

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2024, Том 12, № 2 / 2024, Vol. 12, Iss. 2 <https://mir-nauki.com/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/03PSMN224.pdf>

5.3.2. Психофизиология (психологические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Дружинин, О. А. Изменение показателей сенсомоторных тестов после ритмического тренинга у школьников с трудностями в обучении / О. А. Дружинин // Мир науки. Педагогика и психология. — 2024. — Т. 12. — № 2. —

URL: <https://mir-nauki.com/PDF/03PSMN224.pdf>

**For citation:**

Druzhinin O.A. Changes in sensorimotor test scores after rhythmic training in schoolchildren with learning difficulties. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2024;12(2): 03PSMN224. Available at:

<https://mir-nauki.com/PDF/03PSMN224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

*Автор благодарит педагогический коллектив государственного бюджетного образовательного учреждения средняя общеобразовательная школа № 225 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга и директора школы Федосеенко Александра Сергеевича за помощь в организации исследования*

УДК 159.91

**Дружинин Олег Александрович**

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена», Санкт-Петербург, Россия  
Аспирант

E-mail: [oleg.a.druzhinin@gmail.com](mailto:oleg.a.druzhinin@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3365-4302>

## Изменение показателей сенсомоторных тестов после ритмического тренинга у школьников с трудностями в обучении

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования влияния ритмического тренинга с биологической обратной связью на показатели сенсомоторных тестов у школьников с трудностями в обучении. Трудности в обучении были связаны с чтением и письменной речью. Проведенные нами ранее исследования показали, что результаты сложных сенсомоторных тестов отражают степень сформированности у детей исполнительных функций и предсказывают успеваемость в школе. Тестирование проводилось на аналоговом оборудовании, испытуемые проходили шесть тестов. Цель настоящего исследования состояла в оценке возможности улучшения показателей сложных сенсомоторных тестов путем аппаратного ритмического тренинга на основе биологической обратной связи. Тренинг заключался в том, что испытуемые слушали равномерные щелчки метронома и одновременно выполняли удары щупом по теппинг площадке. Задача состояла в том, чтобы звук и удар максимально совпадали. Испытуемые во время тренинга получали визуальную обратную связь на экране монитора в виде изменения игрового сюжета. Это позволяло корректировать свои движения. Тренинг проходил 1,5 месяца, 3 раза в неделю по 15 минут. После тренинга было проведено повторное тестирование. Статистически значимые изменения после ритмического тренинга выявлены в двух тестах: сложная зрительно-моторная реакция на световую комбинацию и сложная зрительно-моторная реакция. Также улучшился показатель, отражающий стабильность реакций. Нам удалось доказать, что у детей с трудностями в обучении с помощью кратковременного ритмического БОС тренинга возможно улучшить время реакции в сложных сенсомоторных тестах, которые отражают состояние исполнительных функций. Анализ отзывов учителей после тренинга позволяет сделать выводы о том, что у испытуемых улучшилось произвольное внимание. Дальнейшие исследования

позволят оценить влияние тренинга на способность к обучению и устойчивость результатов тренинга.

**Ключевые слова:** дети; школьники; сенсомоторные реакции; ритмический тренинг; исполнительные функции; биологическая обратная связь; трудности в обучении; дислексия

## Введение

Количество школьников с трудностями в обучении с каждым годом увеличивается. Многие дети занимаются с репетиторами уже с первого класса.

Известно, что трудности в обучении, возникающие у детей с нормативным интеллектуальным развитием, чаще всего связаны с дисфункциями или функциональной незрелостью нервной системы.<sup>1</sup>

Однако психофизиологический подход к пониманию трудностей в обучении таких детей все еще разработан недостаточно. Возможно, более глубокое изучение психофизиологических маркеров трудностей в обучении позволит не только своевременно выявлять детей из группы риска, но и разрабатывать альтернативные пути помощи этим детям, учитывающие возможности пластических изменений в мозге в ответ на определенный сенсомоторный опыт.

У школьников с трудностями в обучении часто выявляется несформированность основных параметров «executive function» — «исполнительных функций»: тормозного контроля, рабочей памяти, когнитивной гибкости. Это дефицит ограничивает возможности для успешного обучения даже у детей с высоким уровнем интеллектуального развития. В ряде исследований показано, что результаты некоторых сенсомоторных тестов отражают уровень сформированности исполнительных функций у детей [1–3].

Проведенные нами ранее исследования показали, что результаты сложных сенсомоторных тестов, которые включают в себя все параметры исполнительных функций, предсказывают успешность ребенка в обучении. Дети с трудностями в обучении показывают низкие результаты в этих тестах [4; 5].

Подобный подход к изучению исполнительных функций у детей является необычным, чаще для диагностики используются психологические тесты, а для развития исполнительных функций предлагается психолого-педагогическое сопровождение детей. Мы предположили, что использование технологий сенсомоторной биологической обратной связи позволит оптимизировать процесс развития исполнительных функций у младших школьников.

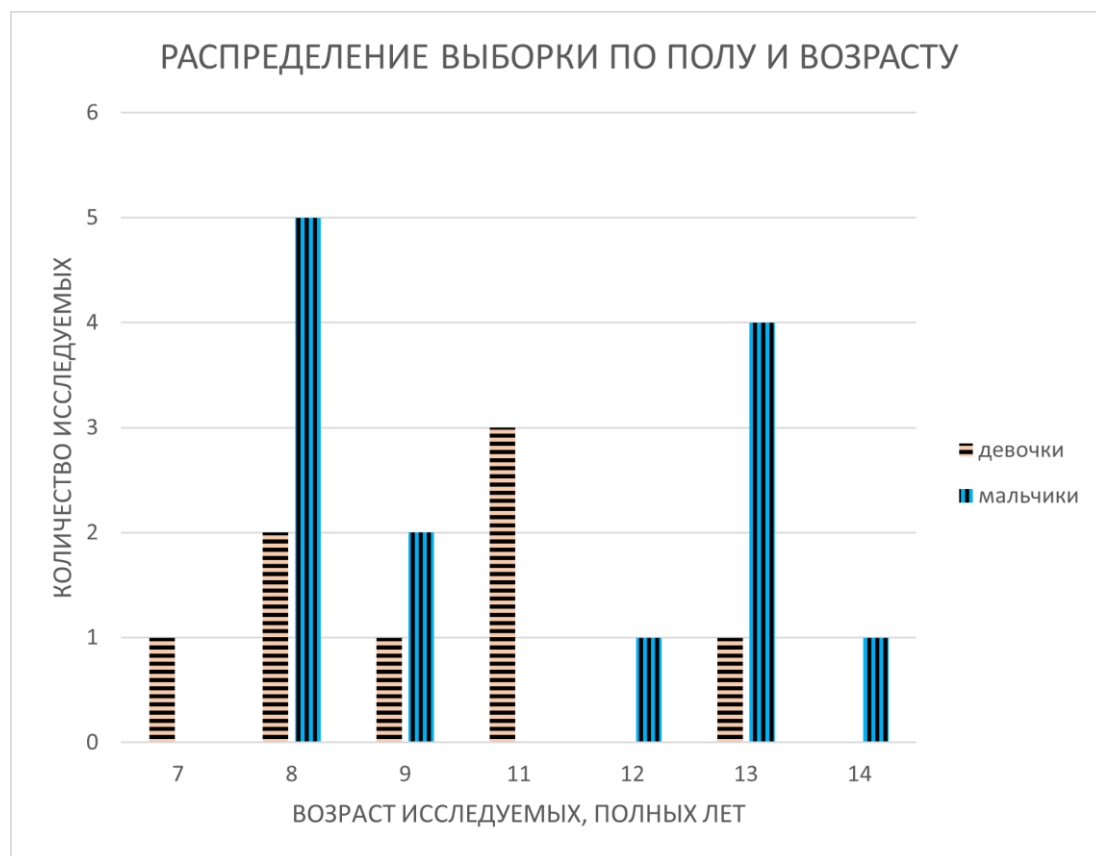
**Цель** настоящего пилотного исследования состояла в том, чтобы выяснить, являются ли результаты сложных сенсомоторных тестов неизменными, или их можно улучшить с помощью ритмического слухомоторного тренинга, основанного на биологической обратной связи.

## Методика

В исследовании приняли участие: 21 ученик школы 225 (Санкт-Петербург), из них 8 мальчиков, 13 девочек. Возрастной и гендерный состав группы представлен на рисунке 1.

---

<sup>1</sup> Ефимова, В.Л. Психофизиологические механизмы успешности обучения ребенка в дошкольном учреждении и в начальной школе: специальность 19.00.02 "Психофизиология": диссертация на соискание ученой степени доктора психологических наук / Ефимова Виктория Леонидовна, 2021. — 374 с. — EDN HBWGBS.



По горизонтали возраст (лет), по вертикали количество испытуемых. Столбцы с горизонтальными полосками — девочки; с вертикальными — мальчики

**Рисунок 1.** Возрастной и гендерный состав группы испытуемых (разработано автором)

Группа состояла из учеников с низкой успеваемостью, отбор в группу осуществлялся на основе рекомендаций учителей. Дети участвовали в исследовании с письменного согласия родителей. Исследование одобрено этическим комитетом и проводилось с соблюдением всех необходимых этических норм.

Сенсомоторные тесты проводились до и после ритмического БОС тренинга на устройстве для психофизиологического тестирования УПФТ-1/30-«ПСИХОФИЗИОЛОГ» (научно-производственно-конструкторская фирма «Медиком», Россия) с блоком психомоторных тестов. Первоначально диагностический комплекс состоял из 6 тестов, но предварительные исследования показали, что наиболее прогностически значимым в плане успешности в обучении являются два теста. Сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР) — в качестве стимула использовался двухцветный индикатор — красный или зеленый цвет. Было необходимо реагировать на один из сигналов, игнорируя второй. Сложная сенсомоторная реакция на световую комбинацию (СЗМР-СК). Во время этого теста испытуемый должен как можно быстрее отреагировать нажатием кнопки на определенную цветовую комбинацию светодиодов, игнорируя не целевые комбинации.

Для тренинга использовали программно-методическое обеспечение «Ритмо-БОС» на базе Комплекса реабилитационного психофизиологического для тренинга с БОС «Реакор» (научно-производственно-конструкторская фирма «Медиком», Россия). В процессе тренинга ребенок слушал равномерные щелчки метронома, его задача состояла в том, чтобы ударить карандашом по теппинг-площадке вместе со щелчком. Точность совпадения удара со щелчком влияла на визуальную обратную связь — игровой сюжет на экране монитора. Ребенок мог

выбрать один из 6 игровых сюжетов для каждой тренировки. Тренинг позволял добиться совпадения звука и движения в диапазоне менее 20 мс.

Занятия проходили в школе, 3 раза в неделю по 15 минут, 1,5 месяца после уроков. После окончания курса тренировок были проведены повторные сенсомоторные тесты, а также опрос классных руководителей.

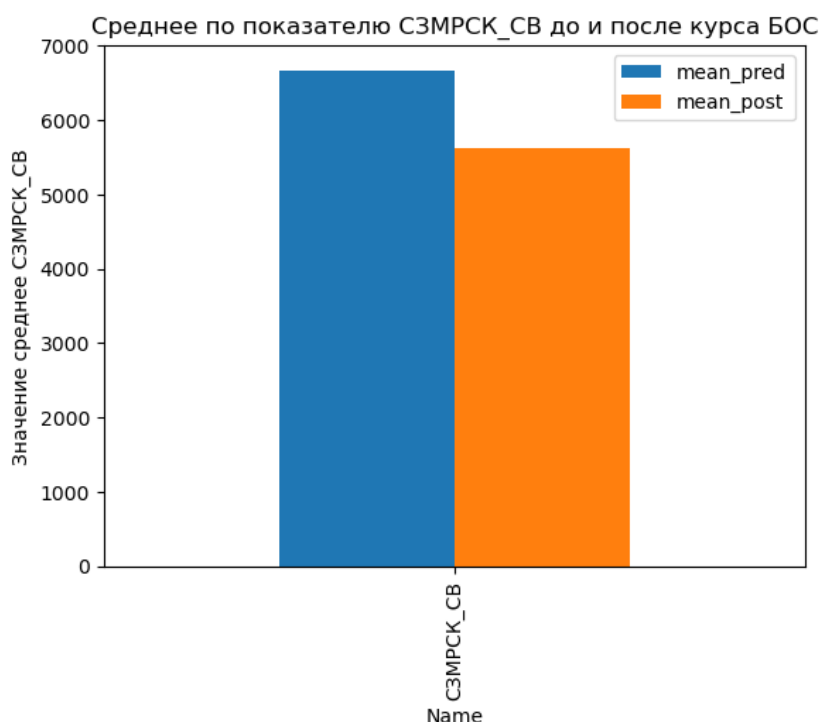
Математическая обработка данных была выполнена при помощи языка программирования python с использованием библиотек matplotlib, pandas, scipy модуль stats, numpy.

## Результаты

Статистически значимые изменения после БОС тренинга выявлены в двух тестах: сложная зрительно-моторная реакция на световую комбинацию (СЗМР-СК) и сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР).

Результаты теста СЗМР-СК после тренинга показали, что значимо снизился показатель суммарное время реакции. Статистический показатель парного Т критерия равен -3,0905171883764 pvalue равно 0,00576753494916107.

На рисунке 2 представлены диаграммы, показывающие значимую положительную динамику после курса БОС тренировок — уменьшение времени реакции в тесте СЗМР-СК.

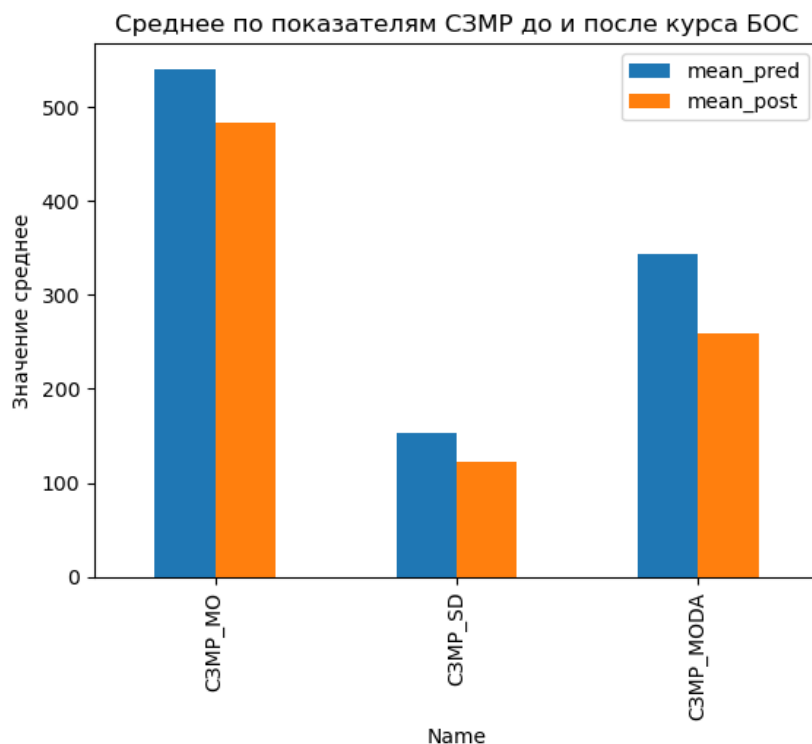


**Рисунок 2.** Оценка суммарного времени реакций в тесте СЗМР-СК (сложная зрительно-моторная реакция на световую комбинацию) до и после ритмического тренинга с биологической обратной связью. До тренинга — столбец слева, после тренинга — справа (разработано автором)

Положительная динамика выявлена также в следующих показателях теста СЗМР: СЗМР\_МО — среднее время реакции (мс); СЗМР\_SD — среднеквадратическое отклонение времени реакций (мс); СЗМР\_MODAL — середина диапазона, соответствующего максимуму гистограммы распределения (отн. ед.); СЗМР\_SD\_P — Оценка стабильности реакций (отн. ед.). СЗМР\_МО — статистический показатель парного Т критерия равен 2,24190844244359 pvalue

равно 0,0364652762939142 СЗМР\_SD — статистический показатель парного Т критерия равен 2,31066640234605 pvalue равно 0,0316395370626072 СЗМР\_MODALA — статистический показатель парного Т критерия равен 2,83003454321151 pvalue равно 0,0103455318585102 СЗМР\_SD\_P — статистический показатель Тест Вилкоксона равен 18 pvalue равно 0,0299609936213363.

Изменение показателей теста СЗМР после БОС тренинга представлено на рисунке 3.



До тренинга — столбцы слева, после тренинга — справа. СЗМРМО — среднее время реакции (мс); СЗМРSD — среднеквадратическое отклонение времени реакций (мс); СЗМР\_MODALA — середина диапазона, соответствующего максимуму гистограммы распределения (отн. ед.); СЗМР\_SD\_P — Оценка стабильности реакций (отн. ед.)

**Рисунок 3.** Изменение показателей теста сложных зрительно-моторных реакций после ритмического тренинга с биологической обратной связью (разработано автором)

Также значимо улучшился показатель, отражающий стабильность реакций.

### Обсуждение

Одним из важных факторов успешности ребенка в обучении является способность мозга на миллисекундном уровне обрабатывать информацию о поступающих сенсорных стимулах. Эта способность важна не только для учебной деятельности, но и для других видов деятельности человека, требующих определенного уровня развития исполнительных функций.

Нам удалось доказать, что результаты сложных сенсомоторных тестов у детей с трудностями в обучении могут быть улучшены с помощью кратковременного курса ритмического БОС тренинга. Был выбран именно ритмический вариант тренинга БОС, так как у детей, участвующих в исследовании, имелись трудности в обучении, связанные с чтением и письменной речью. В ряде исследований показано, что формирование письменной речи и чтения, а также вербальная память тесно связаны со способностью ребенка к перцепции и моторному воспроизведению ритма. Вероятно, эта связь обусловлена тем, что для всех видов учебной деятельности важна способность к прогнозированию [6; 7].

Для успешного выполнения заданий Ритмо-БОС также важно научиться прогнозировать, когда прозвучит следующий щелчок метронома, чтобы подготовиться к движению и вовремя его совершить.

В работах П.К. Анохина показано, что для прогнозирования будущего необходимо «опережающее отражение» возможных результатов поведения. Опережающее отражение результатов осуществляется с помощью «акцептора действия» [8].

Способность мозга к неосознаваемому прогнозированию результата активности в работах Н.А. Бернштейна получила название «модель потребного будущего» [9].

Прогнозирование возможно в том случае, когда индивид способен адекватно оценить текущую ситуацию, нарушение этой способности может снижать способность ребенка к обучению. Ритмический БОС тренинг способствует развитию способности к прогнозированию, так как ребенок подстраивает свои движения под звуковые сигналы, которые повторяются через одинаковые промежутки времени, получая немедленную визуальную обратную связь о точности совпадения звука и движения в миллисекундном диапазоне.

Чувство ритма тесно связано с чувством времени. Есть данные о том, что качество восприятия музыкального ритма связано у детей с качеством чтения и уровнем сформированности процессов фонематического восприятия [10].

Ритм организует события во времени и играет важную роль не только в музыке, но и в фонологии, а также просодии языка. Есть данные, что дети с нарушением способности к освоению чтения, несмотря на нормальный интеллект и использование адекватных педагогических технологий, имеют трудности в восприятии ритма. Способность к восприятию ритма может быть предиктором уровня развития навыков чтения [11; 12].

Показана связь способности к перцепции ритма с успешностью в обучении чтению и уровнем развития речи. Эта связь универсальна и не зависит от языка [13].

Трудности в обучении у ребенка могут возникать из-за низких скоростных характеристик сенсомоторной системы. Психофизиологические признаки нарушения кодирования мозгом информации о временных характеристиках событий у детей с трудностями в обучении показаны рядом исследователей [14–18].

Способность к обработке сенсорных стимулов в коротких интервалах времени обеспечивается подкорковыми структурами мозга. Функционирование этих структур создает психофизиологический фундамент для развития исполнительных функций. В исследовании с использованием фМРТ были получены результаты, показывающие, что у детей с нарушениями чтения изменены ответы подкорковых структур мозга на быстрые слуховые стимулы. Статистические связи в этом исследовании были найдены также между общей когнитивной способностью (IQ) и объемом субкортикальных структур мозга (мозжечок и хвостатое ядро), а также между пространственной памятью и скорлупой. Эти результаты подтверждают тот факт, что когнитивные и моторные навыки значимо связаны, как на поведенческом уровне, так и на уровне функционирования и анатомического строения структур мозга [19].

Замедление обработки сенсорной информации у детей с трудностями в обучении проявляется, как при выполнении слуховых, так и зрительных задач. То есть, этот дефицит затрагивает разные сенсорные модальности [20–23].

Важно отметить, что проведенный нами БОС тренинг был слухомоторным, но в результате улучшились показатели сложных зрительно-моторных тестов, что подтверждает важность кроссмодального взаимодействия в сенсомоторной сфере.

При выборе психофизиологических технологий для работы со школьниками необходимо учитывать, как возрастные особенности детей, так и особенности школьной среды. Хотя наиболее известным БОС тренингом является тренинг на основе показателей ЭЭГ (нейро БОС), маловероятно, что именно эта технология будет востребована в школах. Для такого тренинга необходимы как особые навыки специалистов, так и дополнительные расходные материалы. Кроме того, работа над изменением показателей ЭЭГ не всегда доступна детям с нарушениями произвольного внимания. А эта проблема есть у большинства школьников с трудностями в обучении. Ритмический БОС тренинг лишен этих недостатков, поэтому может использоваться в школах, как педагогами, так и психологами после кратковременного обучения. Процедура проведения тренинга проста, задания интересны для детей и приводят к быстрым изменениям скоростных характеристик обработки сенсорной информации.

Нарушение способности к перцепции ритма, а также увеличение времени реакции и количества ошибок в сенсомоторных тестах могут являться психофизиологическими маркерами этих дисфункций. Таким образом, мы показали, что исполнительные функции имеют психофизиологический базис, который можно оценить с помощью аппаратных сенсомоторных тестов. Эти тесты возможно использовать, как для оценки состояния определенных способностей ребенка, так и для оценки динамики изменений в результате занятий и специализированных тренингов. Это удобно для образовательных организаций, так как тестирование одного ученика занимает около 20 минут. Это позволяет обследовать большое количество детей за короткое время.

Полученные нами результаты и данные научной литературы обосновывают необходимость развития психофизиологического подхода к организации педагогической поддержки детей, имеющих трудности в обучении. Учителя отмечали, что уже в период проведения БОС тренинга дети с трудностями в обучении, принимающие участие в исследовании, стали более внимательными. Так как исследование было кратковременным, не было возможности оценить, насколько стойкими оказались положительные изменения.

### Выводы

Нам удалось показать, что у детей с трудностями в обучении с помощью кратковременного ритмического БОС тренинга возможно улучшить время реакции в сложных сенсомоторных тестах, которые отражают состояние исполнительных функций. У данного пилотного исследования были ограничения: небольшая выборка и отсутствие контрольной группы. Требуются дальнейшие исследования в этом направлении. Также важно оценить, насколько стабильны полученные изменения, и как они отражаются на дальнейшем обучении детей в школе.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева Е.И., Широкова И.В. Соотношение тормозного контроля и рабочей памяти у детей в младшей и средней школе // Вестник психофизиологии. 2021. — № 2. С. 73–78. — DOI: 10.34985/s6044- 6147-1978-b.
2. Camerota, M., Willoughby, M.T., Magnus, B.E., & Blair, C.B. Leveraging item accuracy and reaction time to improve measurement of child executive function ability. // Psychological assessment — 2020 — 32(12) — 1118–1132. — DOI: <https://doi.org/10.1037/pas0000953>.

3. Dumont, É., Castellanos-Ryan, N., Parent, S., Jacques, S., Séguin, J.R., & Zelazo, P. D. Transactional longitudinal relations between accuracy and reaction time on a measure of cognitive flexibility at 5, 6, and 7 years of age. // *Developmental science* — 2022 — 25(5) — e13254. — DOI: <https://doi.org/10.1111/desc.13254>.
4. Ефимова, В.Л. Сенсомоторные реакции и исполнительные функции / В.Л. Ефимова, О. А. Дружинин // *Вестник психофизиологии*. — 2022. — № 4. — С. 108–113. — DOI 10.34985/j8470-7877-5261-g. — EDN FPRZPZ.
5. Ефимова В.Л., Николаева Е.И., Дружинин О.А., Мазурова И.С. Использование сложной сенсомоторной реакции для прогноза успеваемости в школе // *Психология и психотехника*. — 2023. — № 1. — С. 1–11. — DOI 10.7256/2454-0722.2023.1.39631. — EDN CZPOUE.
6. Ozernov-Palchik O, Patel AD. Musical rhythm and reading development: does beat processing matter? // *Annals of the New York academy of science* — 2018 — Т. 1423 — № 1 — С. 166–175.
7. Cancer A, Antonietti A. Rapid Automatized Naming, Verbal Working Memory, and Rhythm Discrimination as Predictors of Reading in Italian Undergraduate Students with and without Dyslexia. // *Brain Sciences*. — 2018 — № 8(5) — 87. — DOI: 10.3390/brainsci8050087.
8. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. // М.: Медицина — 1975 — 447 с.
9. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. // М.: Моск. психолого-соц. ин-т; Воронеж: МОДЭК — 2008 — 687 с.
10. Sousa J., Martins M., Torres N., Castro S.L., Silva S. Rhythm but not melody processing helps reading via phonological awareness and phonological memory. // *Scientific Reports*. — 2022 — 12(1) — 13224. — DOI: 10.1038/s41598-022-15596-7.
11. Flaughnacco E., Lopez L., Terribili C., 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 — Т. 8. — DOI: 10.3389/fnhum.2014.00392.
12. Lundetræ K., Thomson J.M. Rhythm production at school entry as a predictor of poor reading and spelling at the end of first grade. // *Reading and Writing*. — 2018 — Т. 31 — С. 215–237 — DOI: 10.1007/s11145-017-9782-9.
13. Surányi Z., Csépe V., Richardson U. [et al.]. Sensitivity to rhythmic parameters in dyslexic children: a comparison of hungarian and english // *Reading and writing*. — 2009 — Т. 22 — № 1. — С. 41–56.
14. Habib M. Neurological basis of developmental dyslexia // *Brain*. — 2000 — Т. 123. — № 12. — С. 2373–2399.
15. Llinas R. Is Dyslexia a Dyschronia? // *Annals of the New York Academy of Science* — 1993 — Т. 682. — С. 48–56.
16. Edwards V.T., Giaschi D.E., Dougherty R.F. [et al.]. Psychophysical indexes of temporal processing abnormalities in children with developmental dyslexia // *Developmental neuropsychology*. — 2004. — Т. 25 — № 3. — С. 321–354.
17. McAnally K.I. Visual and auditory processing impairments in subtypes of developmental dyslexia: a discussion / K.I. McAnally, A. Castles, G.W. Stuart //



- Journal of developmental and physical disabilities. — 2000. — Т. 12 — № 2. — С. 145–156.
18. Nittrouer S. Do temporal processing deficits cause phonological processing problems? // Journal of speech, language, and hearing research. — 1999. — Т. 42 — № 4. — С. 925–942.
19. Temple E. Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: evidence from functional MRI / E. Temple, R.A. Poldrack, A. Protopapas [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA — 2000 — № 97 — С. 13907–13912.
20. Переслени Л.И. О нейрофизиологических механизмах нарушения внимания у детей с трудностями обучения / Л.И. Переслени, Л.А. Рожкова, Н.А. Рябчикова // Журнал высшей нервной деятельности имени И.П. Павлова. — 1990. — Т. 40 — № 1. — С. 37–43.
21. Станкова, Е.П. Тестирование скорости реакции для прогноза успешности деятельности учащихся / Е.П. Станкова, И.Ю. Мышкин // Ярославский педагогический вестник. — 2014. — Т. 2, № 1. — С. 84–88. — EDN RZLXEJ.
22. Wolff P. H. Timing precision and rhythm in developmental dyslexia // Reading and Writing. — 2002. — Т. 15 — № 1–2. — С. 179–206
23. Farmer M.E. The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: a review / M.E. Farmer, R.M. Klein // Psychonomic bulletin & review. — 1995. — Т. 2 — № 4. — С. 460–493.

**Druzhinin Oleg Aleksandrovich**

Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen, Saint-Petersburg, Russia

E-mail: [oleg.a.druzhinin@gmail.com](mailto:oleg.a.druzhinin@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3365-4302>

## Changes in sensorimotor test scores after rhythmic training in schoolchildren with learning difficulties

**Abstract.** The article presents the results of a study of the effect of biofeedback rhythmic training on the performance of sensorimotor tests in schoolchildren with learning difficulties. Learning difficulties were associated with reading and writing. Our previous studies have shown that the results of complex sensorimotor tests reflect the degree of formation of executive functions in children and predict academic performance at school. The testing was carried out on analog equipment, the subjects passed six tests. The purpose of this study was to evaluate the possibility of improving the performance of complex sensorimotor tests through hardware rhythmic training based on biofeedback. The training consisted in the fact that the subjects listened to the uniform clicks of the metronome and simultaneously performed dipstick strikes on the tapping pad. The task was to make the sound and the beat match as much as possible. During the training, the subjects received visual feedback on the monitor screen in the form of a change in the game plot. This allowed you to adjust your movements. The training took place for 1,5 months, 3 times a week for 15 minutes. After the training, repeated testing was carried out. Statistically significant changes after rhythmic training were revealed in two tests: a complex visual-motor reaction to a light combination and a complex visual-motor reaction. The indicator reflecting the stability of reactions has also improved. We were able to prove that in children with learning difficulties, with the help of short-term rhythmic BOS training, it is possible to improve reaction time in complex sensorimotor tests that reflect the state of executive functions. An analysis of teacher feedback after the training allows us to conclude that the subjects' voluntary attention has improved. Further research will allow us to assess the impact of the training on the ability to learn and the sustainability of the training results.

**Keywords:** children; schoolchildren; sensorimotor reactions; rhythmic training; executive functions; biofeedback; learning difficulties; dyslexia