

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

А. Е. Павлов

МУЗЫКАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЕЕ МОЗГОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

В статье анализируются факторы, влияющие на формирование высших психических функций в младшем школьном возрасте. Показана роль музыкальной деятельности в активизации психической деятельности человека, формировании его речевых и мнестических функций. Приведены психофизиологические, анатомические и клинические данные о влиянии занятий музыкой на развитие различных мозговых структур как у профессиональных музыкантов, так и у детей, занимающихся музыкой.

Ключевые слова: музыка и психика, музыка и мозг, музыкальные занятия и морфогенез.

Музыкальная деятельность, под которой следует понимать не только активное музицирование, но и восприятие музыкальной информации, занимает важное место в психической жизни человека (Бочкарев, 1997; Петрушин, 1997). Согласно ряду данных, уже на последних месяцах внутриутробного развития плод человека дифференцирует громкость, темп, ритм воспринимаемой музыки, по-разному двигается в ответ на «любимые» и «нелюбимые» произведения (Маляренко, 1998). Следовательно, структуры мозга, обеспечивающие музыкальную деятельность, созревают достаточно рано. Каковы же эти структуры, как меняется мозговая организация музыкальной деятельности в онтогенезе? Приводят ли музыкальные занятия к функциональным и морфологическим изменениям в головном мозге?

Попытки установить связь между музыкальной деятельностью и мозговыми структурами предпринимались еще в начале XIX в. Так, Ф. Галль (Gall, 1822) выделил «орган взаимосвязи между звуками, музыкальной памятью и чувством мелодии и гармонии» и предположил, что этот орган локализуется на нижней границе фронтальной и теменной областей. Можно заметить, что в предложенной им локализации зона, отвечающая за музыкальные способности, окружена зонами, ответственными за математические способности, и близка к зонам, отвечающим за юмор и радость. Новые данные в развитие этих представлений внесли исследования мозга музыкантов.

Анатомические данные

Автор патологоанатомических исследований мозга известных музыкантов (Auerbach, 1906, 1908, 1911, 1913) сделал вывод, что у них лучше развиты центральная и задняя треть верхней височной извилины, а также надкраевая извилина теменной доли. В мозге певца Штокхаузена было найдено значительное развитие левой второй фронтальной извилины.

Изучение мозговых структур композиторов Р. Шумана и Б. Сметаны (Spitzka, 1907) обнаружило, что у первого височная впадина конька более обширна, чем фронтальная впадина, а у второго (умершего от паралитической ювенильной деменции) расширены желудочки и атрофированы слуховые нервы. Мозг скрипача Рудольфа Ленза имел сильное расширение нижнетеменной зоны, особенно в правом полушарии.

Анатомический и цитоархитектонический сравнительный анализ структур головного мозга одаренных музыкантов и представителей других профессий (Beheim-Schwarzbach, 1974) показал, что у музыкантов (особенно у скрипачей) сильно развита поперечная височная извилина.

В исследовании, опубликованном мужем пианистки, умершей от гепатоаденомы (Tuge, 1974), выявилось, что центральная борозда ее мозга длиннее обычного, хорошо развита надкраевая извилина теменной доли, а извилина Гешля в левом полушарии больше, чем в правом.

Существенные дополнения в данные о мозге музыкантов вносят современные исследования, проведенные с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) и позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ).

В ходе ПЭТ-исследования (Penhune et al., 1998) было обнаружено, что у музыкантов мозжечок в среднем на 5% больше, чем у немусыкантов, а также увеличена площадь моторной коры в зоне представительства рук.

Сравнительное МРТ-исследование структур головного мозга музыкантов-профессионалов, музыкантов-любителей и немусыкантов (Gaser, Schlaug, 2003 a, b) показало, что области значительного увеличения объема серого вещества у музыкантов по сравнению с немусыкантами преимущественно находятся в зоне вокруг роландовой борозды: в моторных и соматосенсорных зонах, в премоторных верхнетеменных отделах и в нижней височной извилине билатерально. Значительные различия были выявлены также в левом мозжечке, в левой извилине Гешля и в левой нижней фронтальной извилине.

С помощью метода функционального магнитного резонанса (фМРТ) группа исследователей (Koelshch et al., 2005) провела сравнение активности мозга у музыкантов, немусыкантов и детей, занимающихся музыкой, при прослушивании «правильных» аккордовых секвенций (с последовательностью «тоника — субдоминанта — доминанта — тоника») и «неправильных» (включающих аккорды из других тональностей). При прослушивании любой последовательности у взрослых испытуемых наблюдалась активация нижней лобной извилины (поля 44, 45 по Бродману), премоторной коры (6-е поле), лобно-орбитальной зоны (47-е поле) передней островковой доли большого мозга, передней части верхней

височной извилины и задней половины верхней височной борозды, задней части средней и верхней височной извилин (поля 21, 37 и 22). У музыкантов наблюдалась более сильная активация фронтальной коры, особенно в левом полушарии, в передней части верхней височной извилины, в надкраевой извилине теменной доли и в задней височной области. При этом, если аккорд в прослушиваемой последовательности не сочетался с остальными, у музыкантов наблюдалась более сильная, чем у немусыкантов, активация в нижней лобной извилине билатерально и в передней части верхней височной извилины правого полушария. После обучения музыке у детей наблюдалась активация в нижней лобной и в передней частях верхней височной извилины. Так же как и у взрослых, у детей обучение приводило к активации нижней лобной извилины и задней части верхней височной извилины правого полушария. По мнению авторов, в этой зоне находится нейрофизиологическая основа «музыкального синтаксиса» (представления о музыкальной функциональной последовательности), и музыкально-синтаксические ошибки активируют эти зоны больше у музыкантов, чем у немусыкантов. Опираясь на результаты детской выборки, авторы пришли к выводу, что эти отличия могут наблюдаться с 10 лет, иногда раньше.

В подобном исследовании (Tillmann, Bharucha, Bigand, 2000; Tillmann, Janata, Bharucha, 2003) была выявлена активация как во фронтальных отделах (нижняя, центральная, верхняя лобные извилины, островковая доля большого мозга, передняя часть поясной извилины), так и в задних (теменные извилины, задняя часть поясной извилины). Прослушивание последовательностей, заканчивающихся нетонической функцией, приводило к большей активации нижней лобной извилины, лобной покрывки и островковой доли. Авторы сделали вывод об участии зоны Брока в речевых процессах и определили ее роль как «зоны временной интеграции информации». Заметим, что авторы обоих исследований (Koelsch et al., 2005; Tillmann et al., 2000, 2003) указывают на ведущую роль нижней лобной извилины (зоны Брока) в механизме оценки гармоничности аккордовых последовательностей, а также на общность законов речевого и музыкального синтаксиса.

Таким образом, патологоанатомические данные и результаты нейровизуализации выявляют отличия мозга профессиональных музыкантов от мозга людей, не занимавшихся музыкальной деятельностью, а также специфическую роль отдельных мозговых структур в различных музыкальных операциях.

Клинические данные

Известной клинической моделью музыкальной деятельности являются музыкальные галлюцинации. В классических исследованиях по раздражению открытых участков головного мозга (Penfield, Perot, 1963) музыкальные галлюцинации появлялись при раздражении височной доли и оперкулярного островка головного мозга. Причем при раздра-

жений правого полушария галлюцинации возникали в три раза чаще, чем при раздражении левого.

Изучение способности к различению высоты звуков у пациентов с поражением височной и лобной долей (Wieser, Wittlieb-Verpoort, 1995) показало следующее. При сравнении звуков по высоте больше ошибок делали больные с поражением правой височной доли, при выполнении сенсibilизированных проб количество ошибок возросло у больных с поражением обеих височных долей, а также с поражением правой лобной доли. Результаты больных с поражением левой лобной доли не отличались от результатов здоровых испытуемых.

Л. Феррара, опубликовавшая свою работу в Интернете¹, провела в 2003 г. исследование музыкальных способностей больных, перенесших операцию по амигдалогиппокампотомии. Анализу подвергались такие параметры, как ритмический и звуковысотный слух, музыкальная память, способность различать звуки по высоте, громкости, длительности и тембру. По результатам исследования все больные показали более низкие, чем в норме, способности по звуковысотному слуху, а больные после левополушарных операций продемонстрировали явное ухудшение музыкальной памяти. По остальным параметрам значимых различий между экспериментальной и контрольной группами не наблюдалось.

Группа ученых (Liegeois-Chauvel et al., 1998) исследовала способность больных после операции кортикомии височной доли различать мелодии по таким параметрам, как интервальные соотношения, размер и ритм. Результаты показали, что правосторонняя кортикомия ведет к неспособности использовать как интервальные, так и ритмические признаки в распознавании мелодий. Больные после левосторонней кортикомии в анализе мелодий могли опираться только на интервальные соотношения.

Ученые из Гейдельбергского университета (Германия) сообщают (Schneider et al., 2002), что объем слуховой коры у музыкантов на 30% больше, чем у людей, не имеющих отношения к музыке. Кроме того, у них большая площадь мозга вовлечена в управление движениями пальцев, необходимыми для игры на различных инструментах.

Психофизиологические данные

Исследователи из Мюнстерского университета (Германия) показали (Pantev et al., 1998), что, когда музыканты слушают фортепианную игру, активность слуховых зон (дипольный момент), реагирующих на музыку, у них на 25% больше, чем у немусыкантов. Причем степень активации зависит от возраста и стажа музыканта, но не от того, абсолютный или относительный у него слух. Авторы также обнаружили, что у музыкантов, начавших заниматься музыкой до 7 лет, мозолистое тело на 10—15% толще, чем у людей, не занимавшихся музыкой или начавших ею заниматься позже этого возраста.

¹ Ferrara L. Musikperzeption bei Epilepsiepatienten nach selektiver Amygdala-Hippocampektomie: www.annalsnyas.org/cgi/content/full/999/1/76?ck=nck. В настоящее время эта страница без пароля недоступна.

Музыкальные занятия и развитие мозговых структур в онтогенезе

В работе, посвященной исследованию влияния музыкальных занятий на когнитивное развитие и на функционально-анатомическое развитие головного мозга (Schlaug et al., 2006), дети выполняли ряд психологических тестов на выявление развития вербальных и математических способностей, а также пространственных представлений. Для исследования структурного и функционального развития мозга использовался метод фМРТ головного мозга. Было проведено сравнительное лонгитюдное исследование двух групп детей 5—7 лет — готовящихся приступить к музыкальным занятиям и не собирающихся заниматься музыкой. Тесты на когнитивное развитие не выявили значимых различий в этих группах. При функциональном исследовании в обеих группах при сравнении ритмов и мелодий наблюдалась активация верхней височной извилины билатерально, причем в правом полушарии верхняя височная извилина активировалась больше при сравнении мелодий, а в левом — при сравнении ритмов. Через 14 месяцев в когнитивном развитии между группами не наблюдалось различий по психологическим тестам. В то же время фМРТ-исследование детей, занимавшихся музыкой, выявило изменения, происшедшие в функциональной активации мозга после года музыкальных занятий: и в левом и в правом полушарии активировались слуховые ассоциативные зоны в височной доле и временно-височной области. В контрольной группе этих изменений не наблюдалось. С помощью тех же тестов были обследованы дети 9—12 лет. В этой возрастной группе также сравнивали музыкантов (занимающихся музыкой больше трех лет) и нем музыкантов. Дети, играющие на музыкальных инструментах, показали лучшие результаты практически по всем тестам. Авторы объясняют этот эффект следующим образом: музыка развивает пространственное мышление, потому что музыкальная грамота пространственна; математические способности развиваются, так как для понимания записи ритма требуются такие же математические навыки, как для понимания пропорции и дроби; лингвистические способности, по мнению авторов, могут улучшаться, так как и музыкальная и речевая деятельность требуют способности разделять поток звуков на маленькие перцептивные единицы. Дети, занимающиеся музыкой больше трех лет, имели значительно больший объем серого вещества в сенсомоторной коре и затылочной доле билатерально (после года занятий таких анатомических изменений не наблюдалось). Функциональный анализ показал большую активацию верхней височной извилины (особенно в правом полушарии), задней нижней и центральной лобных извилин в обеих гемисферах (больше при сравнении мелодий). У взрослых профессиональных музыкантов наблюдалась активация тех же отделов, но более выраженная.

Анализ приведенных литературных данных позволяет сделать следующие **выводы**.

1. Музыкальная деятельность представляет собой функциональную систему, состоящую из множества звеньев. В головном мозге человека есть зоны, обеспечивающие переработку музыкальной информации,

причем каждая из них выполняет свою специфическую задачу. Звуко-высотный анализ осуществляется за счет работы верхней височной извилины правого полушария, за ритмический анализ отвечает верхняя височная извилина левого полушария, а функцию нижней лобной извилины можно определить как анализ отношений музыкальных звуков во временной последовательности. Таким образом, в головном мозге человека нет специализированного «центра музыки». В переработке музыкальной информации участвуют многочисленные области, рассредоточенные по всему мозгу, в том числе и те, что обычно задействованы в других формах познавательной деятельности. Размеры активных зон варьируются в зависимости от индивидуального опыта и музыкальной подготовки человека.

2. Существует специализация полушарий в обеспечении музыкальной деятельности. Правое полушарие отвечает за мелодические аспекты, анализ высоты тонов, длительность интервалов, интенсивность, тембр; левое — за восприятие ритма и «профессиональный» анализ музыки. При этом цельное впечатление от музыки дает только интеграция специализированных когнитивных и эмоциональных процессов, протекающих в обоих полушариях.

3. Музыкальные занятия стимулируют развитие ряда структур мозга. При этом наряду с развитием зон мозга, отвечающих за анализ музыкальной информации, наблюдается развитие и тех отделов, которые у людей, не занимающихся музыкой, в деятельности по восприятию музыкальной информации участия не принимают. Так, у музыкантов лучше развиты премоторные отделы, мозолистое тело, верхняя височная извилина, извилина Гешля, надкраевая извилина теменной доли.

4. В ходе онтогенеза наблюдается увеличение количества мозговых зон, включенных в деятельность по обработке музыкальной информации. При этом есть тенденция все большего вовлечения структур левого полушария. Занятия на музыкальных инструментах стимулируют включение ряда мозговых зон в музыкальный анализ (верхняя височная извилина, особенно в правом полушарии, задняя нижняя и центральная лобная извилины в обоих гемисферах, теменно-височные отделы, мозолистое тело).

5. Развитие этих зон в ходе музыкальных занятий способствует когнитивному развитию детей в таких сферах, как пространственное мышление, лингвистические и математические способности. Явное влияние музыкальных занятий на когнитивную сферу на данный момент констатируется в отдельных исследованиях в возрасте 9 лет.

Уточнение специфики и периодизации воздействия занятий музыкой на когнитивное развитие детей требует специального экспериментального лонгитюдного исследования. Поэтому представляется целесообразным провести более тонкий анализ развития когнитивной сферы у детей 6—8 лет, занимающихся музыкой, используя методы нейропсихологического обследования. Возможно, диагностика, направленная на анализ функционального состояния того или иного фактора, входящего

в функциональную систему музыкальной деятельности, а не отдельной психической функции в целом, позволит увидеть более детальные различия между музыкантами и немусыкантами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочкарев Л.Л.* Психология музыкальной деятельности. М., 1997.
- Малыренко Г.* Музыка и мозг ребенка. М., 1998.
- Петрушин В.И.* Музыкальная психология. М., 1997.
- Auerbach S.* Zur Lokalisation des musikalischen Talentes im Gehirn und am Schädel // Arch. Anat. Physiol. (Anat. Abtllg.) 1906, 1908, 1911, 1913 (Suppl.).
- Beheim-Schwarzbach D.* Cytoarchitektonik der Dorsalfäche der 1. Temporalwindung links (T1) bei sechs menschlichen Gehirnen (darunter vier Elitegehirne) der Sammlung von C. und O. Vogt. // Z. mikrosk.-anat. Forsch. 1974. Bd. 88.
- Gall F.* Sur les fonctions du cerveau. Paris, 1822.
- Gaser C., Schlaug G.* Brain structures differ between musicians and non-musicians // J. of Neurosci. 2003 a. Vol. 23. № 27.
- Gaser Ch., Schlaug G.* Gray matter differences between musicians and nonmusicians // The neurosciences and music / Ed. by G. Avanzini et al. N.Y., 2003 b.
- Koelshch S., Fritz T., Scholse K.* et al. Adults and children processing music: an fMRI study // Neuroimage. 2005. Vol. 25.
- Liegeois-Chauvel C., Peretz I., Babai M.* et al. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing // Brain. 1998. Vol. 121.
- Pantev C., Oostenveld R., Engellen A.* et al. Increased auditory cortical representation in musicians // Nature. 1998. N 392.
- Penhune V.B., Zattore R.L., Evans A.C.* Cerebellar contribution to motor timing a PET study of auditory and visual rhythm reproduction // J. Cogn. Neurosci. 1998. Vol. 10.
- Penfield W., Perot P.* The brain's record of visual and auditory experience: a final summary and discussion // Brain. 1963. Vol. 86.
- Schneider P., Scherg M., Dosch H.G.* et al. Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians // Nat. Neurosci. 2002. Vol. 5.
- Schlaug G., Norton A., Overy K., Winner E.* Effects of music training on the Child's Brain and Cognitive Development // The Neurosciences and Music II: From Perception to Performance, 2006.
- Spitzka A.* Article IV. A study of the brains of six eminent scientists and scholars belonging to the American Anthropometrical Society, together with a description of the skull of professor E.D. Cope // Trans. Am. Philos. 1907.
- Tillmann B., Bharucha J., Bigand E.* Implicit learning of tonality: A self-organizing approach // Psychol. Rev. 2000. Vol. 107.
- Tillmann B., Janata P., Bharucha J.J.* Activation of the inferior frontal cortex in musical priming // Cogn. Brain Res. 2003. Vol. 16.
- Tuge H.* An atlas of the brain of a pianist Chiyo Tuge (1908—1969). Tokio, Japan, 1974.
- Wieser H.G., Wittlieb-Verpoort E.* Tone discrimination in patients with temporal lobe lesions // Music and the Mind Machine. The psychophysiology and psychopathology of the sense of music / Ed. by R. Steinberg. Berlin, 1995.

Поступила в редакцию

15.12.06