

Mouse Ethology: Effect of different human and rodentized music upon the social and individual behaviour, general feeling and genetics-environment interaction of mice

II. Effect of original and five octaves higher music of BACH and MOZART on the behaviour of mice of different genotypes

Korsós Gabriella^{1*}
Brown, Dan Lawrence²
Windig-Zavadil, Christina³
Rühlicke, Thomas³
Fekete Sándor György¹

G. Korsós^{1*}
D. L. Brown²
C. Windig-Zavadil³
T. Rühlicke³
S. Gy. Fekete¹

1. Állatorvostudományi Egyetem
Állattenyésztési,
Takarmányozástani és Laborállat-
tudományi Intézet
H-1078 Budapest, István u. 2.

* e-mail: korsos.gabriella@gmail.com

2. Cornell University, Ithaca, NY, USA

3. University of Veterinary Medicine,
Vienna, Austria

LABORÁLLAT

Egér-etológia: különböző emberi és rodentizált zene hatása az egerek társas és egyéni viselkedésére, közérzetére és a genetikakörnyezet kölcsönhatásra

II. Eredeti és öt oktávval megemelt BACH- és MOZART-zene hatása különböző genotípusú egerek viselkedésére

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők jelen vizsgálatukban bemutatják BACH- és MOZART egy-egy művének eredeti (humán) és öt oktávval magasabb, tízszer gyorsabb (ún. „rodentizált”) változatának hatását egerek porondteszt-viselkedésére. *I. kísérlet:* 20 CD1 hím egér esetén a humán és rodentizált zene csökkentette az aktivitást, ultrahang-kibocsátás nem volt. *II. kísérlet:* 12 BALB/c hím egér TiBeSplit rendszerrel való vizsgálata során a humán zene nem okozott jelentős változást a viselkedésben, míg a rodentizált zene hatására az aktivitás jelentősen csökkent. Az eredmények alapján a humán és a rodentizált zene másként befolyásolja az egerek viselkedését, utóbbi határozottan csökkenti aktivitásukat.

SUMMARY

Background: The importance of acoustic stimuli plays a different role in the life of laboratory rodents. Too loud noise and/or vibration may be an important stressor, while a well-chosen background music may counteract these harmful effects.

Objectives: In this study the authors investigated the effect of music of Bach and Mozart on the behaviour of mice.

Materials and Methods: In the first trial twenty adult male (SPF, CD1) mice were placed by pair in cages and video and ultrasound (US) recording was made. After the basal ethogram Mozart and Bach music were applied in normal and “rodentized” versions (has been made by increasing the pitches to the hearing range of mice, 1–110kHz). In the second trial twelve male BALB/c mice were investigated using TiBeSplit open-field equipment (Figure 1–4) with human and rodentized music, and in silence as control.

Results and Discussion: First trial: during all sessions rearing get significantly more frequent and running time decreased (Table 1). No US voices were emitted by the mice. Second trial: During the music, the length of distance, the local and large movement, and the number of spontaneous changes of direction significantly decreased (Table 2). On the contrary, resting time and time spent at the wall significantly increased under the influence of rodentized music. Taken together, the effect of rodentized music differs that of the human version and the genotype plays also a role. The basically calm CD1 mice got more active (more rearing, less running) and the more excitable BALB/c animals became less nervous owing to the musical stimuli.

Az utóbbi évtizedben új tudományág alakult ki: az *etológiai epigenetika* a viselkedésnek, a környezetnek a DNS-működés befolyásolása révén kifejtett hatását vizsgálja. Különös jelentősége van humán pszichiátriai bántalmak (autizmus, skizofrénia, neurodegeneratív zavarok, öregedés, függőségek, öngyilkosság és mentális retardáció) kutatásában (4, 20).

Az etológiai epigenetika azt vizsgálja, hogyan hat a környezet a viselkedést szabályozó DNS-működésre, anélkül, hogy a bázisrend változna

Az ilyen jellegű vizsgálatok során az eddigieknél is szigorúbban kell a kísérleti állatok környezetét szabályozni, ugyanis az *in vivo* állatkíséreltet nem nélkülözhető. A zene és a zaj molekuláris szintű hatásainak megismerése (neurotranszmitterek koncentrációváltozása, idegsejtek kisülésének szinkronizálódása) felhívta a figyelmet az akusztikus környezet epigenetikai szerepére (15). A kísérleti állatok fajtái, fajtái, sőt törzsei is eltérően érzékelik a hangokat, így a zenét és a zajt is (23).

Az egyes egértörzsek geno- és fenotípusa jelentősen különbözik. Érvényes ez az akusztikai érzékelés mutatóira is. Léteznek süket vonalak is (19), sőt a korosodással a C57 is egyre rosszabbul hall (11). A kicsi, mozgékony BALB/c és a nagyobb, nyugodt CD egerek viselkedése nagyban eltér egymástól. A BALB/cj albínó ideális mint általános modell, hibridóma, monoklonális antitesttermelés, fertőző betegségek kutatására (12). Ha Theiler-féle murine encephalomyelitis vírussal fertőződik, hajlamossá válik a *Demyelinating Disease*-re. Fogékony emellett a *Listeria*-fertőzésre, az összes *Leishmania* és számos *Trypanosoma*-fajra. Ezzel szemben rezisztens az allergiás orchitisre (13). A CD-1 őse a Swiss egér, kultenyésztett albínó törzs. Ideális általános modellként, gyógyszerbiztonsági és -hatékonysági tesztekre, öregedés, álvemhesség vizsgálatára és kiváló sebészeti modell (14). RAUSCHER és mtsai (21) patkánnyal végzett alapkíséreltet és számos későbbi vizsgálat (6) alapján bizonyítottak lehet venni, hogy bizonyos típusú zenedarabok hatnak a patkányok viselkedésére, temporális és praefrontális neuronjai kisülésére, valamint az agybeli neurotranszmitterek koncentrációjára, továbbá tanulási képességére (7, 9). Az egér számára a szagigerek a legfontosabbak, a látás csak nagyon közelre éles és a hallás a kettő között foglal helyet (10). A zene befolyásáról kevesebb adattal rendelkezünk (16). Vizsgálatainkba a fentiekben jellemzett két jelentősen különböző egértörzset vontunk be, és azoknak humán és öt oktávval magasabb, tízszer gyorsabb (a továbbiakban „rodentizált”) zenét játszottunk le, hogy választ kapjunk az akusztikus környezet és a genotípus interakciójára.

Az egér számára a szagigerek a legfontosabbak, a látás csak nagyon közelre éles és a hallás a kettő között foglal helyet

ANYAG ÉS MÓDSZER

ÁLLATOK, TARTÁS-TAKARMÁNYOZÁS, ZENÉK

I. kísérlet: hús SPF (specified pathogen free) CD1 hím egereket vizsgáltunk, amelyek a *Mus musculus* faj B6; 129 S6-Stat 5B törzsébe tartoztak. Az állatok élő testtömege 15–30 g volt, életkoruk 2–5 hónap. Az állatokat a Cornell Egyetem Transgenic Mouse Care Facility osztályán tenyésztették. Az állatokat az AAALAC által akkreditált polikarbonát, egyedileg szellőztetett ketrecekben (IVC) (18 × 28 × 13 cm) kettésével tartottuk. Az alomanyag autoklávval kezelt szemcsézett kukoricacsutka volt (1040; Harlan Tekland, Fredrick, MD). A ketreceket állványokon helyeztük el, s környezetgazdagításként fészekanyag és PVC-csővek szolgáltak. A világos és a sötét órák aránya 14 : 10 volt. Az egerek *ad libitum* ivóvizet (Edstrom Waterford, WI) és patkánytápot kaptak (LM 485 Irradiated rat/mouse diet 7912, Harlan Tekland).

II. kísérlet: az előzőhöz hasonló körülmények között 12 SPF BALB/c típusú hím egeret vizsgáltunk a Bécsi Állatorvostudományi Egyetem Versuchstierkunde Intézetben. Az állatok 8–12 hetesek voltak, élő testtömegük pedig 20–25 g között mozgott.

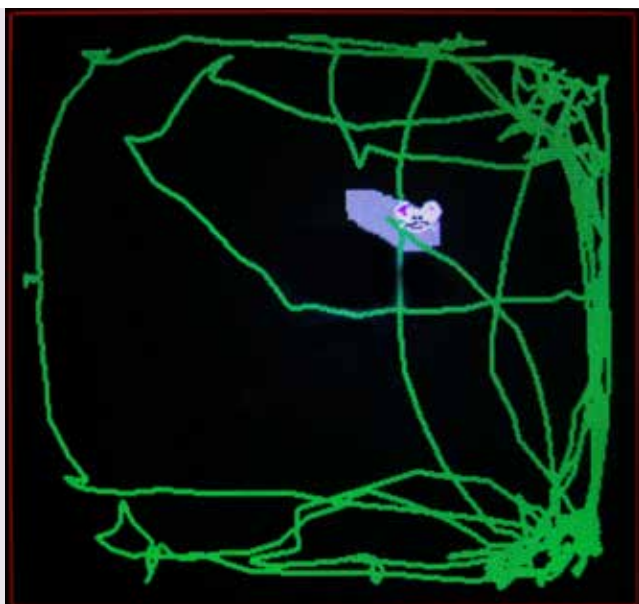
Az egyik kísérletet CD1, a másikat BALB/c hím egereken végezték

A vizsgált egereket párosával a bekamerázott és ultrahang-érzékelővel ellátott ketrecekbe helyezték

BACH- és MOZART-darabokat játszottak le nekik normál, ill. tízszeresére gyorsított, öt oktávval magasabb változatban

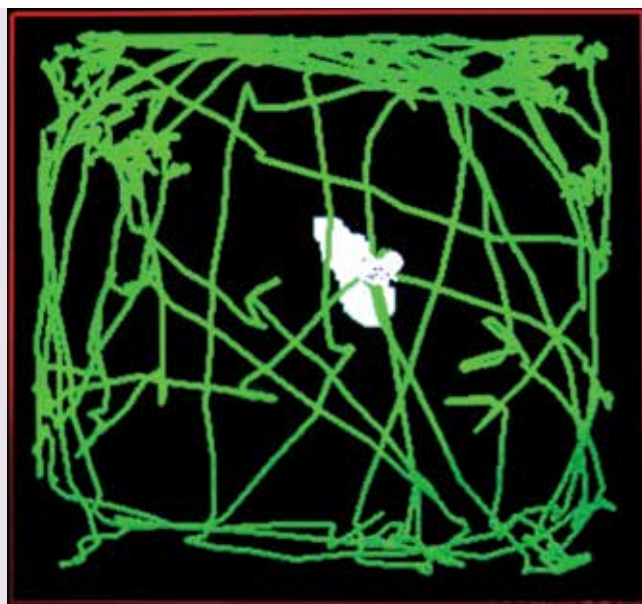
KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS

I. kísérlet: az egereknek többféle zenét játszottunk le két periódusban egy 40 × 70 × 35 cm-es fémketrecben, 10–10 párral összesen 3 × 10 videofelvétel készült. Az egerek semmilyen anesztetikumot vagy fájdalomcsillapítót nem kaptak. Azokat az egyedeket, amelyek a porondtesztre várakoztak, egy gyengén megvilágított helyiségben (22 °C-on, 60±5% relatív páratartalom) tartottuk. A vizsgált egereket párosával a bekamerázott és ultrahang-érzékelővel ellátott ketrecekbe helyeztük, és 5 perces csend alatt rögzítettük az alap etogrammot. Ezután következett MOZART darabja (a továbbiakban M), majd egy zenementes 5 perces periódus (MOZART után, a továbbiakban MU). Ezután az állatoknak lejátszottuk a BACH-darabot (a továbbiakban B), majd egy újabb csendes 5 perces szakasz (BACH után, a továbbiakban BU) zárta a megfigyelést. A kísérlet első szakaszában a zenei darabok eredeti, emberi fülnek szánt humán verzióját (a továbbiakban: „humán” vagy „normál”) használtuk (NM, NB elnevezésekkel), a második szakaszban pedig a tízszeresére gyorsított, öt oktávval magasabb (a továbbiakban: „rodentizált” vagy „gyors”) változatukat (GyM és GyB elnevezésekkel). Energetizáló zeneként MOZART „D-dúr szonáta két zongorára”, K 448 jegyzékszámú darabját használtuk, a másik darab pedig a kifejezetten nyugtató hatású BACH „Goldberg-variációk”, BW 988” (Ária, var.2, var.3, var.8 és var10) részlete volt GLENN GOULD előadásában. A rodentizálás-hoz a két művet WavePad számítógépes program segítségével felgyorsítottuk és magasságában is megemeltük, így alkalmazkodva az egerek embertől eltérő hallástartományához. A zene lejátszásához egy MacBook Pro számítógépet és hozzá csatlakoztatott, a tesztketrecen kívül, két sarkától 15–15 cm-re elhelyezett hangszórókat használtunk. A zene maximum 70 dB hangnyomásszintet ért el, hogy garantáltan ne okozhasson stresszt vagy halláskárosodást (8). A kísérlet csak átmeneti diszkomfortérzetet okozhatott (a lakó állattartó dobozból való át- és visszahelyezés) az egereknek. Az eljárást a Cornell Center Animal Resources and Education CARE (Ethical Comittee of Cornell University) engedélyezte.



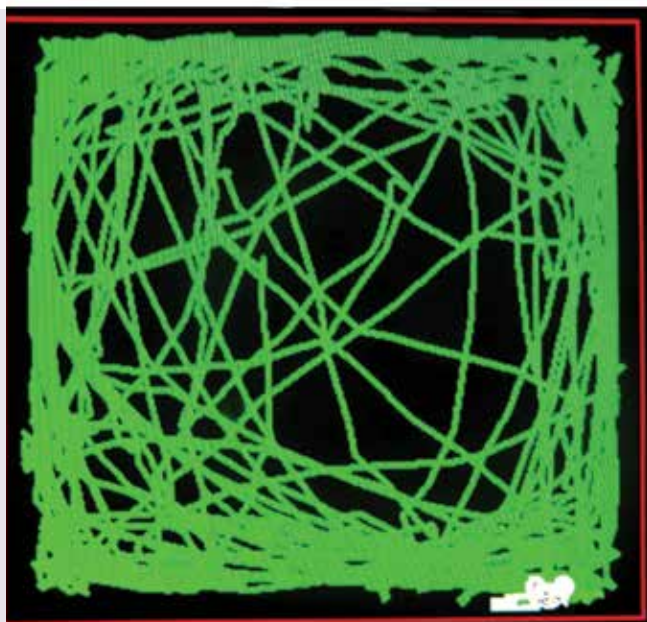
1. ÁBRA. A TiBeSplit megfigyelőrendszer porondja

FIGURE 1. The openfield area of the TiBeSplit system



2. ÁBRA. A TiBeSplit rendszer működés közbeni képe kevés mozgás esetén, ill. a megfigyelés elején

FIGURE 2. Picture of the TiBeSplit system during the openfield test with a sedentary mouse and at the beginning of observation



3. ÁBRA. A TiBeSplit rendszer működés közbeni képe a megfigyelés végén

FIGURE 3. Picture of the TiBeSplit system during the openfield test at the end of the observation

**A második kísérletben
porondteszteket
végeztek a zene
hatásának vizsgálatára**

**Az egerek a lassú,
emberi fülnek szánt
zenék hallgatása alatt
szimatolással és
futással töltötték a
legtöbb időt**

II. kísérlet: az egerekkel a TiBeSplit nevű automata megfigyelőrendszer segítségével porondteszteket (PT) végeztünk. Ehhez az állatokat egy felülről bekamerázott, fából készült, fekete színű, 40 × 40 cm alapterületű és 69 cm magas porondra helyeztük. A kísérlet három egymást követő napon zajlott. A zene lejátszásához egy MacBook Pro számítógépet és hozzá csatlakoztatott, az OF-dobozon kívül, két sarkától 15–15 cm-re elhelyezett hangszórókat használtunk. A zene maximum 70 dB hangnyomásszintet ért el. A kísérlet csak átmeneti diszkomfortérzetet okozhatott (a lakó állattartó dobozból való át- és visszahelyezés) az egereknek. Az 1. napon a normál gyorsaságú zeneszámokat játszottunk le az egereknek. Egy-egy egérrel három porondtesztet végeztünk egy nap, egy-egy porondteszt 8 percig tartott, ezalatt vagy MOZART darabját hallgatták az állatok, vagy a BACH-darabot, a kontrollszakaszban pedig csend volt. A lejátszott darabok ugyanazok voltak, mint az első kísérletünkben. Annak érdekében, hogy a kezelések sorrendje ne módosítsa az adatainkat, többféle zenei sorrendet alkalmaztunk (csend – MOZART – BACH vagy csend – BACH – MOZART). A 2. napon ugyanezen darabok rodentizált verzióját hallgatták meg az egerek a korábbival megegyező kísérleti elrendezésben. A 3. napon háromszor egymás után 8 perces csendes szakaszok alatt rögzítették az etogrammot.

A TiBe-split megfigyelőrendszer az alábbi mutatókat rögzítette a porondteszteket alatt: megtett út (az állat által a teljes 8 perc alatt megtett távolság méterben), pihenés (a program akkor rögzíti, hogy az állat pihen, ha annak sebessége nem haladja meg a 0,003 m/s-os sebességet), lassú vagy helyi mozgás (ha az állat 0,03 és 0,1 m/s sebesség közötti sebességgel mozog), gyors mozgás (ha az állat 0,1 m/s feletti sebességgel mozog), átlagsebesség (az állatok átlagos sebessége a 8 perc alatt m/s-ban), a porond központjának átszelése (alkalom), spontán irányváltások száma (alkalom), periférián eltöltött idő (s). A rendszer vizsgálat közbeni képét az **1., 2. és 3. ábra** szemlélteti.

STATISZTIKAI ELJÁRÁSOK

Az első kísérlet paramétereit Ethovision XT szoftver (Noldus Information Technology), a második (porondteszt) mutatóinak kiértékelésére a TiBe szoftvert és az R-programot használtuk. Majd varianciaanalízist alkalmaztunk (One Way ANOVA, post hoc Tukey HSD teszttel). Az eredményeket minden esetben $p < 0,05$ érték esetén tekintették szignifikánsnak.

EREDMÉNYEK

CD1. Az egerek a lassú, emberi fülnek szánt zenék hallgatása alatt szimatolással és futással töltötték a legtöbb időt, kivéve az NBU-szakaszban, abban ugyanis mindkét viselkedésem gyakorisága lecsökkent. A futás mennyisége az NM hatására megnőtt, majd folyamatos csökkenő tendenciát mutatott a többi kezelés alatt és az utolsó NBU-szakaszban szignifikánsan kevesebb volt, mint a NM szakaszban ($p < 0,001$). A futás mennyisége pedig az NBU-szakaszban szignifikánsan kisebb volt, mint a többi négyben ($p < 0,001$). Az ágaskodás ideje a zene megjelenésekor hirtelen lecsökkent, majd később is folyamatosan csökkent, és mind a négy zenés és zenét követő nyugalmi szakaszban szignifikánsan kevesebb volt, mint a csendes kontrollszakaszban ($p < 0,001$). Az ásás gyakorisága a NM-szakaszban

1. TÁBLÁZAT. A pihenés, a helyi és a térbeli gyors mozgás átlaga és szórása a zenei kezelések alatt (átlag ± szórás)**TABLE 1.** Average and standard deviation of resting, local and fast, space movement during the musical treatments. (average ± SD)
Csend = Silence, N = original version, Gy = accelerated version, pihenés = resting, helyi mozgás = local movement, gyors mozgás = fast movement

| Időszak Period | Pihenés Rest | Helybenmozgás Local movement | Gyors, térbeli mozgás Quick space movement |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|---|
| Csend (Silence), % | 23,03 ± 8,52 | 30,92 ± 4,18 | 46,04 ± 11,73 |
| Percent of time, % | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| N. MOZART, % | 25,37 ± 9,78 | 31,74 ± 4,18 | 42,90 ± 11,72 |
| Percent of time, % | 110,16 | 102,65 | 93,18 |
| N. BACH, % | 25,13 ± 6,92 | 33,00 ± 3,77 | 41,88 ± 9,30 |
| Percent of time, % | 109,12 | 106,73 | 90,96 |
| Gy. MOZART, % | 33,52 ± 8,71 | 36,15 ± 3,77 | 30,33 ± 9,49 |
| Percent of time, % | 145,55 | 116,91 | 65,88 |
| Gy. BACH, % | 32,39 ± 6,62 | 35,83 ± 3,19 | 31,78 ± 6,58 |
| Percent of time, % | 140,64 | 115,88 | 69,03 |

A pihenés mennyisége a zene megjelenésekor lecsökkent, de a további szakaszokban növekvő tendenciát mutatott

kicsit lecsökkent, majd az NMU-szakaszban kicsit megnőtt, ezután folyamatosan csökkent; a mennyisége pedig a NBU-szakaszban volt a legkisebb, szignifikánsan kisebb, mint a NMU-szakaszban ($p < 0,001$). A pihenés mennyisége a zene megjelenésekor lecsökkent, de a további szakaszokban növekvő tendenciát mutatott. Az utolsó NBU-szakaszban szignifikánsan nagyobb volt az értéke, mint a NM- és NMU-szakaszokban ($p < 0,01$). Az evés ezzel ellentétesen változott, mennyisége a zene megjelenésekor megnőtt, majd folyamatosan csökkent. A NBU-szakaszban volt a legkevesebb az evéssel töltött idő, és ez szignifikánsan volt kevesebb mint a NM-szakaszban ($p > 0,05$). Az önápolás gyakorisága kisebb-nagyobb ugrásokkal, de folyamatosan nőtt, és az utolsó NBU-szakaszban szignifikánsan több időt fordítottak rá az egerek, mint a többi 4 szakaszban ($p < 0,001$). A társ mosdatása alig volt jelen a vizsgálat alatt (1. táblázat). Az egyes viselkedéselemek tükrözik az állat „lelkiállapotát”: közömbös (ül, de a feje mozog), átlagos (szimatol, mozog a fal mentén), félelemtől mentes (önápolás, átszeli a középpontot), ijedt (mozdulatlan ül, esetleg „lefagy”, elterül). A részleteket illetően utalunk TCHERNICHOVSKI és GOLANI (22), valamint DRAI és mtsai (3) közleményére.

Ha a különféle viselkedéselemeket két csoportra – aktív és passzív viselkedéselemekre – bontjuk, és az azonos csoportba tartozó viselkedésformákat összevonjuk, akkor láthatjuk, hogy a humán MOZART gyakorlatilag nem módosította a viselkedést, a humán BACH 24,65%-kal csökkentette az aktív elemek arányát, a passzívokét 94,16%-kal növelte. A rodentizált MOZART-zene viszont már növelte 11,12%-kal az aktív és 42,50%-kal csökkentette a passzív időszakokat. A rodentizált BACH-zene viszont 12,26%-kal mérsékelte az aktivitást és 48,01%-kal megnyújtotta a passzivitás időtartamát. Az aktív viselkedéselemek aránya tehát a kezelések során folyamatosan csökkent, és a NBU-szakaszban szignifikánsan kisebb volt mint az első négy szakaszban ($p < 0,001$). A passzív viselkedéselemek aránya ennek megfelelően épp fordítva alakult, a különféle kezelések alatt folyamatosan nőtt, és az utolsó NBU-szakaszban szignifikánsan nagyobb volt, mint az első négyben ($p < 0,001$). Az aktív viselkedéselemek közé tartozik a futás, szimatolás, ágasko-

Az aktív viselkedéselemek aránya a kezelések során folyamatosan csökkent

2. TÁBLÁZAT. A viselkedéselemek átlaga és szórása a különféle zenei kezelések alatt. (átlag \pm SD) M = MOZART, B = BACH, U = zenét követő szakasz

TABLE 2. Average and standard deviation of the different behaviours during the musical treatments. (average \pm SD), M = MOZART, B = BACH

| | Ágaskodik/ rearing | Ás/digging | Eszik/eating |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Csend/silence | 62,56 \pm 49,99 | 42,23 \pm 66,74 | 21,5 \pm 38,41 |
| Normál M/orig. M | 13,42 \pm 13,24 | 29,93 \pm 49,26 | 51,67 \pm 52,77 |
| Normál MU/after orig. M | 6,68 \pm 8,15 | 53,24 \pm 53,44 | 37,35 \pm 46,96 |
| Normál B/orig. B | 5,87 \pm 7,72 | 33,76 \pm 35,96 | 27,43 \pm 32,75 |
| Normál BU/after orig. B | 4,34 \pm 7,87 | 8,58 \pm 17,16 | 14,69 \pm 26,34 |
| Csend2/silence2 | 13,65 \pm 12,67 | 22,62 \pm 39,05 | 14,81 \pm 25,29 |
| Gyors M acc. M | 57,99 \pm 56,88 | 33,7 \pm 78,11 | 2,52 \pm 11,27 |
| Gyors MU/after acc. M | 64,12 \pm 51,67 | 33,13 \pm 37,99 | 15,51 \pm 29,85 |
| Gyors B/acc. B | 46,18 \pm 64,48 | 25,11 \pm 42,7 | 4,42 \pm 13,6 |
| Gyors BU/ after acc. B | 46,00 \pm 44,69 | 24,72 \pm 33,1 | 19,91 \pm 32,34 |

dás és az ásás, a passzív viselkedéselemek pedig a mosakodás (önmagát vagy társát), a pihenés és az evés.

A gyors, „rodentizált” zenét használó kísérletben is jobbra futással és szimatolással töltötték a legtöbb időt az állatok, ám mindkét viselkedésem mennyisége csökkent az idő előrehaladtával. A szimatolás mennyisége a zenés szakaszokban nagyobb volt, mint a zenét követő csendes szakaszokban. Az ásás mennyisége előbb enyhén nőtt, majd folyamatosan csökkent. Az önápolás előbb enyhén csökkent majd folyamatosan nőtt. Az evés a csendes szakaszokban kb. azonos mennyiségben volt jelen, míg a zenei kezelések alatt a mennyisége csökkent, ráadásul a zene hatására az evést egyáltalán mutató egyedek száma is csökkent (Cs2: 7, GM: 1, GMU: 10, GB: 2, GBU: 8 állat). Az ágaskodás a GyM alatt és az utána következő csendes szakaszban megnőtt, majd újra csökkenni kezdett. A GyM- és a GMU-szakaszokban szignifikánsan több időt töltöttek ezzel a viselkedéssel az állatok, mint a Cs2-szakaszban ($p < 0,05$). A Cs2-szakaszban nem figyeltünk meg mozdulatlan pihenést, utána viszont mennyisége folyamatosan nőtt. A társ mosdatása meglehetősen ritka jelenség volt, csupán a MOZART utáni csendes szakaszban, a BACH-darab alatt, ill. az után figyeltük meg.

Az aktív viselkedéselemek aránya ebben a kísérleti szakaszban is folyamatosan csökkent az idő előrehaladtával, és az utolsó GyBU-szakaszban szignifikánsan kisebb arányban voltak jelen mint a Cs2-szakaszban (one-way ANOVA, $p < 0,05$). A passzív viselkedéselemek aránya is ennek megfelelően alakult, arányuk folyamatosan nőtt, és a GyBU-szakaszban szignifikánsan nagyobb volt mint a Cs2 szakaszban.

BALB/c. A csendes szakaszban, ill. a normál tempójú és magasságú zenei darabok lejátszása közben az állatok gyors mozgással töltötték az idő nagy részét, ezt követte a helyi mozgás majd a pihenés. A rodentizált változatok lejátszása közben azonban ez megváltozott, a pihenés aránya nőtt, míg a gyors mozgásé csökkent (2. táblázat). A pihenés változása statisztikailag szignifikánsnak bizonyult, a gyors zenei kezelések alatt szignifikánsan több időt töltöttek vele az egerek, mint a csendes szakaszban. Az egerek a gyors MOZART-zenés kezelés alatt kevesebb időt töltöttek gyors mozgással, mint a csend vagy a lassú MOZART-darab alatt, a gyors BACH lejátszásakor viszont kevesebbet, mint a csendes kezelés során. A helyi mozgás aránya kisebb intervallumban mozgott a különféle kezelések során (30,92–36,15% között). A gyors MOZART-darab lejátszásakor szignifikánsan nagyobb arányban fordult elő ez a mozgásforma, mint a csendes szakaszban vagy a normál

Az aktív viselkedéselemek aránya ebben a kísérleti szakaszban is folyamatosan csökkent az idő előrehaladtával, a passzív viselkedéselemek aránya pedig folyamatosan nőtt

A BALB/c egerek esetében a rodentizált változatok lejátszása közben a pihenés aránya nőtt, míg a gyors mozgásé csökkent

| | Fut/running | Önápólás/ self-grooming | Pihenés/ resting | Szimatol/ sniffing | Társát mos- datja/groom- ing other | Aktív/active | Passzív/pas- sive |
|--|----------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|--|-----------------|----------------------|
| | 70,6 ± 31,44 | 25,3 ± 38,06 | 23,93 ± 61,67 | 109,96 ± 40,13 | 3,92 ± 14,58 | 285,35 ± 87,86 | 74,68 ± 87,86 |
| | 108,43 ± 46,48 | 20,71 ± 35,41 | 1,71 ± 3,18 | 133,87 ± 45,66 | 0,26 ± 1,17 | 285,64 ± 52,08 | 74,36 ± 52,08 |
| | 73,09 ± 52,32 | 64,71 ± 89,98 | 11,17 ± 30,71 | 113,86 ± 66,31 | 0,33 ± 1,49 | 246,87 ± 95,6 | 113,13 ± 95,6 |
| | 66,94 ± 59,82 | 54,09 ± 76,29 | 62,49 ± 117,18 | 108,44 ± 59,26 | 0,98 ± 3,02 | 215,0 ± 123,83 | 145,0 ± 123,83 |
| | 36,24 ± 50,53 | 153,04 ± 141,38 | 99,62 ± 156,32 | 41,39 ± 56,7 | 2,1 ± 9,39 | 90,55 ± 108,64 | 269,45 ± 108,64 |
| | 145,74 ± 43,68 | 18,71 ± 44,17 | 0 ± 0 | 144,47 ± 47,12 | 0 ± 0 | 326,47 ± 48,72 | 33,52 ± 48,72 |
| | 84,64 ± 62,76 | 15,48 ± 69,23 | 24,94 ± 80,65 | 140,73 ± 85,72 | 0 ± 0 | 317,06 ± 101,96 | 42,94 ± 101,96 |
| | 62,68 ± 39,22 | 37,86 ± 77,89 | 54,33 ± 125,91 | 89,49 ± 58,05 | 2,88 ± 7,41 | 249,42 ± 133,71 | 110,58 ± 133,71 |
| | 62,5 ± 70,22 | 41,98 ± 85,76 | 56,16 ± 131,31 | 115,71 ± 101,18 | 7,95 ± 35,57 | 249,49 ± 153,44 | 110,51 ± 153,43 |
| | 49,32 ± 41,63 | 44,37 ± 97,98 | 84,44 ± 147,26 | 90,9 ± 68,22 | 0,34 ± 1,51 | 210,95 ± 147,42 | 149,05 ± 147,42 |

Az egerek szignifikánsan kisebb távolságot tettek meg rodentizált MOZART-, ill. BACH-darabok lejátszása közben

sebességű MOZART lejátszásakor. A rodentizált BACH lejátszásakor pedig jelentősen több időt töltöttek helyi mozgással mint a csend alatt.

A teljes porondteszt alatt megtett út (m) a pihenés és a helyi, ill. gyors mozgás változásának megfelelően alakult. Az egerek szignifikánsan kisebb távolságot tettek meg (7,9; 9,1; 34 és 31% csökkenés, NM, NB, GyM és GyB sorrendben) a rodentizált MOZART-, ill. BACH-darabok lejátszása közben, mint a csendes szakaszban. A térbeli gyors mozgás arányának csökkenése, a rodentizált változatok lejátszása során szignifikáns. A porondon mért átlagsebesség (m/s) a gyors zenei kezelések során a csendes kontrollszakaszhoz képest szignifikánsan lecsökkent. A lassú zenei kezelések során is kisebb átlagsebességet mértünk, mint a csendes kezelés alatt, de a különbség nem szignifikáns. Az egerek a gyors MOZART- és BACH-darabok hallgatása során kevesebb alkalommal szelték át a porond közepét, mint a csendes szakaszban. A lassú zenei kezelések alatt is kevesebbszer szelték át a központot, mint a csendes szakasz alatt, de a különbség nem szignifikáns. A rodentizált MOZART-darab alatt az egerek több időt töltöttek a periférián (s), mint a csend vagy a lassú MOZART és BACH hallgatása közben, míg a gyors BACH-zene alatt több időt tartózkodtak ott, mint a csendes szakaszban. A spontán irányváltások száma a csendes szakasz és a lassú BACH-kezeléshez képest mindkét gyors zenei kezelés során lényegesen csökkent.

MEGVITATÁS

Nem lehet kizárni azt, hogy az egymás után következő zenei kezelések alatt az egerek hozzászoktak a kísérleti helyhez és akusztikai ingerhez

Az első kísérletben az eredmények alapján arra következtettünk, hogy nem lehet kizárni azt, hogy az egymás után következő zenei kezelések alatt az egerek hozzászoktak a kísérleti helyhez és akusztikai ingerhez. A viselkedés és UH-kibocsátás regisztrálását egymás után végeztük, így lehetséges, hogy a MOZART-zene lejátszásakor még aktívabb állatok a BACH-darabnál már hozzászoktak az új környezethez és hangingerekhez, és emiatt tűntek nyugodtabbnak. Logikus feltételezni, hogy az állatok a kezdeti izgalom után folyamatosan lenyugszanak, tehát csökken az aktivitás, és nő a pihenéssel töltött idő. Ez az eredmény megfelelne a FALKENHORST (5) által tapasztaltakhoz, ahol hasonló kísérleti elrendezésben a normál tempójú és magasságú zene hatását vizsgálták az egerek viselkedésére. Az aktivitás csökkenését támasztotta alá az, hogy a szimatolás gyakorisága – bár nem volt szignifikánsan csökkenett. Ezen kívül a futással töltött idő is idővel lecsökkent, ez a MOZART, a MOZART utáni, a BACH és a BACH utáni szaka-

Az egerek érdeklődést mutattak a megjelenő zene iránt, mikor azonban az másodszor jelent meg már nem reagáltak olyan intenzíven

A rodentizált zene intenzívebb hatással lehet az egerekre, mint az eredeti

A gyors zenék alatt a helyben való mozgás gyakorisága szignifikánsan megnőtt

Az egerek aktivitása csökkent a gyors zene hatására, de kissé a lassúra is

A rodentizált zene hatására jobban szorongtak az egerek, mint a csend vagy a normál tempójú zene alatt

szokban is szignifikánsan kisebb volt az erre szánt idő mint az alapviselkedés alatt. Az önápolás és pihenés ideje viszont folyamatosan nőtt, amik ugyancsak alátámasztják a porondhoz szokás elméletét. Nem minden változás vezethető le azonban a hozzászokásból. Például az ágaskodás gyakorisága a MOZART-darab lejátszása alatti és azutáni időszakban megnőtt, azonban a BACH-darab esetén újra lecsökkent (vö. 1. táblázat). Ez arra utalhat, hogy az egerek érdeklődést mutattak a megjelenő zene iránt, mikor azonban az másodszor jelent meg (BACH), már nem volt olyan új az inger számukra, nem reagáltak olyan intenzíven. Az évessel eltöltött idő statisztikailag nehezen elemezhető, ugyanis kevés állat evett, s azok is igen nagy szórást mutattak, azonban a zenei kezeléseket kevesebb állat evett, mint a csendes szakaszokban (7, 10, ill. 8 állat az alapviselkedés, a MOZART utáni és BACH utáni szakaszokban, egy, ill. két állat a MOZART- és BACH-darab alatt), ami fokozott szorongásra utal. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a rodentizált zene intenzívebb hatással lehet az egerekre, mint az eredeti, emberi fülnek szánt változat, ugyanis az aktív viselkedéselemek csökkenése és a passzív viselkedéselemek növekedése nem olyan folyamatos és fokozatos mint FALKENHORST (5) vizsgálatában, így feltételezhető, hogy míg ott szinte minden változást a hozzászokásnak tudhatunk be, addig jelen esetben a zenei kezelés hatása is mérhető. Az aktív elemek közé tartozik a futás, szimatolás, ágaskodás, ásás, valamint az ultrahangrögzítő mikrofon „fölfedezése”, amelyet jelen vizsgálatban ágaskodásként értékeltünk. A passzív viselkedéselemek közé tartozik a mosakodás (önmagát vagy társát), a pihenés és az evés.

A második kísérlet során a kísérleti elrendezés módosításával kívántuk elkerülni, hogy a porondhoz való hozzászokás torzítsa az eredményeket. Ehhez úgy módosítottuk a vizsgálatokat, hogy egyszerre az állatok csak maximum 8 percet töltöttek a porondon, miközben végig ugyanazt a zenei kezelést hallgatták, és a különféle zenéket különböző napokon teszteltük. A csend, a MOZART- és a BACH-lejátszás sorrendjét is egyedcsoportonként változtattuk. Ezen kísérletben a lassú és a gyorsított zenék hatását egyaránt vizsgáltuk. Általánosságban a vizsgált paraméterek a csend és a lassú zene alatt is hasonlóan alakultak, bár kisebb csökkenés (gyors mozgás), vagy növekedés (pihenés, mozgás helyben) megfigyelhető volt a lassú zenék alatt is. A gyors zenék alatt viszont egyértelműen intenzívebb változások láthatóak. A helyben való mozgás gyakorisága szignifikánsan megnőtt a csendes szakaszhoz képest, a gyors MOZART alatti gyakoriság még a lassú MOZART-tól is szignifikánsan eltért. Szintén jelentősen megnőtt a pihenés mennyisége is a gyors zenék alatt. A gyors mozgás pedig ezzel ellentétben szignifikánsan lecsökkent, akárcsak az átlagsebesség és a megtett út. Ezek alapján kijelenthető, hogy az egerek aktivitása csökkent a gyors zene hatására, de kissé a lassúra is. A lassú zenére általában jellemző volt, hogy a paraméterek értékei a csend és a gyors zene között helyezkedtek el. Így csak kisebb változásokat észleltünk, ami nem volt szignifikáns.

Azt is vizsgáltuk, hogy mennyire érzik magukat biztonságban az állatok, mennyire szoronganak a kísérlet alatt. Ez jól mérhető a periférián töltött idővel, ill. a ketrec központjának átszelésének gyakoriságával. Az előbbi szorongásra utal, az utóbbi esetben viszont az egerek biztonságban érzik magukat, stresszmentesek. Kísérletünkben azt az eredményt kaptuk, hogy a gyors zene alatt a periférián töltött idő szignifikánsan több volt, a központ átszelése pedig szignifikánsan csökkent. A spontán irányváltások száma is szignifikánsan csökkent a gyors zenénél a lassúhoz és a csendhez képest (vö. 2. táblázat). Ebből egyértelműen kiderül, hogy a rodentizált zene hatására jobban szorongtak az egerek, mint a csend vagy a normál tempójú zene alatt. Ha összehasonlítjuk a két zenei darab hatását, akkor láthatjuk, hogy a gyors MOZART-nál voltak a legnagyobb eltérések, amelyek legtöbbször szignifikánsak voltak. Felmerül a kérdés: a MOZART-zene hatása intenzívebb, mint a BACH-darabé? Míg a MOZART-zene szélesebb hang- és intenzitáshatárok között

mozog, addig a BACH-darab inkább a gyors térbeli mozgást csökkentő, nyugtató hatású. Lehet, hogy ennek is szerepe van a hatás különbségében, hiszen a humán használata is eltérő. Az egyiket tanuláshoz, a másikat pihenéshez javasolják.

Az (ultra)hang kibocsátó fájára, nemére, nemi ciklusára és a hierarchián belüli helyzetére vonatkozóan is tartalmaz információkat, mind az ember, mind az egerek esetében (25). Ilyen értelemben a zene – különösen a humán változat – kevésbé jelent fajspecifikus ingert az egérnek, mint azt a jelen vizsgálatok is igazoltak. Ugyanakkor leírták, hogy van veleszületett zenei preferencia (BEETHOVEN I. és IX. szimfóniája ANTONIO CARLOS JOBIM: Agua de beber zenészámaival szemben), ami betanítással fokozható (26). Patkányok esetében az egyszerű pentaton dallam csökkenti a stresszállapotot, optimalizálja a gasztrintermelést, fokozza a makrofágok fagocitóziskészségét, a T-sejtek proliferációját és a szérum IgG-szintjét (27).

A humán és a rodentizált változat eltérő hatására magyarázatot adhat az a nyulakon (1) és mongol futóegéren (17) talált eredmény, miszerint az agyban a különböző magasságú frekvenciákra szakosodott neuronok vannak. A két klasszikus zene között mi nem találtunk szignifikáns különbséget, jóllehet a BACH-zene nyugtató hatása kifejezettebb. Ezzel szemben MERRELL (18) azt találta, hogy a heavy metal zene tartós behatása végzetes viselkedéskárosodást okozott, a hím egerek harcoltak és megölték egymást. CHABOUT és mtsai (2) azt találták, hogy veleszületett zenei preferencia is létezik az egereknél, ami – különösen fiatal korban (26) – szoktatással tovább fokozható (24).

Összességében elmondható a kísérletünk alapján, hogy a rodentizált zene hatással van az egerek viselkedésére. A zene- és a genotípustól is függően csökkenti azok aktivitását, ill. stresszorként is szerepelhet. Egyet lehet érteni EHRET (4) véleményével, miszerint egerek számára a jól megválasztott zene egyrészt stresszoldó, továbbá viselkedésüket és (ultra)hang-kibocsátásukat monitorozva helyettesíthetnek énekesmadár-modelleket.

**A kétféle egértörzs
a zenei kezelések
hatására adott
válaszviselkedése eltérő**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka elvégzéséhez hozzájárult a SZIE ÁOTK 2015. évi Kutató Kari keretének támogatása, valamint KISS JÓZSEFNÉ OLÁH EDIT MARGIT könyvtáros önzetlen segítsége.

IRODALOM

- BATRA, R.: responses of neurons in the ventral nucleus of the lateral lemniscus to sinusoidally amplitude modulated tones. *J. Neurophysiol.*, 2006. 96. 2388–2398.
- CHABOUT, J. – SARKAR, A. et al.: Male mice song syntax depends on social contexts and influences female preferences. *Front. Behav. Neurosci.*, 2015. 9. 76.
- DRAI, D. – BENJAMIN, Y. – GOLANI, I.: Statistical discrimination of natural modes of motion in rat exploratory behavior. *J. Neurosci. Meth.*, 2000. 96. 119–131.
- EHRET, G.: Sound communication in house mice: Emotions in their voices and ears ? In: ALTENMÜLLER, E. – SCHMIDT, S. – ZIMMERMANN, E. (eds.): *Evolution of emotional communication: From sounds in nonhuman mammals to speech and music in man*. Oxford Scholarship Online, 2013. DOI:10.1093/acprof:oso/9780199583560.003.0004
- FALKENHORST, O. *Befolyásolja a zene az egerek viselkedését?* SZIE Állatorvos-tudományi Kar, Tudományos Diákköri Konferencia. Budapest, 2013.
- FEKETE S. GY. – BERNITSA, T.: Különböző emberi környezethatások (szocializáció, zene, zajzene, zaj) befolyása a patkányok viselkedésére 2. rész. Válaszolnak-e a patkányok az emberi zenére? *Magy. Állatorv. Lapja*, 2013. 135. 246–253.
- FEKETE, S. GY. – KORSÓS, G. – VEZÉR, T. – LUKÁCS, A. – BROWN, D. L.: *Effects of Mozart-music on the rat's learning capacity and short-term action catalogue – preliminary study*. "Acoustic Communication By Animals". 3rd Intern. Conf. Aug.1–5. 2011. Cornell. 41–42.
- FEKETE S. GY. – KORSÓS G. – SUKIKARA, CH.: Különböző emberi környezethatások (szocializáció, zene, zajzene, zaj) befolyása a patkányok viselkedésére. 3. rész. Különböző típusú zajok hatása a patkányok porondteszt. *Magy. Állatorv. Lapja*, 2013. 135. 692–698.
- FEKETE S. GY. – LUKÁCS A. – HORVÁTH K. – KORSÓS G. – VEZÉR T.: Mozart-szonáta hatása patkányok tanulási és emlékezési teljesítményére. *Magy. Állatorv. Lapja*, 2014. 136. 167–176.
- GARNER, J. P.: Stereotypies and other abnormal repetitive behaviors: Potential impact on validity, reliability, and replicability of scientific outcomes. *ILAR J.*, 2005. 46. 106–117.
- <https://www.jax.org/strain/000664>, retrieved May 24, 2016.
- <https://www.jax.org/strain/000651>, retrieved May 24, 2016.
- <http://www.criver.com/product-services/basic-research/find-a-model/balb-c-mouse>, retrieved May 24, 2016.

14. <http://www.criver.com/products-services/basic-research/find-a-model/cd-1-mouse>, retrieved May 24, 2016.
15. KANDURI, CH. – KUUSI, T. et al.: The effect of music performance on the transcriptome of professional musician. *Sci. Rep.*, 2015. 5. 9506.
16. KORSÓS G. – BROWN, D. L. – RÜHLICKE, T. – FEKETE S. GY.: Egéretológia: különböző emberi és rodentizált zene hatása az egerek társas és egyéni viselkedésére, közérzetére és a genetika-környezet kölcsönhatására, I. Irodalmi összefoglaló. *Magy. Állatorv. Lapja*, 2016. 138. 695–704.
17. LANGNER, G. L. – BRAUN, S. et al.: New evidence for a pitch helix in the ventral nucleus of the lateral lemniscus in the gerbil. *Assoc. Res. Otolaryngol.*, 2006. Abstr. 771.
18. MERRELL, D.: Mice, music and maze. Does metal really have a negative effect on the animal's ability to learn? In: *Towards a new renaissance in classical education Symp.* Washington, D. C., 1998. schillerinstitute.org
19. MILLER, K. A. – WILLIAMS, L. et al.: A Novel Mouse Model of Hereditary Deafness. *PLoS One*, 2013. 8. e74243.
20. POWLEDGE, T. M.: Behavioral epigenetics: How nurture shapes nature. *BioScience*, 2011. 61. 588–592.
21. RAUSCHER, F. H. – ROBINSON, K. D. – JENS, J. J.: Improved maze learning through early music exposure of rats. *Neurol. Res.*, 1998. 20. 427–432.
22. TCHERNICHOVSKI, O. – GOLANI, I.: A phase plane representation of rat exploratory behavior. *J. Neurosci. Meth.*, 1995. 62. 21–27.
23. TURNER, J. G. – PARRISH, J. L. et al.: Hearing in laboratory animals: strains differences and nonauditory effects of noise. *Comp. Med.*, 2005. 55. 12–23.
24. VUILLEUMIER, P. – TROST, W.: Mice and emotions: from enchantment to entrainment. *Am. N.Y. Acad. Sci.*, 2015. 1337. 2012–222.
25. XU, Y. – LEE, A. et al.: Human vocal attractiveness as signaled by body size projection. *PLoS One*, 2013. 8. e6397.
26. YANG, E-J. – LIN, E. W. – HENSCH, T. K.: Critical period for acoustic preference in mice. *PNAS*, 2012. 109. Suppl. 2., 17213.
27. ZHANG, SH-Y. – PENG, G-Y. et al.: Effect and mechanisms of gong-tone music on the immunological function in rats with liver (Gan)-Qi Depression and Spleed (Pi)-Qi Defficiency Syndrome in Rats. *Chin. J. Integr. Med.*, 2013. 19. 212–216.

Közlésre érk.: 2016. jún. 7.