

А. И. Болдова, Н. В. Казанцева

РАЗВИТИЕ МУЗЫКАЛЬНОГО СЛУХА У УЧАЩИХСЯ РАЗНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ МУЗЫКАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Статья посвящена вопросам нейропсихологии слуха и влияния обучения на развитие музыкального слуха в различных музыкальных направлениях.

Цель статьи – определить, имеются ли отличия в развитии тонового и интервального восприятия звуков у музыкантов, обучающихся по разным направлениям подготовки.

Нулевая гипотеза (H_0): отсутствие зависимости точности восприятия звуков и интервалов (абсолютный и относительный слух) от направления подготовки музыкантов.

Альтернативная гипотеза (H_1): наличие зависимости точности восприятия звуков и интервалов (абсолютный и относительный слух) от направления подготовки музыкантов. Среди духовых и струнных в целом низкий процент музыкантов, обладающих хорошим музыкальным слухом.

В результате исследования мы пришли к следующим выводам: не выявлено зависимости точности тонового восприятия (абсолютного слуха) между группами музыкантов, уровень значимости различий между группами ($p=0,383$); наиболее высокие показатели в интервальном восприятии звуков у клавишников (85,71%), наиболее низкие – у духовиков (46,67%); среди вокалистов наблюдался более высокий процент тонового восприятия звуков (абсолютного слуха) при прослушивании знакомого музыкально инструмента – голоса, но не инструментов, процент вокалистов с хорошим интервальным восприятием звуков (относительный слух) также высок.

The article focuses on the neuropsychology of hearing and the impact of learning on the development of musical ear in various musical fields.

The goal is to determine whether there is a difference in the development of tone and interval sound perception among musicians in different areas of study.

Zero hypothesis (H_0): The lack of dependence of the perception accuracy of sounds and intervals (absolute and relative musical ear) on the field of musical training.

Alternative hypothesis (H_1): The accuracy of sound and interval perception (absolute and relative musical ear) depends on the field of musical training. Among brass and string instruments, a generally low percentage of musicians have good musical ear.

Findings. No dependence of the accuracy of tone perception (absolute music ear) between groups of musicians was revealed, the difference significance level between groups is $p = 0.383$; the highest indices in the interval perception of sounds are among keyboard players (85.71%), the lowest are among the woodwind players (46.67%); among vocalists, a higher percentage



of tonal perception of sounds (absolute music ear) was observed when listening to a musical instrument that is familiar to you – voice, but not instruments, the percentage of vocalists with good interval perception of sounds (relative music ear) is also high.

Ключевые слова: духовые инструменты, клавишные, струнные, вокалисты, абсолютный слух, относительный слух.

Keywords: woodwind instruments, keyboard instruments, string instruments, vocalists, absolute music ear, relative music ear.

Введение

97

Известно, что обучение игре на музыкальных инструментах влияет на пластичность головного мозга [1–4]. У детей в возрасте 6–9 лет, занимавшихся на протяжении 15 месяцев регулярно, обнаружено увеличение объема мозолистого тела, правой прецентральной извилины (в моторной области руки) и извилины Гешля [5]. Метод дихотического прослушивания и данные ЭЭГ уточнили функции обоих полушарий во время восприятия музыки: правое полушарие отвечает за восприятие мелодических аспектов, высоты тонов, длительности интервалов, интенсивности, тембра, аккордов. Левое полушарие связано с восприятием ритма, профессиональным анализом музыки [6]. Согласно многим исследованиям, абсолютный слух (АС) генетически детерминирован. При раннем начале обучения музыкальной грамоте и игре на инструментах повышается вероятность развития АС. Так, у людей с АС толщина серого вещества в извилине Гешля почти в два раза больше, чем у людей без него [7]. Наличие АС может быть одним из факторов развития интервального слуха. Игра на различных инструментах в разной степени задействует правую и левую руку. Площадь мозговых зон, получающих сенсорные ходы от указательного, среднего, безымянного пальцев и мизинца левой руки, у скрипачей была значительно больше, чем у немусыкантов, так как они задействованы в процессе установки правильно звучащих тонов. Однако ученые не выявили никакого увеличения площади корковых зон, получающих входы от правой руки, отвечающей за удержание и ведение смычка и в целом не совершающей сложных движений (по сравнению с правой кистью) [8]. Исходя из этого положения, можно предположить, что игра на определенных музыкальных инструментах в большей или меньшей степени влияет на точность абсолютного, интервального слуха или их двух в совокупности.

Актуальность нашей работы заключается в следующем. Другими авторами проводились сравнения групп музыкантов в целом и немусыкантов по способности распознавать отдельный голос в шумной толпе, в результате замечалось положительное влияние музыкального опыта на данную способность [9]. Также исследовалась нейропластичность мозга музыкантов в зависимости от длительности обучения игры на



музыкальном инструменте: при просмотре видеозаписей музыкальных исполнений у более опытных испытуемых наблюдалась повышенная аудиовизуальная активация коры головного мозга в ответ на несовпадение звуковой дорожки и постановки пальцев на инструменте для извлечения нот, они видели это несоответствие чаще, когда просматривали записи с инструментом, на котором умели играть сами – вероятно, благодаря усилению мультимодальных ассоциации [10]. Тема настоящего исследования представляет интерес, так как другие авторы не ставили цель сравнить влияние разных музыкальных инструментов у разных музыкантов на их мозговую активность. А также не проводилось картирование функционально значимых зон и трактов головного мозга во время игры или во время узнавания звуков у музыкантов для сопоставления. Наша работа не включает такие методы исследования, как ЭЭГ или фМРТ, однако она может послужить стимулом для последующих исследований.

Цель исследования – определить, у музыкантов каких инструментальных групп лучше развит музыкальный слух, то есть есть ли различие в развитии тонового и интервального восприятия звуков у музыкантов, обучающихся по разным направлениям подготовки.

Гипотезы.

Нулевая гипотеза (H_0): отсутствие зависимости точности восприятия звуков и интервалов (абсолютный и относительный слух) от направления подготовки музыкантов.

Альтернативная гипотеза (H_1): наличие зависимости точности восприятия звуков и интервалов (абсолютный и относительный слух) от направления подготовки музыкантов.

Задачи:

1. Определить тоновое восприятие (абсолютный слух) у музыкантов, обучающихся по разным направлениям подготовки; определить статистическую значимость связи между группами музыкантов и их тоновым восприятием звуков.

2. Определить относительный слух у музыкантов, обучающихся по разным направлениям подготовки; определить статистическую значимость связи между группами музыкантов и их интервальным восприятием звуков.

3. Определить различие между интервальным (относительным) восприятием и тоновым (абсолютным) восприятием звуков у музыкантов разных направлений подготовки.

В исследовании принимали участие 72 учащихся музыкальной школы и училища от 11 до 22 лет, имеющих опыт игры на музыкальном инструменте от 4 лет и более. Распределение по полу: женский – мужской. Подростки, набравшиеся из музыкальных школ, находились на последних годах обучения (5-й год обучения, выпускные классы). Участники старше, набравшиеся из музыкального колледжа, находились на 1-м и 2-м курсах программного обучения. В целом продолжительность обучения по различным направлениям составила 4–6 лет.



Участники были разделены на 4 группы по направлениям обучения: I – духовые инструменты (n=15), II – вокалисты (n=15), III – струнные (n=21) и IV – клавишные инструменты (n=21).

В настоящей статье использовались следующие методы исследования. Для удобства оценки данных применялся метод тестирования абсолютного и относительного слуха с фиксированием информации на бумажных бланках. Тестирование состояло из трех заданий, каждое из которых имело свою цель. Музыканты прослушивали запись звуков, записанных на акустическую систему. После проигрывания каждого звука от участников требовалось записывать свой ответ. Ответы заносились в бланки, все задания сопровождались инструкцией по заполнению. Тестирования проходили в учебных помещениях, которые отводили администрации колледжа и школы.

Описание заданий/тестов.

Задание №1 «НОТЫ». Оценка тонового восприятия, направлено на выявление абсолютного слуха, то есть определение способности распознавать ноты/тоны, извлекаемые на разных инструментах и в разных октавах. Инструменты, на которых извлекались звуки – скрипка, флейта, фортепиано и гитара. На каждый инструмент приходилось по 7 нот, выбранных случайным образом. В совокупности 7 нот звучали в 4 диапазонах октавной системы – малой, первой, второй и третьей октавах. Все ноты не повторялись более 4 раз, таким образом, сложилась идеальная комбинация, в которой все 28 нот были равномерно распределены между инструментами и между октавами. Точность выполнения «более 71 %» в задании №1 значила, что музыкант успешно справился и обладает «высоким тоновым восприятием звуков».

Задание №2 «ИНТЕРВАЛЫ». Оценка интервального восприятия, направлено на выявление относительного (интервального) слуха. Участникам предлагалось прослушать 12 интервалов и определить их. Музыкальные интервалы проигрывались 3 инструментами – скрипкой, флейтой, фортепиано. Использовались следующие интервалы: секунда, терция, тритон, кварта, квинта, секста, септима. В количественном отношении на каждый инструмент приходилось по 4 интервала. Между собой интервалы не повторялись: использовались разные ноты, по количеству один интервал не проигрывался более 3 раз. Точность выполнения «более 71 %» в задании №2 приравнивалась к успешному прохождению, то есть выносилась оценка «музыкант обладает высоким интервальным восприятием звуков».

Задание №3 «ВЕРНО-НЕВЕРНО». Оценка тонового восприятия (абсолютного слуха) в условиях отвлечения, умение определять извлеченные голосом тоны при правильном и неправильном их назывании. Участники исследования прослушивают 10 вариантов вокального исполнения нот. Суть задания: есть правильные и неправильные варианты проговаривания названий нот при их вокальном исполнении. Если название ноты совпадает с ее звучанием (фа = фа), то это верный вариант, если название ноты не соответствует высоте ноты (поется «фа», но



звучит «ля») – неверный вариант. Это задание также показывает точность тонового восприятия на слух, однако с наличием подсказки (верное название ноты) или отвлечения (неверное название ноты). По большей части данное задание ориентировано на вокалистов, ведь, так как у них нет основного музыкального инструмента, они создают музыку голосом. Точность выполнения «более 90 %» в задании №3 означала, что музыкант успешно справился и умеет выявлять пропетые звуки при верном и неверном проговаривании их музыкальных названий.

Методы статистического анализа

100

При вычислении достоверности различий между группами использовался критерий согласия Пирсона (хи-квадрат) – это непараметрический метод, позволяющий исследовать соотношение качественных данных, когда один из факторов имеет только 2 категории – наличие или отсутствие характеристики (слуха), а второй фактор может быть распределен в несколько альтернативных, взаимоисключающих градаций k (обучение на различных музыкальных инструментах). Хи-квадрат дает возможность вычислить значение статистического критерия, отвечающее H_0 . Затем сравнивается величина статистики критерия с величинами известного распределения вероятности хи-квадрата Пирсона по таблице (двухстороннее значение p) [11]. Если полученное значение критерия согласия меньше критического значения (табличного), значит, связь между факторным и результативным признаком статистически незначима. Если полученное значение больше критического значения, тогда связь между факторным и результативным признаком статистически значима.

Если выведенные процентные значения в группах слишком разнятся, значит, получено недостаточно данных, чтобы отбросить H_0 . Если процентные значения в группе музыкантов низкие, значит, обучение на конкретном виде инструмента не влияет на развитие музыкального слуха, присутствие обладателей высокого восприятия звуков объясняется индивидуальными способностями музыканта. Если процентные значения в группе музыкантов высокие, значит, обучение на конкретном виде инструмента влияет на развитие музыкального слуха, присутствие обладателей высокого восприятия звуков объясняется как индивидуальными способностями музыканта, так и стимулирующим влиянием на восприятие звуков обучения на конкретном виде музыкального инструмента.

Результаты и интерпретация

Исследовалось, какая группа музыкантов покажет большее количество людей, обладающих высоким тоновым восприятием звуков (абсолютный слух). В таблице 1 фактические частоты в графах «71 % и более» означают количество людей, имеющих высокое тоновое восприятие звуков, фактические частоты в графах «меньше 71 %» – количество людей с низким тоновым восприятием звуков. Проценты, указанные в



скобках, показывают процентное соотношение музыкантов с высоким восприятием звуков с общим количеством музыкантов в каждой группе. Строка «Всего» вводится для определения хи-квадрата Пирсона и показывает сумму вышележащих значений в строках таблицы. Ожидаемые частоты высчитываются для получения критерия хи-квадрат Пирсона путем перемножения сумм рядов и столбцов с последующим делением полученного произведения на общее число наблюдений.

Таблица 1

Тоновое восприятие (абсолютный слух), критерий хи-квадрат Пирсона

Факторные признаки	Результативные признаки			
	Точность восприятия звуков			
Группа музыкантов	71 % и более		Меньше 71 %	
	Фактическая частота (абсолютное и относительное значения)	Ожидаемая частота	Фактическая частота	Ожидаемая частота
	I – духовые	6 (40 %)	5,42	9 (60 %)
II – вокалисты	3 (20 %)	5,42	12 (80 %)	9,58
III – струнные	7 (33,3 %)	7,58	14 (6,7 %)	13,42
IV – клавишные	10 (47,6 %)	7,58	11 (53,4 %)	13,42
<i>Всего</i>	26 (36,1 %)	–	46 (63,9 %)	–

101

Примечание: число степеней свободы равно 3, значение критерия χ^2 составляет 3,062, критическое значение χ^2 при уровне значимости $p < 0,05$ составляет 7,815 (табличное значение). Связь между факторным и результативным признаками статистически незначима, уровень значимости $p > 0,05$ (уровень значимости $p = 0,383$). Значения в скобках – оцененные пропорции, проценты музыкантов, успешно справившихся с заданием. Оцененные пропорции (95 % доверительный интервал (ДИ)) обследованных с высоким тоновым восприятием звуков в 4 группах, начиная с первой: 0,40 (0,15; 0,65); 0,20 (0,00; 0,40); 0,33 (0,13; 0,53) и 0,48 (0,26; 0,69). Широкие ДИ говорят о неточности оценки из-за малого объема выборки. Для получения более точной оценки данных требуется увеличение объема выборки.

Согласно полученной информации и проведенной статистической обработке не удалось выявить различия между группами в первом тесте. Чтобы отбросить H_0 об отсутствии связи между направлением подготовки музыкантов и высоким тоновым восприятием звуков, требуется увеличение выборки. Широкий ДИ свидетельствует о неточной оценке, для точной оценки необходимо увеличить число выборки.

Следующий этап работы заключался в исследовании того, какая группа музыкантов покажет большее количество людей, обладающих высоким интервальным восприятием звуков (относительный слух). Из таблицы 2 видно, что наилучшее интервальное восприятие звуков имеют вокалисты и клавишники, наихудшее – обучающиеся на духо-



вых инструментах. Однако статистическое исследование не позволило отбросить H_0 (не выявлены достоверные различия в уровне относительного слуха между группами).

Таблица 2

**Интервальное восприятие (относительный слух),
критерий хи-квадрат Пирсона**

Факторные признаки	Результативные признаки			
Группа музыкантов	Точность интервального восприятия			
	71 % и более		Меньше 71 %	
	Фактическая частота (абсолютное и относительное значения)	Ожидаемая частота	Фактическая частота	Ожидаемая частота
I – духовые	7 (46,6 %)	10,20	8 (53,3 %)	4,79
II – вокалисты	10 (80 %)	10,20	5 (33,3 %)	4,79
III – струнные	14 (66,7 %)	14,29	7(46,7 %)	6,71
IV – клавишные	18 (85,7 %)	14,29	3 (14,3)	6,71
Всего	49 (68,1 %)	–	23 (32,9 %)	–

Примечание: число степеней свободы равно 3, значение критерия χ^2 составляет 6,201, критическое значение χ^2 при уровне значимости $p < 0,05$ составляет 7,815 (табличное значение). Связь между факторным и результативным признаками статистически незначима, уровень значимости $p > 0,05$ (уровень значимости $p = 0,103$). Оцененные пропорции (95 % ДИ) обследованных с высоким тоновым восприятием звуков в 4 группах, начиная с первой: 0,47 (0,22; 0,72); 0,80 (0,60; 1,00); 0,67 (0,47; 0,87) и 0,86 (0,71; 1,00). Широкие ДИ говорят о неточности оценки из-за малого объема выборки. Для получения более точной оценки данных требуется увеличение объема выборки.

Учитывая, что одна из групп музыкантов не занимается игрой на каком-либо музыкальном инструменте (вокалисты), следующий этап работы включал повторное исследование тонового восприятия звуков, однако с наличием подсказки (верное название ноты при ее вокальном исполнении) или отвлечения (неверное название ноты при ее вокальном исполнении). Данный тест был введен для исключения вероятности того, что среди вокалистов может быть более низкий процент музыкантов, обладающих высоким тоновым восприятием звуков, по причине того, что демонстрационные звуки извлекались инструментами, на которых вокалисты не умели играть.

Согласно полученным данным (табл. 3), удалось выявить достоверные различия в тоновом восприятии звуков, подаваемых голосом, в группах вокалистов и клавишников по сравнению с группами обучаю-



щихся на струнных и духовых инструментах. То есть в этом тесте оказалось достаточно информации, чтобы отбросить H_0 и показать, что имеются различия в абсолютном слухе в зависимости от направления обучения.

Таблица 3

**Тоновое восприятие (абсолютный слух)
извлеченных с помощью голоса звуков (нот) при правильном
и неправильном их назывании, критерий хи-квадрат Пирсона**

Факторные признаки	Результативные признаки			
	Точность восприятия звуков			
Группа музыкантов	90 % и более		Меньше 90 %	
	Фактическая частота (абсолютное и относительное значения)	Ожидаемая частота	Фактическая частота	Ожидаемая частота
I – духовые	7 (46,7 %)	9,79	8 (53,3 %)	5,21
II – вокалисты	14 (93,4 %)	9,79	1 (6,6 %)	5,21
III – струнные	10 (47,6 %)	13,71	11 (52,4 %)	7,29
IV – клавишные	16 (76,2 %)	13,71	5 (23,8 %)	7,29
<i>Всего</i>	47 (65,3 %)	–	25 (34,7 %)	–

103

Примечание: число степеней свободы равно 3, значение критерия χ^2 составляет 11,494, критическое значение χ^2 при уровне значимости $p=0,01$ составляет 11,345 (табличное значение). Связь между факторным и результативным признаками статистически значима при уровне значимости $p<0,01$ (уровень значимости $p=0,01$). Оцененные пропорции (95 % ДИ) обследованных с высоким тоновым восприятием звуков в 4 группах, начиная с первой: 0,47 (0,22; 0,72); 0,93 (0,80; 1,00); 0,48 (0,27; 0,69) и 0,76 (0,57; 0,94). Широкие ДИ говорят о неточности оценки из-за малого объема выборки. Для получения более точной оценки данных требуется увеличение объема выборки.

Обсуждение результатов

Нами выдвинута гипотеза, что игра на определенных музыкальных инструментах в большей или меньшей степени влияет на точность абсолютного, интервального слуха или их обоих в совокупности, так как различные инструменты вовлекают в процесс звукоизвлечения разные зоны головного мозга.

Так, согласно исследованию [12], у битбоксеров при прослушивании битбокса наблюдалось повышение активности сенсомоторной коры речевого аппарата, а у гитаристов при прослушивании записей гитары повышалась активность области координации рук. Также обнаружено укрепление связи между моторной и слуховой корой головного мозга, что было выяснено при фМРТ-сканировании во время уроков игры на виолончели. Примечательно, что такой эффект не зависел от успешности освоения музыкального инструмента [13].



Поскольку при игре на разных инструментах задействуются разные группы мышц тела, вероятно, активность мозга зависит от вида инструмента: для духовых характерно использование помимо пальцев рук мышц рта, языка, дыхательных мышц (интенсивность выдыхания воздуха), для струнных и клавишных важна моторика обеих рук, однако в разной степени, у клавишных нагрузка распределяется равномерно на обе руки, в то время как у струнных роль рук в процессе игры весьма различается. Центры высших психических функций (ВПФ), управляющие движениями рук, расположены в триангулярной части нижней лобной извилины. Вокалисты задействуют свой личный инструмент — голосовые связки, которые управляются перстнецифтовыми и голосовыми мышцами, а они, в свою очередь, управляются гортанными нервами (ветвями п. *vagus*) [14] и речедвигательным центром, расположенным в периферических и нижних лобных извилинах (поля Брока) [15].

Опираясь на полученные результаты, можно проследить, что при распознавании звуков в задании № 3, во время которого музыкальные звуки подавались голосом с правильными и неправильными названиями, именно вокалисты в своем большинстве успешно справились с задачей — более 90 %. После них с достаточным отрывом клавишные — 76,19 %. Это можно объяснить тем, что во время обучающих занятий и репетиций эти группы музыкантов часто проговаривают ноты вслух (вокалисты при распевках и освоении своих партий, а клавишные в процессе освоения музыкальных произведений), то есть задействуют речевые и двигательные центры ВПФ. Возможная причина лучшего распознавания звуков (тонов), извлеченных голосом с проговариванием названий нот, у вокалистов и клавишников заключается в академическом подходе. Вероятно, у клавишников в процессе обучения устанавливается более сильная связь между зонами коры головного мозга, отвечающими за моторику кистей, и сенсомоторной зоной речевого аппарата по сравнению с духовыми и струнными, и поэтому большинству из клавишных было легче узнавать тоны звуков.

Этим же можно объяснить наиболее высокие показатели в интервальном восприятии звуков клавишниками (85,71 %) в отличие от других групп музыкантов, если учесть, что H_0 неверна. Также у духовиков из-за специфики инструментов при игре не встречается использование сольного двухголосия и более, как, например, это возможно при игре на струнных или клавишных инструментах. Можно предположить, что из-за этого только меньшинство смогло правильно определить интервальные величины между звуками, то есть обучающимся игре на духовых инструментах требуется развитие новых ассоциаций нейронов (активных зон коры), которые возникают в результате взаимодействия зон коры, отвечающих за координацию мышц кисти, дыхательных мышц, а также лицевых мышц, мышц языка и слуховой коры.

Результаты проведенной работы не позволяют однозначно опровергнуть альтернативную гипотезу, на что в основном повлияли маленькая выборка людей, принимавших участие в исследовании, отсутствие данных о том, что отдельные студенты или школьники музы-



кального направления могли иметь некоторые особенности развития и проблемы со здоровьем (сотрясение мозга и прочее), недостаточный набор методов исследования (отсутствие тестирования других психологических функций, ЭЭГ, фМРТ) и некоторые другие неучтенные факторы.

В целом в настоящее время имеется недостаточно данных, чтобы отбросить нулевую гипотезу (H_0), но получена информация в пользу альтернативной гипотезы (H_1). Работа может быть продолжена с тестированием других гипотез в зависимости от дополнительных факторов.

Выводы

105

1. В задании №1 во всех группах испытуемых низкий процентный показатель успешно справившихся музыкантов — менее 50 %. Не выявлено зависимости точности тонового восприятия (абсолютного слуха) между группами музыкантов. Уровень значимости различий между группами $p=0,383$. При распознавании звуков в задании №3 (звуки подавались голосом) успешно справились с задачей 90 % вокалистов и 76,19 % обучающихся на клавишных инструментах; в этом задании оказалось достаточно данных, чтобы отбросить H_0 . Уровень значимости различий между группами $p=0,010$.

2. В задании №2 наиболее высокие показатели в интервальном восприятии звуков (относительный слух) оказались у обучающихся на клавишных (85,71 %), наиболее низкие — на духовых инструментах (46,67 %). Не выявлено зависимости точности интервального восприятия (относительного слуха) между группами музыкантов, однако по сравнению с тоновым восприятием (абсолютным слухом) достоверность различий более существенна (уровень значимости $p=0,103$).

3. Среди обучающихся на духовых и струнных инструментах в целом низкий процент музыкантов, обладающих хорошим музыкальным слухом. Среди вокалистов наблюдался более высокий процент тонового восприятия звуков (абсолютного слуха) при прослушивании знакомого музыкально инструмента — голоса, но не инструментов; процент вокалистов с хорошим интервальным восприятием звуков (относительный слух) также высок. Среди пианистов наиболее высокий процент хорошего интервального восприятия звуков (относительный слух).

Авторы благодарят за помощь в сборе данных для исследования руководство Калининградского областного музыкального колледжа им. С.В. Разманинова, а также Королёву Елену Витальевну, преподавателя класса флейты детской школы искусств им. Чайковского Калининграда.

Список литературы

1. Hyde K.L., Lerch J., Norton A. et al. The Effects of Musical Training on Structural Brain Development: a longitudinal Study // The Neurosciences and Music III: Disorders and Plasticity. 2009. Vol. 1169. P. 182–186.

2. Herholz S., Zatorre R. Musical training as a framework for brain plasticity: Behavior, function, and structure // Neuron. 2012. Vol. 76 (1). P. 486–502.



3. Trainor L., Shahin A., Roberts L. Understanding the Benefits of Musical Training // *The Neurosciences and Music III—Disorders and Plasticity*. 2009. Vol. 1169. P. 133–142.
4. Skoe E., Kraus N. A Little Goes a Long Way: How the Adult Brain Is Shaped by Musical Training in Childhood // *The journal of neuroscience*. 2012. Vol. 32 (34). P. 11507–11510.
5. Peretz I., Zatorre R.J. *The Cognitive Neuroscience of Music*. Oxford, 2003.
6. Паниошова Т.Д. Музыкальный мозг: обзор отечественных и зарубежных исследований // *Асимметрия*. 2008. Т. 2, № 2. С. 41–54.
7. Wengenroth M., Blatow M., Heinecke A. et al. Increased Volume and Function of Right Auditory Cortex as a Marker for Absolute Pitch // *Cerebral Cortex*. 2014. Vol. 24 (5). P. 1127–1137.
8. Weinberger N.M. Music and the Brain // *Scientific American*. 2004. Vol. 291 (5). P. 88–95.
9. Deroche M.L.D., Limb C.J., Chatterjee M., Gracco V.L. Similar abilities of musicians and non-musicians to segregate voices by fundamental frequency // *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2017. Vol. 142 (4). P. 1739–1755.
10. Proverbio A.M., Attardo L., Cozzi M., Zani A. The effect of musical practice on gesture: sound pairing // *Front. Psychol*. 2015. Vol. 6. P. 376.
11. Пэтри А., Сэбин К. Наглядная статистика в медицине / пер. с англ. В.П. Леонова. М., 2003.
12. Krishnan S., Lima C.F., Evans S. et al. Beatboxers and guitarists engage sensorimotor regions selectively when listening to the instruments they can play // *Cerebral Cortex*. 2018. Vol. 28 (11). P. 4063–4079.
13. Wollman I., Penhune V., Segado M. et al. Neural network retuning and neural predictors of learning success associated with cello training // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018. Vol. 115 (26). E6056–E6064.
14. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. *Анатомия человека*. 12-е изд., перераб. и доп. СПб., 2006.
15. Грюнер М.Г., Докери П. *Клиническая нейроанатомия и неврология по Фицджеральду* / пер. с англ. ; под ред. Ю.А. Щербука, А.Ю. Щербука. М., 2018.

Об авторах

Алина Игоревна Болдова – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.
E-mail: alina-boldova@mail.ru

Наталья Владимировна Казанцева – доц., канд. мед. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.
E-mail: NKazantseva@kantiana.ru

The authors

Alina I. Boldova, Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: alina-boldova@mail.ru

Dr Natalia V. Kazantseva, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: NKazantseva@kantiana.ru