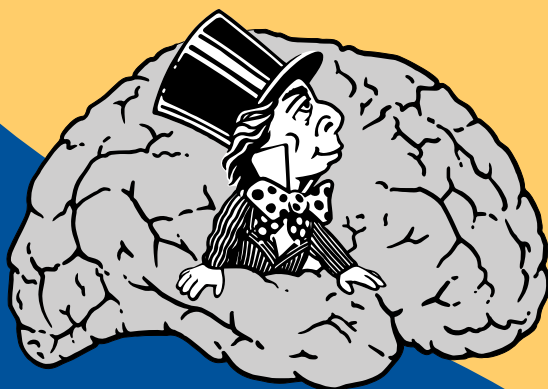


# КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2019

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

УДК 159.9  
ББК 88.25  
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2019 г. – 656 стр.

ISBN 978-5-4465-2346-7

УДК 159.9  
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-2346-7

©Авторы статей, 2019

## **ИНТЕГРАЦИЯ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ НОТ С ЛИСТА И ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ ПИАНИСТОВ**

Л. А. Бойко\*, Л. В. Терещенко, А. В. Латанов, Б. Б. Величковский

[lulu.boyko@yandex.ru](mailto:lulu.boyko@yandex.ru)

МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию когнитивной деятельности, которая включает в себя интеграцию процессов зрительного восприятия и сложно координированной моторной деятельности на примере чтения нот с листа. Проведена количественная оценка зрительно-моторных характеристик чтения с листа (зрительно-моторная задержка, ошибки воспроизведения и регрессии) у профессиональных пианистов в зависимости от сложности музыкального текста и индивидуальных характеристик их рабочей памяти. Также проведен анализ взаимосвязей между зрительно-моторными характеристиками, параметрами рабочей памяти и качеством исполнения музыки. Полученные результаты показали сложную зависимость между качеством исполнения музыки при чтении с листа и объективно регистрируемыми зрительно-моторными параметрами. Успешность чтения с листа фортепианного текста пианистами коррелировала с наименьшей величиной зрительно-моторной задержки при высокой эффективности обновления буфера рабочей памяти.

**Ключевые слова:** музыка, чтение с листа, зрительно-моторная деятельность, айтрекинг, движения глаз, рабочая память

### **Введение**

Музыкальная исполнительская деятельность профессиональных пианистов мало исследована с использованием количественных методов. У большинства музыкантов задача чтения нот с листа вызывает особую трудность как в учебной, так и в профессиональной деятельности. Понимание зрительно-моторных механизмов и когнитивных процессов, вовлеченных в реализацию данного навыка, может способствовать его развитию в музыкальной педагогической практике. Число исследований в этом направлении сравнительно невелико, и большинство из них проведено в условиях, далеких от реальных. Данная работа является междисциплинарной, так как в ней пересекаются интересы музыкальной педагогики, психологии и физиологии.

Чтение с листа фортепианных нот (для двух рук) представляет собой своеобразную когнитивную деятельность, включающую в себя сложный комплекс взаимосвязанных механизмов и процессов. С одной стороны, такая деятельность основана на зрительно-моторной интеграции механизмов зрения

и управления движениями глаз, которые обеспечивают восприятие нотного текста посредством чтения. С другой стороны, прочитанные нотные символы незамедлительно воспроизводятся на фортепиано с вовлечением механизмов исполнительного контроля, управляющих согласованными движениями рук и пальцев, а также корпуса и ног. Одним из ключевых параметров при чтении с листа является зрительно-моторная задержка (ЗМЗ, англ. *eye-hand span*), которая отражает число знаков нотации между текущей позицией взгляда на нотном тексте (на читаемом знаке) и воспроизводимым знаком (Sloboda, 1974; Truitt et al., 1997). Среди когнитивных процессов, включенных в чтение с листа, особая роль принадлежит рабочей памяти (РП), параметры которой тесно связаны с показателями исполнения при чтении с листа (Meinz, Hambrick, 2010).

Чтение с листа требует не только удержания информации в РП, но и постоянного обновления буфера по мере чтения последовательных фрагментов текста. На фоне процессов восприятия и декодирования зрительной информации происходит также трансформация последней в моторное воплощение, что требует определенных ресурсов. В соответствии с ресурсной теорией Д. Канемана (Kahneman, 1973), при чтении относительно простого музыкального фрагмента навык чтения с листа реализуется автоматизированно с минимальными затратами ресурсов. В случае сложного музыкального фрагмента в силу трудности прочтения или моторного воплощения нотного текста требуется большее вовлечение сознательного контроля, а следовательно, и ресурсов для выполнения задачи (Kahneman, 1973). Помимо объема РП также характеризуется временем переработки информации (эффективностью обновления буфера), и в конечном счете при чтении с листа критическим может оказаться именно этот параметр РП.

**Цель** работы состояла в исследовании статистической связи зрительно-моторных характеристик при чтении с листа между собой и с параметрами рабочей памяти.

## Методика

В исследовании приняли участие 30 студентов Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского и Российской академии музыки им. Гнесиных 1–5-го курсов по классу фортепиано в возрасте 18–25 лет. Музыкальные эксперты считают, что у студентов степень развития навыка чтения с листа находится на примерно одинаковом уровне. Для определения объема РП использовали методику *Operation Span (OS) Task* (Turner, Engle, 1989). Задание состояло в запоминании предъявляемых букв в условиях интерферирующей задачи — верификации арифметического равенства. Оценка эффективности буфера РП проводили с использованием теста *N-back* (Owen et al., 2005). Задание состояло в определении, совпадает ли предъявляемая буква с предъявленной 2 позиции назад (*2-back*). В процессе чтения с листа синхронно регистрировали движения глаз (айтрекер *Arrington Research 30 Гц*) и воспроизведение нот на электронном пианино с молоточковой механикой клавиатуры. Эксперименты проводили без каких-либо ограничений движений музыкантов с использованием оригинальной методики (Терещенко и др., 2016,

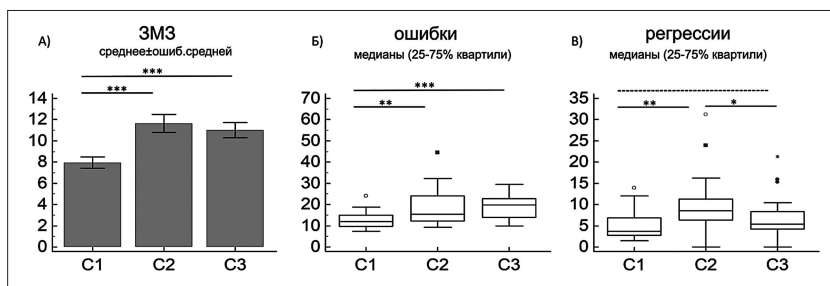
2017). Пианисты читали с листа три фрагмента мало известных классических произведений для двух рук разной сложности (далее в тексте С1 – легкий фрагмент, С2 – средней сложности, С3 – сложный).

Как было показано в ранней работе (Souter, 2001), на темп влияет сложность произведения. Но сложность произведения не ограничивается самим нотным текстом, а во многом зависит от опыта чтения с листа и собственной оценки своих навыков – исходя из этого пианист выбирает темп воспроизведения. Таким образом, данный параметр отражает влияние как объективной, так и субъективной сложности произведения. Для того чтобы исключить фактор субъективной сложности перед чтением с листа, мы задавали пианистам темп игры, указанный композиторами в нотах. Тем не менее некоторые пианисты довольно существенно отклонялись от заданного темпа, и сам темп для трех произведений был разным. В ранних работах было показано влияние темпа на параметры зрительно-моторной деятельности – при высоком темпе исполнения ЗМЗ ниже, чем при более медленном (Rosemann et al., 2016), больше ошибок воспроизведения (Smith, 1988) и меньше регрессий (Souter, 2001). Чтобы исключить влияние темпа исполнения на исследуемые показатели (ЗМЗ, ошибки, регрессии), мы нормировали их на темп исполнения произведений. Показатели темпа рассчитывали как число долей (четвертей) в минуту (Мальтер, 1972).

## Результаты

Показатели зрительно-моторной деятельности – ЗМЗ, ошибки воспроизведения и регрессии (возвратные саккады) – для каждого произведения представлены на рис. 1.

При чтении С3 выявлена достоверная линейная корреляция между ошибками и регрессиями ( $r = .544, p < .01$ ). При чтении С1 наблюдается линейная корреляция между ЗМЗ и регрессиями ( $r = .374, p < .05$ ). Регрессии совершаются в случае обнаружения ошибок воспроизведения по обратной слуховой связи или при трудности зрительного распознавания нотного паттерна, связанного



**Рисунок 1.** Параметры зрительно-моторной деятельности (ЗМЗ, число ошибок и регрессий) при чтении с листа музыкальных фрагментов трех градаций сложности. По осям ординат: А – ЗМЗ (знаков/(доли/мин.)), Б – доля ошибок (доля ошибок/(доли/мин.), %), В – доля регрессий (регрессии/(доли/мин.), %). Уровни значимости различий: пунктир –  $.05 < p < .01$ , \* –  $p < .05$ , \*\* –  $p < .01$ , \*\*\* –  $p < .001$

со сложностью прочтения текста. Каких-либо других достоверных корреляций между параметрами исполнения всех произведений выявлено не было.

Объем РП (по методике OS) у пианистов составил в среднем  $4.5 \pm 0.9$  элементов ( $N = 28$ ) при эффективности обновления буфера РП  $94 \pm 1\%$  (по методике N-back). Была выявлена обратная корреляция: между ошибками (один из индикаторов качества чтения) и объемом РП при исполнении С1 ( $r = -.409, p < .05$ ), между ошибками и эффективностью обновления РП в С1 ( $r = -.426, p < .05$ ) и между ЗМЗ и эффективностью обновления буфера РП в С3 ( $r = -.517, p < .001$ ).

Музыкальным экспертом (преподавателем кафедры музыкального искусства факультета искусств МГУ им. М. В. Ломоносова) была произведена субъективная оценка качества чтения с листа по балльной шкале. На основании этой оценки выборка пианистов была разделена на группы среднее (Гр1) и хорошо (Гр2) читающих с листа пианистов. Далее у этих групп были проанализированы различия в величинах параметров зрительно-моторной деятельности и РП. Группы пианистов не различались по средним значениям ЗМЗ при чтении всех произведений. С помощью F-теста выявлена статистически значимо меньшая дисперсия в Гр2 (при чтении С2 – 34.04 против 8.31,  $F_{1,27} = 4.10, p < .05$ ; при чтении С3 – 25.87 против 4.65,  $F_{1,26} = 5.56, p < .01$  – для Гр1 и Гр2 соответственно). Нормированные доли ошибок и регрессий в Гр2 при чтении всех произведений (для регрессий в С1 и С3) оказались достоверно меньше, чем в Гр1. Группы пианистов не различались по объему РП, рассчитанному по методике OS. Однако дисперсия этого параметра по F-тесту оказалась достоверно меньше у Гр2 (0.41 против 0.12 – для Гр1 и Гр2 соответственно,  $F_{1,26} = 3.360, p < .05$ ). По эффективности обновления буфера РП (%) группы также не различались:  $93.1 \pm 1.7$  и  $95.6 \pm 1.4$  для Гр1 и Гр2 соответственно, но дисперсии различались достоверно и составляли 38.81 и 28.67 для Гр1 и Гр2 соответственно ( $F_{1,27} = 4.540, p < .01$ ).

## Обсуждение

В предыдущих работах была показана обратная линейная зависимость величины ЗМЗ (не нормированной на темп) от сложности произведения (Терещенко и др., 2016, 2017). Поэтому для простого произведения мы ожидали получить самое высокое значение ЗМЗ, но результат оказался противоположным. Это может быть связано с тем, что хранение в буфере РП большого числа элементов естественным образом требует больше ментальных ресурсов (Posner, Petersen, 1990). Возможно, при чтении легкого произведения у пианистов хватает эффективности обновления РП для перевода зрительной информации в моторный ответ, чтобы избежать использования всего объема РП. Данное предположение подтверждается выявленной нами обратной корреляцией величины ЗМЗ с эффективностью обновления буфера РП. Для параметров ЗМЗ и регрессий не характерна их монотонная зависимость от степени сложности нотного текста (рис. 1). С2 и С3 представляют собой четырехголосные полифонические фрагменты. С2 написан в форме хорала (имеет аккордовую фактуру – более плотную, чем в С3) и в нем почти на каждую долю приходится по три-четыре ноты. Поэтому пианисту необходимо читать как ми-

нимум на один аккорд вперед, что, возможно, и ведет к увеличению значений ЗМЗ и количества регрессий. Также по результатам наблюдается прямая зависимость между ошибками и регрессиями только при чтении сложного музыкального фрагмента (С3), а при чтении простого (С1) – прямая зависимость между ЗМЗ и регрессиями. Из этого следует, что при выполнении относительно нетрудной когнитивной задачи одним из факторов, связанным с появлением регрессий, является относительно большая ЗМЗ в пределах данного музыкального текста. При выполнении более сложной когнитивной задачи одним из факторов появления регрессий являются ошибки исполнения, которые вызывают рефиксации на место неверно прочитанного текста по обратной слуховой связи (Souter, 2001).

## Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о зависимости между качеством исполнения музыки при чтении с листа и количественными зрительно-моторными характеристиками. Успешность чтения с листа опосредована не только степенью развития навыка, но и индивидуальными параметрами РП. Группа пианистов, наиболее успешно справившихся с заданиями, характеризуется большей однородностью (меньшей дисперсией) как по показателям зрительно-моторной деятельности, так и по параметрам РП. Таким образом, успешность чтения с листа фортепианного текста профессиональными пианистами обеспечивается высокой эффективностью обновления буфера РП, что позволяет удерживать меньшее количество символов в РП.

Полученные нами результаты могут быть использованы для объективной оценки исполнительского мастерства у пианистов в профессиональной деятельности и в музыкальной педагогике.

## Литература

- Мальтер Л. И. Таблицы по инструментоведению. М: Советский композитор, 1972.
- Терещенко Л. В., Бойко Л. А., Заднепровская Г. В., Иванченко Д. К., Латанов А. В. Чтение музыкального текста с листа пианистами: взгляд нейробиолога // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований. Сер. Интеграция академической и университетской психологии / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Изд-во ИП РАН, 2016. С. 339 – 344.
- Терещенко Л. В., Бойко Л. А., Заднепровская Г. В., Иванченко Д. К., Латанов А. В. Характеристики музыкального исполнения и зрительно-моторного взаимодействия при чтении с листа у пианистов в зависимости от особенностей музыкального произведения // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 2. С. 40 – 53.
- Kahneman D. Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc, 1973. [https://scholar.princeton.edu/sites/default/files/kahneman/files/attention\\_hi\\_quality.pdf](https://scholar.princeton.edu/sites/default/files/kahneman/files/attention_hi_quality.pdf)
- Meinz E. J., Hambrick D. Z. Deliberate practice is necessary but not sufficient to explain individual differences in piano sight-reading skill: The role of working memory capacity // Psychological Science. 2010. Vol. 21. No. 7. P. 914 – 919. doi:10.1177/0956797610373933
- Owen A. M., McMillan K. M., Laird A. R., Bullmore E. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies // Human Brain Mapping. 2005. Vol. 25. No. 1. P. 46 – 59. doi:10.1002/hbm.20131

*Posner M. Petersen S.* The attention system of the human brain // Annual Review of Neuroscience. 1990. Vol. 13. No. 1. P. 25 – 42. doi:10.1146/annurev.ne.13.030190.000325

*Rosemann S., Altenmüller E., Fahle M.* The art of sight-reading: Influence of practice, playing tempo, complexity and cognitive skills on the eye – hand span in pianists // Psychology of Music. 2016. Vol. 44. No. 4. P. 658 – 673.

*Sloboda J. A.* The eye-hand span: An approach to the study of sight-reading // Psychology of Music. 1974. Vol. 2. No. 2. P. 4 – 10. doi:10.1177/030573567422001

*Smith D. J.* An investigation of the effects of varying temporal settings on eye movements while sight reading trumpet music and while reading language aloud. PhD dissertation. Pennsylvania State University, 1988.

*Souter T.* Eye movement and memory in the sight reading of keyboard music. PhD dissertation. University of Sydney, 2001.

*Truitt F. E., Clifton C., Pollatsek A., Rayner K.* The perceptual span and the eye – hand span in sight reading music // Visual Cognition. 1997. Vol. 4. No. 2. P. 143 – 161. doi:10.1080/713756756

*Turner M., Engle R.* Is working memory capacity task dependent? // Journal of Memory and Language. 1989. Vol. 28. No. 2. P. 127 – 154. doi:10.1016/0749-596x(89)90040-5

## INTEGRATION OF PIANISTS' VISUAL-MOTOR ACTIVITY AND WORKING MEMORY PARAMETERS IN SIGHT-READING MUSIC

L. A. Boyko\*, L. V. Tereshchenko, A. V. Latanov, B. B. Velichkovsky

[lulu.boyko@yandex.ru](mailto:lulu.boyko@yandex.ru)

Lomonosov Moscow State University, Moscow

**Abstract.** This work is dedicated to the study of cognitive activity, which includes the integration of visual perception and complexly coordinated motor activity, during sight-reading of piano music. In a group of professional pianists, a quantitative assessment was made of the visual-motor characteristics of sight-reading music (visual-motor delay, errors of performance and regressions), depending on the complexity of the musical text and individual working memory parameters. We also analyzed the relationship between visual-motor characteristics, working memory parameters and the quality of the music performance. The results showed a complex relationship between the quality of the music performance while sight-reading music and objectively recorded visual-motor parameters. The success of sight-reading piano music correlated with the smallest visual-motor delay and highly efficient working memory.

**Keywords:** music, sight-reading, visual-motor activity, eye tracking, eye movements, working memory