

УДК 612.82/.83; 612.821

А.Г. Охрей, Т.В. Куценко, М.Ю. Макаруч

ВИКОНАННЯ ТЕСТУ СТРУПА З ВИЗНАЧЕННЯМ ПРОСТОРОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ СТИМУЛІВ МУЗИКАНТАМИ ТА НЕМУЗИКАНТАМИ

Досліджували ефективність виконання тесту Струпа з визначенням просторової локалізації стимулів музикантами і немузикантами, а також моторну асиметрію, яка при цьому виникала. Музиканти мали вищу швидкість оброблення стимулів порівняно з немузикантами. Загальна кількість допущених помилок та прояв моторної асиметрії не відрізнялися між обстежуваними обох груп.

Ключові слова: тест Струпа, моторна асиметрія, музиканти, немузиканти.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що тривалі і регулярні заняття музикою приводять до морфо-функціональної реорганізації головного мозку. Зокрема, було встановлено, що музиканти у порівнянні з обстежуваними без будь-якого музичного чи співочого досвіду мають більший об'єм сірої речовини у звивині Гешля [1], мозочку [2, 3], кіркових представництвах пальців рук [4], а також більший об'єм передньої частини мозолистого тіла [5]. Крім того, дослідження, в яких застосовувалася методика слухових викликаних потенціалів, вказують на більшу активацію слухової кори у музикантів під час прослуховування акустичних стимулів [6], а також випадкових девіантних тонів під час реєстрації негативного відхилення неспівпадіння (mismatch negativity) [7]. В такому контексті морфо-функціональні зміни головного мозку можна розглядати як адаптивні, що виникають на тлі постійної музичної практики.

Проте, у літературі часто постає питання, чи обмежується вплив занять музикою лише тими нервовими процесами, які мають до неї безпосереднє відношення (наприклад, обробка акустичної інформації), чи цей вплив може також поширюватися на інші, «немузичні» області. Так, деякі дослідження свідчать, що заняття музикою можуть впливати на когнітивну сферу людини. Зокрема, було встановлено, що музиканти, порівняно з немузикантами, мають кращу вербальну пам'ять [8], візуально-просторове мислення [9], математичні здібності [10, 11, 12] і навіть вищий IQ [13, 14]. Проте, питання своєрідного «музичного підвищення» когнітивних можливостей залишається дискусійним та до кінця нез'ясованим (особливо для дорослої частини населення, оскільки більшість із згаданих вище досліджень проводилася з дітьми в якості обстежуваних). Крім того, питання щодо латералізації і міжпівкульної кооперації, які виникають при здійсненні «немузичних» когнітивних задач, в науковій літературі майже не висвітлені. Більш тісна міжпівкульна взаємодія може бути матеріальною основою кращого виконання когнітивних задач музикантами у порівнянні з немузикантами. Виходячи з цього, у даному дослідженні ми вирішили застосувати комплексний тест Струпа з визначенням просторової локалізації стимулів, оскільки виконання цього тесту залучає значні когнітивні ресурси (особливо передньої системи уваги), а також дозволяє прослідкувати моторну асиметрію за рахунок надання відповідей двома руками.

Мета дослідження – з'ясування ефективності виконання тесту Струпа з визначенням просторової локалізації стимулів та дослідження прояву моторної асиметрії, яка виникає при його виконанні, у музикантів та немузикантів.

Методика

У дослідженні як обстежувані взяли участь 64 студенти обох статей віком від 17 до 23 років. Група музикантів ($n=28$) складалася зі студентів Київської національної музичної академії ім. П.Чайковського, які мали від 10 до 14 років музичного досвіду. Групу немужикантів ($n=36$) становили студенти ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка без будь-якої попередньої музичної чи співочої практики.

Для досягнення поставленої мети було використано комп'ютеризований комплексний тест Струпа, розроблений на кафедрі фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології» [15]. Даний тест дозволяє оцінити швидкість і асиметрію моторних реакцій при одночасній обробці трьох типів зорової інформації: про колір, семантичне значення і просторову локалізацію стимулів.

Стимулами були слова «ЗЕЛЕНЬЙ» і «КРАСНЬЙ», які з'являлися на моніторі комп'ютера в його правій чи лівій частині почергово в псевдо-випадковому порядку в рівному співвідношенні. Обидва слова були написані зеленим і червоним кольорами незалежно від їх семантичного значення.

Обстежувані повинні були відповідати правою рукою шляхом натискання клавіші «P», що знаходиться в правій частині клавіатури, та лівою рукою за допомогою клавіші «Q», яка розміщена в лівій частині клавіатури. Даний тест побудований на принципі складного диференціювання: якщо семантичне значення слова співпадало з кольором, яким воно було написано, обстежувані мали натискати ту клавішу, на стороні якої з'явилося слово; якщо значення слова не співпадало з кольором – реагувати потрібно було клавішею, протилежною до сторони пред'явлення стимулу. Наприклад, якщо слово «ЗЕЛЕНЬЙ», написано зеленим кольором, з'явиться в правій частині монітору, то необхідно натискати клавішу «P», але якщо це слово написано червоним кольором, то потрібно натискати клавішу «Q».

Обстежувані послідовно проходили два субтести. У першому субтесті визначалась максимальна швидкість обробки стимулів. Для цього обстежуваним подавали стимули з початковою експозицією 1500 мс. В процесі проходження субтесту час експозиції постійно зменшувався з кроком у 24 мс. Критерієм максимальної швидкості обробки стимулів був найменший час експозиції, який не зменшувався протягом наступних 30 стимулів і при цьому обстежувані допускали більше, ніж 50% помилок. Результати цього тесту служили показником стану функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) обстежуваних.

У другому субтесті оцінювалась працездатність головного мозку (ПГМ). Для цього обстежуваним пред'являли 240 стимулів з часом експозиції, визначеному в попередньому субтесті (мінімальним), до якого було додано 200 мс.

В ході роботи реєструвався мінімальний час експозиції стимулів, латентний період (ЛП) правильних реакцій, кількість помилок та вираженість моторної асиметрії як статистично значущої відмінності між ЛП реакції правої і лівої рук для однотипних рухових відповідей (співпадіння кольору і значення слова та неспівпадіння кольору і значення слова).

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету STATISTICA (StatSoft, USA, 2001). Нормальність розподілів перевіряли за тестом Шапіро-Вілка. Оскільки більша частина даних мала розподіл, відмінний від нормального ($p<0,05$), то для опису випадкового розподілу використовували медіану (Me), а також верхній і нижній квартилі ([25; 75]). Для порівняння двох незалежних вибірок використовували критерій Манна-Вітні, залежних – критерій Вілкоксона. Критичний рівень значущості (p) при перевірці статистичних гіпотез приймали рівним 0,05 і на графіках позначався як «*» ($p<0,01$ позначався як «**», $p<0,001$ позначався як «***»).

Результати та їх обговорення

Аналіз отриманих результатів показав, що музиканти у першому субтесті мали значуще менший час експозиції ($Me = 700$ мс [748; 616]), ніж немужиканти ($Me = 748$ мс [844; 700]). Крім того, відповіді правою рукою у музикантів були швидшими, ніж у немужикантів (рис. 1).

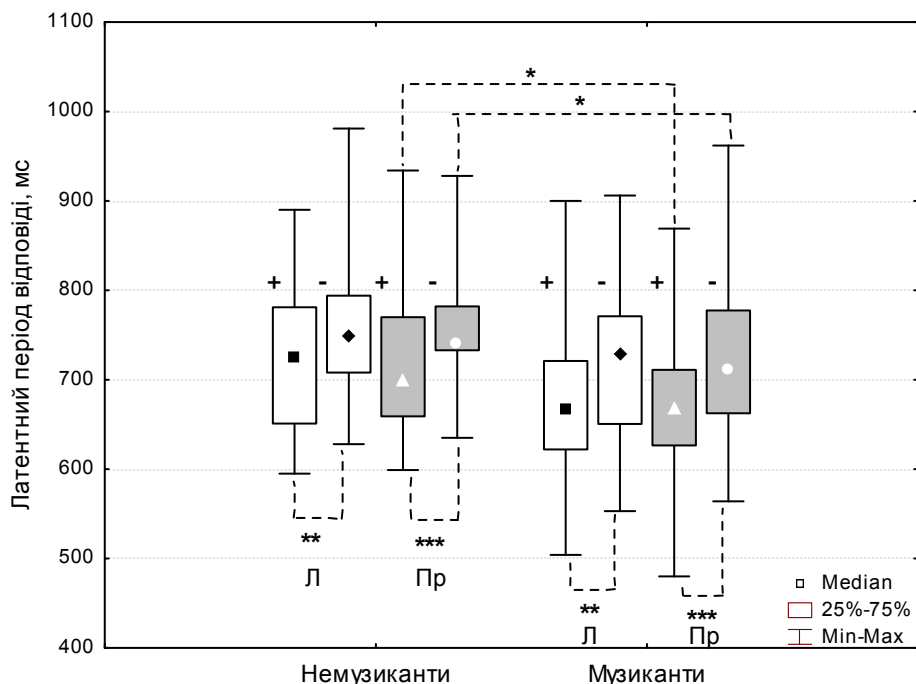


Рис. 1. Латентні періоди реакцій складного диференціювання у музикантів ($n=28$) і немужикантів ($n=36$) під час першого субтесту (ФРНП). «Л» - ліва рука (білий колір), «Пр» - права рука (сірий колір); «+» - співпадіння значення слова і його кольору, «-» - неспівпадіння значення слова і його кольору.

У другому субтесті (ПГМ) музиканти теж мали значуще менші ЛП реакцій лівої руки (у випадку співпадіння кольору і значення слова), ніж немужиканти (рис. 2).

Аналіз прояву моторної асиметрії в межах груп дозволив виявити загальну закономірність: у першому субтесті у випадку співпадіння кольору і значення слова відповіді правою і лівою рукою були швидшими, ніж у випадку неспівпадіння. Це було характерним як для музикантів, так і для немужикантів (див. рис. 1).

У другому субтесті описана вище закономірність теж була наявна, але, окрім цього, було виявлено, що у випадку співпадіння кольору і значення слова відповіді правою рукою були швидшими, ніж лівою, а відповіді лівою рукою були швидшими, ніж правою, коли колір і значення слова не співпадали. Такий прояв моторної асиметрії спостерігався як у музикантів, так і в немужикантів (див. рис. 2).

Аналіз загальної кількості помилок, допущених у процесі виконання обох субтестів, не виявив значущих відмінностей між обстежуваними обох груп. Проте, при виконанні обох субтестів як музиканти, так і немужиканти помилялися більше у випадку неспівпадіння кольору і семантичного значення слова, ніж у випадку співпадіння (рис. 3, рис. 4).

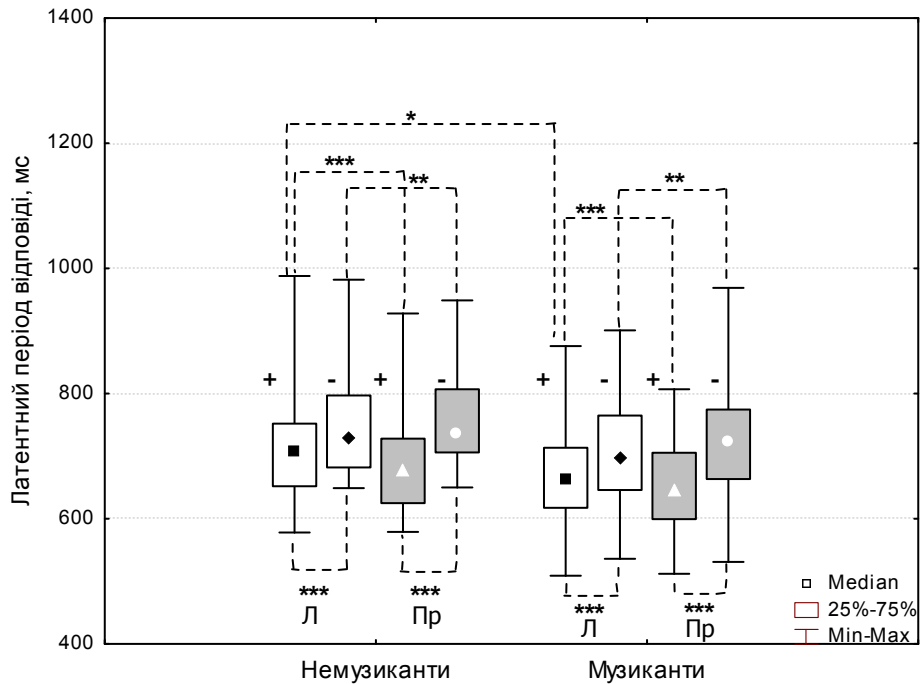


Рис. 2. Латентні періоди реакцій складного диференціювання у музикантів ($n=28$) і немужикантів ($n=36$) під час другого субтесту (ПГМ). «Л» - ліва рука (білий колір), «Пр» - права рука (сірий колір); «+» - співпадіння значення слова і його кольору, «-» - неспівпадіння значення слова і його кольору.

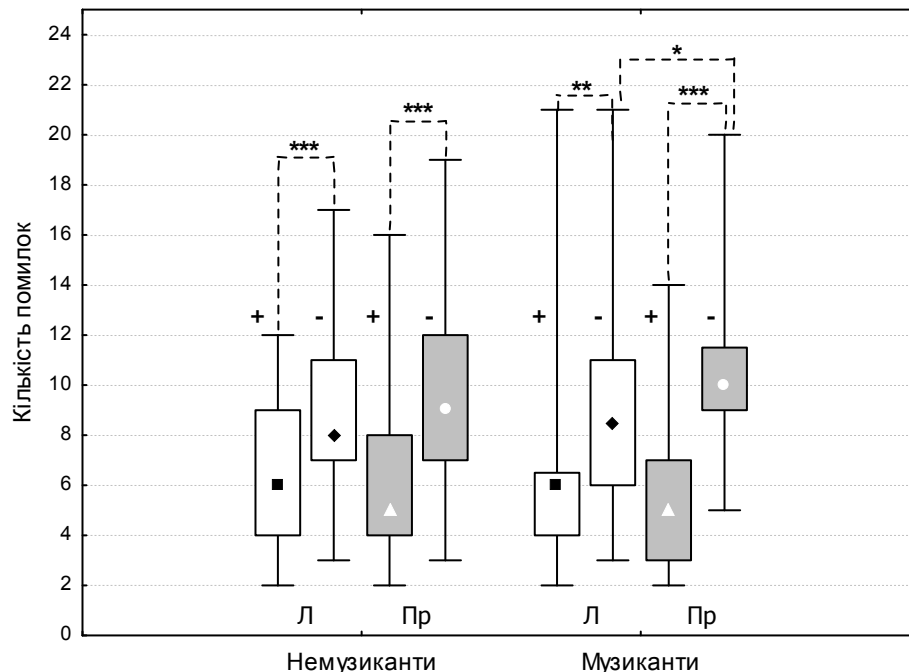


Рис. 3. Кількість помилок, допущених музикантами ($n=28$) і немужикантами ($n=36$) у першому субтесті (ФРНП). «Л» - ліва рука (білий колір), «Пр» - права рука (сірий колір); «+» - співпадіння значення слова і його кольору, «-» - неспівпадіння значення слова і його кольору.

Крім того, в обох субтестах музиканти робили більше помилок правою рукою, ніж лівою, у випадку неспівпадіння кольору і значення слова (див. рис. 3, див. рис. 4). Виявлено також, що в другому субтесті музиканти у випадку співпадіння кольору і значення слова помилялися правою рукою менше, ніж немужиканти (див. рис. 4).

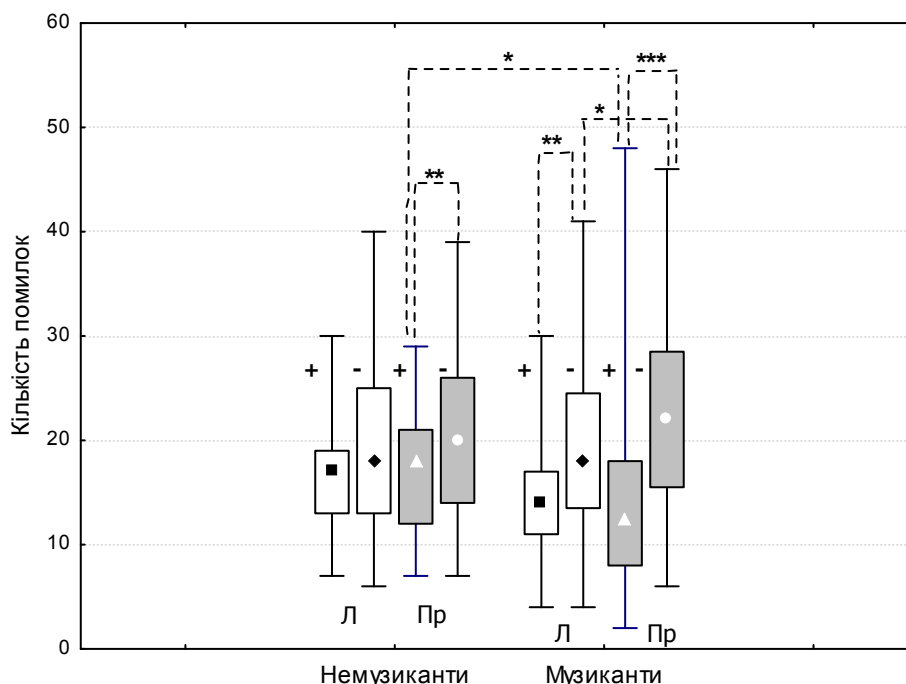


Рис. 4. Кількість помилок, допущених музикантами і немужикантами у другому субтесті (ПГМ). «Л» - ліва рука (білий колір), «Пр» - права рука (сірий колір); «+» - співпадіння значення слова і його кольору, «-» - неспівпадіння значення слова і його кольору.

Узагальнюючи результати даного дослідження, можна стверджувати, що музиканти відповідають швидше на пред'явлені стимули, ніж немужиканти. Особливо показовим в цьому відношенні є результати проходження першого субтесту, в ході якого музиканти досягли більш високої швидкості роботи, критерієм якої був значуще менший мінімальний час експозиції стимулів. Крім того, було виявлено, що музиканти, порівняно з немужикантами, демонструють менші значення ЛП реакцій правої і лівої руки як у першому, так і в другому субтетах. На перший погляд, може здатися, що в цьому немає нічого дивного, адже сумарний час відповіді (власне ЛП) у музикантів міг бути коротший за рахунок більш тренованого моторного компонента, а не швидшої обробки стимулу як такої. Насправді ж, дослідження свідчать, що швидкість простої моторної реакції, яка визначалася у випадку відсутності когнітивної задачі, не відрізняється між музикантами та немужикантами [16]. Проте, якщо завдання ускладнити і внести в нього когнітивну складову, то сумарний час реакції виявляється меншим у музикантів порівняно з немужикантами [9, 16]. Результати нашого дослідження цілком узгоджуються з цими даними.

Що стосується прояву моторної асиметрії та залежності ЛП реакцій від типу відповіді (співпадіння - неспівпадіння), то вони є подібними в музикантів та немужикантів. У першому субтесті було виявлено, що відповіді у випадку співпадіння кольору і значення слова є швидшими, ніж під час неспівпадіння. Ця закономірність є справедливою як для правої, так і для лівої руки, і однаково проявлялася в обох групах. На нашу думку, певна затримка відповіді у випадку неспівпадіння кольору і значення слова викликана інтерференцією між двома потоками інформації. Іншими словами, неузгодженість між тим, що слово означає, і його кольором ускладнює прийняття рішення і потребує більше часу. Таким чином, у даному контексті можна говорити про класичний ефект Струпа [17]. Крім того, вклад у розвиток затримки відповіді у випадку неспівпадіння значення слова і його кольору вносить транскалозальне перенесення

інформації, оскільки за такої умови рухова реакція має бути здійснена протилежною рукою.

У другому субтесті (визначення ПГМ) відповіді у випадку співпадіння кольору і значення слова також були швидшими, ніж у випадку неспівпадіння. Проте було також виявлено, що відповіді правої руки є швидшими у порівнянні з лівою, коли колір слова і його значення співпадають. У свою чергу, відповіді лівою рукою надаються швидше у порівнянні з правою, коли колір слова і його значення не співпадають. Ця закономірність спостерігалася однаково в обстежуваних обох груп. Зазначимо, що така залежність моторної асиметрії від типу відповіді уже була описана в літературі і, ймовірно, пояснюється тим, що перенесення інформації від правої до лівої пікулі (у випадку неспівпадіння значення слова і кольору) триває довше, ніж від лівої до правої [18], і, в свою чергу, не залежить від наявності музичного досвіду. Відмітимо, що в першому субтесті така моторна асиметрія не проявлялася, оскільки його виконання є більш короткотривалим, а час експозиції стимулів постійно змінювався.

Ефективність виконання обох субтестів, критерієм якої була загальна кількість помилок, значуще не відрізнялася у музикантів та немужикантів. Було виявлено, що обстежувані обох груп помилялися значуще більше у випадку неспівпадіння кольору стимулу і його значення, ніж у випадку співпадіння. На нашу думку, це можна пояснити виникненням згаданого вище ефекту інтерференції. У другому субтесті було виявлено, що у випадку співпадіння кольору і значення слова музиканти помилялися значуще менше правою рукою, ніж не музиканти (див. рис. 4). Ймовірно, це пов'язано з більш сильним когнітивним контролем виконання таких завдань збоку лівої півкулі у музикантів.

Висновки

Музиканти мають більш високу швидкість оброблення інформації порівняно з немужикантами під час виконання тесту Струпа з просторовою локалізацією стимулів. Ефективність виконання тесту, визначена за загальною кількістю помилок, а також прояв моторної асиметрії не відрізнялися між обстежуваними обох груп.

Література

1. Schneider P. Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians / Schneider P., Scherg M., Dosch, H.G. [et al.] // *Nature Neuroscience*. – 2002. – V.5 (7). – P. 688-694.
2. Gaser C. Brain structures differ between musicians and nonmusicians / Gaser C., Schlaug G. // *The Journal of Neuroscience*. – 2003. – V.23 (27). – P. 9240-9245.
3. Gaser C. Gray matter differences between musicians and nonmusicians / Gaser C., Schlaug G. // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2003. – V. 999. – P. 514-517.
4. Pantev C. Representational cortex in musicians: Plastic alterations in response to musical practice / Pantev C., Engelien A., Candia V. [et al.] // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2001. – V.930. – P. 300-314.
5. Schlaug G. Increased corpus callosum size in musicians / Schlaug G., Jäncke L., Huang Y. [et al.] // *Neuropsychologia*. – 1995. – V.33(8). – P. 1047-1055.
6. Baumann S. Enhancement of auditory-evoked potentials in musicians reflects an influence of expertise but not selective attention / Baumann S., Meyer M., Jäncke L. // *Cognitive Neuroscience*. – 2008. – V. 20 (12). – P. 2238.
7. Tervaniemi M. Superior formation of cortical memory traces for melodic patterns in musicians / Tervaniemi M., Rytönen M., Schröger E. [et al.] // *Learning and Memory*. – 2001. – V.8. – P. 295-300.
8. Ho Yim-Chi Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children / Ho Yim-Chi, Cheung Mei-Chun, Chan A.S. // *Neuropsychology*. – 2003. – Vol.17 (3). – P. 439.
9. Patston L. Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians / Patston L., Hogg S., Tippett L. // *Laterality*. – 2007. – V.12 (3). – P. 262-272.
10. Gardiner M. Learning improved by arts training / Gardiner M., Fox A., Knowles F. [et al.] // *Nature*. – 1996. – V. 381. – P. 284.

11. Cheek J.M. Music training and mathematics achievement / Cheek J.M., Smith L.R. // *Adolescence*. – 1999. – V.34 (136). – P. 759-761.
12. Graziano A. B. Enhanced learning of proportional math through music training and spatial-temporal training / Graziano A. B., Peterson M., Shaw G. L. // *Neurological Research*. – 1999. – V.21 (2). – P. 139-152.
13. Nering M. E. The effect of piano and music instruction on intelligence of monozygotic twins / Nering M. E. // *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*. – 2002. – V.63(3-A). – P. 812.
14. Schellenberg E.G. Music lessons enhance IQ / Schellenberg E.G. // *Psychological Science*. – 2004. – V.15 (8). – P. 511-514.
15. Костенко С.С. Оцінка діяльності першої та другої сигнальних систем людини / Костенко С.С., Локтева Р.К. // *Вісн. Київ. ун-ту. Біологія*. – 2000. – Вип. 32. – С. 31-34.
16. Brochard R. Effect of musical expertise on visuospatial abilities: Evidence from reaction times and mental imagery / Brochard R., Dufour A., Despres O. // *Brain and Cognition*. – 2004. – V.54. – P.103-109.
17. Stroop J.R. Studies of interference in serial verbal reactions / Stroop J.R. // *Journal of Experimental Psychology*. – 1935. – V.18. – P. 643-662.
18. Куценко Т. Оцінка функціональної асиметрії мозку за латентними періодами сенсомоторних реакцій людини / Куценко Т., Філімонова Н., Костенко С. // *Вісн. Київ. ун-ту. Проблеми регуляції фізіологічних функцій*. – 2007. – Вип. 12. – С. 14-16.

References

1. Schneider, P., Scherg, M., Dosch, H. G., Specht, H. J., Gutschalk, A., & Rupp, A. (2002). Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nature Neuroscience*, 5 (7), 688-694.
2. Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and nonmusicians. *The Journal of Neuroscience*, 23 (27), 9240-9245.
3. Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Gray matter differences between musicians and nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 514-517.
4. Pantev, C., Engelien, A., Candia, V., & Elbert, T. (2001). Representational cortex in musicians: Plastic alterations in response to musical practice. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 300-314.
5. Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J. F., & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33 (8), 1047-1055.
6. Baumann, S., Meyer, M., & Jäncke, L. (2008). Enhancement of auditory-evoked potentials in musicians reflects an influence of expertise but not selective attention. *Cognitive Neuroscience*, 20 (12), 2238.
7. Tervaniemi, M., Rytönen, M., Schröger, E., Ilmoniemi, R. J., & Näätänen, R. (2001). Superior formation of cortical memory traces for melodic patterns in musicians. *Learning and Memory*, 8, 295-300.
8. Ho, Yim-Chi, Cheung, Mei-Chun, & Chan, A.S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439.
9. Patston, LL, Hogg, SL, & Tippett, LJ. (2007). Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians. *Laterality*, 12(3), 262-272.
10. Gardiner, M. F., Fox, A., Knowles, F., & Jeffrey, D. (1996). Learning improved by arts training. *Nature*, 381, 284.
11. Cheek, J. M., & Smith, L. R. (1999). Music training and mathematics achievement. *Adolescence*, 34(136), 759-761.
12. Graziano, A. B., Peterson, M., & Shaw, G. L. (1999). Enhanced learning of proportional math through music training and spatial-temporal training. *Neurological Research*, 21(2), 139-152.
13. Nering, M. E. (2002). The effect of piano and music instruction on intelligence of monozygotic twins. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, 63(3-A), 812.
14. Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15(8), 511-514.
15. Kostenko, S.S., & Loktieva R.K. (2000). Assessment of first and second signal systems activity in humans. *Visnyk Kyivskogo universytetu, Biologiya (The Bulletin of Kyiv University, Biology)*, 32, 31-34.
16. Brochard, R., Dufour, A., & Despres, O. (2004). Effect of musical expertise on visuospatial abilities: Evidence from reaction times and mental imagery. *Brain and Cognition*, 54, 103-109.
17. Stroop J.R. (1935) Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
18. Kutsenko T., Filimonova N., Kostenko S. (2007). Assessment of functional brain asymmetry by latent periods of human sensorimotor reactions. *Visnyk Kyivskogo universytetu, Problemy reguliatsii fiziologichnykh funktsii (The Bulletin of Kyiv University, Problems of regulation of physiological functions)*, 12, 14-16.

Summary. *Okhrei A., Kutsenko T., Makarchuk M. The fulfillment of Stroop test with identification of spatial localization of stimuli in musicians and non-musicians.*

Introduction. *Musical training is known to have beneficial effect on human cognitive abilities, such as verbal memory, mathematical, visuospatial abilities and even IQ. But such an influence still remains arguable and unclear. Besides, the data regarding lateralization that occurs during “non-musical” cognitive tasks is not almost elucidated in scientific literature. In the present study we use Stroop test with a spatial localization of stimuli, the fulfillment of which requires significant cognitive resources (including voluntary attention) and allows to reveal motor asymmetry that occurs as a result of bimanual engagement.*

Purpose. *The aim of present research is to clarify the influence of musical experience on efficiency of fulfillment of Stroop test with spatial localization of stimuli and to find patterns of motor asymmetry that occur during such cognitive demanding task in musicians and non-musicians.*

Methods. *We recruited students of National Academy of Music (musicians; n=28) and their peers from Taras Shevchenko National University who had no previous musical experience (non-musicians; n=36). Participants underwent computerized Stroop test in which stimuli (words «ЗЕЛЕНЬКИЙ» meaning «green» and «КРАСНЫЙ» meaning «red») written with green or red color (regardless semantics) were displayed at the left or right side of the monitor one by one in pseudo-randomized order. Responses were given by right hand («P» key) and left hand («Q» key). If semantic meaning of the word coincided with color (answer «yes»), participants had to respond with a hand on side of which the word had emerged, but if not (answer «no») – with the opposite hand. Participants passed two subtests subsequently with a design described above. In the first subtest the minimal exposure time of stimuli was found (functional mobility of nervous processes (FRNP)). Participants started with 1500 ms of exposure and this time decreased subsequently with a step of 24 ms. The minimal exposure time was the time, that did not decrease during next 30 stimuli and herewith participants did more than 50% incorrect responses. The second one was subtest of productivity (P). 240 stimuli were presented to each participant. The exposure time of each stimulus was a sum of minimal exposure time, found before in the first subtest, plus 200 ms. We analyzed the minimal exposure time of stimuli, correct responses latency and the number of incorrect responses.*

Results. *Musicians unlike non-musicians reached significantly shorter exposure time of stimuli in the first subtest, thus pointing out to have higher FRNP and increased processing speed of stimuli. Besides, musicians had faster latency of correct responses of both hands than non-musicians. Right hand was faster than left one in answers «yes», but left hand was faster than right one in answers «no» in subjects of both groups. The number of incorrect responses didn't differ between subjects of both groups.*

Conclusion. *Musicians have higher speed of stimuli processing during fulfillment of Stroop test with identification of spatial localization of stimuli. The efficiency of test fulfillment and general pattern of motor asymmetry seems not to be different between musicians and non-musicians.*

Originality. *It was found that prolonged musical training increase stimuli processing speed in musicians during complex cognitive tasks.*

Keywords: *Stroop test, motor asymmetry, musicians, non-musicians.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Одержано редакцією

22.01.2016

Прийнято до публікації

05.02.2016