



© Авторы, 2017
© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

**Виктория Леонидовна
Ефимова** –
к.п.н., зам. директора по науке,
группа клиник «Прогноз»
(Санкт-Петербург)
E-mail: prefish@ya.ru

**Игорь Валерьевич
Николаев** –
невролог,
группа неврологических клиник
«Прогноз»
(Санкт-Петербург)
E-mail: niv80nnov@mail.ru

УДК 612.821.1

Аппаратная регистрация и анализ нарушений перцепции ритма у школьников с трудностями в обучении

В.Л. Ефимова, И.В. Николаев

Исследована способность к перцепции и последующему моторному воспроизведению ритмов детьми со специфическим расстройством формирования школьных навыков. Впервые использовано ПМО «Ритмо-БОС» на базе Комплекса реабилитационного психофизиологического для тренинга с БОС «Реакор». Проведен модифицированный тест М. Stambak. Прибор оценивал точность отстукивания испытуемым ритмических паттернов после предъявления образца. Получены новые данные о нарушении способности к перцепции ритма у детей с дисграфией (нарушения письменной речи) и дискалькулией (нарушение математических навыков).

Ключевые слова: специфическое расстройство формирования школьных навыков, перцепция ритма, биологическая обратная связь, дислексия, дисграфия, дискалькулия, биомедицинская радиоэлектроника.

The ability for perception and following motor reproduction of rhythms was studied among children with specific developmental disorders of scholastic skills. The methodical software Ritmo-BOS (based on a complex of rehabilitative psychophysiological equipment Reacor for the training with biofeedback) was used for the first time on which a modified test by Stambak was carried out. The apparatus measured the accuracy of rhythmic patterns reproduced after the presentation of the patterns. New evidence about a disorder of rhythm perception among children with dysgraphia (a learning disability that affects writing abilities) and dyscalculia (a learning disability affecting mathematical skills) was received.

Keywords: specific developmental disorders of scholastic skills, rhythm perception, biofeedback, dyslexia, dysgraphia, dyscalculia, biomedical radioelectronics.

Связь способности к перцепции ритмов с трудностями в обучении широко обсуждается в литературе. Исследование, проведенное М. Stambak еще в 1952 г., показало, что трудности в воспроизведении определенных ритмов у детей в возрасте 5 лет могут предсказывать возникновение нарушений формирования навыка чтения в школьном возрасте [1]. G. Dellatolas и соавт. были воспроизведены результаты этого исследования в ходе лонгитюдного эксперимента, в котором участвовали 1028 детей. Испытуемых обследовали дважды: в 5 лет и в 8 [2]. Данные о связи нарушений перцепции ритма с нарушениями чтения подтвердились.

Авторы настоящей статьи предположили, что дефицит перцепции ритма может быть обнаружен не только у детей с нарушениями чтения, но и у школьников с другими трудностями в обучении.



Цель работы – разработка объективных методов оценки перцепции ритма и установление взаимосвязей между нарушениями перцепции ритма и специфическим расстройством формирования школьных навыков.

Материалы и методы

С помощью разработанного авторами статьи совместно НПКФ «Медиком МТД» ПМО «Ритмо-БОС» впервые были обследованы 210 школьников.

В экспериментальную группу вошли 178 школьников со специфическим расстройством формирования школьных навыков (возраст – 7–13 лет): 131 мальчик, 47 девочек. Диагноз «специфическое расстройство формирования школьных навыков» (СРФШН) был определен неврологом на основе диагностических критериев Международной классификации болезней (МКБ-10).

Контрольная группа состояла из 32 детей (возраст – 7–13 лет, 23 мальчика, 9 девочек) с легкой неврологической симптоматикой, но без трудностей в обучении. Родители детей контрольной группы обратились к неврологу по поводу следующих нарушений у детей: вегетососудистая дистония, головные боли, нарушения сна, метеоза-

висимость, энурез. Исследование проводилось в детской неврологической клинике «Прогноз» (Санкт-Петербург) с письменного согласия родителей испытуемых.

Дети обеих групп выполняли модифицированный тест М. Stambak. Модификация заключалась в использовании разработанного оборудования, которое позволяло оценивать не только правильность воспроизведения целого ритмического рисунка, но и точность воспроизведения каждого из его элементов также оценивалась сила удара карандашом по теппинг-платформе.

Исследование способности к воспроизведению ритма в неврологической и нейропсихологической практике обычно проводится начиная с 6-летнего возраста посредством теппинг-тестов, в процессе которых испытуемому предлагается воспроизвести или продолжить заданный ритм с помощью отстукивания его рукой или карандашом по поверхности стола. М. Stambak в свое время предложила для изучения способности к перцепции ритма использовать определенные усложняющиеся ритмические последовательности (всего 21 ритм). Для каждого возраста (от 5 до 12 лет) ею были определены нормативы (табл. 1).

Таблица 1. Эталонные ритмы для проведения модифицированного теста М. Stambak

Этап	Эталонный ритм	Этап	Эталонный ритм	Этап	Эталонный ритм
St-1	●●●	St-8	●●●●●	St-15	●●●●
St-2	●●●●	St-9	●●●●●	St-16	●●●●●●
St-3	●●●	St-10	●●●●	St-17	●●●●●●●
St-4	●●●	St-11	●●●●●	St-18	●●●●●●
St-5	●●●●	St-12	●●●●●	St-19	●●●●●●●
St-6	●●●●	St-13	●●●●●	St-20	●●●●●●●●
St-7	●●●●	St-14	●●●●●●	St-21	●●●●●●●●

Примечание: «●●●» – короткий ИМ (интервал межстимульный, пауза – 250 мс); «●●●●» – длинный ИМ (пауза – 1000 мс).

Необходимость создания программно-аппаратного комплекса для проведения данного теста было обусловлено тем, что интерпретация результатов при использовании только карандаша и поверхности стола достаточно затруднительна: возможно выявить только грубые ошиб-

ки при воспроизведении ритмических рисунков. Использование ПМО «Ритмо-БОС» позволило более точно оценить способность испытуемых к воспроизведению ритма.

Во время исследования испытуемый сидел в удобном кресле перед экраном монитора. Теп-



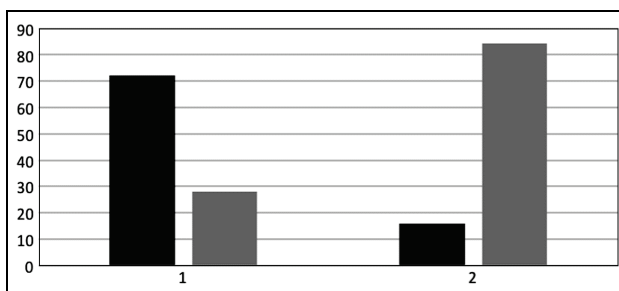
пинг-площадка располагалась на столе со стороны ведущей руки. Звуковые сигналы метронома подавались через наушники закрытого типа. Проводились краткий инструктаж и обучение, во время которого предлагалось испытуемому повторить несколько паттернов, выстукивая их «в точности так, как они прозвучали». Если испытуемый повторял их сходным образом, то приступали к выполнению теста.

Испытуемый прослушивал ритмическую последовательность, затем после сигнала отстукивал услышанный ритм карандашом по теппинг-площадке, удерживая его пальцами ведущей руки и совершая движения только кистью.

Протокол исследования с оценкой правильности воспроизведения эталонных ритмов генерировался автоматически.

Результаты и обсуждение

Воспроизведение ритма, состоящего из элементов разной длительности, требует от ребенка достаточно развитой способности к восприятию продолжительности интервалов времени. В данном исследовании модифицированный тест М. Stambak вызвал затруднения у 84,3% детей экспериментальной группы с диагнозом СРФШН (рисунок). Различия между контрольной (1) и экспериментальной (2) группами оказались статистически значимы ($p < 0,0001$).



Успешность выполнения модифицированного теста М. Stambak детьми контрольной (32 чел.) и экспериментальной (178 чел.) групп (в %). Темные столбцы: испытуемые успешно справились с тестом; светлые столбцы – испытуемые не справились с тестом

Перед началом проведения теста М. Stambak проводился стандартный теппинг-тест. Это позволило убедиться в том, что затруднения в выполнении данного теста не обусловлены мышечными и моторными проблемами ребенка, так

как в этом случае страдало бы также и спонтанное отстукивание.

Затруднения в выполнении модифицированного теста М. Stambak отражали трудности, возникающие у испытуемых в процессе планирования движений на основе анализа информации о длительности коротких интервалов времени и/или целостного запоминания ритма. Ритмический рисунок мог быть воспринят ребенком по-разному: некоторые дети воспринимали его целостно (гештальтно), тогда как другим проще было воспринимать и воспроизводить ритм поэлементно, сопровождая его отстукивание счетом. По мнению Ч. Ньюкиктьена, низкие показатели в подобных тестах могут быть связаны с возможными дисфункциями мозжечка, базальных ганглиев и височной коры [3].

В литературе имеется достаточно много подтверждений тому, что нарушения перцепции ритма и нарушения чтения (дислексия) взаимосвязаны. Так, М. Muneaux была выдвинута гипотеза о связи способности к перцепции ритма с языковой способностью [4]. Исследования, проведенные М. Huss, J. P. Verney, T. Fosker, N. Mead и U. Goswami, показали, что чувство ритма является предиктором уровня развития фонематического слуха и чтения в 60% случаев [5]. М. Muneaux было показано также, что влияние дефицита перцепции ритма на формирование чтения универсально и не зависит от языка (М. Muneaux, 2004). Те же данные получены группой авторов – Z. Surányi, V. Csépe, U. Richardson, U., J. M. Thomson, F. Honbolygó и U. Goswami, которые сравнивали способность к перцепции ритма венгерских и английских детей [6].

Особенность настоящего исследования заключалась в том, что часть детей из экспериментальной группы не имели нарушений чтения. У 40 детей были нарушения письма (дисграфия); у 18 – нарушения формирования математических навыков (дискалькулия). У детей без нарушений чтения тест также вызвал затруднения.

Характерной чертой большинства испытуемых из экспериментальной группы, которую отмечали родители, были трудности в организации учебной деятельности: детям трудно начать выполнять домашнее задание, они часто не доводят начатую работу до конца, не ориентируются во времени.



Таблица 2. Дети контрольной (32 чел.) и экспериментальной групп (178 чел.), которые не справились с аппаратно-программным вариантом теста М. Stambak

Возраст детей, лет	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	%	Число детей	%	Число детей
7–9	12	4	41	73
9–13	16	5	43,3	77

Примечание: в контрольной группе – дети с неврологической симптоматикой без трудностей в обучении; в экспериментальной группе – дети со специфическим расстройством формирования школьных навыков.

Выявленные трудности в перцепции ритма, по-видимому, носят устойчивый характер и не компенсируются с возрастом без специальных тренингов. В двух возрастных группах детей (7–9 и 9–13 лет), число испытуемых, которые не справились с тестом, оказалось практически одинаковым (табл. 2).

Можно предположить, что выявленные нарушения перцепции ритма отражают дефицит кодирования мозгом информации о коротких интервалах времени. R. Llinás [7] был предложен термин «дисхрония» для описания мозговых механизмов нарушений чтения [7]. Результаты исследований авторов статьи показывают, что данный термин может быть актуален для объяснения механизма трудностей в обучении большинства школьников с СРФШН [8].

ПМО «Ритмо-БОС» позволяет проводить не только диагностику, но и ритмические тренинги на основе биологической обратной связи с ис-

пользованием как регулярных, так и нерегулярных ритмов. Представляется, что подобные тренинги будут наиболее эффективны в работе со школьниками, имеющими трудности в обучении, в сочетании с Музыкальной терапией (игрой на перкуссионных инструментах). В ходе исследования мозга джазовых профессиональных барабанщиков методом функциональной магнитно-резонансной томографии было обнаружено, что отклонения от регулярных ритмических музыкальных структур активируют левый *planum temporale* вместе с областью Брока и его гомолог в правом полушарии у испытуемых, т.е. те области мозга, которые вовлечены в анализ языковой информации [9]. Подобные тренинги могут быть включены в развивающие программы для детей, направленные на повышение способности к обучению.

- С помощью ПМО «Ритмо-БОС» на базе Комплекса реабилитационного психофизиологического для тренинга с БОС «Реакор» (модифицированный тест М. Stambak) выявлены затруднения в перцепции и моторном воспроизведении ритмов у школьников с трудностями в обучении.

Дефицит перцепции ритма, по-видимому, носит стойкий характер и не компенсируется с возрастом без специальных тренингов.

Ритмотерапия с использованием ПМО «Ритмо-БОС» и ударных музыкальных инструментов является перспективным направлением работы с детьми, имеющими трудности в обучении.

📖 Литература

1. *Stambak M.* Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution // *Enfance. L'apprentissage de la lecture et ses troubles.* 1951. V. 4. № 5. P. 480–502. http://www.persee.fr/doc/AsPDF/enfan_0013-7545_1951_num_4_5_1202.pdf
2. *Dellatolas G., Watier L., Giannopulu I., et al.* Behavior difficulties, attention difficulties and learning problems in children aged from 3.5 to 8 years: a longitudinal school study // *Arch. de pédiatrie: organe office. de la Soc. fr. de pédiatrie.* 2007. V. 14. № 3. P. 227–233.
3. *Ньюкиктьен Ч.* Детская поведенческая неврология. В 2-х т. Т. 1 / Пер. с англ. *Д.В. Ермолаев и др.* М.: Теревинф. 2009. 288 с.
4. *Muneaux M., et al.* Deficits in beat perception and dyslexia: Evidence from French // *NeuroReport.* 2004. V. 15. № 8. P. 1255-1259. http://journals.lww.com/neuro-report/Abstract/2004/06070/Deficits_in_beat_perception_and_dyslexia__evi-den-ce.7.aspx.
5. *Huss M., et al.* Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: perception of musical meter predicts reading and phonology // *Cortex.* 2011. V. 47. № 6. P. 674–689. https://www.researchgate.net/profile/Usha_Goswami/publication/46280888_Music_rhythm_rise_time_perception_and_developmental_dyslexia_Perception_of_musical_meter_predicts_reading_and_phonology/links/0decc528a214f44e37000000.pdf
6. *Surányi Z., Csépe V., Richardson U., Thomson J.M., Honbolygó F., Goswami U.* Sensitivity to rhythmic parameters in dyslexic children: a comparison of Hungarian and English // *Reading & Writing.* 2009. V. 22 P. 41–56.



<http://link.springer.com/article/10.1007/s11145-007-9102-x/fulltext.html>

7. Llinas R. Is Dislexia a Dischronia? // *Annals of the New York Academy of Science*. 1993. V. 682. P. 48–56.

8. Ефимова В.Л. Без часов в голове: о детях, которым трудно учиться. М., СПб: Диля. 2015. 256 с.
9. Herdener M., et al. Jazz drummers recruit language-specific areas for the processing of rhythmic structure // *Cerebral cortex*. 2014. V. 24. № 3. P. 836–843. <http://cercor.oxfordjournals.org/content/24/3/836.full.pdf+html>.

Поступила 25 мая 2017 г.

Hardware and software registration and analysis of disorders of rhythm perception among school children with learning difficulties

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

V.L. Efimova

Ph.D. (Ped.), Principal Director of Scientific Research «Prognoz» Group Neurological Clinics
(Saint-Petersburg)

E-mail: prefish@ya.ru

I.V. Nikolaev

Neurologist, «Prognoz» Group Neurological Clinics (Saint-Petersburg)

E-mail: niv80nnov@mail.ru

The study conducted by M. Stambak in 1952 showed that difficulties with reproducing some rhythmic structures at the age of 5 can predict disorders of development of reading skills in the school age. There were increasingly complicated rhythms used in the study (21 rhythms in total). G. Dellatolas et al. received these results in a longitudinal experiment in which 1028 children took part, and the results by Stambak were absolutely confirmed. 210 school children were studied with the help of the methodical software *Ritmo-BOS* (Rhythm equipment based on biofeedback which was created by us together with *Medikom MTD*, the research and development engineering company). The intervention group included 178 children with specific developmental disorders of scholastic skills (aged 7-13), 131 boys, 47 girls. The diagnosis of *Specific Developmental Disorders of Scholastic Skills* was made by a neurologist using diagnostic criteria of International Classification of Diseases (ICD-10). The control group included 32 children (aged 7-13, 23 boys, 9 girls) with mild neurological signs but without learning difficulties. The children from both groups did a modified Stambak test. The use of *Ritmo-BOS* allowed to evaluate the ability of test subjects to reproduce rhythms. A test subject heard a rhythmic pattern, then after a signal tapped the played rhythm on a tapping platform with a pencil holding it with fingers of a dominant hand and working from its wrist. A protocol of a study with the evaluation of the correspondence of reproduced rhythms to the sample ones was generated automatically. 84.3% out of 178 children of the intervention group were found to have difficulties with rhythm perception and motor reproduction. Among them are children with dyslexia, dysgraphia and dyscalculia. Therefore, this deficit is linked not only to dyslexia but other school skills. The deficit of rhythm perception is likely to be of consistent nature and is not compensated with age without special trainings. Rhythm therapy along with *Ritmo-BOS* and percussion musical instruments are an upcoming trend of work with children who have learning difficulties.

REFERENCES

1. Stambak M. Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution // *Enfance. L'apprentissage de la lecture et ses troubles*. 1951. V. 4. № 5. P. 480–502. http://www.persee.fr/doc/AsPDF/enfan_0013-7545_1951_num_4_5_1202.pdf
2. Dellatolas G., Watier L., Giannopulu I., et al. Behavior difficulties, attention difficulties and learning problems in children aged from 3.5 to 8 years: a longitudinal school study // *Arch. de pédiatrie: organe office. de la Soc. fr. de pédiatrie*. 2007. V. 14. № 3. P. 227–233.
3. N'jukikt'en Ch. Detskaja povedencheskaja nevrologija. V 2-h t. T. 1 / Per. s angl. D.V. Ermolaev i dr. M.: Terevinf. 2009. 288 s.
4. Muneaux M., et al. Deficits in beat perception and dyslexia: Evidence from French // *NeuroReport*. 2004. V. 15. № 8. P. 1255-1259. http://journals.lww.com/neuro-report/Abstract/2004/06070/Deficits_in_beat_perception_and_dyslexia__evi-den-ce.7.aspx.
5. Huss M., et al. Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: perception of musical meter predicts reading and phonology // *Cortex*. 2011. V. 47. № 6. P. 674–689. https://www.researchgate.net/profile/Usha_Goswami/publication/46280888_Music_rhythm_rise_time_perception_and_developmental_dyslexia_Perception_of_musical_meter_predicts_reading_and_phonology/links/0deec528a214f44e37000000.pdf
6. Surányi Z., Csépe V., Richardson U., Thomson J.M., Honbolygó F., Goswami U. Sensitivity to rhythmic parameters in dyslexic children: a comparison of Hungarian and English // *Reading & Writing*. 2009. V. 22. P. 41–56. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11145-007-9102-x/fulltext.html>.
7. Llinas R. Is Dislexia a Dischronia? // *Annals of the New York Academy of Science*. 1993. V. 682. P. 48–56
8. Efimova V.L. Bez chasov v golove: o detjah, kotorym trudno učit'sja. M., SPb: Dilja. 2015. 256 s.
9. Herdener M., et al. Jazz drummers recruit language-specific areas for the processing of rhythmic structure // *Cerebral cortex*. 2014. V. 24. № 3. P. 836–843. <http://cercor.oxfordjournals.org/content/24/3/836.full.pdf+html>.