



© В. Л. Ефимова, Е. И. Николаева, Е. А. Огородникова, Н. А. Рябчикова

DOI: [10.15293/2226-3365.1803.11](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1803.11)

УДК 159.9

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПЛАСТИЧЕСКИХ ПЕРЕСТРОЕК В ИНТЕГРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ПРИ РЕГУЛЯЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА В ПРОСТРАНСТВЕ У ДЕТЕЙ 5–15 ЛЕТ С ТРУДНОСТЯМИ В ОБУЧЕНИИ ПОСЛЕ ДВИГАТЕЛЬНО-РИТМИЧЕСКОГО ТРЕНИНГА

В. Л. Ефимова, Е. И. Николаева, Е. А. Огородникова (Санкт-Петербург, Россия),  
Н. А. Рябчикова (Москва, Россия)

**Проблема и цель.** В работе поднимается проблема развития интегративной деятельности мозга, регулирующей способность к сохранению динамического баланса при выполнении двигательной задачи, у школьников с трудностями в обучении. Цель исследования состояла в выявлении постуральных нарушений у школьников с трудностями в обучении и обосновании необходимости специальных тренингов для улучшения регуляции положения тела в пространстве и оценке их эффективности.

**Методология.** В исследовании приняли участие 56 школьников (возраст 5–15 лет; 40 мальчиков, 16 девочек). У всех испытуемых неврологом было диагностировано СРФШН (специфическое расстройство формирования школьных навыков). Дети были разделены на экспериментальную (26 человек) и контрольную (26 человек) группы по случайному признаку. Исследования и тренинги были назначены неврологом и проводились с письменного согласия родителей. Оценка динамического баланса испытуемых до и после тренинга проводилась с помощью системы цифровой постурографии. Протокол обследования генерировался автоматически. После проведения оценки, дети обеих групп участвовали в тренингах, которые продолжались 14 дней в режиме индивидуальных занятий по 2 часа. Испытуемые из экспериментальной группы прошли разработанный нами тренинг, включающий нейродинамическую гимнастику; тренинг

**Ефимова Виктория Леонидовна** – кандидат педагогических наук, директор по развитию и науке, общество с ограниченной ответственностью «Прогноз».

E-mail: [prefish@ya.ru](mailto:prefish@ya.ru)

**Николаева Елена Ивановна** – доктор биологических наук, профессор кафедры возрастной психологии и педагогики семьи, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена.

E-mail: [klemtina@yandex.ru](mailto:klemtina@yandex.ru)

**Огородникова Елена Александровна** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией психофизиологии речи, научный руководитель научно-образовательного центра «Биологические и социальные проблемы инклюзии», Институт физиологии им. И. П. Павлова Российской академии наук.

E-mail: [elena-ogo@mail.ru](mailto:elena-ogo@mail.ru)

**Рябчикова Наталия Афанасьевна** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова.

E-mail: [nat@guestest.ru](mailto:nat@guestest.ru)



на основе биологической обратной связи, разработанный компанией *Interactive Metronome, США*; БОС-тренинг *Balance Master*. Тренинг детей контрольной группы проводился только с помощью аппаратно-программного комплекса *Balance Master*, занятие длилось 45 минут.

**Результаты.** Полученные данные подтверждают наличие постуральных и ритмических дисфункций у школьников с трудностями в обучении. Разработанный нами комплексный тренинг оказался более эффективным, чем тренировки, направленные на формирование конкретного двигательного навыка.

**Заключение.** Наши данные свидетельствуют о том, что, с одной стороны, у детей с трудностями обучения в школе имели место и проблемы в контроле и регуляции позы. С другой стороны, целенаправленное обучение привело к существенному улучшению регуляции положения тела в пространстве у детей как пяти (в методике семи лет), так и 15 лет.

**Ключевые слова:** постуральные нарушения; трудности в обучении; учебные навыки; чтение; письмо; дети 5–15 лет; двигательно-ритмический тренинг.

### Постановка проблемы

В последние несколько десятилетий существенно увеличилось количество детей, не способных успешно овладеть программой начальной школы. Речь идет о школьниках без выраженных интеллектуальных, сенсорных и двигательных нарушений, которые испытывают стойкие затруднения при освоении чтения, письма, счета и других базовых учебных навыков. Эта ситуация актуальна сейчас для всех развитых стран. Исследователи считают, что причины трудностей в обучении у условно здоровых детей не могут сводиться исключительно к несовершенству учебных программ – имеются биологические и психофизиологические факторы снижения способности детей к обучению [1–3].

В Международной классификация болезней 10-го пересмотра для обозначения этого состояния используется термин «специфическое расстройство формирования школьных навыков» (далее СРФШН) – раздел F-81. По данным доступной литературы, популяция детей с СРФШН составляет 20–40 % от общего количества младших школьников. Однако эти сведения не точны и варьируются от автора к автору, т. к. с подобными проблемами не всегда обращаются к врачу.

Многочисленные нейрофизиологические исследования показывают, что у школьников с трудностями в обучении выявляются определенные неврологические дисфункции, среди них нарушения моторного планирования, постуральные нарушения и нарушения перцепции ритма [4–8]. Данные дефициты отражают неспособность мозга к полноценной обработке временных характеристик сенсомоторной информации. Постуральная система – система регуляции и контроля положения тела в пространстве.

Возможность осуществлять моторное планирование в коротком интервале времени является необходимым условием осуществления всех видов деятельности человека. Важным аспектом моторного планирования является способность произвольно ускорять, замедлять движение и менять его направление, адаптируясь к изменяющимся условиям окружающей среды [9–11].

Незначительные постуральные нарушения, как и негрубо выраженные нарушения моторного планирования, как правило, остаются незамеченными специалистами: такие дети учатся в обычных школах и считаются здоровыми, при этом дисфункции произвольного контроля движений могут стать причи-

ной нарушения формирования целого ряда моторных навыков, касающихся подвижных игр, письма, речи, что в результате приводит к трудностям в обучении и нарушениям социализации [11–13].

Обращение к выбранной теме связано не только с необходимостью своевременно выявить подобные нарушения у детей с помощью аппаратных методов диагностики. Не менее важно то, что в силу пластичности детского мозга эти дисфункции могут уменьшаться или полностью устраняться в результате тренингов [14; 15].

Возможность организации диагностики и тренингов для детей с СРФШН необычайно актуальна, поскольку анализ причин возникновения трудностей в обучении не всегда проводится корректно, они по-прежнему могут расцениваться учителями и родителями как результат недисциплинированности ребенка или интеллектуальной недостаточности, а рекомендации различных специалистов зачастую разобщены и противоречат друг другу. При этом в мире наблюдается тревожная тенденция: для коррекции трудностей в обучении все чаще используются медикаменты, имеющие ряд опасных для здоровья ребенка побочных эффектов.

Ранее предполагалось, что центральная функция мозжечка связана с формированием позы и осуществлением движений. Сейчас считается, что он участвует в процессах внимания, речи, мышления [4; 7]. У человека клетки Пуркинье мозжечка могут быть центром конвергенции сигналов, обеспечивающих премодулирующий ассоциативный механизм, лежащий в основе эксплицитной памяти. Любые нарушения, обусловленные, например, нехваткой кислорода при развитии ребенка во внутриутробный период, в процессе родов или в первые месяцы после рождения могут вести к нарушению не столько

внешних поведенческих изменений, сколько сказаться на процессах внимания, мышления, речи [16]. Встает вопрос, насколько сохраняется пластичность структур мозжечка, в каком еще возрасте возможны перестройки, которые могут способствовать восстановлению эффективного обучения в школе? Имеющаяся литература не дает ответа на этот вопрос.

Задача нашего исследования состояла в разработке двигательного-ритмического тренинга для школьников с трудностями в обучении с целью оценки величины пластических изменений, проявляющихся на поведенческом уровне в улучшении регуляции положения тела в пространстве.

#### Методология исследования

В исследовании приняли участие 56 школьников (возраст 7–15 лет; 40 мальчиков, 16 девочек). У всех испытуемых неврологом было диагностировано СРФШН. Дети были разделены на экспериментальную (26 человек) и контрольную (26 человек) группы по случайному признаку. Исследования и тренинги были назначены неврологом и проводились с письменного согласия родителей.

*Оценка динамического баланса* испытуемых до и после тренинга проводилась с помощью системы цифровой постурографии. Использование постурографов различных моделей для обследования детей получило распространение в последние десятилетия [11–13; 17–19]. Настоящее исследование проводилось на постурографе Balance Master, компании «Neurocom International, Inc» (США). Был использован тест ритмичного перемещения веса (Rhythmic weight shift – RWS). Для выполнения задания ребенку было необходимо раскачиваться, не отрывая стоп от стабилметрической платформы, перемещая, посредством этих движений, курсор на экране между двумя

красными линиями. Ритм движений и их направление задавались с помощью курсора в виде солнышка. Оценивался контроль направления движения в ходе выполнения шести проб, продолжительностью по 10 с. В динамике теста менялось направление движения (из стороны в сторону, вперед-назад) и скорость курсора-указателя. Дети, у которых нарушена способность адаптировать свои движения к модификациям временных характеристик, не могли своевременно менять направление или корректировать движения в заданном направлении.

Показатель «контроль направления» демонстрировал, насколько прямым и плавным было перемещение испытуемого между заданными точками. В норме результат должен быть близок к 100 %. Существенные отличия данного показателя от 100 % свидетельствуют о неспособности испытуемого соответствовать временным ограничениям окружающей среды, например, таким как вход в лифт до того, как закроются двери, трудностях при необходимости выполнять и контролировать ритмичные паттерны движений (езда на велосипеде, плавание и т. д.). Протокол обследования генерировался автоматически.

*Тренинги.* В литературе показана эффективность использования ритмических и двигательных тренингов в работе с детьми, имеющими трудности в обучении [1–3; 20–24]. После проведения оценки, дети обеих групп участвовали в тренингах, которые продолжались 14 дней в режиме индивидуальных занятий по 2 часа. Испытуемые из экспериментальной группы прошли разработанный нами интенсивный тренинг: занятия включали выполнение специально разработанных двигательных-ритмических упражнений: Нейродинамическая гимнастика; ритмический БОС-тренинг (БОС – биологическая обратная связь), разработанный компанией Interactive

Metronome (IM), США; стабилметрический БОС – тренинг Balance Master, США. В процессе IM-тренинга испытуемый слушал ритмичные щелчки метронома и синхронизировал с ними свои движения – совершал хлопки ладонями, на одной из которых была закреплена кнопка-триггер, либо шагал по сенсорному коврику. Прибор на миллисекундном уровне оценивал точность совпадения щелчка метронома с ударом по триггеру или шагом. Испытуемые получали обратную связь в виде направляющих звуков и визуальных образов на экране монитора и, опираясь на нее, корректировали свои движения. В процессе тренинга Balance Master испытуемые выполняли различные упражнения на тренировку статического и динамического баланса на стабилметрической платформе, корректируя положение тела с опорой на визуальные образы обратной связи, которые предъявлялись на экране монитора.

Тренинг детей контрольной группы проводился только с помощью аппаратно-программного комплекса Balance Master, каждое занятие длилось 45 минут.

### **Результаты исследования, обсуждение**

Возможность контроля перемещения центра тяжести в пределах плоскости опоры необходима для сохранения баланса в положении стоя при выполнении различных движений. Затруднения при выполнении теста ритмического перемещения веса свидетельствуют о неспособности испытуемых соответствовать временным ограничениям среды, что может являться признаком незрелости или нарушения функционирования мозжечка и/или базальных ганглиев [4; 13].

Во время выполнения теста оценивалось, насколько близким к прямой линии и плавным было перемещение курсора между заданными точками. Как правило, дети, не

имеющие трудности в обучении, способны почти полностью соответствовать ритму движений, заданному указателем, перемещаясь почти по прямой линии. Для большинства испытуемых с трудностями в обучении контроль направления движения оказался наиболее труден в пробах на перемещение веса тела в направлении вперед-назад. Также оказалось, что между группами есть различие. Дети экспериментальной группы изначально значимо

хуже, чем дети контрольной группы, выполняли пробы «влево-вправо» (1 с) и «вперед-назад» (3, 2, 1 с) ( $p < 0,05$ ). Возможно, родители из экспериментальной группы сами замечали у детей определенные неврологические дисфункции, поэтому они согласились на дополнительные реабилитационные процедуры – интенсивный тренинг (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели точности выполнения RWS-теста (в процентах) у двух групп детей в констатирующем исследовании (до тренировок)**

Table 1

**Accuracy figures of RWS test (per cent) in two groups of children in the ascertaining research (before trainings)**

Задание		Контрольная группа	Экспериментальная группа	Значимость различий
Качания	Темп	Среднее $\pm$ СКО	Среднее $\pm$ СКО	p – уровень
влево-вправо	3 с	67,8 $\pm$ 12,5	59,8 $\pm$ 19,9	0,08
	2 с	74,6 $\pm$ 8,9	70,8 $\pm$ 12,7	0,18
	1 с	85,1 $\pm$ 5,3	79,2 $\pm$ 11,5	0,015
вперед-назад	3 с	67,9 $\pm$ 14,1	48,2 $\pm$ 22,4	< 0,001
	2 с	73,2 $\pm$ 13,9	50,0 $\pm$ 25,6	< 0,001
	1 с	76,8 $\pm$ 14,3	56,3 $\pm$ 24,0	< 0,001

После тренировок было проведено повторное исследование. В контрольной группе не выявлено значимых изменений к лучшему в качестве выполнения теста, хотя дети в этой группе в среднем были старше и лучше выполнили тест во время первого исследования. В экспериментальной группе выявлены значимые изменения к лучшему ( $p < 0,05$ ) после тренинга в качестве выполнения трех наиболее сложных проб «вперед-назад» (табл. 2).

Полученные данные подтверждают наличие поструральных и ритмических дисфункций у школьников с трудностями в обучении. Разработанный нами комплексный тре-

нинг оказался более эффективным, чем тренировки, направленные на формирование конкретного двигательного навыка. Родители испытуемых экспериментальной группы отметили положительные изменения в уровне работоспособности, произвольного внимания и самоорганизованности у детей.

Наши данные свидетельствуют о том, что, с одной стороны, у детей с трудностями обучения в школе имели место и проблемы в контроле и регуляции динамического баланса. С другой стороны, целенаправленное обучение привело к существенному улучшению регуляции положения тела в пространстве у детей экспериментальной группы, которые были старше, чем дети из контрольной группы.



В настоящее время активно продвигается концепция критических периодов, согласно которой выраженные изменения функционирования в той или иной сфере возможны только в ограниченный критический период. В нашем исследовании мы показали, что пластические изменения интегративной деятельности мозга при контроле и регуляция позы происходят

вплоть до 15 лет, а возможно, и дольше. Дальнейшим направлением исследования будет изучение связи изменений в контроле позы с когнитивными изменениями, которые непосредственно могут отразиться на повышении эффективности обучения детей.

Таблица 2

**Величина изменения в контрольном исследовании (после тренинга) относительно констатирующего (до тренинга) в выполнении RWS-теста у двух групп детей**

Table 2

**Variation value in the control research (after trainings) in relation to the ascertaining research (before trainings) while doing RWS test in two groups of children**

Задание		Группы	
Качания	Темп	Контрольная	Экспериментальная
влево-вправо	3 с	-0,11 ( $p = 0,91$ )	-1,21 ( $p = 0,24$ )
	2 с	0,09 ( $p = 0,93$ )	-0,96 ( $p = 0,34$ )
	1 с	1,61 ( $p = 0,12$ )	-1,77 ( $p = 0,09$ )
вперед-назад	3 с	-1,37 ( $p = 0,18$ )	-6,71 ( $p < 0,0001$ )
	2 с	-0,22 ( $p = 0,83$ )	-6,02 ( $p < 0,0001$ )
	1 с	-1,84 ( $p = 0,08$ )	-5,96 ( $p < 0,0001$ )

В скобках – уровень значимости различий между контрольным и констатирующим исследованием

### Заключение

1. У школьников с трудностями в обучении выявлена недостаточная сформированность процессов сенсомоторной интеграции.
2. Использование цифровой постурографии позволяет проводить объективную

оценку степени выраженности дисфункций, а также оценивать эффективность тренингов.

Комплексные тренинги, включающие постральные и двигательные-ритмические упражнения, являются результативными и могут быть альтернативой медикаментозному лечению.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dellatolas G., Watier L., Le Normand M.-T., Lubart T., Chevrie-Muller C. Rhythm reproduction in kindergarten, reading performance at second grade, and developmental dyslexia theories // Archives of Clinical Neuropsychology. – 2009. – Vol. 24, Issue 6. – P. 555–563. DOI: <https://doi.org/10.1093/arclin/acp044>



2. **Thomson J. M., Goswami U.** Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: auditory and motor rhythms link to reading and spelling // *Journal of Physiology-Paris*. – 2008. – Vol. 102, № 1-3. – P. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007>
3. **Carr K. W., White-Schwoch T., Tierney A. T., Strait D. L., Kraus N.** Beat synchronization predicts neural speech encoding and reading readiness in preschoolers // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2014. – Vol. 111, № 40. – P. 14559–14564. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1406219111>
4. **Shumway-Cook A., Horak F., Black F. O.** A critical examination of vestibular function in motor-impaired learning-disabled children // *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. – 1987. – Vol. 14, № 1. – P. 21–30. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-5876\(87\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0165-5876(87)90046-2)
5. **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. – Vol. 22, Issue 1. – P. 41–56. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11145-007-9102-x>
6. **Wolff P. H.** Timing precision and rhythm in developmental dyslexia // *Reading and Writing*. – 2002. – Vol. 15, № 1-2. – P. 179–206. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013880723925>
7. **Sussman D., Leung R. C., Chakravarty M. M., Lerch J. P., Taylor M. J.** The developing human brain: age-related changes in cortical, subcortical, and cerebellar anatomy // *Brain and Behavior*. – 2016. – Vol. 6, Issue 4. – P. e00457. DOI: <https://doi.org/10.1002/brb3.457>
8. **Muneaux M., Ziegler J., Truc C., Thomson J., Goswami U.** Deficits in beat perception and dyslexia: Evidence from French // *NeuroReport*. – 2004. – Vol. 15, Issue 8. – P. 1255–1259. – DOI: <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127459.31232.c4>
9. **Verbecque E., Vereeck L., Hallemans A.** Postural sway in children: A literature review // *Author links open overlay panel*. – 2016. – Vol. 49. – P. 402–410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gait-post.2016.08.003>
10. **Mizusawa H., Jono Y., Iwata Y., Kinoshita A., Hiraoka K.** Process of anticipatory postural adjustment and step movement of gait initiation // *Human Movement Science*. – 2017. – Vol. 52. – P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.01.003>
11. **Franco E. S., Panhoca I.** Vestibular function in children underperforming at school // *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*. – 2008. – Vol. 74, № 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992008000600003>
12. **Ефимова В. Л., Николаев И. В., Зартор А. С.** Использование постурографической оценки в процессе организации педагогической помощи детям с трудностями в обучении // *Сенсорные системы*. – 2014. – Т. 28, № 3. – С. 45–51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22018507>
13. **Hirabayashi S., Iwasaki Y.** Developmental perspective of sensory organization on postural control // *Brain & development*. – 1995. – Vol. 17, Issue 2. – P. 111–113. DOI: [https://doi.org/10.1016/0387-7604\(95\)00009-Z](https://doi.org/10.1016/0387-7604(95)00009-Z)
14. **Linardakis M., Trouli K., Chlapana E.** Effects of a rhythm development intervention on the phonological awareness in early childhood // *International proceedings of economics development and research*. – 2014. – Vol. 78. – P. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.7763/IPEDR.2014.V78.10> URL: <http://www.ipedr.com/vol78/010-ICSEP2014-S00028.pdf>
15. **Rine R. M., Wiener-Vacher S.** Evaluation and treatment of vestibular dysfunction in children // *Neurorehabilitation*. – 2013. – Vol. 32 (3). – P. 507–518. PMID: 23648605 DOI: <https://doi.org/10.3233/NRE-130873>
16. **Blair C., Raver C. C.** School Readiness and Self-Regulation: A Developmental Psychobiological Approach // *Annual Review of Psychology*. – 2015. – Vol. 66. – P. 711–731. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>



17. **Bourelle S., Dey N., Sifaki-Pistolla D., Berge B., Gautheron V., Cottalorda J., Taiar R.** Computerized static posturography and laterality in children. Influence of age // *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. – 2017. – Vol. 19, № 2. – P. 129–139. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/28869624>
18. **Westcott S. L., Crowe T. K., Deitz J. C., Richardson P. K.** Test-retest reliability of the pediatric clinical test of sensory interaction for balance (P-CTSIB) // *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*. – 1994. – Vol. 14, № 1. – P. 1–22. DOI: [https://doi.org/10.1080/J006v14n01\\_01](https://doi.org/10.1080/J006v14n01_01)
19. **David D., Wade-Woolley L., Kirby J. R., Smithrim K.** Rhythm and reading development in school-age children: A longitudinal study // *Journal of Research in Reading*. – 2007. – Vol. 30, Issue 2. – P. 169–183. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00323.x>
20. **Flaugnacco E., Lopez L., Terribili Ch., Zoia S., Buda S., Tilli S., Monasta L., Montico M., Sila A., Ronfani L., Schön D.** Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia // *Frontiers in Human Neuroscience*. – 2014. – Vol. 8. – P. 392. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00392>
21. **Gordon R. L., Shivers C. M., Wieland E. A., Kotz S. A., Yoder P. J., McAuley J. D.** Musical rhythm discrimination explains individual differences in grammar skills in children // *Developmental science*. – 2015. – Vol. 18, Issue 4. – P. 635–644. DOI: <https://doi.org/10.1111/desc.12230>
22. **Bouwer F., Werner C., Knetelmann M., Honing H.** Disentangling beat perception from sequential learning and examining the influence of attention and musical abilities on ERP responses to rhythm // *Neuropsychologia*. – 2016. – № 85. – P. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.018>
23. **Ozerov-Palchik O., Wolf M., Patel A. D.** Relationships between early literacy and nonlinguistic rhythmic processes in kindergarteners // *Journal of Experimental Child Psychology*. – 2018. – № 167. – P. 354–368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.11.009>
24. **Schön D., Tillmann B.** Short- and long-term rhythmic interventions: perspectives for language rehabilitation // *Annals of the New York academy of sciences*. – 2015. – Vol. 1337, № 1. – P. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.12635>





DOI: [10.15293/2226-3365.1803.11](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1803.11)

Victoria Leonidovna Efimova,

Candidate of Pedagogical Sciences, Director of Development and Science,  
LLC Prognoz, Saint-Petersburg, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7029-9317>

E-mail: [prefish@ya.ru](mailto:prefish@ya.ru)

Elena Ivanovna Nikolaeva,

Doctor of Biological Sciences, Professor,  
Developmental Psychology and Family Pedagogics Department,  
Herzen State Pedagogical University, Saint-Petersburg, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8363-8496>

E-mail: [klemtina@yandex.ru](mailto:klemtina@yandex.ru)

Elena Alexandrovna Ogorodnikova,

Candidate of Biological Sciences, Head,  
Laboratory of Psychophysiology of Speech, Head of the Scientific and  
Educational Center “Biological and Social Foundations of Inclusion”,  
Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg,  
Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8177-0431>

E-mail: [elena-ogo@mail.ru](mailto:elena-ogo@mail.ru)

Nataliya Afanasievna Ryabchikova,

Doctor Biological Sciences, Senior Research Scientist,  
Department of Higher Nervous Activity, Biology Faculty,  
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8569-2736>

E-mail: [nat@guesstest.ru](mailto:nat@guesstest.ru)

## The possibility of plastic rearrangements in the integrative activity of the brain in the regulation of the body position in space in children aged 5–15 years with learning disabilities after motor-rhythmic training

### Abstract

**Introduction.** *It is believed that the causes of learning disabilities in children cannot be reduced solely to the imperfection of educational programs – there are biological and psychophysiological factors reducing the ability of children to learn. The article focuses on the development of integrative brain activity, regulating the ability to maintain dynamic balance in the performance of motor tasks, in students with learning disabilities. The aim of the study was to identify postural disorders in schoolchildren with learning disabilities, justify the need for special trainings aimed at improving the regulation of body position in space and assess their effectiveness.*

**Materials and Methods.** *The study involved 56 students (aged between 7 and 15 years; 40 boys, 16 girls). All subjects were diagnosed by a neurologist with SDFSS a specific learning disorders. The children were divided into experimental (26) and control (26 people) groups on a random basis. Tests and trainings were prescribed by a neurologist and were conducted with the written consent of the parents.*



*Evaluation of the dynamic balance of the subjects before and after the training was conducted using a digital posturography system. The survey report was generated automatically. After the evaluation, the children of both groups participated in 2-hour individual trainings for 14 days. The subjects from the experimental group took part in the training developed by the authors, including neurodynamic gymnastics; training based on biological feedback, developed by Interactive Metronome, USA; BOS-training Balance Master. Training of children belonging to the control group was conducted only with the help of the hardware and software complex Balance Master, the lesson lasted for 45 minutes.*

**Results.** *The obtained data confirm postural and rhythmic dysfunction in students with learning difficulties. The presented comprehensive training was more effective than trainings aimed at specific motor skill development.*

**Conclusions.** *The data show that, on the one hand, children with difficulties in school had problems in monitoring and regulating posture. On the other hand, targeted training has led to a significant improvement in the regulation of the body position in space in children aged both 5 and 15 years.*

#### **Keywords**

*Postural disorders; Learning disabilities; Learning skills; Reading; Writing; Children of 5–15 years; Motor-rhythmic training.*

## **REFERENCES**

1. Dellatolas G., Watier L., Le Normand M.-T., Lubart T., Chevrie-Muller C. Rhythm reproduction in kindergarten, reading performance at second grade, and developmental dyslexia theories. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 2009, vol. 24, issue 6, pp. 555–563. DOI: <https://doi.org/10.1093/arclin/acp044>
2. Thomson J. M., Goswami U. Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology-Paris*, 2008, vol. 102, no. 1-3, pp. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2008.03.007>
3. Carr K. W., White-Schwoch T., Tierney A. T., Strait D. L., Kraus N. Beat synchronization predicts neural speech encoding and reading readiness in preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, vol. 111, no. 40, pp. 14559–14564. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1406219111>
4. Shumway-Cook A., Horak F., Black F. O. A critical examination of vestibular function in motor-impaired learning-disabled children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 1987, vol. 14, no. 1, pp. 21–30. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-5876\(87\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0165-5876(87)90046-2)
5. 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, vol. 22, issue 1, pp. 41–56. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11145-007-9102-x>
6. Wolff P. H. Timing precision and rhythm in developmental dyslexia. *Reading and Writing*, 2002, vol. 15, no. 1-2, pp. 179–206. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013880723925>
7. Sussman D., Leung R. C., Chakravarty M. M., Lerch J. P., Taylor M. J. The developing human brain: age-related changes in cortical, subcortical, and cerebellar anatomy. *Brain and Behavior*, 2016, vol. 6, issue 4, pp. e00457. DOI: <https://doi.org/10.1002/brb3.457>
8. Muneaux M., Ziegler J., Truc C., Thomson J., Goswami U. Deficits in beat perception and dyslexia: Evidence from French. *NeuroReport*, 2004, vol. 15, issue 8, pp. 1255–1259. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127459.31232.c4>



9. Verbecque E., Vereeck L., Halleman A. Postural sway in children: A literature review. *Author links Open Overlay Panel*, 2016, vol. 49, pp. 402–410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.08.003>
10. Mizusawa H., Jono Y., Iwata Y., Kinoshita A. Hiraoka K., Process of anticipatory postural adjustment and step movement of gait initiation. *Human Movement Science*, 2017, vol. 52, pp. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.01.003>
11. Franco E. S., Panhoca I. Vestibular function in children underperforming at school. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 2008, vol. 74, no. 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992008000600003>
12. Efimova V. L., Nikolaev I. V., Zartor A. S. The use of posturographic assessment in organization of pedagogical help for children with learning disabilities. *Sensory Systems*, 2014, vol. 28, no. 3, pp. 45–51. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22018507>
13. Hirabayashi S., Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain & development*, 1995, vol. 17, issue 2, pp. 111–113. DOI: [https://doi.org/10.1016/0387-7604\(95\)00009-Z](https://doi.org/10.1016/0387-7604(95)00009-Z)
14. Linardakis M., Trouli K., Chlapana E. Effects of a rhythm development intervention on the phonological awareness in early childhood. *International Proceedings of Economics Development and Research*, 2014, vol. 78, pp. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.7763/IPEDR.2014.V78.10> URL: <http://www.ipedr.com/vol78/010-ICSEP2014-S00028.pdf>
15. Rine R. M., Wiener-Vacher S. Evaluation and treatment of vestibular dysfunction in children. *Neurorehabilitation*, 2013, vol. 32 (3), pp. 507–518. DOI: <https://doi.org/10.3233/NRE-130873>
16. Blair C., Raver C. C. School Readiness and Self-Regulation: A Developmental Psychobiological Approach. *Annual Review of Psychology*, 2015, vol. 66, pp. 711–731. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>
17. Bourelle S., Dey N., Sifaki-Pistolla D., Berge B., Gautheron V., Cottalorda J., Taiar R. Computerized static posturography and laterality in children. Influence of age. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2017, vol. 19, no. 2, pp. 129–139. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28869624>
18. Westcott S. L., Crowe T. K., Deitz J. C., Richardson P. K. Test-retest reliability of the pediatric clinical test of sensory interaction for balance (P-CTSIB). *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 1994, Vol. 14, no. 1, pp. 1–22. DOI: [https://doi.org/10.1080/J006v14n01\\_01](https://doi.org/10.1080/J006v14n01_01)
19. David D., Wade-Woolley L., Kirby J. R., Smithrim K. Rhythm and reading development in school-age children: A longitudinal study. *Journal of Research in Reading*, 2007, vol. 30, issue 2, pp. 169–183. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2006.00323.x>
20. Flaugnacco E., Lopez L., Terribili Ch., Zoia S., Buda S., Tilli S., Monasta L., Montico M., Sila A., Ronfani L., Schön D. Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014, vol. 8, pp. 392. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00392>
21. Gordon R. L., Shivers C. M., Wieland E. A., Kotz S. A., Yoder P. J., McAuley J. D. Musical rhythm discrimination explains individual differences in grammar skills in children. *Developmental Science*, 2015, vol. 18, issue 4, pp. 635–644. DOI: <https://doi.org/10.1111/desc.12230>
22. Bouwer F., Werner C., Knetelmann M., Honing H. Disentangling beat perception from sequential learning and examining the influence of attention and musical abilities on ERP responses to rhythm. *Neuropsychologia*, 2016, no. 85, pp. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.02.018>



23. Ozerov-Palchik O., Wolf M., Patel A. D. Relationships between early literacy and nonlinguistic rhythmic processes in kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2018, no. 167, pp. 354–368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.11.009>
24. Schön D., Tillmann B. Short- and long-term rhythmic interventions: perspectives for language rehabilitation. *Annals of New York Academy of Sciences*, 2015, vol. 1337, no. 1, pp. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.12635>

Submitted: 24 March 2018    Accepted: 11 May 2018    Published: 30 June 2018



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).