

УДК 612.821

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕОРГАНИЗАЦИИ СЕНСОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ У ЛИЦ С ДЕПРИВАЦИЕЙ СЛУХА

Лизогуб В. С.¹, Юхименко Л. И.¹, Зганяйко Ю. Ф.², Кожемяко Т. В.¹, Коваль Ю. В.¹

*¹Научно-исследовательский институт физиологии имени М. Босого Черкасского
национального университета имени Богдана Хмельницкого, Черкассы, Украина*

*²Научно-реабилитационный центр «Краина добра», Черкассы, Украина
E-mail: v_lizogub@ukr.net*

У детей, подростков и юношей со слуховой депривацией исследовали и провели анализ функциональной реорганизации простых (ПЗМР), сложных зрительно-моторных реакций выбора одного (РВ1-3), дифференцирования двух из трех (РВ2-3) раздражителей. Установлены общие для глухих и лиц с нормальным слухом закономерности и выявлены особенности возрастной динамики различных по сложности сенсомоторных функций. Латентные периоды простых и сложных зрительно-моторных реакций у глухих и детей подростков, юношей с нормальным слухом, постепенно уменьшались, а скорость реагирования повышалась, и достигала максимального значения в 18–19 лет. У глухих во всех возрастных группах скорость простых и сложных зрительно-моторных реакций оказались ниже, чем у лиц с нормальным слухом. У глухих возрастная реорганизация сенсомоторных функций происходила более интенсивно, особенно, на сложные, чем на простые реакции.

Ключевые слова: онтогенез, сенсомоторные функции, функциональная реорганизация, слуховая депривация.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение особенностей становления различных по сложности сенсомоторных функций в онтогенезе у человека имеет важное значение для понимания физиологических механизмов интегративной деятельности мозга [1–4]. Однако на сегодня не выясненными остаются изменения возрастной динамики сенсомоторных функций, которые вызваны слуховой депривацией.

На модели зрительной депривации у животных была показана высокая чувствительность незрелого мозга к измененным сенсорным условиям существования на ранних этапах онтогенеза [5]. Накоплены результаты относительно структурной и функциональной реорганизации деафферентированной сенсорной системы у животных, слепых и глухих людей [6–11]. Результаты исследований свидетельствуют о высокой пластичности сенсорных систем глухих людей, но механизмы нейроонтогенеза на сегодня полностью не раскрыты.

Изучение феномена слуховой депривации у человека связано, главным образом, с обследованиями взрослых людей. Методами нейроанатомии и нейрофизиологии, транскраниальной магнитной стимуляции и современной нейровизуализации установлено, что структурные и функциональные последствия врожденной и приобретенной глухоты часто включают изменения в рецепторных волосковых

клетках кортиевого органа, подкорковых и корковых структурах головного мозга [12]. Существуют данные, что долгосрочные изменения в корковых структурах связаны с наличием или отсутствием кроссmodalной пластичности и мультисенсорной обработки информации. Показана разнородность структурных изменений головного мозга при дисфункциях слуха [13]. Некоторые из исследователей обнаружили уменьшение объема или микроструктуры белого с сохранением серого вещества слухового центра глухих. Структурные изменения у глухих были найдены и за пределами слуховой области [13]. До сих пор остается непонятным какие изменения претерпевает функциональная реорганизация сенсомоторной системы на разных этапах онтогенеза при условиях ограниченной звуковой аферентации. В этом случае сенсомоторные реакции зрительной модальности на нагрузки различной степени сложности есть единственным неинвазивным методом, который непосредственно регистрирует функциональное состояние сенсомоторных функций у глухих.

Цель статьи – обнаружить закономерности и особенности функциональной реорганизации сенсомоторных функций различной сложности у детей, подростков и юношей со слуховыми дисфункциями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовали 76 детей, подростков и юношей с двусторонними слуховыми дисфункциями и 120 сверстников с нормальным слухом. Исследование сенсомоторных функций включало определение характеристик латентных периодов простых зрительно-моторных реакций (ПЗМР), реакций выбора одного (РВ1-3) и дифференцирования, двух (РВ2-3) из трех раздражителей (круг, квадрат и треугольник). Для исследования простых и сложных сенсомоторных реакций была использована методика и компьютерный диагностический комплекс «Диагност-1М» [1].

Для определения ПЗМР обследуемому предлагали при появлении на экране монитора любой геометрической фигуры как можно быстрее правой (левой) рукой нажимать и отпускать кнопку. При условии исследования РВ1-3 необходимо было при появлении на экране монитора фигуры «квадрат» предлагали как можно быстрее нажимать и отпускать правую кнопку. На другие сигналы кнопку не нажимать. При определении РВ2-3 двух (положительных) из трех (одного тормозного) раздражителей предлагали при появлении на экране монитора сигнала фигуры «квадрат» как можно быстрее правой рукой нажимать и отпускать правую кнопку. При появлении фигуры «круг» – левой рукой левую кнопку. На фигуру «треугольник» ни левую, ни правую, кнопки не нажимать. Индивидуальным показателем сенсомоторных реакций мы считали то значение латентного периода, которое было наименьшим в трех измерениях каждого теста.

Полученные результаты обрабатывали компьютерной программой Microsoft Excel-2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В возрастном диапазоне от 8 до 19 лет были исследованы и проанализированы особенности формирования различных по сложности сенсомоторных реакций у обследуемых со слуховой депривацией. Для установления закономерностей и особенностей формирования сенсомоторных функций у глухих проводили сопоставление с результатами лиц с нормальным слухом. Результаты сенсомоторных реакций ПЗМР, РВ1-3 и РВ2-3, в разные возрастные периоды лиц со слуховой депривацией и нормальным слухом представлены в таблице 1.

Таблица 1

Возрастная динамика простых и сложных сенсомоторных реакций у лиц с депривацией и нормальным слухом

Возрастные группы, годы	Сенсомоторные реакции различной сложности ($X \pm m$), мс					
	ПЗМР		РВ ₁₋₃		РВ ₂₋₃	
	Норм. слух	Глухие	Норм. слух	Глухие	Норм. слух	Глухие
8-9	303,2±8,1	344,7±9,4*	411,0±9,2	496,0±18,0*	517,3±7,8	582,3±17,8*
10-11	270,5±7,8	337,6±11,7*	391,4±8,1	465,5±13,9*	480,5±7,5	519,1±16,2*
12-13	263,5±6,7	294,9±7,9*	375,4±9,5	417,3±11,3*	456,3±8,3	505,3±12,0*
14-15	260,3±8,1	284,6±11,1*	369,1±7,3	386,5±11,1	432,8±5,9	461,5±7,3*
16-17	248,7±7,1	257,8±7,4	357,1±4,8	362,1±5,8	429,5±6,4	439,0±7,1
18-19	244,3±4,4	266,6±11,5	350,3±4,5	367,5±11,6	421,4±7,1	427,3±10,3

Примечание: * – достоверность разниц $p < 0,05$ между группами с нормальным слухом и глухими, в пределах одного возрастного периода.

Наибольшее время ПЗМР было установлено у детей 8–9 лет, а минимальных значений этот показатель достигал у юношей 18–19 лет. У обследуемых обеих групп ПЗМР постепенно уменьшалась с возрастом ($p < 0,05$).

Кроме того, во всех возрастных группах у глухих обнаружены большие значения латентных периодов ПЗМР, чем с нормальным слухом. Значимые различия средних значений ПЗМР были характерны для возрастных групп 8-9, 10-11, 12–13 и 14–15 лет ($p < 0,05$). Отсутствуют значимые различия средних значений в возрастных группах 16–17 и 18–19 лет ($p > 0,05$).

Возрастная динамика сложных реакций выбора РВ1-3 в группах детей, подростков и юношей, с нормальным слухом и глухих характеризовалась постепенным уменьшением латентных периодов ($p < 0,05$). Наибольшее время РВ1-3 было установлено у детей 8–9 лет, а минимальных значений этот показатель достигал в возрасте 18–19 лет, что указывает на достижение максимального развития этого показателя у юношей. Кроме того, во всех возрастных группах обследуемых со слуховой депривацией обнаружены большие значения латентных периодов РВ1-3, чем у лиц с нормальным слухом. Значимые различия средних величин РВ1-3 были выявлены в группах 8–9, 10–11 и 12–13 лет ($p < 0,05$).

Отсутствуют значимые различия латентных периодов РВ1-3 в возрастных группах 14–15, 16–17 и 18–19 лет ($p > 0,05$).

Исследование времени реакций дифференцирования РВ2-3 у лиц с разным состоянием слуховой функции показало, что как в группе глухих, так лиц с нормальным слухом наибольшее время для выполнения сенсомоторного задания было обнаружено у детей 8–9 лет. В последующем, во всех возрастных группах глухих и с нормальным слухом наблюдалось постепенное повышение скорости сенсомоторного реагирования РВ2-3. Минимальных значений латентный период РВ2-3 достиг к 18–19 годам. Изменения показателя РВ2-3 с возрастом имели достоверные отличия ($p < 0,05$). Кроме того, во всех возрастных группах обследуемых со слуховыми дисфункциями обнаружены большие значения латентных периодов РВ2-3, чем у лиц с нормальным слухом. Статистически значимые различия между средними значениями РВ2-3 у лиц с нормальными слухом и глухими были обнаружены в возрастных группах 8–9, 10–11, 12–13 и 14–15 лет ($p < 0,05$). В возрастных группах 16–17 и 18–19 лет различия средних значений РВ2-3 у лиц с нормальными слухом и глухими не достигли порога значимости ($p > 0,05$).

В результате исследований возрастной динамики различных по сложности зрительно-моторных реакций у глухих и лиц с нормальным слухом установлен параллелизм развития. Четко в онтогенезе сенсомоторных функций выделяется общая закономерность, которая описана в литературе – уменьшение латентных периодов и повышение скорости реагирования [14–16]. Обнаружены общие для обеих групп закономерности возрастной динамики формирования сенсомоторных функций, что свидетельствует о генетически детерминированной программе их развития [16]. Очевидно, приведенные данные свидетельствуют о постепенной структурной и функциональной реорганизации сенсорных и моторных систем, а также разных структур мозга, которые обеспечивают переработку сложной сенсомоторной информации. Известно, что у детей, подростков и юношей, происходит постепенное изменение в развитии прецентрального участка коры мозга [17]. В 7–12 лет совершенствуется межцентральное взаимодействие и в целом завершается функциональное созревание ассоциативных зон коры головного мозга, которые регулируют сложную двигательную активность [18]. Повышение скорости переработки информации у детей, подростков и юношей, вероятно, связано с последующей сопряженной морфологической и функциональной перестройкой в нейронных сетях коры головного мозга и нервно-мышечного аппарата [17].

Привлекает внимание и тот факт, что показатели ПЗМР во всех возрастных группах как у глухих, так и слышащих были меньшими по сравнению со временем, который был необходим для переработки сложной информации РВ1-3 и РВ2-3 ($p < 0,01-0,001$). Вероятно, скрытое время реакции есть прямолинейной функцией того количества информации, которое несет в себе сигнал и зависит от сложности и степени неопределенности его во время предъявления. В нашем эксперименте были выбраны три способа организации зрительно-моторных актов обследуемых: ПЗМР, РВ1-3 и РВ2-3. Статистическая достоверность указанных способов организации сенсомоторных реакций доказана нами методом дисперсионного анализа ($p < 0,05$).

Не исключено, что у обследуемых, при выполнении различных по сложности сенсомоторных реакций избирательно были задействованы различные механизмы зрительно- моторных реакций [5]. Мы выделили два основных механизма, которые связаны со сложностью зрительно-моторных реакций. Один из них касается латентных периодов ПЗМР и объясняет, что этот зрительно-моторный акт осуществляется без активного участия высших отделов центральной нервной системы. Нейрофизиологические механизмы простых зрительно-моторных реакций, очевидно, связаны с супраспинальными влияниями на возбудимость сегментарных структур, а эти параметры можно рассматривать как такие, которые характеризуют реактивность систем активации стволового уровня [19].

Второй – касается РВ1-3 и, особенно, реакций дифференцирования РВ2-3. Для осуществления таких зрительно-моторных реакций необходимо было привлечь множество нервных структур, в том числе высшие центры коры головного мозга, которые отвечают за аналитико-синтетическую деятельность [16].

Ежегодное повышение скорости простых и сложных зрительно-моторных реакций у детей, подростков и юношей отличаются у слышащих и глухих лиц. Отметим, что с возрастом уменьшение латентных периодов происходит быстрее у глухих, чем у лиц с нормальным слухом. На рис. 1 показаны относительные возрастные изменения простых и сложных реакций выбора.

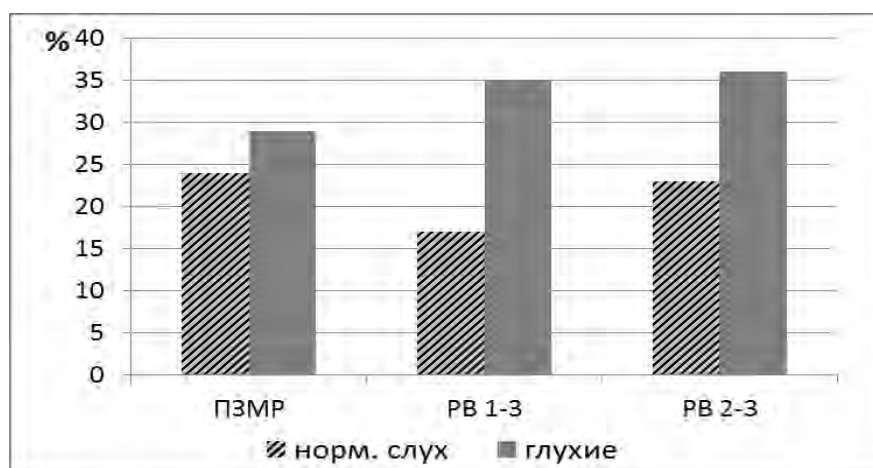


Рис. 1. Возрастная динамика изменения показателей простых и сложных сенсомоторных реакций у глухих и лиц с нормальным слухом (% относительно значений 18–19 лет)

Характеристика возрастных изменений ПЗМР, РВ1-3 и РВ2-3, которую мы провели путем сопоставления относительных величин, вычисленных в процентах от 8–9 к 18–19 годам показала, что латентные периоды простых и сложных сенсомоторных реакций, как у лиц с дисфункцией слухового анализатора, так и с нормальным слухом каждые 2 года сокращались и в 18–19 лет приближались к своему максимуму (100 %). Показатель ПЗМР за период с 8–9 и до 18–19 лет у

глухих улучшился на 29 %, а у лиц с нормальным слухом на 24 % ($p < 0,05$). За этот возрастной период РВ1-3 в группе с нормальным слухом улучшился на 17 %, а в группе глухих на 35 % ($p < 0,05$). Латентные периоды реакции дифференцирования РВ2-3 за период с 8-9 и до 18-19 лет сократились у лиц с нормальным слухом на 23 %, а у глухих на 36 % ($p < 0,05$).

Результаты возрастной динамики латентных периодов простых и сложных сенсомоторных реакций показали, что за период онтогенеза с 8-9 и до 18-19 лет у детей, подростков и юношей, происходит постепенное их уменьшение, но более интенсивно - на реакции выбора и дифференцирования, чем на простые зрительно-моторные акты и, особенно, в группе глухих. Анализ различий в темпах повышения скорости реагирования на простые и сложные зрительно-моторные реакции в группе глухих и слышащих лиц связаны не только с возрастными особенностями, которые происходят в сенсорной, моторной и нервной системе, а также и особенностями участия различных механизмов, связанных со сложностью зрительно-моторных реакций. Нужно думать, что такие особенности обусловлены структурой зрительно-моторной деятельности и свидетельствуют в пользу различного участия в этом структур и уровней нервной системы [20, 21]. В соответствии с литературными данными [19] можно считать, что сложные и простые сенсомоторные реакции несут различное физиологичное содержание и отражают функциональные механизмы разных систем и подсистем. В случае с ПЗМР такая деятельность была направлена, в основном, на обеспечение максимального темпа движений и потому, нужно думать, высшим отделам центральной нервной системы отводится значительно меньшая роль, а основная нагрузка ложится на периферическую нервную систему. Механизмы, которые обеспечивают сложные реакции выбора и дифференцирования, на наш взгляд, отображают реактивность, активацию и регуляцию высшего уровня, в первую очередь, участие фронтально-лимбического комплекса [22, 23]. В случае со сложными зрительно-моторными реакциями такая реакция была результатом скорости восприятия, анализа, переработки информации, и принятие правильного решения, которое требовало более сложной аналитико-синтетической деятельности. Основная роль в этом отводится высшим отделам центральной нервной системе – коре головного мозга и подкорковым структурам, а не только скорости распространения возбуждения, по нейронным комплексам, что было характерно в случае с ПЗМР. Кроме этих механизмов у глухих в нейроонтогенезе имеет место и механизм кроссmodalного взаимодействия мультисенсорной обработки сигналов, на что указывают результаты, приведенные на рис. 1.

Следовательно, результаты исследований позволяют сделать вывод, что возрастная динамика сенсомоторных функций глухих и лиц с нормальным слухом имеет общую тенденцию, как для простых, так и сложных зрительно-моторных актов. Можно считать, что в формировании простых и сложных реакций выбора и дифференцирования возрастным характеристикам принадлежит решающая роль. Однако, тот факт, что у глухих во всех возрастных группах скорость зрительно-моторных реакций ниже, а темпы ежегодного повышения скорости реагирования выше, чем у лиц с нормальным слухом и, особенно на сложные

дифференцировочные реакции можно думать о наличии у них согласованной кроссmodalьной функциональной реорганизации сенсомоторных функций. Такая закономерность в нашем эксперименте имела место во всех возрастных периодах.

Таким образом, особенности формирования сенсомоторных функций указывают на то, что простая и сложная сенсомоторная деятельность обеспечивается разными структурами и механизмы, которые изменяются в онтогенезе. По нашему мнению развитие сенсомоторных функций у детей, юношей и подростков представляет собой хорошо согласованную генетически детерминированную программу усовершенствования элементов, структур и механизмов. Слуховая депривация вносит коррекцию в возрастную динамику функциональной реорганизации различных по сложности сенсомоторных функций, что следует считать как недостаточность развертывания наследственной программы их развития, которая частично компенсируется кроссmodalьными механизмами мультисенсорной обработки информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлены для глухих и лиц с нормальным слухом закономерности и особенности возрастной динамики различных по сложности сенсомоторных функций.
2. У глухих детей, подростков и юношей, латентные периоды простых и сложных реакций выбора и дифференцирования сенсомоторных функций были достоверно больше, чем в группах с нормальным слухом и постепенно уменьшались, достигая максимального развития в 18–19 лет. Более интенсивно такие изменения происходили на сложные реакции выбора и реакции дифференцирования, чем на простые и, особенно, в группе глухих в сравнении с обследуемыми с нормальным слухом.

Список литературы

1. Макаренко М. В. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. / Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П. – Черкаси: «Вертикаль», 2014. – 102 с.
2. Макаручук М. Ю. Психофізіологія: навч. пос. / Макаручук М. Ю., Куценко Т. В., Кравченко В. І., Данілов С. А. – К.: ООО «Інтерсервіз», 2011. – 329 с.
3. Симонов П. В. На стратегических направлениях изучения высшей нервной деятельности / Симонов П. В. // Журн. высш. нервн. деят., 1986. – Т.36, № 2. – С. 285–297.
4. Чайченко Г. М. Фізіологія вищої нервової діяльності. / Чайченко Г. М. – К.: Либідь, 1993. – 218 с.
5. Глезер В. Д. Зрение и мышление. / Глезер В. Д. – СПб.: Наука, 1993. – 284 с.
6. Gougoux F. A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals / F. Gougoux, R.J. Zatorre, M. Lassonde, P. Voss, F. Lepore // PLoS Biology. – 2005. – Vol. 3 (2), e 27. – P. 0324–0333.
7. Jiang J. Thick Visual Cortex in the Early Blind / J. Jiang, W. Zhu, F. Shi, Y. Liu, J. Li, W. Qin, K. Li, Ch. Yu, T. Jiang // J. Neurosci. – 2009. – Vol. 29 (7). – P. 2205–2211.
8. Klinge C. Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind / C. Klinge, B. Röder, Ch. Büchel // Brain. – 2010. – Vol. 133 (Pt 6). – P. 1729–1736.
9. Ptito M. Alterations of the visual pathways in congenital blindness / Ptito M., Schneider F., Paulson O. B., and Kupers R. // Exp. Brain Res. – 2008. – Vol. 187 (1). – P. 41–49.

10. Renier L. A. Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind / Renier L. A., Anurova I., De Volder A. G., Carlson S., VanMeter J., Rauschecker J. P. // *Neuron*. – 2010. – Vol. 68 (1). – P. 138–148.
11. Voss P. Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals / Patrice Voss, Robert J. Zatorre // *Cerebral Cortex*. – 2012. – Vol. 22. – P. 2455–2465.
12. Butler B. E. Functional and structural changes throughout the auditory system following congenital and early-onset deafness: implications for hearing restoration / Butler B. E., Lomber S. G. // *Front. Syst. Neurosci.* – 2013. – Vol. 7. – P. 92
13. Hribar M. Structural alterations of brain grey and white matter in early deaf adults. / Hribar M., Suput D., Carvalho A. A., Battelino S., Vovk A. // *Hear Res.* – 2014. – Vol. 318. – P. 1–10.
14. Бойко Е. И. Время реакции человека. / Бойко Е. И. – М.: Медицина, 1964. – 440 с.
15. Зайцев А. В. Возрастная динамика времени реакции на зрительные стимулы / Зайцев А. В., Лупандин В. И., Сурнина О. Е. // *Физиология человека*, 1999. – Т. 25, № 6. – С. 34.
16. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. / Макаренко М. В., Лизогуб В. С. – Черкаси: «Вертикаль», 2011. – 256 с.
17. Фарбер Д. А. Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) / Фарбер Д. А., Дубровинская Н. В. // *Физиология человека*, 1991. – Т. 17, № 5. – С. 17–24.
18. Сологуб Е. Б. Кортикальная регуляция движений человека. / Сологуб Е. Б. – Л.: Медгиз, 1981. – 183 с.
19. Фейгенберг И. М. Быстрота моторной реакции и вероятностное прогнозирование / Фейгенберг И. М. // *Физиология человека*, 2008. – Т. 34, № 5. – С.51–62.
20. Иваницкий А. М. Принципы и механизмы деятельности мозга человека. / Иваницкий А. М. – Ленинград: «Наука», 1985. – С. 22–24.
21. Коган А. Б. Функциональная организация нейронных механизмов мозга. / Коган А. Б. – Л.: Медицина, 1979. – 224 с.
22. Крик Ф. Проблема сознания / Крик Ф., Кох К. // *В мире науки*, 1992. – №11–12. – С. 113.
23. Лебедев А. Н. Ливанова в количественном описании психологических явлений / Лебедев А. Н. Константа М. Н. // *Психологический журнал*, 1997. – Т. 18, № 6. – С. 96.

AGE DYNAMICS OF FUNCTIONAL REORGANIZATION OF SENSORY-MOTOR FUNCTIONS AMONG THE PERSONS WITH AUDITORY DEPRIVATION

Lyzogub V. S.¹, Yukhymenko L. I.¹, Zhaniaiko Y. F.², Kozhemiako T. V.¹, Koval Y. V.¹

¹M. Bosi Research Institute of Physiology of Cherkasy B. Khmelnytskyi National University, Cherkasy, Ukraine;

*²Cherkasy Education and Rehabilitation Centre “Country of Well-Being”
E-mail: v_lyzogub@ukr.net*

The patterns and features of functional reorganization of sensory-motor functions of different complexity had to be found and study among children, adolescents and young people with auditory deprivation. 76 children, adolescents and young people with auditory deprivation and 120 peers with normal hearing aged 8–19 were examined. The latent periods of simple visual-motor responses (SVMR), the response of choosing one of three stimuli (RC1-3) and differentiating two of three stimuli (RC2-3) (a circle, a square and a triangle). We consider the value of latent period, which was the least in the three dimensions of each test, to be the individual indicator of sensory-motor reactions. The

methodology of neurodynamic research and computer diagnostic complex “Diagnost-1M” was used to study simple and complex sensory-motor responses.

The patterns and features of forming sensory-motor responses SVMR, RC1-3 and RC2-3 with different complexity were determined among the persons with auditory deprivation and normal hearing at different age periods. The obtained data of sensory-motor responses show that there is a functional reorganization of SVMR, complex visual-motor responses of choosing one (RC1-3) and differentiating two of three (RC2-3) stimuli among the children, adolescents and young people with normal hearing and auditory deprivation. The latent periods of simple and complex visual-motor responses among the deaf children, adolescents, young people and the persons with normal hearing decrease gradually with age; and the speed of response increases achieving maximum value at the age of 18–19. The speed of simple and complex visual-motor responses is lower among the deaf persons in all age groups than among the persons with normal hearing. The age reorganization of sensory-motor functions on complex responses is more intensive than on simple responses among the deaf persons.

In neuro-ontogenesis of functional reorganization of sensory-motor functions with different complexity among the persons with hearing deprivation, there is the development of rearrangements in the sensory systems, neural networks of the brain, neuro-muscular system, cross-modal and genetically determined mechanisms of information processing.

The results are discussed from the standpoint of studying the adaptive-compensatory responses of the organism in conditions of sensory deprivation in order to determine the patterns of sensory-motor function reorganization, to improve and to develop adequate and efficient methodologies, innovations with further application of complex medical, psychological, social and physical rehabilitation of people with special needs.

Keywords: ontogenesis, sensory-motor functions, functional reorganization, auditory deprivation.

References

1. Makarenko M. V., Lizogub V. S., Bezcopylnyi O. P. *Guidance for the Workshop on Differential Psychophysiology and Physiology of Higher Nervous Activity of a Man*, 102 p. (Cherkasy: “Vertical”, 2014).
2. Makarchuk M. Y., Kutsenko N. V., Kravchenko V. I., Danilov S. A. *Psychophysiology*, 329 p. (K.: OOO “Interservice”, 2011).
3. Simonov P. V. On Strategic Directions of Higher Nervous Activity Study, *Higher Nervous Activity Journal*, **36**, **2**, 285 (1986).
4. Chaichenko G. M. *Physiology of Higher Nervous System*, 218 p. (K.: Lybid, 1993).
5. Glezer V. D. *Visual System and Thinking*, 284 p. (SPb.: Science, 1993).
6. Gougoux F., Zatorre R. J., Lassonde M., Voss P., Lepore F. A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals, *PLoS Biology*, **3** (2), e 27, 0324 (2005).
7. Jiang J., Zhu W., Shi F., Liu Y., Li J., Qin W., Li K., Yu Ch., Jiang T. Thick Visual Cortex in the Early Blind, *J. Neurosci*, **29** (7), 2205 (2009).
8. Klinge C., Röder B., Büchel Ch. Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind, *Brain*, **133** (Pt 6), 1729 (2010).
9. Ptito M., Schneider F., Paulson O. B., and Kupers R. Alterations of the visual pathways in congenital blindness, *Exp. Brain Res*, **187** (1), 41 (2008).

10. Renier L. A., Anurova I., De Volder A. G., Carlson S., VanMeter J., Rauschecker J. P. Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind, *Neuron*, **68** (1), 138 (2010).
11. Voss P., Robert J. Zatorre Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals, *Cerebral Cortex*, **22**, 2455 (2012).
12. Butler B. E., Lomber S. G. Functional and structural changes throughout the auditory system following congenital and early-onset deafness: implications for hearing restoration, *Front. Syst. Neurosci*, **7**, 92 (2013).
13. Hribar M, Suput D, Carvalho AA, Battelino S, Vovk A. Structural alterations of brain grey and white matter in early deaf adults, *Hear Res*, **318**, 1 (2014)/
14. Boiko E. I. *Time of Human Response*, 440 p. (M.: Medicine, 1964).
15. Zaitsev A. V., Lupandin V. I., Surnina O. E. Age Dynamics of Response Time on Visual Stimuli, *Human Physiology*, **25**, **6**, 34. (1999).
16. Makarenko M. V., Lizogub V. S. *Ontogenesis of Psychophysiological Human Functions*, 256 p. (Cherkasy: "Vertical", 2011).
17. Farber D. A., Dubrovinskaia N. V. Functional Organization of Developing Brain (Age Features and Some Patterns, *Human Physiology*, **17**, **5**, 17 (1991).
18. Sologub E. B. *Cortical Regulation of Human Motion*, 183 p. (L.: Medgiz, 1981).
19. Feigenberg I. M. Speed of Motor Reaction and Probabilistic Forecasting, *Human Physiology*, **34**, **5**, 51 (2008).
20. Ivanitskii A. M. *Principles and Mechanisms of Human Brain Activity*, 22 (Leningrad: "Science", 1985).
21. Kogan A. B. *Functional Organization of Brain Neuron Mechanisms*, 224 p. (L.: Medicine, 1979).
22. Krik F., Kokh K. Problem of Consciousness, *In the World of Science*, **11-12**, 113. (1992).
23. Lebedev A. N., Livanova M. N. Constant in the Quantitative Description of Psychological Phenomena, *Psychological journal*, **18**, **6**, 96 (1997).