

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612

DOI: 10.26456/vtbio234

ОСОБЕННОСТИ РИТМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РУК ПИАНИСТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ТЕСТОВ В МАКСИМАЛЬНО БЫСТРОМ ТЕМПЕ

М.С. Курова, Е.А. Белякова

Тверской государственной университет, Тверь

Проведена графическая регистрация произвольных ритмических движений пальцев и кистей рук у девочек, обучающихся игре на клавишных инструментах, с последующим анализом их количественных характеристик. Выявлены более высокие скоростные качества обеих рук пианисток при выполнении программированных движений по сравнению с испытуемыми контрольной группы. Установленная низкая внутри и межгрупповая дисперсность длительности двигательных циклов при воспроизведении пианистами максимального темпа пальцами, а также выраженная правосторонняя моторная асимметрия рук, рассматривается как результат влияния музыкальных нагрузок. Предлагаемые методики определения лабильности и согласованности ритмических движений дистальных звеньев кинематической цепи рук могут быть использованы для оценки профессиональной подготовленности пианистов.

Ключевые слова: *произвольные ритмические движения, длительность двигательных циклов, теппинг-тест, пианисты.*

Введение. До настоящего времени одной из важнейших целей классического музыкального образования остается совершенствование исполнительского мастерства (Программа..., 2014). При этом успешная образовательная и трудовая деятельность музыкантов на разных этапах подготовки определяется как природными предпосылками, так и приобретенными навыками. В связи с чем проведение контроля за здоровьем и функциональным состоянием систем и органов у музыкантов разного уровня подготовки, наблюдение за их изменением под влиянием каждодневных как эмоциональных, так и физических нагрузок весьма актуально. Для этого необходим подбор соответствующих методик исследования, которые позволили бы дать четкое представление о физиологических возможностях данной категории людей. Поскольку одна из основных сенсомоторных нагрузок приходится на дистальные звенья верхней конечности (Ашуркова, 2012) весьма актуальным было изучение

произвольных движений рук музыкантов, основанной на уровневой теории Н.А. Бернштейна (Чугунов, 2014).

Цель работы – изучить ритмическую активность пальцев и кистей рук пианистов при выполнении ими двигательных тестов в максимально быстром темпе.

Методика. Организация исследований представляла собой лабораторный эксперимент, моделирующий элементы музыкальной исполнительской деятельности, с участием 10 девочек в возрасте 12–15 лет, обучающиеся игре на фортепиано не менее семи лет. Контрольную группу составили 10 школьниц того же возраста, не владеющие игрой на музыкальных инструментах.

Регистрация ритмических движений пальцев и кистей рук реализовывалась на персональном компьютере с качественной клавиатурой. Исследование временных характеристик и устойчивости моторных функций отдельных звеньев руки осуществлялось посредством компьютерной программы «Интервал нажатий», разработанной при поддержке сотрудников физико-технического факультета Тверского государственного университета. Испытуемые в положении, приближенном к позе во время игры на музыкальном инструменте (пианино), в максимально быстром темпе каждой рукой по отдельности выполняли комплекс двигательных тестов: первый – теппинг-тест кистью по клавише «пробел»; второй – поочередные ритмические движения указательным и средним пальцами по соседним клавишам клавиатуры и аналогичные ему третий и четвертый тесты, выполняемые соответственно средним и безымянным, безымянным пальцем и мизинцем. Предлагаемое сочетание движений пальцев в трех последних тестах представляли собой имитацию приема игры «трель» (скорое чередование соседних нот) – одного из самых виртуозных и сложных музыкальных приемов, которую пианисты чаще всего выполняют соответствующими пальцами.

Регистрация произвольных ритмических движений в каждом тесте проводилась не менее 30 секунд или до наступления субъективного ощущения усталости (утомления). Между испытаниями осуществлялись 5-минутные перерывы для восстановления работоспособности нервно-мышечного аппарата рук.

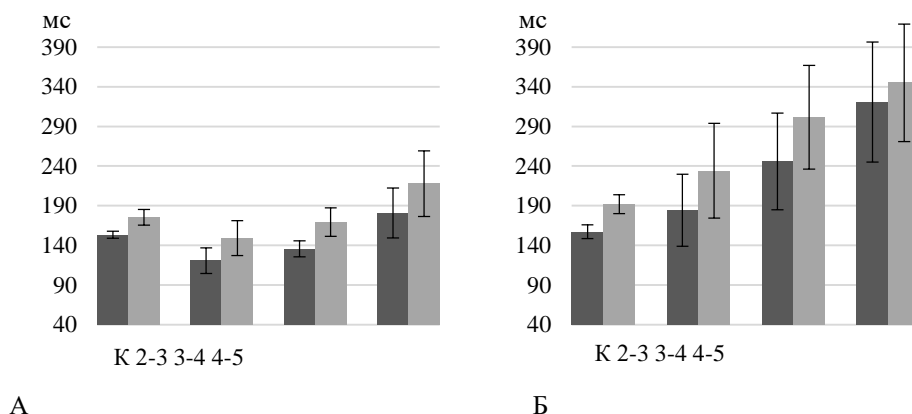
Для определения максимальной и суммарной частоты движений и выявления степени функциональной асимметрии к полученным данным была применена методика экспресс-диагностики свойств нервной системы по психомоторным показателям Е.П. Ильина (2001).

Анализ движений включал построение теппингограмм по 120 двигательным циклам, зарегистрированным на 30-секундном отрезке и

вычисление основных статистических параметров: математического ожидания (X) и его ошибки ($\pm m$), средней квадратичного отклонения (σ), дисперсии (D), коэффициента вариации (Cv). Для установления внутренней связи рассчитывался линейный коэффициент корреляции смежных интервалов по первому сдвигу массива (r_1). Достоверность различий параметров оценивалась с использованием критерия Стьюдента и Фишера (Лакин, 1973).

Статистическая и графическая обработка полученных данных исследований проведена на основе программы Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. В результате проведенного исследования установлено, что пианисты выполняют произвольные ритмические движения правой кистью чаще по сравнению с левой, о чем свидетельствуют существенно ($P < 0,01$) отличающиеся усредненные значения длительности двигательных циклов (ДДЦ), равные соответственно $153,39 \pm 2,27$ и $175,44 \pm 4,97$ мс (рис. 1А; табл. 1). Сравнительный анализ индивидуальных значений ДДЦ правой и левой кисти демонстрирует достоверные ($P < 0,01$) различия у всех испытуемых.



А Б
Рис. 1. Показатели длительности двигательного цикла ($N=120$) при выполнении теппинг-теста кистью (К), указательным и средним (2–3), средним и безымянным (3–4) пальцами, безымянным пальцем и мизинцем (4–5) пианистами (А) и испытуемыми контрольной группы (Б): светлые столбцы – правая и темные столбцы – левая рука

Усредненные значения коэффициентов корреляции при сдвиге массива на единицу указывают на выраженную связь двигательных циклов как в правой ($r_1=0,167 \pm 0,067$ О.Е.; $P=0,05$), так и в левой кисти ($r_1=0,193 \pm 0,069$ О.Е.; $P < 0,05$). Отмечается наибольшая вариативность двигательных циклов левой кисти по сравнению с правой, на что указывают значения коэффициентов вариации ($19,78 \pm 2,89$ и

15,56±2,60%) и дисперсии (1473,01±437,98 и 658,09±207,00 мс). Визуальный анализ теппингограмм на примере испытуемой Б., 14 лет (рис. 2) также свидетельствует о большей стационарности ритмической активности правой кисти, о более ровном ее ритмическом рисунке.

Таблица 1

Усредненные значения статистических параметров ДДЦ при выполнении пианистами (N=10) ритмических движений правой (П) и левой (Л) кистью (к), указательным и средним (2–3), средним и безымянным (3–4), безымянным пальцем и мизинцем (4–5) ($X \pm m$)

Движения	X, мс	P _{St}	D, мс	P _F	Cv, %	r1, O.E.
Пк	153,39± 2,27	<0,01	606,75± 190,06	<0,01	14,88± 2,42	0,167± 0,067*
Лк	175,44± 4,97		1407,04± 442,80		19,40± 2,95	0,193± 0,069*
П ₂₋₃	120,62± 8,11	-	2161,44± 695,92	-	34,36± 3,49	-0,201± 0,087*
Л ₂₋₃	149,20± 10,98		2968,94± 976,59		32,35± 3,46	-0,095± 0,078
П ₃₋₄	135,67± 5,10	<0,05	2770,48± 655,10	-	37,34± 4,70	-0,279± 0,047**
Л ₃₋₄	169,36± 9,05		3818,88± 553,78		36,31± 2,89	-0,238± 0,068**
П ₄₋₅	180,83± 15,77	-	5466,72± 1282,76	<0,01	39,09± 2,82	-0,095± 0,053
Л ₄₋₅	217,87± 20,69		17756,10± 9034,85		49,47± 5,52	-0,096± 0,068

Примечание. Статистически значимые значения коэффициента r1 при n=120 * – P<0,05; ** – P<0,01.

Подробное изучение скоростных способностей рук пианистов предполагало исследование произвольных ритмических движений, выполняемых двумя пальцами, очередность которых описана выше. Во всех трех двигательных тестах усреднённые значения ДДЦ и внутригрупповой дисперсии правой руки оказались меньше показателей левой (рис. 1А, табл. 1). При этом достоверные (t=3,244; P<0,05) различия двигательных интервалов между правой и левой рукой отмечены только при воспроизведении ритма 3-м и 4-м пальцами. Не исключено, что выраженная моторная асимметрия обусловлена особенностями игровых движений пианистов, а именно, наиболее подвижным и динамичным исполнением мелодии правой рукой по сравнению с левой, работающей чаще всего в позиционном режиме (исполнение аккордов, арпеджио).

Наибольшая скорость выполнения ритмических движений отмечена при выполнении теста указательным и средним пальцами как правой, так и левой рукой (рис. 1А, табл. 1).

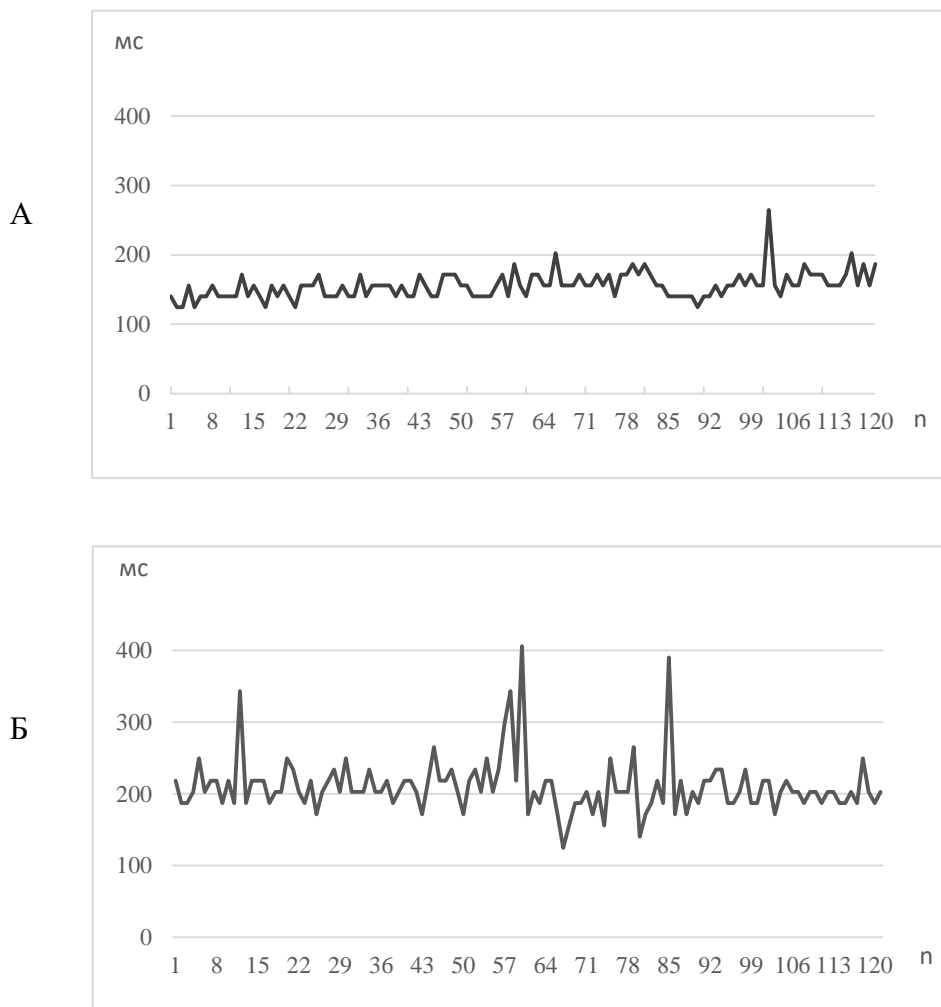


Рис. 2. Теппингограммы правой (А) и левой кисти (Б) испытуемой Б., 14 лет

Наименьшая частота движений и наибольшая внутригрупповая вариативность ДДЦ зафиксирована при выполнении теста четвертым и пятым пальцами. Вероятно, низкий темп произвольных движений обусловлен наименьшей подвижностью четвертого пальца, а выявленная внутригрупповая вариативность – анатомическими особенностями разгибательного механизма пятого пальца, представленного разгибателем мизинца и отдельным сухожилием общего разгибателя пальца. В случае же отсутствия сухожилия, аналогичную функцию выполняют волокна сухожилия общего

разгибателя безымянного пальца и межсухожильный тяж. Таким образом, обнаруженная высокая дисперсность двигательных циклов свидетельствует об индивидуальных сенсомоторных особенностях пианистов и может быть использовано для оценки их профессиональной подготовленности.

Обращает на себе внимание тот факт, что при выполнении программированных произвольных движений в максимально быстром темпе двумя пальцами независимо от их сочетания все внутригрупповые значения коэффициентов корреляции по первому сдвигу массива имеют отрицательные значения (табл. 1). Следовательно, при поочередной работе пальцами, один из них имеет наибольшую скорость воспроизведения ритма. Согласно полученным данным, наиболее тесная ($P < 0,01$) отрицательная связь временных интервалов между нажатием на клавиши клавиатуры как в правой ($r_1 = -0,279 \pm 0,047$ О.Е), так и левой руке ($r_1 = -0,238 \pm 0,068$ О.Е) отмечена при работе третьим и четвертым пальцами, что, вероятно, обусловлено наличием у них общих, зависимых друг от друга, мышц сгибателей и разгибателей.

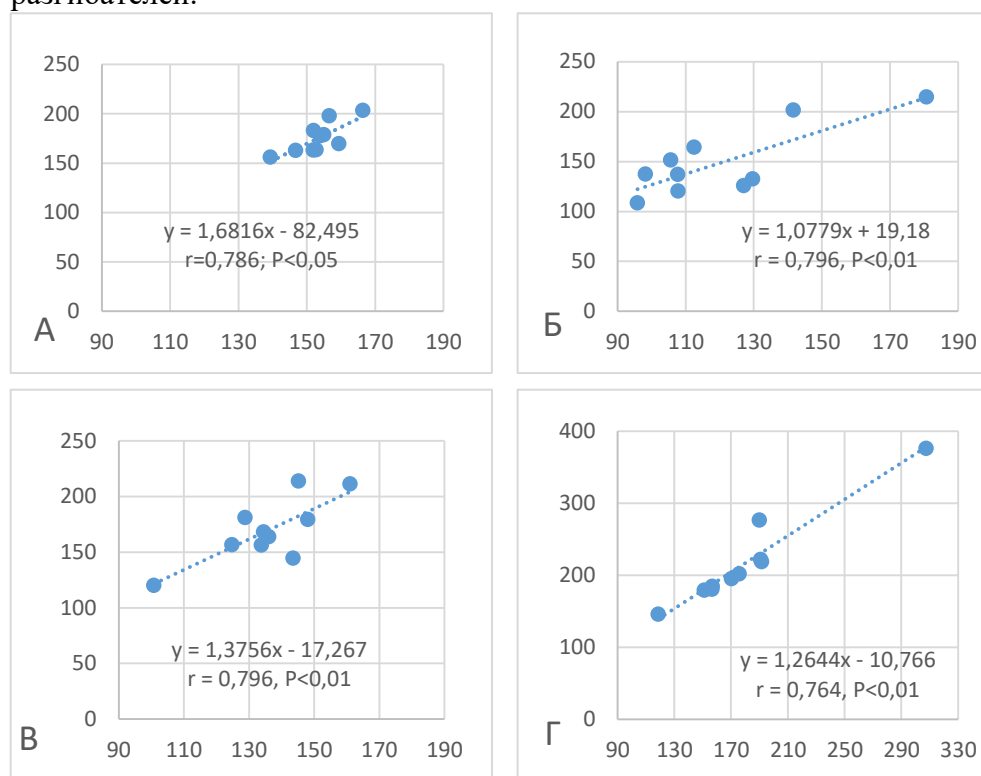


Рис. 3. Корреляционно-регрессионная зависимость длительностей двигательных циклов правой и левой рук пианистов при выполнении теппинга кистью (А), двигательных тестов указательным и средним (Б), средним и безымянным (В), безымянным и мизинцем (Г)

Корреляционный анализ показал наличие тесных ($P < 0,01$) положительных взаимозависимостей усредненных значений ДДЦ между показателями правой и левой рук (рис. 3), отмечаемые ранее в исследованиях Сурсимовой и соавторов (2002), Медведевой и соавторов (2017), посвященных изучению ритмических движений кисти.

Проведено сравнение временных и частотных характеристик произвольных ритмических движений рук пианистов с контрольной группой (табл. 2). Анализ данных показал, что при выполнении теппинг-теста кистью значимых групповых различий длительности двигательных циклов не наблюдается (рис. 1Б). Однако, показатели ДДЦ произвольных движений пальцев рук у пианистов достоверно ($P < 0,05$) меньше, чем у испытуемых контрольной группы. При этом данные пианистов менее дисперсны ($P < 0,05$), за исключением, ритмических движений, выполняемых четвертым и пятым пальцами левой руки. Не исключено, что внутригрупповая стабильность ритмических движений пальцев и кистей рук обусловлена спецификой рабочих движений пианистов и степенью тренированности их нервно-мышечного аппарата рук.

Таблица 2

Усредненные значения ($X \pm m$) статистических параметров ДДЦ при выполнении испытуемыми контрольной группы ($N=10$) ритмических движений правой (П) и левой (Л) кистью (к), указательным и средним (2–3), средним и безымянным (3–4), безымянным пальцем и мизинцем (4–5)

Движения	X, мс	P_{St}	D, мс	P_F	C_v , %	r_1 , О.Е.
Пк	157,14± 4,33	<0,01	371,05 ± 59,66	<0,01	11,94± 1,03	0,260± 0,074**
Лк	191,93± 6,02		1720,65± 672,64		19,22± 3,49	0,262± 0,068**
П ₂₋₃	184,42± 22,68	-	8538,89± 1924,93	<0,01	44,95± 3,59	-0,012± 0,065
Л ₂₋₃	234,11± 29,83		14023,38± 3861,90		43,78± 4,28	-0,096± 0,076
П ₃₋₄	245,88± 30,42	<0,05	8446,94± 1094,66	<0,01	39,86± 3,84	-0,088± 0,063
Л ₃₋₄	301,51± 32,67		18515,63± 3347,19		45,72± 4,54	-0,057± 0,043
П ₄₋₅	320,55± 37,85	-	23376,05± 6344,65	-	48,76± 7,62	-0,025± 0,042
Л ₄₋₅	345,04± 37,06		18765,69± 2690,88		42,35± 5,27	-0,090± 0,028

Примечание. Статистически значимые значения коэффициента r_1 при $n=120$
* – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

Используя методику экспресс-диагностики свойств нервной системы Е.П. Ильина (2001) установлено, что у 92,5% испытуемых максимальная частота воспроизведения ритмических движений пальцами и кистями рук отмечается в первые пять секунд работы. Максимальная частота выполнения двигательных тестов третьим и четвертым, а также четвертым и пятым пальцами как правой, так и левой рукой у пианистов достоверно ($P < 0,05$; $P < 0,01$) выше, нежели у испытуемых контрольной группы. При этом аналогичные, но статически недостоверные межгрупповые различия по данному показателю выявлены при выполнении теппинга кистью и воспроизведении максимально возможного темпа вторым и третьим пальцами. Следовательно, активность нервно-мышечного аппарата дистальных звеньев руки пианистов формируется под влиянием технических навыков, что согласуется с результатами работ Сурсимовой (1999), посвященных исследованию специализации рук скрипачей.

По результатам двигательных тестов вычислены значения коэффициентов функциональной асимметрии по формуле:

$$Kfa = \frac{\sum_{п} - \sum_{л}}{\sum_{п} + \sum_{л}}, \text{ где}$$

$\sum_{п}$ – количество нажатий, воспроизводимых правой рукой,
 $\sum_{л}$ – количество нажатий, воспроизводимых левой рукой.

Таблица 3

Групповые значения коэффициентов функциональной асимметрии при выполнении испытуемыми теппинга кистью и двигательных тестов пальцами рук

Группа	Показатели	Кисть	2–3 палец	3–4 палец	4–5 палец
Пианисты (n=10)	$X \pm m$	6,50± 0,785	7,80± 1,700	10,12± 1,205	7,71± 1,139
	D	6,17	28,90	14,52	11,68
Контрольная (n=10)	$X \pm m$	10,14± 1,460	6,95± 6,068	10,63± 1,595	2,62± 2,702
	D	21,32	294,56	25,44	58,41
P_F		<0,01	<0,01		<0,01

Групповые значения Kfa , имеющие положительные значения, свидетельствуют о субъективной праворукости пианистов и испытуемых контрольной группы. У пианистов моторная асимметрия кистей рук, согласно средним значениям Kfa и показателям ее дисперсности, менее выражена и менее вариабельна ($P_F < 0,01$) по сравнению с испытуемыми контрольной группы (табл. 3). При этом, значения Kfa , рассчитанные по количеству нажатий, воспроизводимых вторым – третьим либо четвертым – пятым пальцами, имели несколько

большую величину у девочек, обучающихся игре на инструменте. Полученные результаты еще раз доказывают, что игра на музыкальных инструментах является своеобразной тренировкой нервно-мышечного аппарата рук пианистов.

Заключение. Таким образом, временные показатели теппинг-теста кисти и произвольных ритмических движений пальцев правой руки существенно ниже показателей левой. При этом, произвольные ритмические движения дистальных кинематических звеньев правой руки, характеризующиеся низкой внутригрупповой дисперсностью временных показателей, представляют собой более стационарные процессы, по сравнению с левой рукой.

У пианистов показатели теппинговых движений руки характеризуются более высокими скоростными способностями по сравнению с испытуемыми контрольной группы. Наименее выраженная внутригрупповая вариабельность коэффициентов функциональной асимметрии кисти у субъективно праворуких пианистов, по сравнению с девочками контрольной группы, а также различия между интенсивностью использования пальцев правой и левой рук в двигательных тестах, свидетельствуют о влиянии музыкальных занятий на развитие моторной асимметрии.

Список литературы

- База данных Кодексы РФ в действующей редакции.* Программа развития системы российского музыкального образования на период с 2015 по 2020 годы (утв. Минкультуры России 29.12.2014). URL: <https://legalacts.ru/doc/programma-razvitija-sistemy-rossijskogo-muzykalnogo-obrazovanija-na-period-s/>
- Бернштейн Н.А.* 1997. Биомеханика и физиология движений. М.: Изд-во Института практической психологии. 608 с.
- Волнухина Л.В.* 2012. Физиологическая оценка количественных характеристик произвольных и произвольных движений рук. Тверь. 17 с.
- Ильин Е.П.* 2001. Дифференциальная психофизиология. СПб.: Изд. Питер. С. 368-373.
- Лакин Г.Ф.* 1973. Биометрия. М.: Высшая школа. 343 с.
- Медведева Н.Е., Рыжов А.Я, Юшкова О.И.* 2017. Особенности мануальной асимметрии при моделировании операторской деятельности у лиц умственного труда // Медицина труда и промышленная экология. № 12. С. 46-50.
- Сурсимова О.Ю.* 1999. Физиологическая характеристика моторного компонента профессиональной деятельности скрипачей: автореф. дис. ...канд. биол. наук. Тверь: Твер. гос. ун-т. 22 с.
- Сурсимова О.Ю., Липатова Ю.П., Полякова Н.Н.* 2002. К вопросу о

координации профессиональных движений скрипачей // Психофизиологические аспекты трудовой деятельности: всероссийский сборник науч. статей. Тверь: ТвГУ. С. 38-42.

Чугунов Е.В. 2014. Развитие пианистической техники в свете уровневой теории организации движений Н.А. Бернштейна // Музыкальное искусство и образование. С. 47-56.

FEATURES OF RHYTHMIC ACTIVITY OF PIANISTS' HANDS WHEN PERFORMING MOTOR TESTS AT THE FASTEST POSSIBLE PACE

M.S. Kurova, E.A. Belyakova

Tver State University, Tver

Graphic registration of arbitrary rhythmic movements of fingers and hands in girls learning to play keyboard instruments was carried out, followed by analysis of their quantitative characteristics. Higher speed qualities of both hands of pianists at performance of the programmed movements in comparison with subjects of control group are revealed. The established low internal and intergroup dispersion of duration of motor cycles at reproduction by pianists of the maximum tempo with fingers, and also the expressed right-hand motor asymmetry of hands, is considered as result of influence of musical loadings. The proposed methods for determining the lability and consistency of rhythmic movements of the distal members of the kinematic chain of the hands can be used to assess the professional training of pianists.

Keywords: *arbitrary rhythmic movements, duration of motor cycles, tapping test, pianists.*

Об авторах:

КУРОВА Мария Сергеевна – магистрант биологического факультета по направлению Биология, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: kurova95maria@gmail.com.

БЕЛЯКОВА Евгения Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: jeene4ka@yandex.ru.

Курова М.С. Особенности ритмической активности рук пианистов при выполнении двигательных тестов в максимально быстром темпе / М.С. Курова, Е.А. Белякова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 1 (65). С. 7-16.