention shifting between global and local target levels: The persistence of level-repetition effects. // Visual cognition. – 2000. – v.7. – №4. – P.465–488.

18. Kutas M., McCarthy G., Donchin E. Augmenting mental chronometry: P300 as an index of stimulus evaluation time. // Science.– 1977.– V. 197.– P. 792–795.
19. Lamb M. R., Robertson L. C. The processing of hierarchical stimuli: Effect of retinal locus, locational uncertainty, and stimulus identity. // Perception & Psychophysics.– 1988.– v.44.– P.172–181.
20. Mulder, G. The concept and measurement of mental effort. // In G. R. J. Hockey, A. W. K. Gaillard, & M. G. H. Coles (Eds.), Energetics and human information processing Dordrecht: Martinus Nijhoff.– 1986.– p. 175–198.
21. Navon D. Forest before trees: the precedence of global features in visual perception/ D. Navon // Cognitive Psychology. – 1977.– V.9.– P. 353.
22. Sasaki Y., Hadjikhani N., Fischl B., Liu A., Marret S., Dale A., Tootell, R. B. Local and global attention are mapped retinotopically in human occipital cortex. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA.– 2001.– v.98.– P.2077–2082.
23. Schatz J, Erlandson F. Level-repetition effects in hierarchical stimulus processing: timing and location of cortical activity. // Int J Psychophysiol. – 2003.– v.47.– №3.– P.255–69.
24. Volberg G, Hubner R. On the role of response conflicts and stimulus position for hemispheric difference in global /local processing: ah ERP study. // Neuropsychologia.– 2004.– v.42.– P.1805–1813.
25. Wijers A.A., Otten L.I., Feenstra S. Brain potentials during selective attention, memory search, and mental rotation. // Psychophysiol.– 1989.– V. 26.– N 4.– P. 452–459
26. Yamaguchi S, Yamagata S, Kobayashi S Cerebral asymmetry of the ‘top-down’ allocation of attention to global and local features. // J Neurosci.– 2000.– v.20.– P.1–5

*Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ № 07-06-00374a*