

Állatorvostudományi Egyetem
Állatorvostudományi Doktori Iskola

**Akusztikus tényezők hatása laborrágcsálók és házityúkok
viselkedésére, élettanára és tanulási teljesítményére**

PhD értekezés

Dr. Korsós Gabriella

2022

Témavezető és témabizottsági tagok:

.....
Prof. Dr. Fekete Sándor György
Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-
tudományi Tanszék
témavezető

.....
Dr. Gáspárdy András
Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-
tudományi Tanszék
társtémavezető

Készült 8 példányban. Ez a n. sz. példány.

.....
dr. Korsós Gabriella

Tartalomjegyzék

1. Rövidítések jegyzéke	5
2. Összefoglalás.....	7
3. Summary.....	8
4. Bevezetés	9
5. Irodalmi áttekintés	11
5.2. A stressz	14
5.3. Az állatjóllét és a stresszállapot mérésének lehetőségei	16
5.3.1. A stressz hatása a termelésre	16
5.3.2. Az élettani paraméterek vizsgálata.....	17
5.3.3. A viselkedésvizsgálat módjai és jelentősége	17
5.4. A zaj és a zene	21
5.4.1. A zene hatása emberekre	24
5.4.2. A zene hatása különféle állatfajokra.....	25
5.4.2.1. Halak.....	26
5.4.2.2. Baromfifajok.....	26
5.4.2.3. Egér	27
5.4.2.4. Patkány.....	29
5.4.2.5. Kutya.....	30
5.4.2.6. Sertés	31
5.4.2.7. Szarvasmarha.....	32
5.4.2.8. Vadállatok	32
6. A vizsgálatok bemutatása.....	33
6.1. Zenék és zajok hatása csirkék viselkedésére és stresszállapotára.....	33
6.1.1. Összefoglaló	33
6.1.2. Bevezetés	34
6.1.3. Anyag és módszertan	35
6.1.4. Eredmények.....	37
6.1.5. Megbeszélés.....	41
6.2. Normál és "rodentizált" zene hatása egerek viselkedésére.....	45
6.2.1. Összefoglaló	45
6.2.2. Bevezetés	45
6.2.3. Anyag és módszertan	46
6.2.4. Eredmények.....	48
6.2.5. Megbeszélés.....	52
6.3. Normál és "rodentizált" zene hatása a patkányok memóriájára és tanulási teljesítményére	54
6.3.1. Összefoglaló	54
6.3.2. Bevezetés	55

6.3.3. Anyag és módszertan	57
6.3.4. Eredmények.....	61
6.3.5. Megbeszélés.....	64
6.4. A heveny és ismétlődő zajterhelés hatása a hím és nőstény egerek viselkedésére és agyszövetének lipidperoxidációs folyamataira	69
6.4.1. Összefoglaló	69
6.4.2. Bevezetés	70
6.4.3. Anyag és módszertan	72
6.4.4. Eredmények.....	75
6.4.5 Megbeszélés.....	77
7. Új tudományos eredmények.....	81
8. Irodalomjegyzék	82
9. A doktori kutatás eredményeinek közlései.....	99
9.1. Lektorált, impakt faktoral bíró tudományos folyóiratban megjelent publikációk.....	99
9.2. Konferencia prezentációk.....	100
9.3. Akadémiai beszámolók	101
9.4. A doktori kutatás témájához nem kapcsolódó tudományos közlemények	102
10. Köszönetnyilvánítás.....	103

1. Rövidítések jegyzéke

AAALAC		Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care
ANOVA	varianciaanalízis	analysis of variance
ACTH	adrenokortikotrop hormon	adrenocorticotropic hormone
BALB/c	beltenyésztett albínó egértörzs	
BDNF	agyi eredetű növekedési fehérje	brain-derived neurotrophic factor
C57, C56BL/6	beltenyésztett fekete színű egértörzs	
CBG	kortikoszteron-kötő globulin	corticosterone binding protein
CD	kompaktlemez	compact disc
CD1	kültenyésztett albínó egértörzs	
Crl: WI BR	a Charles River Laboratories kültenyésztett Wistar patkánytörzse	
dB	decibel, a hang erősségének meghatározására használt mértékegység	
DBA	hallásvesztésre hajlamos beltenyésztett egértörzs	
DFD	sötét színű, kemény, száraz hús	dark, firm, dry
DHPPH	hidrogén (proton)-donor aktivitás	
DNS	dezoxiribonukleinsav	
EEG	elektroencefalográf	
ELS	a méhen kívüli fejlődés korai szakaszában jelentkező stresszhatás	Early Life Stress
EPM	emelt plusz labirintus	elevated plus maze
Fr	rezgésfrekvencia	resonance frequency
HPA - tengely	hipotalamusz-agyalapi mirigy-mellékvese tengely	hypothalamic-pituitary-adrenal axis
HRV	szívfrekvencia-variabilitás	heart rate variability
HSD (Tukey-HSD teszt)	őszintén szignifikáns különbség teszt	honest significant difference test
Hz, kHz	hertz, kilohertz, a frekvencia mértékegysége	

K-EDTA	kálium-etilén-diamin-tetraecetsav	
MÁB	Munkahelyi Állatjóléti Bizottság	
IVC	egyedileg szellőztetett ketrec	individually ventilated cage
NGF	idegnövekedési faktor	nerve growth factor
NMDA	N-metil-D-aszpartát	N-methyl-D-aspartate
NO	nitrogén-monoxid	
NOS	nitrogén-monoxid-szintáz enzim	
NRC		National Research Council
OECD	Gazdasági Együtműködési és Fejlesztési Szervezet	Organization for Economic Co-operation and Development
PAL	passzív elkerülési tanulás (teszt)	passive avoidance learning
PAS-festés	perjódsvav-Schiff festés	
PSE	sápadt, puha, vizenyős hús	pale, soft, exsudative
PT	porondteszt	
RI	retenciós intervallum	
RLU	relatív fény egység	relative light unit
ROS	reaktív oxigén szabadgyökök	reactive oxygen species
SFR	rezgésérzékelési küszöb	sensitivity frequency range
SHR	spontán hipertenzív patkánytörzs	spontaneously hypertensive rat
SPF	specifikált kórokozótól mentes állat	specific pathogen free
SPL	hangnyomásszint	sound pressure level
SZIA ÁOTK	Szent István Egyetem, Állatorvostudományi Kar	
TrkB	tirozin-kináz receptor B	
UH	ultrahang	
VAF	vírusantigéntől mentes állat	viral antibody free
WM	munkamemória	working memory

2. Összefoglalás

Régóta ismert tény, hogy az akusztikus környezet, a hangingerek jelentősen képesek befolyásolni számos állatfaj élettani állapotát és viselkedését. Ez a hatás lehet pozitív és negatív is, így bizonyos hangok, s elsősorban zajok károsan hatnak az állatokra, bizonyos hangingerek viszont környezetgazdagító elemként is használhatóak. Jelen dolgozatban a zaj és a zene laboratóriumi állatokra és brojlercsirkékre gyakorolt hatását vizsgáltuk. A különbségeket $p \leq 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak.

Fiatal, Ross típusú húshibrid csirkéket zaj- és zenei kezelésnek tettünk ki. Azt találtuk, hogy a csirkék mind hormonálisan, mind viselkedés tekintetében hasonlóan reagáltak a zajra és a zenére. Egyik kezelés sem okozott klinikai tünetekben megnyilvánuló stresszt, azonban a vérben mindkét kezelés megemelte a szérum kortikoszteron koncentrációját. Vizsgáltuk Bach és Mozart műveinek eredeti és öt oktávval magasabb, valamint tízszer gyorsabb „rodentizált” változatának hatását CD1 és BALB/c hím egerek viselkedésére. Azt találtuk, hogy a humán és a rodentizált zene másként befolyásolja az egerek viselkedését, a rágcsálók hallástartományához igazított változat csökkenti a mozgásaktivitásukat. Következő kísérletsorozatunkban Mozart K448-as jegyzékszámú D-dúr szonátájának hatását vizsgáltuk hím patkányok memóriájára és tanulási teljesítményére. A zenének kitett csoport egyedei szignifikánsan jobb eredményt értek el a 8-karú labirintusteszt során, mint a kontrollállatok, viszont a zenei kezelés a spontán mozgásaktivításra nem volt hatással. A vizsgálat második felében a darab „rodentizált” változatát használtuk. A rágcsálók hallástartományához igazított Mozart darab javította a hippocampusztól függő téri tanulási képességét, de szignifikánsan csak azokban az állatokban, melyek a teszt előtt és alatt is hallgatták. Utolsó vizsgálatunkban a zaj hatását vizsgáltuk CD1 hím és nőstény egerek viselkedésére, élettani állapotára és agyuk lipidperoxidációs folyamataira. Eredményeink alapján a zajkezelés nem okozott a klinikumban is megnyilvánuló stresszállapotot. A kezeléseket azonban az agy lipidperoxidációs folyamataiban megmutatkozott, a kontrollcsoportok esetén a hímek agyában kevesebb szabadgyök képződött, mint a nőstényekében. A zajhoz történő szoktatás hatására viszont a nőstények agyában termelődő szabadgyökök mennyisége szignifikánsan csökkent, a hímekben pedig az érték gyakorlatilag nem változott.

Eredményeink alapján az akusztikus környezet fontos szerepet tölt be az állatok életében és jóllétében, azonban látható, hogy nem csak a különféle fajok, vagy épp fajon belüli törzsek között találhatunk kifejezett különbségeket, de még akár egyazon törzs különböző ivarú tagjai között is. Ez felhívja a figyelmet az emberre, és emberről való extrapoláció nehézségeire, és mindenképpen szükségessé teszi a különféle állatfajok, törzsek, és ivarok külön vizsgálatát. Akkor is, ha a célunk az állatjóllét megvalósítása, és akkor is, ha célunk a különféle humán betegségmodellek létrehozása.

3. Summary

It has long been known that the acoustic environment can significantly influence the physiological state and behaviour of many animal species. This effect can be both positive and negative, so that certain sounds, and in particular noise, can be harmful to animals, while certain sound stimuli can be used as an environmental enrichment element. In the present study, the effects of noise and music on laboratory animals were investigated. Differences were considered significant at $p \leq 0.05$.

Young broiler chickens of Ross type were exposed to noise and music. We found that the chickens responded similarly to noise and music, both hormonally and behaviourally. None of the treatments caused stress manifested in clinical signs, but both treatments increased serum corticosterone concentrations in the blood. We investigated the effects of the original and five octaves higher and ten times faster "rodentised" versions of Bach and Mozart on the behaviour of CD1 and BALB/c male mice. We found that human and rodentised music affected the behaviour of mice differently, with the version adapted to the auditory range of rodents reducing their locomotor activity. In our next series of experiments, we investigated the effects of Mozart's Sonata in D major, catalogue number K448, on memory and learning performance in rats. Individuals in the music-treated group performed significantly better than controls on the 8-arm maze test, but the music treatment had no effect on spontaneous locomotor activity. In the second half of the study, using a rodentised version of the music, the Mozart piece adapted to the rodents' auditory range improved hippocampus-dependent spatial learning ability, but significantly only in animals that listened to it before and during the test. In our final study, we investigated the effects of noise on the behaviour, physiological state, and lipid peroxidation in the brain of CD1 male and female mice. Our results showed that the noise treatment did not induce a clinically manifested stress response. However, the effect of the treatments was reflected in the lipid peroxidation in the brain, with less free radical formation in the brains of males than females in the control groups. Nevertheless, the amount of free radicals produced in the brains of the females was significantly reduced by noise habituation, while the amount of free radicals produced in the brains of the males was practically unchanged.

Our results suggest that the acoustic environment plays an important role in the life and well-being of animals, but we can see that there are marked differences not only between different species, or between strains within a species, but even between different sexes within the same strain. This draws attention to the difficulties of extrapolation to and from humans, and certainly necessitates separate studies of different animal species, strains, and sexes. Even if our goal is to achieve animal welfare, and even if our goal is to create different human disease models.

4. Bevezetés

Az állattartás területén a megfelelő állatjóllét biztosítása nemcsak erkölcsi kötelezettség, hanem jogszabályi előírás és egyben gazdasági érdek is. Különösen igaz ez a laborállatok tartása, tenyésztése és állatkísérletekben való felhasználása során, ahol a 3R (Reduction, Replacement, Refinement), vagyis a csökkentés, a helyettesítés és a tökéletesítés alapelvei a meghatározóak. Ez a három alapelv szorosan összefügg, hiszen minél kifinomultabbak a módszerek, minél kedvezőbb az állatok jólléte, annál pontosabb eredményeket kapunk, ezáltal jelentősen csökkenthető a felhasználandó állatok létszáma is. A környezeti tényezők minél alaposabb egységesítése, szabványosítása alapvető fontosságú, ha a zavaró változók kizárásával minél hitelesebb eredmények elérésére törekszünk.

Egyre több bizonyíték utal arra, hogy egyes állatfajok esetében az akusztikus környezet jelentős élettani hatással bír. Ez a hatás bizonyos esetekben negatív, például a különféle zajok káros élettani hatása már bizonyított mind haszonállatok, mind pedig laborállatok esetében (Burrow et al., 2005; Escribano, 2014). Azonban a hangingerek az állatok viselkedésének, jóllétének pozitív befolyásolására is felhasználhatóak. A laboratóriumi környezetnek ki kell elégítenie az állatok élettani és etológiai igényeit, a természetes életkörülmények lemásolása azonban a gyakorlatban nem mindig valósítható meg. Annak érdekében, hogy mégis biztosítsuk a fogságban tartott állatok élettani igényeit, a jóllétükhöz elengedhetetlen életkörülményeit, s a lehetőséget, hogy természetes viselkedés-mintázataikat kifejezzék, fajspecifikus környezet-gazdagítás alkalmazására van szükség (Baumans, 2000). A módosított környezet hat az állatok viselkedésére, élettanára és agyi anatómiájára. Hebb (1947) kimutatta, hogy a gazdagított környezetben tartott patkányok jobban teljesítettek a Hebb-Williams labirintusban, javultak a tanulási képességeik, megnőtt az agykérgük vastagsága és súlya, továbbá a szinapszisaik mérete, száma és komplexitása (Widman et al., 1992). A szenzoros környezetgazdagításhoz soroljuk a látási, hang-, szag-, tapintási és ízingereket. Yerkes (1925) és Hediger (1950) már a 20. század első felében, Maegele et al. (2005) pedig a közelmúltban állatmodellen igazolták, hogy agyi trauma után a gazdagabb környezet és a multimodális korai stimuláció (pl. a zene) hatására az agyi funkciók regenerálódása gyorsabb, mint a hagyományos körülmények között tartott patkányok esetében.

Az akusztikus ingerek által kiváltott változások az állatorvosi alap- és alkalmazott kutatási jelentőségükön túl az emberi, pszichológiai modellképzésre is lehetőséget nyújtanak. Ezen túl a tanulási képességekre, a memóriára való pozitív hatásai is igazolódni látszanak, amik javíthatják egyes állatok betanítását (kutya, ló), továbbá a megfigyelt hatások humán vizsgálatok alapjául is szolgálhatnak. Emellett az akusztikus környezet-gazdasítás a káros környezeti zajokat elfedő ingerként az állati jóllét elősegítésének eszköze lehet, ezáltal

hozzájárulhat a kísérletek végeredményét akár számottevően is befolyásoló, annak pontosságát rontó distressz csökkentéséhez.

Az emberek által, emberek számára komponált zene ilyen célú alkalmazása azonban máig sok kérdést vet fel. Mivel a zene emberekre számos szempontból pozitív hatással bír, hajlamosak vagyunk azt feltételezni, hogy a különféle állatfajokban is hasonlóan pozitív hatása van a stresszállapotra, így felhasználható az állatjólét fokozására. De valóban ilyen könnyen extrapolálhatunk emberről állatra?

Jelen dolgozat célja elsősorban ennek a kérdésnek a megválaszolása. Ennek érdekében több vizsgálatot végeztünk különféle állatfajokon: házityúkon, egéren illetve patkányon. A vizsgálatok során különféle bel- és kültényezett egértörzseket használtunk, illetve vizsgáltuk, hogy egyazon törzs két ivara eltérően reagál-e ugyanazokra az ingerekre.

5. Irodalmi áttekintés

5.1. Az állatjólét fogalma, mérésének lehetőségei

Az elmúlt évszázadban az emberiség gyors urbanizációja az állattartást számos téren átalakította. A – sokszor családtagként kezelt – kedvencállatok és társállatok száma nagymértékben nőtt, viszont az átlagember eltávolodott a haszonállatoktól. Utóbbiak háztáji tartása még a vidéki településeken is egyre csökken, a nagyméretű állattartó telepek vették át a termékelőállítás szerepét. A városi környezetben élő emberek szemléletmódja átalakult, a társállatokkal való közeli kapcsolat miatt mára az átlagembernek komoly elvárásai vannak az állatjóléttel kapcsolatban. Ezt tovább erősíti, hogy a média, s manapság különösen a közösségi média, lehetővé teszi, hogy az emberek bárhová belássonak, egy-egy felvétel vagy állatjóléttel kapcsolatos hír futótűzként terjed, és a világ bármely pontjára eljuthat gyakorlatilag pillanatok alatt.

Ezzel együtt a fogyasztói igények is átalakultak, a jó minőség már nem csak finom ízeget, hatékony gyógyszereket vagy kozmetikumokat jelent, de az áron kívül fontos az is, hogy ezek fenntartható gazdálkodásból származzanak, állatkímélő technológiával készüljenek, a természet- és állatvédelmi szempontokat is figyelembe véve (Sossidou et al., 2015).

Az állatjólét gyakorlati megvalósulását a 20. század végén öt szabadságjoggal próbálták megfogalmazni. Az ezt tartalmazó Brambell-jelentés szerint az állatoknak joguk van a mentességhez a szomjúságtól, az éhségtől és a helytelen táplálástól, a mentességhez a diszkomforttól, a fájdalomtól, a sérüléstől és a betegségtől, joguk van ahhoz, hogy természetes viselkedéselemeiket kiélhessék, és végül joguk van a mentességhez a félelemtől és a stressztől (FAWC, 1993). Belátható, hogy az öt szabadságjog megvalósulása számos helyzetben nem megvalósítható, gondoljunk itt akár a nagyüzemi haszonállattartásra, a laboratóriumi állatokra, az állatkerti állatokra, de bizonyos esetekben akár a társállatokra is. Mégis használhatjuk őket kiindulási alapként, ha állatjólétről beszélünk.

A 20. század során tudományosan is elfogadottá vált, hogy az állatok is képesek az emberhez hasonlóan érzelmekre, bár a közös nyelv hiányában ezek beazonosítása nem mindig egyszerű (Griffin, 1976). Miután a tudomány elfogadta ezt a felfedezést, számos nemzet a jogi szabályozásba is beépítette. Az 1997-ben megszületett Amszterdami Szerződésnek köszönhetően, az Európai Unió tagországaiban az állatokat hivatalosan is „érző lényekként” ismerték el, ami nagyban megváltoztatta a jog állatjóléttel és állatvédelemmel kapcsolatos szemléletét (Millman et al., 2004).

Ha vizsgálni akarjuk, először meg kell fogalmaznunk, mi is pontosan az állatjólét. A fogalom először nem a tudományos körökben jelent meg, és az átlagember számára az állat

életminőségét jelentette. Azonban hamar fontossá vált, hogy a tudományos nyelvezetbe is integrálják. A fogalom körüli vita az 1980-as években indult meg, azóta pedig nagyon gyakran használt kifejezéssé vált, nem csak az átlagember részéről, hanem a jogalkotás, és a tudományos világ is sokat foglalkozott vele. Talán éppen ezért nem teljesen egyértelmű és egységes, hogy kinek mit is jelent ez a fogalom. Ráadásul a magyar nyelvben máig nem egységes és következetes a jólét és a jóllét szavak használata sem (Jávorka, 2005). Ehhez hasonlóan az angol nyelvű forrásokban sem egyértelmű a welfare („the state of being or doing well”) és a well-being („a good or satisfactory condition of existence”) szavak használata (Fraser, 2008). Az már szerencsére a 90-es évek óta elfogadott tény, hogy az állatjóllét mérhető, így helye van a tudományos kifejezések sorában (Broom, 2011). A Brambell-jelentés sajnos nem adott megfelelő meghatározást, ugyanis úgy fogalmazták meg, hogy a jóllét nem más, mint az az állapot, amikor az állat harmóniában van a környezetével. Ez a kifejezés azonban, hiába hangzik kellemesen, nem mérhető. Broom ezért új definíciót ajánlott, mely szerint egy élőlény jólléte nem más, mint azon képessége, hogy mennyire képes megküzdeni a környezet kihívásaival („the welfare of an individual is its state as regards its attempts to cope with its environment”) (Broom, 1986). Ez a „küzdelem” a környezettel nem jelent mást, mint az állat azon képességét, hogy szellemi és testi stabilitását megőrizze. Ehhez számos mechanizmust felhasználhat, mint pl. a viselkedés vagy épp az immunrendszer, de gyakorlatilag minden testi funkció segíti ebben. Mivel tudjuk, hogy ezek a folyamatok a környezet kihívásaival szemben segítik, így logikus következtetés, hogy mérésükkel közvetetten felmérhetjük az állatjóllét mértékét.

Barnett et al. (2000) fogalmazták meg, hogy mivel a rossz egészségi vagy immunológiai állapot, a sérülések, a növekedés elmaradása mind a rossz állatjóllét jelei, így fordítva, ha ezek a mutatók rendben vannak, az azt jelenti, hogy a jóllét is megfelelő. Ezen nézet szerint a jóllét alapvetően a fizikai egészséget jelenti, így, ha egy állat nem beteg, szaporodik és jól termel, akkor bizonyára a jóllét is megfelelő, valamint a jóllét biztosításának módja a betegségek kezelése és megelőzése. Számos alkalommal bizonyították azonban, hogy az egészséges és jól termelő állat is szenvedhet viselkedésproblémáktól, például Terlouw et al. (1991) azt találták, hogy egészséges kocák is gyakran mutatnak sztereotip viselkedéselemeket. A másik probléma ezzel a hozzáállással, hogy bizonyos fizikai paraméterek (pl. a szívverésszám és a plazma kortizol szint) nem csak akkor lehet emelkedett, ha az állat szenved, de akkor is, ha más okból izgatott (pl. potenciális szexuális partner jelenlétében; Hewson, 2003).

Von Borell et al. (1997) azt állították, hogy a szenvedés az, ami a leginkább rontja a jóllétet, és a szenvedésnek nem csak a fizikai elváltozások, de többek között a félelem és frusztráltság érzése is részei, így ha fel akarjuk mérni az állatjóllét mértékét, az állatok érzéseivel is foglalkoznunk kell. Hasonló elvet fogalmazott meg Duncan (1993), mikor azt írta,

hogy önmagában az egészség vagy a stressz hiánya nem elégséges ahhoz, hogy kimondhassuk, hogy az állatjóllét megfelelő. A jóllét attól függ, hogy az állatok mit „éreznek”. Később Duncan (2002) továbbvive ezt a nézetet megfogalmazta, hogy az érzelmek evolúciós célja alapvetően az egyed védelme a számára káros behatásoktól, így logikus, hogy a jóllét vizsgálatakor az érzéseknek komoly szerepük kell legyen.

Ahhoz azonban, hogy ez utóbbi nézet a tudományos közösségben is elfogadottabbá váljon, szükség volt az állatok viselkedéséről való ismeretanyag bővülésére. A 80-as évektől komoly mozgalom indult az állatok gondolkodásának megismerésére, mint például az észlelés, az egymástól való tanulás, a döntéshozás és motiváció, vagy épp az éntudat. Így fény derült arra, hogy elsősorban az emlősök és a madarak igen fejlett agyi funkciókkal rendelkeznek (Dawkins, 1998; Varner, 1999; Griffin, 2001). Ma már tudjuk, hogy az állatok valóban képesek olyan negatív érzésektől szenvedni, mint az unalom vagy a frusztráltság, elsősorban akkor, amikor képtelenek tenni azért, hogy ezektől az érzésektől megszabaduljanak (Dawkins, 1990).

Sokan kétségbe vonták, hogy az állatok érzései mérhetőek-e egyáltalán, s ily módon alkalmasak-e a tudományos vizsgálódásra. Abban a különféle tudományágak képviselői is egyetértettek, hogy közös nyelv híján az állatok érzéseit nem tudjuk közvetlenül megismerni, azt viszont megfigyelhetjük, hogyan viselkednek. A viselkedés tanulmányozásával megismerhetjük annak kapcsolatát a fizikai és mentális jólléttel, azonban törekedni kell az antropomorfizáció, ezáltal a hibás következtetések elkerülésére (Morton et al., 1990). Ennek hasznos eszközei a különféle motivációt és preferenciát vizsgáló tesztek. Ezek a vizsgálatok az 1970-es évek óta használatosak, és segítenek pontos képet kapni arról, hogy az állat milyen környezetet, ingert, vagy helyzetet kedvel inkább a rendelkezésre álló lehetőségek közül (Fraser és Matthews, 1997, Kirkden és Pajor, 2006).

A jóllét egy másik megközelítése szerint alapvetően minél természetesebb környezetet kell az állatok számára biztosítani, hisz akkor is szenvednek, ha nem képesek a természetes viselkedéselemek kiélésére, függetlenül attól, hogy azok a szükségletek, melyek kielégítésére az adott viselkedésem kialakult, más formában vagy forrásból fedezve lettek-e (Kiley-Worthington, 1989). Példa erre az a borjú, amelyet tápszerezen nevelnek. Az ilyen borjak, annak ellenére, hogy nem éhesek, mégis gyakran próbálnak különféle tárgyaktól vagy társaik testrészeiből szopni. Ez a viselkedés eredetileg a megfelelő mennyiségű táplálóanyag felvételére alakult ki, s mégis jelen van akkor is, ha ez a szükséglet már ki van elégítve itatással. Ha az állat nem képes erre a viselkedésre, az így nem okoz élettani problémát, hisz az állat nem lesz alultáplált, mégis kialakulhat miatta rendellenes viselkedés, frusztráltság (de Passille et al., 1993). Hasonló folyamattal magyarázható valószínűleg a sztereotip viselkedéselemek megjelenése (Rushen et al., 1993). Ez, a természetes környezet fontosságát hangsúlyozó nézet igen népszerű az átlagemberek körében, a tudományos

világban azonban számos kritika érte, részben azért, mert a régóta házasított állatok nagyban különböznek vad őseiktől (Price, 1984). Utóbbi elv hibája, hogy természetéből fakadóan elfogadja az olyan „természetes” stresszorokat, mint például a hideg, vagy épp a ragadozóktól való félelem, míg elutasítja az olyan mesterséges beavatkozásokat, mint a fájdalomcsillapítás és az eutanázia. Így érthető, hogy habár ez a hozzáállás segíthet a jóllét kialakításában, mégsem alkalmazható kizárólagosan.

A gyakorlatban a fent említett három elv kombinációja a megoldás, amikor egyaránt figyelembe vesszük az állat egészségét, jó közérzetét, érzéseit és preferenciáit, valamint a természetes környezetre való igényét is. A rendszer működését az állatok egészségi állapotának és viselkedésének vizsgálatával ellenőrizhetjük, amennyiben ismerjük a fajra jellemző normális viselkedést és felügyeljük az esetleges szubklinikai elváltozások megjelenését is.

5.2. A stressz

A stressz kifejezés régóta ismert, azonban használata nem egységes, jelentése a különféle tudományterületeken részben eltérhet. Gyakran tévesen használják, és stressznek nevezik azokat a környezeti változásokat, melyek kihatnak az élőlényre, de egyben magát a folyamatot is, ahogy hat arra. Emellett az állat élettani válaszát is stressznek hívják, csakúgy, mint ennek következményeit. Ez az eltérő használat és a belőle fakadó zavar nem csak az átlagemberek nyelvhasználatában jelenik meg, de a tudományban is. Ahhoz, hogy a stresszről, és az állatjólléttel való kapcsolatáról beszéljünk, először tisztáznunk kell a fogalmat.

A stressz koncepcióját Selye János vezette be a 20. század elején (Selye, 1936). A stresszt mint a szervezet külső kihívásokra adott általános válaszát fogalmazta meg; a kihívások (stresszorok) magukba foglalják a kórokozókat és a fizikai környezetet is (mint például a meleg és a hideg). A specifikus válaszon kívül (mint például hideg esetén a remegés, vagy meleg esetén a lihegés kutyákban) bármely hatás képes általános, nonspecifikus választ (stresszválaszt) kiváltani, mely válasz célja a szervezet egyensúlyának helyreállítása. Selye patkányokat tett ki különféle negatív hatásoknak, és azt találta, hogy minden patkány hasonlóképp reagált, függetlenül a behatástól. Ezt a reakciót Selye vészreakciónak nevezte; része volt a mellékvesék megnagyobbodása, a csecsemőmirigy és a nyirokcsomók sorvadása, valamint a gyomorfekély kialakulása. Magát a folyamatot általános adaptációs szindrómának nevezte el, mert úgy vélte, a stresszválasz alapvetően az alkalmazkodás formája. Tehát stressz akkor jelentkezik, ha az állat homeosztázisa felborul vagy veszélybe kerül, mert a környezet eltér az ideálistól. Minél nagyobb az eltérés a valós és az ideális környezet között, annál súlyosabb a stresszválasz (Selye, 1973). A stresszválasz foka hatékonyan mérhető a hipofízis és a mellékvesekéreg által termelt hormonok, az ACTH és a

glükokortikoidok mennyiségének mérésével. Mason (1968) annyiban kritizálta Selye koncepcióját, hogy szerinte helytelen a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg (HPA) tengelyt és működését egyszerűen csak stresszválasznak hívni, hiszen valójában számos egyéb módon is reagálnak az állatok a homeosztázisukat veszélyeztető helyzetekre. Ráadásul felvetődött, hogy ha minden az állatokat érő külső hatást stresszornak hívunk, úgy értelmét veszti a fogalom, hiszen az olyan hatások, melyek hosszútávon hasznosak az állat számára inkább stimulációk, mint stresszforrások.

Azóta az allosztázis fogalmát is bevezették, ami nem más, mint a stabilitás megtartása a változások révén. Eszerint a környezet kihívásai az élőlényt változásra készítik, és ezek a változások segítik, hogy könnyebben felvegye a harcot a környezet későbbi kihívásaival is. Ez az allosztatikus rendszer azonban kimeríthető, ezt nevezzük allosztatikus terhelésnek (McEwen, 1998). Így tulajdonképpen azokat a hatásokat nevezhetjük stresszoroknak, amik túlterhelve az allosztatikus rendszert már negatív következménnyel járnak, végül pedig csökkentik a fitnesszt (Broom és Johnson, 2019). Ezek nem csupán a HPA-tengelyt aktiválják, de számos más úton is hathatnak az állatra, eltérést okozhatnak az anyagcserében, a szív- és érrendszer működésében, immunszuppresszív hatásuk lehet, növelhetik a fertőző betegségek előfordulását, de pszichés rendellenességeket is okozhatnak, mint például a depresszió, a szorongás vagy a pánik. Eszerint a nézet szerint nem létezik „jó” stressz, azok a hatások, amik kihívások elé állítják az állatot csupán stimuláló kihívások, és csak azt nevezhetjük stresszornak, ami kifejezetten káros is. Ezt a nézetet máig sokan vitatják.

Ha a jóllétet úgy fogjuk fel mint azon állapot, amikor az állat képes felvenni a környezet kihívásaival a harcot, a stresszt pedig úgy, mint azokat a kihívásokat, amelyek az állatot károsítják, akkor könnyen belátható a két fogalom közötti szoros kapcsolat. Az állatok képesek az alkalmazkodásra, ám ha olyan körülménnyel szembesülnek, amivel nem tudnak megküzdeni, akkor szenvednek. Az alkalmazkodás sikertelensége lehetetlenné teszi a jóllét megvalósulását (Broom, 1991; Carpenter, 1980), de önmagában a kihívást jelentő körülmények nem feltétlenül károsítják azt, amennyiben az állat azokhoz sikeresen alkalmazkodni képes.

Moberg (1985) úgy fogalmazta meg, hogy ha megvizsgáljuk, hogy az állat szenved-e stressztől, akkor képet kaphatunk a jóllétéről. Ám a stressz meglétének és fokának mérése nem feltétlenül egyszerű.

Stressz hatására a mellékvesekéreg glükokortikoidokat termel. Emberben az elsődleges glükokortikoid a kortizol, míg egérben és patkányban a kortikoszteron. Barnett és Hemsworth (1990) azt találta, hogy a plazmában mért glükokortikoidszint 40%-os emelkedése már biztos jele a jólléttel kapcsolatos problémáknak. Azonban később kiderült, hogy nem csak a káros helyzetek emelhetik meg a glükokortikoidszintet, de akár egy új környezet, a mozgás, vagy épp a pázás is. Ezért Moberg (1992) azt a következtetést vont le, hogy nincs értelme csak

egy biológiai végpontot használni a stressz diagnosztizálására. Helyette egy háromlépcsős modellt ajánl (Moberg, 2000). Ennek három lépcsőfoka a stresszor felismerése, az arra adott biológiai válasz, illetve ennek a válasznak a következményei. Az utolsó szakasz az, ami alapján eldönthetjük, hogy közönséges stresszről van szó, vagyis olyan stimulusról, ami még nincs káros hatással az állatra, vagy distresszről, amely a Broom által stressznek titulált káros körülményeket jelenti.

A homeosztázisra potenciálisan veszélyt jelentő hatásokat a központi idegrendszer ismeri fel, és a mechanizmus beindulásának nem feltétele, hogy a stresszor valóban veszélyt jelentsen az állatra, elég ennek a lehetősége is (McEwen és Stellar, 1993). A válaszreakcióban alapvetően négy rendszer vesz részt. Az első a viselkedés, mely segít az állatnak eltávolodni a veszélyforrástól, legyen az egy ragadozó vagy épp a magas hőmérséklet. Ugyanakkor a viselkedés megváltoztatása nem mindig lehetséges vagy elegendő, különösen az ember által kontrollált zárt környezetben. Azonban bizonyos viselkedésváltozások segíthetnek a stressz felismerésében. A másik három rendszer, mely részt vesz a stresszválaszban nem más, mint az autonóm idegrendszer, a neuroendokrin rendszer és az immunrendszer. Utóbbi három rendszer szorosan összefügg, működésüknek mérhető végpontjai például a szívverésszám, a súlyvesztés, vagy épp a fertőzésekre való hajlam. Továbbá mérhető még számos hormon vérbeli koncentrációja, a tej összetétele vagy a vemhesülés zavarainak gyakorisága is.

5.3. Az állatjóllét és a stresszállapot mérésének lehetőségei

5.3.1. A stressz hatása a termelésre

Az alapvető etikai megfontolásokon kívül az állatjóllét jó eszköze a termelékenység növelésének, hisz tudjuk, hogy az állat jólléte és termelékenysége között összefüggés van. Ez az összefüggés lehet közvetlen, így befolyásolhatja az állat súlygyarapodását vagy az állati termék beltartalmát, de lehet közvetett is, így hathat a takarmányfelvételre, vagy arra, hogy mennyire kooperatív és nyugodt a beavatkozások vagy épp a fejés alatt. Mérhetjük például az állat napi súlygyarapodását, a vágott testfél súlyát és minőségét, mérhető a megtermelt tej mennyisége és összetétele, a szomatikus sejtszám stb. Nem csak a termékek mennyiségét és minőségét növelheti, de egyben csökkenheti az elhullás okozta veszteséget is.

Számos tudományos munka foglalkozott már a témával, például tudjuk hogy a megfelelő jóllét csökkenti a mortalitást (Dawkins, 2017), csökkenti a sérülések előfordulását a vágott testfeleken, csökkenti a PSE hús előfordulásának esélyét sertésekben (Hambrecht et al., 2005) és a DFD húsét szarvasmarhákban (Gruber et al., 2006), valamint a szaporaságra is kedvező hatással van (Green et al., 2012). Ez a kapcsolat jó eszköz arra, hogy az állat termelékenységében érdekelt gazdákat meggyőzzük, a jóllét számukra is fontos.

Ez ráadásul nem csak a termelékenység oldaláról hoz gazdasági előnyöket: a kutatások azt mutatják, hogy Európában a fogyasztók többnyire hajlandóak többet fizetni egy állati eredetű termékért, ha tudják, hogy az „állatbarát” gazdaságból származik (Bennett et al., 2012).

5.3.2. Az élettani paraméterek vizsgálata

Ha az állat jóllétéről és stresszállapotáról szeretnénk képet kapni, több paramétercsoportot kell figyelembe vennünk. Az első nem más, mint az alapvető élettani paraméterek csoportja, mint például a vérnyomás, a szívverésszám, a légzésszám, melyek mérésével a szimpatikus idegrendszer aktivációjáról nyerhetünk információt. Számos vizsgálatban mérték a zene neuroendokrin rendszerre való hatását. A leggyakrabban vizsgált paraméter a kortizol és az oxitocin szintje (Nilsson, 2009), de vizsgálták azt is, hogyan befolyásolja a béta-endorfin szintjét (McKinney et al., 1997), vagy éppen az adrenalin és noradrenalin szinteket. Mason (1968) szerint azonban a vér glükokortikoid szintjének méréséből gyakran téves következtetéseket vonnak le a kutatók, ugyanis maga a mintavétel és a vizsgálat ténye akut stresszválaszt indukál, így megemeli ezen hormonok szintjét.

Hasonlóan gyakran vizsgált funkció az immunrendszer. Vizsgálták már, hogyan hat a zene a fehérvérsejtek, a citokinek vagy épp az immunoglobulinok számára. Ennek oka, hogy tudjuk, a hosszú időn át tartó mellékvese aktivitás képes csökkenteni az immunrendszer egyes funkcióit. Siegel (1987) ezt azzal magyarázta, hogy a glükokortikoid hormonok hozzákötődnek a limfoid sejtek fehérjéihez, ezzel megváltoztatják azok enzimaktivitását és a nukleinsav szintézisüket. Ezek a változások csökkentik a sejtek glükózfelvételét és fehérjeszintézisét, ezzel csökkentik az interleukin II termelését. A vizsgálat alapján a kortikoszteron házityúkból elsősorban a T-sejt populáció működését befolyásolja. A tartós lekötés mint stresszor csökkentette a kocák ellenanyagtermelését (Metz és Oosterlee, 1981), a hőstressz pedig csökkentette a borjak hiperszenzitivitási reakciójának működését (Kelley et al., 1982)

5.3.3. A viselkedésvizsgálat módjai és jelentősége

A jóllét vizsgálatának alapja, hogy ismerjük az adott faj normál viselkedését. Csakúgy igaz ez akkor, ha a zene (vagy más környezeti elem) hatását szeretnénk vizsgálni.

A viselkedésvizsgálat előnye, hogy nem invazív, sőt, ha az állat eredeti élőhelyén végzik - megfelelően kivitelezve - még csak nem is zavarja az állatokat.

Számos probléma és kétely felmerül azonban, ha az állatoknak csak a viselkedését vizsgáljuk egy kísérlet során. Gyakori például, hogy a viselkedést túlságosan leegyszerűsítve értelmezzük, különösen igaz ez a porond-tesztekre.

A viselkedésnek mindig van funkciója. Rushen (2000) szerint a stresszre adott viselkedésválasz interpretálásának fő akadálya, hogy nem értjük a viselkedéselemek okát. Ezen okok feltárásához meg kell értenünk a neuroendokrin hátteret, és hogy ez hogyan befolyásolja a viselkedést a gyakorlatban. Tisztában kell lenni továbbá a viselkedés mögötti motivációval, melynek megértése nem egyszerű, hisz a megnyilvánuló viselkedés az etológusok szerint több, egymással keveredő motiváció eredménye (McFarland, 1975).

A másik fő kritika a viselkedésvizsgálatokkal szemben a szubjektivitás. Az olyan paraméterek, mint a vérnyomás, a szívfrekvencia, a leadott tej mennyisége stb. objektíven mérhetők, tehát a vizsgáló személyétől független az eredmény. De az olyan fogalmak, mint a fájdalom, a szenvedés, vagy a frusztráció, nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem mérhetőek abszolút skálán, így a vizsgáló személye jelentős mértékben befolyásolhatja az eredményeket. Ezért vélik úgy többen, hogy a viselkedésvizsgálatnak nincs helye a tudományos világban (Burkhardt, 1997).

A zene megjelenése a kísérleti elrendezésben egy újabb problémát vet fel: annak hatását a vizsgálatot végző személyre. Tagadhatatlan tény, hogy a zene hat ránk, emberekre, továbbá azt is befolyásolja, hogyan ítéljük meg az állatok viselkedését. Wells et al. (2009) azt találták, hogy azok a látogatók, akik az esőerdő természetes zajainak felvételét hallgatták, kevésbé agresszívnak ítélték meg a gorillákat.

Az előbb felsorolt kritikák miatt felmerült, hogy célszerű minél egyszerűbb kísérleti elrendezésekkel és teszt-típusokkal kezdeni, majd ezeket fejleszteni tovább. Ennek egyik jó eszköze az, ha kezdetben az állat egyszerűen csak kiválaszthatja azt a környezetet, amit jobban kedvel. Ha eközben megvizsgáljuk őket, akkor beazonosíthatjuk azokat a viselkedéselemeket, amik a kedvelt vagy nem kedvelt környezetre jellemzőek. Később pedig kereshetjük ezeket a viselkedésmintákat más környezetben is, ha meg akarjuk állapítani, hogy az adott helyzet mennyire ideális, avagy stresszforrás az állat számára.

A másik módszer a szubjektivitás kikerülésére, ha a viselkedés vizsgálatát mérhető élettani paraméterek vizsgálatával kapcsoljuk össze, ami segít abban, hogy a megfigyelt viselkedést jobban megértsük. Ez azonban fordítva is igaz, az élettani paraméterek mellett is mindig érdemes a viselkedést megfigyelni, nehogy épp a lényeg, az állat jólléte vesszen el a számok között. A viselkedés vizsgálatának fontosságára utal továbbá, hogy egyes élettani paramétereket hasonló módon változtatnak meg olyan pozitív tevékenységek, mint a párzás vagy a vadászat, mint ahogy az olyan alapvetően negatív tevékenységek is, mint a ragadozók elől való menekülés (Rushen, 2000).

A rágcsálók a természetben zsákmányállatok, ezért ismeretlen környezetben félelmi reakciót mutatnak, különösen, ha nem találnak búvóhelyet. Ilyenkor általában menekülni próbálnak, de támadhatnak is, vagy éppen megpróbálnak teljesen mozdulatlaná válni, "lefagynak" (Poole, 1998). A legtöbb laborállat-modell létrehozásának célja az volt, hogy a

különbéle humán betegségek okát, természetét és gyógykezelési lehetőségeit vizsgáljuk (extrapoláció). Az ember és a rágcsálók sok szempontból hasonló viselkedésváltozásokat mutatnak félelmet vagy fájdalmat okozó ingerekre (Blanchard et al., 1997; Cryan és Holmes, 2005; Hall, 1934; Ohl et al., 2008; Rodgers és Dalvi, 1997). Ezen viselkedéselemeket (elkerülés, menekülés és lefagyás) szorongásszerű (anxiety-like) vagy szorongáshoz kapcsolt (anxiety-related) viselkedésnek nevezzük (Sartori et al., 2011), s rágcsálókban jól vizsgálhatók. A szorongás alapvetően összetett jelenség, része a veleszületett ösztönös, illetve a tapasztalatból fakadó, tanult szorongás (Ohl et al., 2008).

A félelmi reakciók rágcsálókban élettaniak, az adott környezethez való alkalmazkodás részei. Emberben azonban előfordul kóros szorongás, amely valamilyen betegség tünete. Fontos, hogy minél alaposabban megismerjük a rágcsálók neuroanatómiáját és -élettanát, mert így modelljévé válhatnak a rendellenes humán szorongásos állapotoknak, s alkalmasak lehetnek humán gyógyszerek kifejlesztésére (Fendt és Fanselow, 1999). Korábban a szorongás jellegű viselkedés preklinikai vizsgálatának elsődleges állati modellje a patkány volt, azonban a molekuláris biológia fejlődésével egyre inkább előtérbe kerül az egér is.

A patológiás szorongás modellezésére számos vizsgálati módszert fejlesztettek ki és használtak az elmúlt évtizedekben (Borsini et al., 1989; Bourin et al., 2007; Hall, 1934; Ohl, 2005; Watanabe és Sato, 1999). Jóllehet a tesztek többségét eredetileg patkányra fejlesztették ki, azonban egy részük egerek vizsgálatára is alkalmas. A vizsgálatok alanyául a legtöbb beltenyésztett egértörzs megfelel, amennyiben nincs bennük olyan mutáció, mely befolyásolná fölfedező viselkedésüket, a motorikus funkciójukat és/vagy a tanulási képességüket, memóriájukat. A tesztek alapvetően két csoportba sorolhatók a használt inger és az állatok válaszreakciója alapján. Az első kategóriába a kondicionált (tanult) választ kiváltó tesztek tartoznak. Ezek a stresszt okozó, vagy fájdalmas ingerekre adott tanult reakciót vizsgálják úgy, hogy valamilyen félelmetes vagy elkerülést (averziót) kiváltó helyzetet teremtenek az állat számára. A másik a nem kondicionált modell, amely az állatok etológiáján alapul és konfliktust hoz létre, melyben az állat két alapvető ösztöne áll szemben egymással: az új, ismeretlen környezet felfedezése és a nyílt, jól megvilágított, veszélyesnek számító környezet elkerülése (Bourin et al., 2007). Az utóbbi csoporthoz tartozó teszteknek nagyobb a relevanciája, viszont kevésbé érzékenyek a tanulás, memóriateljesítmény, éhség, szomjúság vagy fájdalom miatti viselkedésváltozásokra (Rodgers és Dalvi, 1997).

A nem kondicionált tesztek közé tartozik a porond- (open field), a megemelt labirintus- és az ún. lépcsőház-teszt. A szakirodalom ezeket modellnek nevezi, de ez félrevezető lehet, mert mindhárom az állatok természetes viselkedésmintáin alapul, a vizsgálatokkal viszont patológiás elváltozásokat igyekszünk modellezni (Sartori et al., 2011). Az egér genetikailag kíváncsi, fölfedező viselkedésre hajlamos, így ezekben a próbákban választania kell, hogy fölfedező ösztönét elégíti-e ki, vagy természetes félelmét a lehetségesen veszélyes

területektől (Cryan és Holmes, 2005). A leggyakrabban használt vizsgálati módszerek például a porond-, az emelt labirintusteszt, a sötét-világos fölfedezés aránya, a szociális interakció és az újdonság kiváltotta étvágycsökkenés (Crawley, 1999; Crawley et al., 1997; Weiss et al., 2000).

A porondteszt gyakran használt vizsgálati módszer. Eredetileg patkány vizsgálatára tervezték (Hall, 1934), de igazoltan megfelel egér esetében is (Christmas és Maxwell, 1970). Vizsgálható vele mind a felfedező és az általános mozgásaktivitás, mind a szorongásos viselkedés, valamint ismétlések vagy hosszabb időtartamú tesztek végzésével az ismeretlen terephez való hozzászokás is. Alapvetően két faktor befolyásolja a teszt során az egerek szorongásos reakcióit: az első a szociális izoláció, amelynek kiváltója az, hogy a csoportosan tartott állatot egymagában helyezzük a porondra; a másik pedig a stressz, melyet az egér számára alapvetően riasztó, jól megvilágított, nyílt (sőt megemelt, vagy vízalatti) terepen való tartózkodás okoz (Prut és Belzung, 2003). Egér esetén általában a 28×28 vagy az 56×56 cm méretű, változatos anyagból készült porond használata az elterjedt. Számos automatizált rendszer kapható, amely az áthaladó állat által megszakított fénysugarak érzékelésével mér. Mindig különösen ügyelni kell a nyugodt és egységes környezetre, mert a hirtelen jelentkező zajok, vagy a helyiségben mozgó emberek jelenléte nagymértékben befolyásolhatják az éppen vizsgált egyed mozgásaktivitását és stresszállapotát. Általánosan elterjedt az 5 perc vizsgálati időtartam, de ha a hozzászokás hatását is vizsgálni szeretnénk, a 30 perc a javasolt. A horizontális mozgásaktivitás megfigyelése az elsődleges (összes megtett út, átlagsebesség), ám ezen kívül fontos paraméter lehet a vertikális mozgás (ágaskodás), a bélsár- és vizeletürítés gyakorisága, illetve az önápolás (mosakodás) tartama is. Nagyon fontos mutató a periférián és a porond közepén eltöltött idő alakulása. Ezen paraméterekkel az általános mozgásaktivitás, az idegen környezet iránti érdeklődés mértéke, illetve a stresszállapot és a szorongás mérhető.

Az emelt plusz-labirintus (elevated plus-maze, EPM) széles körben használt az anxiolitikus (szorongásoldó) és az anxiogénikus (szorongást okozó) ágensek vizsgálatára (Belzung és Griebel, 2001; Bourin et al., 2007; Ohl et al., 2008). A szorongás szintjét azzal mérik, hogy az összes belépés százalékában hányszor lép be az egér a nyitott karokba. A nyitott karokban töltött idő is számít, a teljes vizsgálati idő százalékában. Az a kezelés, ami növeli az állat preferenciáját a nyitott karok iránt, szorongásoldónak tekintendő, amelyik pedig csökkenti az oda való belépések számát (de az összes karba belépés számát nem), szorongást okozó/fokozó hatású (Lister, 1990). A EPM-hez hasonlóan a lépcsőház-teszt is alkalmas anxiolitikus ágensek vizsgálatára (Crawley, 1999). Először Simiand et al. (1984) írt róla, aki azt állította, hogy ebben a tesztben az ágaskodások száma - mint a szorongás fokmérője - nem korrelált a megmászott lépcsőfokok számával (ami a felfedező viselkedés/mozgásaktivitás mérője). Anxiolitikus gyógyszerek csökkentik az anxiogénikus

gyógyszerek pedig növelik az ágaskodások számát már akkora adagban is, ami a megmászott lépcsőfokok számát még nem befolyásolja.

A habituáció vagy megszokás az ingerekhez való hozzászokást jelenti. Ilyenkor a folyamatosan jelen lévő inger által kiváltott magatartásválasz idővel eltűnik (Rafai, 1999). Viselkedésvizsgálatok során gyakran találkozunk a jelenséggel. Ilyenkor az állatok a kísérlet során ugyanarra az ingerre egyre enyhébb választ adnak, akár pozitív hatású az inger, akár negatív. Ezért ilyen típusú kísérleteknél fontos az állatok szoktatása a stimulushoz. Mikor az állat életében először hall például zenét, természetes, hogy az stresszválaszt vált ki. Ez a stresszválasz azonban idővel csökken, ahogy az állat megtanulja, hogy a stimulust nem követi semmilyen negatív hatás. Így később, amikor a kísérlet során az inger hatását vizsgáljuk, már a valódi választ látjuk, nem a kezdeti „ijedtséget”. Azonban éppen ezért, a habituáció zavarja is a vizsgálatokat, mert a kísérlet előrehaladtával az állatok reakciója megváltozik.

5.4. A zaj és a zene

A zaj olyan környezeti hang, aminek sem a hangereje, sem a hossza nem kontrollált. Nincs célja, keletkezése független az okozott hatástól, kevesebb benne a jel, mint az információt nem hordozó hang. Az állatok életük során számos zajhatásnak vannak kitéve. Ezek lehetnek rövid- és hosszútávú zajok is. Forrása lehet valamilyen működő gép, maga a rutinmunka, vagy a többi állat (Mihina et al., 2012). Az emberek által kiadott hangok önmagukban lehetnek stressz forrásai az állatok számára, például a hangos sírás stresszválaszt válthat ki (Hemsworth, 2003).

A zaj számos élettani funkciót és paramétert képes befolyásolni. Általános stresszválaszt válthat ki, ami emelkedett ACTH és mellékvesekéreghormon termeléssel jár (Burrow et al., 2005). A zaj hat az energiaigényre és a szaporodásbiológiai mutatókra (Escribano et al., 2014). A 2 kHz frekvencián szóló, 75, 85 és 95 dB hangnyomásszintű zaj csökkenti az állatok étvágyát (Cwynar és Kolacz, 2011). Viszont a 30 napon át zajstressznek kitett patkányok túlsúlyossá válnak (Alario et al., 1987). Zajstressz hatására az állatok éberebbek lesznek, elbújnak vagy elmenekülnek, csökken a normális mozgásformákkal töltött idő. A zaj közvetetten hat a populáció dinamikájára is, mert az állatok viselkedése megváltozik, a zaj megzavarja a párkeresést, a párzást és az utódnevelést (Rabin et al., 2003). A zaj emellett gátolja a normális alvást, befolyásolja a máj glükózmétabolizmusát, megváltoztatja a vesékben az enzimaktivitást, növeli a vérben az eozinofil granulociták arányát, közben immunszuppressziót okoz (Algers et al., 1978). Brojlercsirkék számára a hosszan tartó zaj komoly stresszt okoz, hatással van a belső szervekre, csökkenti a takarmányfelvételt és a súlygyarapodást, és a hormonháztartásban is zavarokat okoz (Esmail, 2012).

Szarvasmarhákban a 85-90 dB-es zaj már viselkedésváltozást okoz (Manci et al., 1988). Az ennél is hangosabb zaj menekülést, lefagyást vált ki (Morgan és Tromborg, 2007). A szarvasmarhák szívfrekvenciája megnőtt és nőtt az aktivitásuk, mikor körülöttük kiabáltak és a fém kapukat döngették (Waynert et al., 1999). A kiabálás tejelő tehenekben is averziót váltott ki (Pajor et al., 2000). Ha az emberi hang ismétlődő és hangos, az még rosszabb hatással van az állatokra, különösen, ha a hang magasabb frekvenciájú, például gyerekhang (Lanier et al., 2000). Más vizsgálatok is azt mutatták, hogy szarvasmarháknak az a legnehezebb, ha a zajinger hirtelen jelentkezik (Grandin, 1998; Arnold et al., 2007). A 80 dB-es zaj nem volt negatív hatással az állatokra, a tejtermelés nem változott, bár az állatok takarmányfelvétele nőtt. A hirtelen jelentkező 105 dB-es zaj rontotta ugyanazokat a mutatókat, ráadásul nagyobb mértékben, mint amikor a zaj fokozatosan hangosodott 105 dB-re (Kovalcik és Sottník, 1971). Felmerült, hogy a zene használható a hirtelen zajok elfedésére, vagy hatásuk csökkentésére.

A zajjal járó rezgés szintén befolyásolja az állatokat, de a két tényezőt és hatásaikat nehéz elkülöníteni, mert a zajforrások vibrációt is okozhatnak. A laboratóriumi körülmények között jelentkező zajokról sokat tudunk (Reynolds et al., 2010), de kevés információ van arról, hogy mennyi vibráció kíséri ezeket. A rezgés legalább olyan mértékű, ha nem súlyosabb élettani változásokat okozhat, mint a zaj. A vibráció fontos szerepet tölt be több állatfaj kommunikációjában a rovaroktól az elefántig (Hill, 2001). Fontos a ragadozó-zsákmány interakcióban, az anya-utód kapcsolatban, a párválasztásban és az élelemkeresésben. Ez azt sejteti, hogy a laborállatok érzékenyebbek lehetnek a zajra, mint az emberek. A rezgés pontos hatását nem ismerjük, de az egerek mozgásaktivitásában és a napszaki ritmusában már napokkal egy földrengés előtt változást észleltek (Li et al., 2009). Megfigyelések szerint a vibrációnak kitett egerekben csökkent a szaporaság, a takarmányfölvétel, a súlygyarapodás, és változott a viselkedés (Faith és Miller, 2007) is. Más fajok is érzékelik a vibrációt: sertésben és kutyában az alacsony szintű, egész testre ható rezgés kardiovaszkuláris változásokat, baromfiban elkerülő magatartást (Abeyesinghe et al., 2001) és patkányban az élettani mutatók változásait (Ariizumi és Okada, 1983) okozza. A rezgés biológiai hatása nemcsak az amplitúdón, hanem a frekvencián (Hz), a sebességen (m/s) és a gyorsuláson (m/s^2) is múlik. Minden tárgynak vagy testrésznek megvan a maga rezgésfrekvenciája (resonance frequency, F_n). Az ezekhez közeli frekvenciájú rezgések bírnak a legnagyobb hatással az adott objektumra. Az emberi frekvenciaadatok ismertek, azonban az egéré nem. A patkány rezgésfrekvencia tartományát meghatározták: a hasüreg esetén 27-29 Hz, a mellkasban 225-230 Hz, és a koponyában 75-80 Hz (Ushakov et al., 1983). Már a rezgésérzékelés küszöbét (sensitivity frequency range, SFR) épp elérő vibráció is distresszt okozhat (Ljunggren et al., 2007). Malacok esetében a teljes test vibrációja 2-18 Hz között $1 m/s^2$ szinten az ACTH és a kortizol vérkoncentrációjának azonnali emelkedését okozta (Perremans et al., 2001).

Patkányban a $3,9 \text{ m/s}^2$, 20 Hz-es, teljes testre irányuló rezgés a vér kortikoszteron-szintjének és az agybeli szerotonin koncentrációjának az emelkedését okozta. Az 5-15 Hz, $20\text{-}25 \text{ m/s}^2$ -es vibráció pedig csökkentette a gyomor kiürülésének idejét, csökkentette a parenchymás szervek tömegét és növelte a mellékvesék méretét (Ariizumi és Okada, 1983; Toraason et al., 1980). Egérben az $1\text{-}3 \text{ m/s}^2$, 90 Hz-es rezgés csökkentette az adipogenezist és a máj triglicerid-szintjét (Rubin et al., 2007), viszont növelte a csontok tömegét (Xie et al., 2006).

Rousseau francia filozófus, író és zeneszerző szerint a zene a hangok kombinálásának művészete a fül számára kellemes módon (Dahlhaus és Eggebrecht, 2004). A zene tehát alapvetően egy ember által kreált fogalom, emberek készítik, elsősorban embereknek. Így alapos kutatás nélkül nem tudjuk és nem tudhatjuk, hogyan érzékelik azt más fajok, azt pedig különösen nem, hogyan hat rájuk.

A képességet, hogy egy élőlény képes különbséget tenni különféle hangok, dallamok között, megkülönböztetésnek hívjuk. Már a 80-as évek óta kutatják, hogy különféle állatfajok képesek-e a megkülönböztetésre, ha emberi zenéről van szó. Egy vizsgálatban galambokat idomítottak arra, hogy Bach és Stravinsky műveit felismerjék. A madarak eledelt kaptak jutalmul, ha a megfelelő korongot csípték meg. A madarak előbb megtanultak különbséget tenni a két szerző adott darabjai között, majd amikor ezt már nagyon kevés hibával teljesítették, akkor ugyanezen szerzők más darabjait, illetve más szerzők hasonló darabjait mutatták meg nekik. A madarak ugyanúgy szerepeltek a kísérlet ezen részében, mint az emberi alanyok (Porter és Nauringer, 1984). Rizspintyek képesek voltak különféle zeneszerzők műveinek ismételt hallgatása után a hasonló zenéket azonos kategóriákba sorolni (Watanabe és Sato, 1999), egy másik kísérletben pedig a konszonáns (kellemes, harmónikus szerkezetű, mint például Bach Brandenburgi Versenye, vagy Yanni Acropolis című filmzenéje) hangokat tudták elkülöníteni a disszonánstól (például a Schönberg Hegedűkvartettjét, vagy a metalzenét) (Watanabe et al, 2005). Később azt is kimutatták, hogy a madarak a csend és a korábban vizsgált zeneszerzők művei közül Bachot és Vivaldit részesítik előnyben (Watanabe és Nemoto, 1998). Naposcsibék preferenciát mutattak a konszonáns dallamok iránt a disszonánssal szemben (Chiandetti és Vallortigara, 2011).

Halak is képesek a megkülönböztetésre. Pontyokat (*Cyprinus carpio*) tanítottak country és klasszikus zene felismerésére, az állatok a kísérlet végén a még sosem hallott zeneszámokat is képesek voltak a blues és a klasszikus zene kategóriába sorolni (Chase, 2001). Poli és Previde (1991) kísérletében a patkányok is képesek voltak bizonyos melódiák felismerésére, Otsuka et al. (2009) vizsgálatában pedig Bach és Stravinsky darabjait tudták elkülöníteni. Mára tudjuk, hogy számos faj, a halaktól az énekesmadarakon át a főemlősökig képes a megkülönböztetésre (Watanabe, 2009).

Galambok képesek voltak olyan fotókat kiválasztani, amiken emberi arc van (Herrnstein és Loveland, 1964), de azt nem tudjuk még, hogy tényleg az embert ismerték fel,

vagy csak egy nagyobb világos foltot. Lehet, hogy zene esetén is inkább az ilyen jellemzőket azonosítják (pl. egy adott frekvencia megléte vagy hiánya) az állatok, mint hogy az általános vagy absztrakt jellemzőket. Emberben jól ismert tény, hogy a zenének kellemes, megerősítő hatása (reinforcing effect) van. Állatban azonban ezt a tulajdonságát még nem sikerült igazolni, bár rizspintyek preferenciát mutattak bizonyos zeneszerzők művei iránt (Watanabe és Nemoto, 1998).

Összegezve tehát, az állatok talán képesek megkülönböztetni komplex zenei ingereket, ha azok között pszichofizikai különbség van. Ez azt jelenti, hogy különbözik a viselkedésre, csakúgy, mint az agyi idegi kisülések szinkronizáltságára és a neurotranszmitterek eloszlására kifejtett hatása. De a megerősítő hatás fajfüggő, valószínűleg patkányra, galambra és énekesmadarakra korlátozódik. A hangot kiadó állatok (ember, denevér, cetek, delfinek, fókák, kolibrik, galambok és énekesmadarak) és a hangot nem, vagy csak ritkán kiadó fajok között mérhető különbség van a zene fölismerésében. Az ember és a madarak is születés után tanulják a kommunikációt. A fiatal madarak előbb kezdetleges éneket adnak elő, majd később tanulnak meg teljes értékű dalokat. Míg az előbbi veleszületett és az agytörzsi magokhoz köthető; addig az utóbbi az agykéreg bevonásával történő tanulási folyamat eredménye. Ez önmegerősítés segítségével történik. A folyamat nagyon hasonló ahhoz, ahogy az ember megtanul beszélni. Mivel az egerek UH-tartományban is kommunikálnak, lehet, hogy az UH-zenének lenne megerősítő hatása (Holy és Guo, 2005).

Láthatjuk tehát, hogy a zene hatása sokrétű, viszont azt sem zárhatjuk ki, hogy az állatok számára – fajtól függően – a zene is csak zaj. Bizonyos hanghatások lehetnek a környezetgazdagítás részei, ám ha ez az állatoknak csak egy újabb stresszor, akkor többet árthat, mint használ. Gyapjasfejű tamarinok és fehérpamacsos selyemmajmok a lassú tempójú zenét preferálták a gyorsal szemben, viszont amikor lassú zene és csend között választhattak, akkor a csendes környezetet részesítették előnyben (McDermott és Hauser, 2007). A kutatócsapat azt javasolta, hogy ha alkalmazunk is zenét mint környezetgazdagítás, adjunk lehetőséget az állatoknak, hogy például kikapcsolhassák azt.

5.4.1. A zene hatása emberekre

A zene élvezete minden ember számára ismerős, ahogyan az is, hogy stílusától függően komoly stresszoldó hatással bír. A legkorábbi forrásaink jóval időszámításunk előttre nyúlnak vissza, de valószínű, hogy már az őskőkorszak óta része az életünknek (West, 2017). Tudományos szemmel csak néhány évtizede nézzük, de egyre biztosabban tudjuk, hogy komoly egészségmegőrző és gyógyító szereppel is bír.

Emberben a zene mentális egészséget támogató szerepe jól dokumentált, tudjuk, hogy mind a hangulatunk, mind a viselkedésünk befolyásolható vele (Sousou, 1997; McCraty et al.

1998; Ragneskog et al. 1996; Yalch és Spangenberg, 2000). Bizonyos rockzenei irányzat, a grunge például igazoltan negatív érzelmeket vált ki az emberekből (szomorúság, ellenségesség), míg bizonyos, külön erre a célra komponált darabok képesek segíteni a koncentrációt, nyugtató hatással bírnak (McCraty et al., 1998), ezenkívül a zene képes segíteni az alvást (De Niet et al., 2009). A kifejezetten nyugtató zene képes csökkenteni a stressz tüneteit (vérnyomás-, szívfrekvencia-emelkedés, szorongás) egészséges emberekben (Knight és Rickard, 2001).

A zene emellett sikeresen csökkenti a fájdalmat (Siedliecki és Good, 2006), segít elviselni a kellemetlen beavatkozásokat (Bampton és Draper, 1997), illetve csökkenti az ilyen beavatkozások alatt a fájdalomérzékelést és a szükséges gyógyszer mennyiségét (Nelson et al., 2008; Schiemann et al., 2002). Hallgatása enyhítette a krónikus fájdalmat, csökkentette a szorongás és depresszió tüneteit idős emberekben, illetve egyetemistákban mérsékelte a szorongást (Hanser és Thompson, 1994). Egy másik vizsgálatban mérsékelte a szorongás okozta vérnyomás-emelkedést, a szívverésszám és a légzés változásait. A zene hallgatása csökkentette a kemoterápiás kezelés okozta hányingert. A pontos mechanizmus ismeretlen, bár valószínűleg az autonóm idegrendszerre hat (Kemper és Danhauer, 2005). Egy másik vizsgálatban pedig képes volt csökkenteni az émelygést (Ezzone et al., 1998).

Használatát javasolják olyan idegrendszeri betegségek esetén, mint az időskori demencia (Sung és Chang, 2005), az agyi ischémia (Noda et al, 2004), az Alzheimer-kór (Brotons és Marti, 2003) és a Parkinson-kór (Haneishi, 2001), de skizofrénias állapotok kezelésére is használható (Gold et al., 2009). Gyerekekben Mozart több hónapon át tartó hallgatása csökkentette az epileptiform rohamokra jellemző agyi elektromos aktivitást (Lin et al., 2011). A zeneterápia emellett pozitív hatással van az agysérülés miatt vegetatív állapotban fekvő betegekre is (Noda et al., 2004).

Guéguen et al. (2010) azt találták, hogy a zenehallgatás elősegíti az önzetlen viselkedést. A kereskedelemben a gyakorlatban is kihasználják, hogy a háttérzene megnöveli a boltokban (Milliman, 1982) és éttermekben (Milliman, 1986) eltöltött időt, és azt is befolyásolja, mennyi pénzt költünk el ott (Areni és Kim, 1993).

5.4.2. A zene hatása különféle állatfajokra

A legkorábbi tudományos cikk a témában 1987-ből származik. Ekkor azt találták, hogy az állatok viselkedésváltozással reagálnak a zenére, amennyiben az eléri a 90 dB-es hangnyomásszintet (Muller, 1987).

A zene hatása állatfajonként nagyon eltérő lehet. Szerepelhet mint a háttérzörejeket elfedő, jótékony inger, a tanulási képességet és a memóriát teljesítményét javító behatás,

valamint önmagában is kellemes ingeregýttest képezhet. Azonban kétségtelen, hogy ez a hatás faj-, sőt, sok esetben fajtaspecifikus, ráadásul a felhasznált zene típusa is sokat számít.

5.4.2.1. Halak

Vasantha et al. (2003) azt vizsgálták, hogyan befolyásolja a zene a koi pontyok növekedését. A zenének kitett halak szignifikánsan nagyobbra nőttek, mint a zenét nem hallgatók. Néhány évvel később egy másik kutató csapat Mozart egy darabját (sol major, K525) használta közönséges pontyok vizsgálatára. Azt találták, hogy a zene hatására az állatok jobban gyarapodtak, ráadásul a test összetétele és zsírtartalma is pozitívan változott (Papoutsoglou et al., 2007). Hasonló eredményre jutottak 3 évvel később (Papoutsoglou et al., 2010). Brincat (2013) vizsgálatában a Mozart-szonáta hatott a koi-pontyok aktivitására s önkéntes takarmányfölvételére, továbbá a testösszetételük is megváltozott.

5.4.2.2. Baromfifajok

Ugyan a baromfifajoknak (és általánosságban a madaraknak) ugyan nincs fülkagylójuk, de hallásuk mégis kitűnő (Rafai, 1999). A madarak hallástartományja viszonylag tág, de leginkább az 1-4 kHz közötti hangokra érzékenyek.

A nagyüzemi baromfitartás egyike a legkomolyabb állatjóléti kérdéseket felvető tartásmódoknak. A zene lehetséges pozitív hatásainak kihasználása már itt is felmerült, ám a kapott eredmények elég ellentmondásosak. Christensen és Knight (1975) nem találtak arra utaló jelet, hogy a 85 vagy a 75 dB-es zene nyugtatná ezeket az állatokat. A zenei kezelést kapott madarak először megrémültek, azonban idővel megszokták a hangingeret. Sőt, egy másik kutatás azt mutatta, hogy ha a tyúkok választhatnak, akkor a csendes környezetet választják (McAdie et al., 1993).

Ahogy emlősökben a kortizolszint, úgy tyúkokban a heterofil-limfocita arány is jó indikátora a stressznek (Gross és Siegel, 1983).

Amikor a normál háttérzaj és a zenével kombinált háttérzaj hatását vizsgálták tojótyúkokra, azt találták, hogy a heterofil-limfocita arány alapján a zene nem tudta csökkenteni a stresszválaszt. Sőt, a tónusos immobilitás idejének mérése alapján, a zenei kezelést kapott madarak még féltősebbek voltak, mint a kontrollcsoport állatai. A zenés csoportban lévő madarak a hangforrástól a lehető legtávolabbi sarokba tojták tojásaikat. Ezen eredmények arra utalnak, hogy nem elég, hogy a zenének nincs pozitív hatása ezen faj jólétére, de valójában kifejezetten káros is lehet, habár a stresszválasz mérése nem hozott szignifikáns eredményt (Campo et al., 2005).

2011-ben különféle környezetgazdagító elemek, köztük a zene hatását vizsgálták különféle tojótyúk fajták egyedeire. Az akusztikus környezetgazdagítás nem hatott egyformán a különféle fajtákban a tónusos immobilitásra: a 8-ból 5 fajta esetén ugyan csökkentette azt, de csak a Black Castellana fajtában volt a változás szignifikáns. A heterofil-limfocita arányt is mérték, és azt találták, hogy az 15%-kal magasabb volt a zenei kezelést kapott csoportban, mint a kontrollcsoportban. Ebből arra a következtetésre jutottak, hogy az akusztikus környezetgazdagítás képes csökkenteni a stresszt, de nem hatásos a féltőség csökkentésére (Dávila et al., 2011).

Campo et al. (2005) korábban ezzel ellentétes eredményt mértek, de ők két másik fajtaival (Black-Breasted Red Andaluza és Birchen Leonesa) végezték a vizsgálatot. A két vizsgálat számos más körülményben is eltért (a madarak kora, a tartásmód), így nem egyértelmű, hogy mi okozhatta a különbségeket.

Vizsgálták ezen kívül a zene hatását a súlygyarapodásra is brojler típusú házityúkban. Amikor a brojlercsirkéket 4 különféle hangkezelésnek tették ki (halkabb és hangosabb „dinner” zene, halkabb és hangosabb rock and roll), azt találták, hogy a madarak takarmányfogyasztása nem változott egyik zene hatására sem. Azonban a hangos (max. 85 dB) rock and rollt hallgató madarak végső testsúlya kisebb volt a többi csoporténál, és szignifikánsan kisebb, mint a halkabb (max. 75 dB) dinner zenét hallgató csoporté (Christensen és Knight, 1975). Ezzel ellentétes eredményt kapott egy másik csapat, amikor klasszikus zenét játszottak le brojlereknek. A zenei kezelést kapott madarak szignifikánsan többet ettek és szignifikánsan jobb volt a takarmányértékesítésük mint a zene nélküli csoportnak (Gvaryahu et al., 1989). Az eredményeiket azonban később kétségbe vonták, mert kiderült, hogy nem csak a zene jelenléte volt az egyetlen különbség a két csoport tartásmódja között (Newberry, 1995).

Ezek alapján tehát az akusztikus kezelés önmagában, házityúk faj esetén, nem megfelelő módszer az állatok megnyugtására. Igaz, hogy egy vizsgálatban a frissen kikelt csibék a konzonáns hangokat preferálták (Chiandetti és Vallortigara, 2011), mégis úgy tűnik, hogy az emberi zene számukra csak egy újabb zaj, így csak egy újabb stresszforrás.

Azonban felmerült, hogy a fiatal korban alkalmazott hangokkal való kondicionálás segíthet csökkenteni a madarak hangingerekkel szembeni érzékenységét.

5.4.2.3. Egér

Bár az egerek szaglása, feromonérzékelése és tapintása is kitűnő, a hallás is igen fontos része az érzékelésüknek. Hallástartományuk az 1 kHz-től a 110 kHz-et felölelő tartományt fogja át (az emberé 0,02-20 kHz). Látásuk kifejezetten gyenge (Garner, 2005).

Az egereknek - az emberhez hasonlóan - a 85 dB feletti zaj káros hatású, viselkedési zavarokat okoz, ezért tartásuk során kerülni kell a hirtelen és hangos zajokat. Az egyes törzsek hang iránti érzékenysége nagyban különbözhet, s léteznek süket vonalak is (Miller et al., 2013). Néhány törzs kifejezetten érzékeny lehet, pl. DBA, amely hajlamos a zaj okozta rohamokra, a BALB/c egerek pedig általában is fokozottabb szorongási szintet mutatnak (Kim et al., 2002) és kevésbé szociálisak, mint a C57BL/6J egerek.

Hu et al. (2007) egereket tettek ki stresszhatásnak (ismételt lefogás), majd különféle hangingereket játszottak le nekik. A szerenád jellegű zenét hallgató csoportban alacsonyabb ACTH és noradrenalin szintet mértek, ami alacsonyabb stresszállapotra utal. Egy másik vizsgálatban a „new age” zenének volt nyugtató hatása, a klasszikus és popzenének viszont nem (Van Loo et al., 2004).

Egerek esetén igazolódott, hogy az ivarnak fontos szerepe van ha a zene hatására vagyunk kíváncsiak. A vizsgálat során a zenének csak intakt, illetve ivartalanított, de progeszteronnal kezelt nőstényekben volt szorongásoldó hatása. Ez alapján a petefészkek által termelt szteroidoknak, különösen a progeszteronnak, komoly szerepe van a zene nyugtató hatásának kialakulásában (Chikahisa et al., 2007).

Egérben vizsgálták a zene hatását két neurotropin termelésére, a BDNF-re és az NGF-re. Ezek a perifériás és központi idegrendszerben termelt fehérjék, melyek a neuronok növekedését, túlélését és funkcióját támogatják (Weisenhorn et al., 1999). A vizsgálatban az egereket 6 órás lassú zenei kezelésnek tették ki 21 napon át. Passzív elkerülési tesztben (PAL) vizsgálták az állatok viselkedését, illetve mérték a két neurotropin szintjét az agy különféle régióiban. A zenei kezelést kapott egerek hippokampuszában szignifikánsan nagyobb BDNF szintet mértek a kontroll állatokkal összevetve. De csakis ebben az agyi régióban, és az NGF szintje még itt sem változott. Emellett a zene szignifikánsan javította az elkerülési tesztben mért teljesítményt. Ez arra utal, hogy bizonyos körülmények között a zene képes javítani a tanulási és emlékezési folyamatokat (Angelucci et al., 2007), jótékony hatása a központi idegrendszerben a BDNF hippokampuszbeli funkciójának köszönhető. A PAL eredmények arra utalnak, hogy a zene olyan idegi szubsztrátokra is hat, amelyek a tanulás és memória folyamataiban szintén érintettek. Ezt támasztja alá, hogy a zenei kezelés a perinatális szakaszban javította az egerek teljesítményét a labirintusban és befolyásolta a BDNF, illetve receptorának (tirozin-kináz receptor B, TrkB) működését felnőtt egérben (Chikahisa et al., 2006). Ezek az eredmények egybevágóak a humán eredményekkel, ugyanis korábban azt találták, hogy a zene gyerekekben képes javítani a térbeli memóriához köthető teljesítményt (Rauscher et al., 1997). Hasonló eredményre jutottak akkor is, amikor választási korú egereket 10 héten át minden éjjel 12 órán át Mozart vagy Beethoven által szerzett klasszikus zenének tettek ki. A Mozart darabját hallgató állatok szignifikánsan jobb eredményt értek el a T-labirintus tesztekben, mint a Beethovent hallgatók (Aoun et al., 2005). Elképzelhető, hogy a

zene megnövekedett neuronális plaszticitást okoz a hippocampusban, amit ismerten a BDNF-rendszer szabályoz. Úgy tűnik, hogy a hallószervek stimulálása a temporális kérgen keresztül hat a hippocampális régióra. Emberben a funkcionális MRI vizsgálatok azt mutatták, hogy a kellemetlen, diszsonáns zene és a kellemes konzónáns zene aktiválja a hippocampális és parahippocampális területeket az agyban (Koelsch et al., 2006). Feltételezhető, hogy a hangingerek serkenthetik a hippocampális idegsejteket, ami megnövekedett BDNF-termelést okoz, mivel kapcsolat van a talamusz és a hippocampus között.

5.4.2.4. Patkány

Az emberekhez hasonlóan SHR (spontán hipertenzív) patkányban is azt találták, hogy Mozart zenéje (Divertimento K205) képes csökkenteni a vérnyomást. Ez a patkánytörzs veleszületetten magas vérnyomástól szenved (Sutoo és Akiyama, 2004). A hatás a zene meghallgatása utáni 30. perctől volt mérhető, egészen a 2. óráig. Magasabb szérumszintet is mértek 15 perccel a zenei kezelés megkezdése utántól addig, míg a zene abba nem maradt. A zenének kitett patkányok dopamin szintje is megnőtt, de csak az agy egyik specifikus régiójában, a neostriátumban.

A vérnyomáson kívül a szívfrekvencia is gyakran mért paraméter rágcsálókban. Egy másik vizsgálatban Mozart és Ligeti zenéjének szívfrekvenciára és vérnyomásra való hatását hasonlították össze egészséges és SHR patkányokban. Azt találták, hogy Ligeti 2-es számú vonós kvartettje 12 órára megemelte az SHR patkányok vérnyomását. Míg az egészséges patkányok vérnyomása ugyanezen hatásra csökkent. Emellett Mozart 40. szimfóniája csökkentette az SHR patkányok szívverésszámát, míg az egészséges patkányok szívverésszámára nem volt hatással (Lemmer, 2008).

Érdekes, hogy utóbbi vizsgálatban a Mozart darabok nem voltak hatással egyik patkánytörzs esetében sem a vérnyomásra, ellentétben Sutoo és Akiyama (2004) vizsgálatával, bár tény, hogy a két vizsgálatban nem ugyanazt a Mozart darabot használták, ráadásul a vérnyomást is eltérő módszerrel mérték.

Egy másik vizsgálatban bizonyítékot találtak arra, hogy a zene képes csökkenteni a stressz által kiváltott immunszuppressziót, ezáltal csökkenteni a tumorsejtek metasztázisképző képességét. A vizsgálat során patkányokat injekciótak be Walker 256 tumorsejtekkel, majd négyféle kezelésnek tették ki őket: zajstressz (riasztó), 5 órás zene, zajstressz és zene felváltva illetve kontrollként csend. A csak zajstressznek kitett állatok a kontrollhoz képest számos immunrendszerhez köthető paraméterben változást mutattak: csökkent a csecsemőmirigy súlya, a T-sejt proliferáció és a természetes ölüsejt aktivitás. Emellett a plazma ACTH szintje szignifikánsan megemelkedett ezekben az állatokban a kontrollokhoz

képeket. A zaj után zenei kezelést is kapó állatok ACTH szintje szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a csak zajkezelést kapottaké. Ráadásul a csak zenei kezelést kapott és a zenei kezelést is kapott állatokban szignifikánsan kevesebb számú és kisebb méretű metasztatikus góc jelent meg a tüdőben, mint a csak zajkezelést kapottakban. Az eredmények arra utalnak, hogy a zene képes volt csökkenteni a zajstressz immunszuppresszív hatását (Nuñez et al., 2002).

Pre- és posztnatális korban is a zene hosszútávú hatással van a viselkedésre, valószínűleg a hippokampusz aktivitásának befolyásolásával (Pelleycounter et al., 1996). A legvalószínűbb az, hogy a zene az agyi funkciókat a neurotranszmitterek és/vagy más idegi mediátorok termelésén keresztül befolyásolja. Például patkányokban Mozart zenéje az agyi dopamin felszabadulást befolyásolta (Sutoo és Akiyama, 2004). A BDNF és az NGF olyan fehérjék, amelyeket a perifériás és a központi idegrendszer termel. Szerepük van a központi idegrendszer sejtjeinek növekedésében, túlélésében és működésében (Weisenhorn et al., 1999). Számos központi idegrendszert érintő betegség kórfejlődésében szerepet játszhatnak, úgymint az Alzheimer-kór, a Parkinson-kór, a skizofrénia és a depresszió. Szerepük van az ischémiás sérülés utáni gyógyulásban is az agyban és képesek serkenteni a neurogenézist a hippokampusban (Scharfman et al., 2005). Mennyiségük befolyásolja a patkányok viselkedését (Pelleycounter et al., 1996). A BDNF a szinaptikus plaszticitás molekuláris mediátora, aminek fontos szerepe van az idegi struktúra és funkciók szabályozásában, mind a fejlődő, mind az érett központi idegrendszerben. Felnőtt korban az idegi szinaptikus erőt modulálja, szerepe van a tanulás és memória hippokampális folyamataiban és a fájdalom gerincvelői folyamataiban. A BDNF ismert neuroprotektív ágens és a nagy affinitású receptora jelentős sűrűségben fordul elő az egész központi idegrendszerben, ezért jó eszköze lehet néhány központi idegrendszeri betegség terápiás kezelésének (Pezet és Malcangio, 2004). Emberhez hasonlóan patkányok memóriájára is pozitívan hatott Mozart zenéje, a K448-as szonátát hallgató állatok jobban teljesítettek a memóriateszteken (Rauscher et al., 1998). A zenei kezelés patkányban (Fekete et al., 2011) javította a labirintustesztek eredményeit és a fejlődő patkány agyában serkentette a hippokampusz neurogenézisét (Kim et al., 2006).

5.4.2.5. Kutya

A menhelyek és gyepmesteri telepek komoly kihívás elé állítják az ott élő állatokat, a kennelekben való elhelyezés önmagában stresszforrás, az állatok sok zajnak vannak kitéve, a bezártság önmagában nehéz, különösen egy új környezetben. Az állatok elveszítik a kontrollt környezetük felett. Ilyen helyzetben bármilyen környezetgazdagítás hasznos lehet, így a zene is.

Wells et al. (2002) 5 különböző akusztikus inger (emberi beszélgetés, klasszikus zene, heavy metal, pop zene és kontroll) hatását vizsgálták menhelyi kutyákra. Azt találták, hogy a

kutyák aktivitása és vokalizációja megváltozik ezek hatására. A klasszikus zene hallgatása közben a kutyák kevesebbet ugattak és többet pihentek, mint a többi hanghatás alatt. Ezzel szemben a heavy metal zene szignifikánsan megnövelte az ugatás és az állás idejét.

Leeds és Wagner (2008) könyvükben megerősítik, hogy a zene mint inger vagy mint környezetgazdagító elem képes pozitívan befolyásolni a kutyák viselkedését és egészségét. A könyvhöz egy 45 perces, általuk összeállított CD-t mellékeltek, melynek tartalma szerintük képes a kedvencként tartott kutyákat megnyugtatni. Ezt a zenei válogatást később Kogan et al. (2012) kennelben tartott kutyákon is kipróbálták, de nem tapasztaltak hasonló hatást, mint korábban Wells et al. (2002).

Von Borell et al. (2007) egy 6,5 órás klasszikus zene válogatást játszottak le kutyáknak, s közben monitorozták azok szív működését egy hordozható humán szívfrekvencia monitorral. Azt találták, hogy a zene csökkentette az átlagos szívfrekvenciát. Az állatok viselkedésével összevetve az eredményt azonban kiderült, hogy azt nem a zene okozta közvetlenül, hanem a csökkent aktivitás, ugyanis megfigyelték, hogy a zene hatására az állatok több időt töltöttek fekvé és csendben.

Bowman et al. (2015) kutyák viselkedését és bizonyos élettani paramétereit vizsgálták zene hatására. Mérték a nyálban található kortizolszintet, ebben azonban nem találtak konzekvens különbséget, és az is kiderült, hogy a nyálban mért kortizolszint és a kutyák viselkedése között kisebb volt a korreláció, mint a viselkedés és a szívfrekvencia-variabilitás (HRV) között. Ezért két évvel később, újabb vizsgálatukban nem a nyál kortizolszintjét mérték, hanem a vizelet kortizol:kreatinin arányát. Ennek oka, hogy a vizeletben a kortizol hosszabb idő, normális körülmények között órák alatt halmozódik fel, tehát kevésbé befolyásolják a rövidtávú változások mint a nyálban mérhető szintjét. A Soft Rock zene hallgatása alatt szignifikánsan magasabb kortizol arányt mértek a vizeletben, mint a csendes kontrollok alatt. A többi zene alatt mért érték alacsonyabb volt a Soft Rock alatt mértnél, viszont minden esetben magasabb a csendes kontrollnál, ami arra utal, hogy az állatok stresszhatás alatt voltak. Ez azért volt különös, mert a mért viselkedési paraméterek és a HRV alapján, a kutyák kevésbé voltak stressznek kitéve a zenék lejátszása közben, mint a csendes kontroll alatt (Bowman et al., 2017).

5.4.2.6. Sertés

Sertésben eddig nem sikerült igazolni, hogy a zenének nyugtató hatása lenne. Két kifejezetten stresszt okozó szituációban figyelték meg a malacokat, az egyikben az állatokat 5 percig lefógták, mintha heréléshez rögzítenék őket, a másikban a választás utáni 20 órát vizsgálták. Megfigyelték a malacok hangadását, és azt találták, hogy a zene nem befolyásolta annak gyakoriságát (Cloutier et al., 2000).

Egy másik tanulmányban a súlygyarapodást vizsgálták. A növendék sertéseket lassú és gyors ritmusú zenének tették ki, mindkét kezelés maximum 80-85 dB-es volt. A gyors ritmusú rock and roll zenének kitett csoport csökkent napi súlygyarapodást produkált, és a takarmányértékesítés is romlott. Ezt azzal magyarázták, hogy ezek az állatok stresszesebbek voltak, így megnőtt az alap energiaszükségletük. A lassú ritmusú zene nem befolyásolta ezeket a paramétereket a csendes kontrollhoz képest (Ekachat és Vajrabukka, 1994).

5.4.2.7. Szarvasmarha

A zene szarvasmarhákra való hatását már az 1970-es évek óta kutatják. Elsőnek Wisniewski et al. (1977) vizsgálták, hogy különféle kondicionálási módszerek hogyan befolyásolják az üszők viselkedését. Azt találták, hogy countryzene hatására az állatok kooperatívabbak voltak a fejés során, mint rock and roll zene hatására. Hasonló kísérletet végeztek később Uetake et al. (1997), amikor azt vizsgálták, hogy a zene befolyásolja-e a tehének hajlandóságát, hogy a fejőgéphez lépjenek. Azt találták, hogy a zenét hallgató állatok szívesebben léptek be a területre. Felmerült, hogy ilyen esetekben mekkora szerepe van a zene hatásának az állatgondozókra, ugyanis tudjuk, hogy az emberek nyugodtabbak, ha az ízlésüknek megfelelő zenét hallgatnak, és ha nyugodtabbak, akkor a tehennel is másképp bánnak, ami jelentősen befolyásolhatja az állatok állapotát.

A tejtermelés kapcsán számos anekdota olvasható, ahol arról számolnak be, hogy a zene növelte a tejtermelést, például 2006-ban azt találták, hogy az indiai klasszikus zene több mint 12%-kal növelte a leadott tej mennyiségét, és az állatok láthatóan nyugodtabbak és kooperatívabbak voltak, mint korábban. A szerzők azonban eredményeiket nem tudták adatokkal hitelesen alátámasztani (Moregaonkar et al., 2006).

5.4.2.8. Vadállatok

A rádió hallgatása csökkentette a páviánok szívfrekvenciáját (Brent és Weaver, 1996). Laboratóriumban tartott csimpánzoknál az instrumentális zene növelte a szociális interakciók számát, jobban, mint a vokális zene. A vokális zene viszont jobban csökkentette az agresszív viselkedést. A zene tempója is befolyásolta az eredményeket, a lassabb vokális zene hatásosabb volt a hímek agressziójának csökkentésében, mint a gyorsabb (Videan et al., 2007). Oroszlánmajmok és selyemmajmok viszont, ha választhattak, a csendes környezetet részesítették előnyben a lassú zenéssel szemben is (McDermott és Hauser, 2007). Ázsiai elefántok klasszikus zene hatására kevesebb abnormális viselkedést mutattak (Wells et al., 2009).

6. A vizsgálatok bemutatása

6.1. Zenék és zajok hatása csirkék viselkedésére és stresszállapotára

6.1.1. Összefoglaló

Jelen vizsgálatban arra kerestük a választ, hogy a zajjal vagy zenével történő „előkezelés” csökkenti-e a későbbi zajhatás okozta stresszt, illetve, hogy maga az előkezelés milyen hatással van az állatokra. Vizsgáltuk a napi 10 órán át zajnak ill. zenének kitett fiatal, 21 napos Ross hústípusú csirkék viselkedését és stresszre adott reakcióit, illetve, hogy a fiatal állatok zajjal vagy zenével való kondicionálása későbbi életkorban pozitív hatással van-e a stresszérzékenységre. Ötven naposcsibét három csoportra osztottuk, az I. csoport zajválogatást, a II. csoport klasszikus zenét hallgatott, a III. kontrollcsoport pedig semmilyen hanghatásnak nem volt kitéve. A maximális zajszint 70 dB volt. Porondteszteket végeztünk, amely során 5 percig figyeltük a csirkék viselkedését és videófelvételt készítettünk. A porondtesztek után a tonikus immobilitás tesztet is elvégeztük. A kísérlet zárásakor kortikoszteronszint méréséhez vért vettünk, majd eutanázia után kórbonctani és -szöveti vizsgálatot végeztünk; megtörtént az ivar meghatározása és vizsgáltuk a csontnövekedési aszimmetriát (fluktuáló aszimmetria). Az eredményeket $p \leq 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak.

A zaj 10,56%-kal csökkentette a kakasok végső testsúlyát, de a jércék súlygyarapodását sem a zaj, sem a zene nem befolyásolta. A boncolás és a szövettani vizsgálat nem mutatott ki semmilyen stressz okozta elváltozást. A tonikus immobilitás vizsgálat nem hozott egyértelmű eredményt. A fluktuáló aszimmetria a kontrollcsoportban volt a legnagyobb, míg a kortikoszteron szint ebben a csoportban szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a zajos és zenés csoportokban. Zajprovokációkor a kontrollcsoport csirkéi minden esetben többet álltak és csipogtak, mint a zajt vagy a zenét hallgató csoportokéi. Az evés gyakorisága az első zajos porondteszt alatt alacsonyabb volt, mint előtte az alapviselkedéskor, de utána újra nőni kezdett minden csoportban. A csipogás - egy hirtelen ugrással az első zajos porondteszt után - hétről hétre csökkent minden csoportban. A tátogás gyakoriságát a zaj megjelenése a porondon megnövelte, minden csoportban hasonlóan. Az alapviselkedés fölvételekor nem volt fejrázás egyik csoportban sem, de később a gyakorisága minden csoportban egyre nőtt.

Összességében kimondható, hogy nincs különbség a zenei és a zajos kezelés között, a csirkék mind hormonálisan, mind a viselkedés tekintetében hasonlóan reagálnak a zenére és a zajra. Eredményeink alapján a három hetes zaj- és zenei kezelés nem okozott klinikai

tünetekben megnyilvánuló stresszválaszt. A zajjal és zenével való kondicionálás csökkentette, de nem eliminálta a stresszt. Az emelkedett szérum kortikoszteron szint a zajos és zenei kondicionálást kapott csoportokban enyhe stresszre utal, viszont a kezelések egyben csökkentették a hangos zajra adott negatív reakció mértékét.

6.1.2. Bevezetés

Ahogy az **5.4.** fejezetben kifejtésre került, a zaj közismerten káros hatással van az állatokra. Az **5.4.2.** fejezetben azt is bemutattuk, hogy a zene pozitív hatással van számos állatfajra, és segíthet leküzdeni a stressz káros hatásait. Az **5.4.3.3.** fejezetben pedig már összefoglaltuk, hogyan hat a zene a házityúkra, jelen összefoglalóban kifejezetten a zajoktól való félelemre és a viselkedésre koncentrálnak. Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy a környezetgazdagításnak és a klasszikus zenének kitett csirkék kevésbé félnek és többet esznek (Gvoryahu et al., 1989). Az összetettebb környezetben felnevelt madarak pedig enyhébb szorongást mutattak az élet 19. és 23. hetében, emellett jobban kihasználták a teret (Brantsaeter et al., 2016). A kikelés előtt és után komplex ritmikus zenének kitett csirkéknek javult a kelés utáni percepciója és a szinaptikus plaszticitása (Roy et al., 2014). A frissen kikelt csibék spontán a konszonáns hangokat preferálták a diszsonánssal szemben (Chiandetti és Vallortigara, 2011).

A félelem biológiai funkciója az, hogy távoltartsa az állatot a veszélyforrásoktól. Az állatok nem egyforma mértékben reagálnak a félelmet kiváltó hatásokra, nem egyformán „félősek”. A félősség mértékét számos genetikai és epigenetikai faktor határozza meg. A környezeti hatások szerepe, különösen fiatal korban, meghatározó (Boissy, 1995). Általánosságban kimondhatjuk, hogy a félelem egy hasznos funkció az állatok életében, de ha nem tudnak eleget tenni menekülési ösztönüknek, úgy káros is lehet (Mills és Faure, 1990; Jones, 1996). A haszonállatok és a laborállatok tartásuk során gyakran vannak kitéve környezeti zajoknak. A telepek ideális esetben természetesen törekednek a zajmentes környezet kialakítására, de egyes környezeti vagy a munkával együtt járó zajok elkerülhetetlenek. Bizonyos házityúk fajták kifejezetten érzékenyek a zajokra, és a hangosabb zajforrások, mint például egy zivatar kitörése komoly veszteségeket okozhat az állományokban a pánikreakció miatt. Ilyenkor az állatok menekülni próbálnak és gyakran összetömörülnek, összetapossák egymást vagy megfulladnak. Természetesen nem csak az akut pánik, de a zaj okozta krónikus stresszállapot is komoly gazdasági károkat okozhat a romló termelési mutatók és az immunszuppresszió miatt. A zajoktól való félelem kialakulása nagyban függ a fiatalkori környezeti hatásoktól. A komplex környezetben való felnevelés csökkentette a félősséget baromfiban (Johnsen et al., 1998), egérben (Friske és Gammie, 2005) és sertésben (Beattie et al., 2000). A környezetgazdagításon túl, a kondicionálás is

csökkentheti az állatok félelmét. A szisztematikus deszenzitizáció régóta alkalmazott kezelési mód a fóbiával küzdő emberek számára (Lang és Lazovik, 1963). A módszer állatok esetén is működhet, és nem csak a rendellenes fóbiák, de a természetes félelem ellen is.

Jelen vizsgálatban a 20 napon át tartó zaj és zene hatását vizsgáltuk a fiatal hústípusú házityúk viselkedésére és stresszállapotára. A cél az volt, hogy a fiatal madarak halkabb hangingerekhez való szoktatásával csökkentsük a későbbi zajérzékenységet.

6.1.3. Anyag és módszertan

A kísérlet során ötven Ross-308 típusú húshibrid naposcsibét használtunk fel. Az állatokat három külön helyiségben, ketrecekben (0,5x2,0x0,8 m) helyeztük el az Állatorvostudományi Egyetem klímakamrájában (1078 Budapest, István utca 2). 12-12 óras fényprogramot alkalmaztunk, a természetes napszakoknak megfelelően. A szobákban a madarak érkezésekor 34°C-t biztosítottunk, amit fokozatosan csökkentettük le 25°C-ra. *Ad libitum* ivóvíz és csirketáp állt folyamatosan az állatok rendelkezésére.

A csirkéket véletlenszerűen három csoportba osztottuk a kísérlet első napján. Az első csoport 17 állata napi 10 órában, 8-tól 18 óráig egy ismétlődő 47 perces zajválogatást hallgatott („zajos” csoport). A válogatásba különböző emberi eredetű és természetes zajok kerültek (pl. női és férfi nevetés, tüsszentés, telefoncsörgés, riasztóberendezés, elhaladó repülőgép zaja, harangozás, irodai gépek zaja, mennydörgés, zivatar stb.). A második csoport 16 madara azonos körülmények között lett elhelyezve egy másik szobában, azonban zaj helyett ugyanabban az időintervallumban zenét (Bach: Goldberg variációk) hallgattak („zenés” csoport). A harmadik csoport 17 madara egy csendes helyiségben lett elhelyezve („csendes” csoport). A zene- illetve zajválogatást laptopokról játszottuk le, hangfalak segítségével. A zajszint soha nem haladta meg a 70 dB-es hangnyomásszintet, melyet két okostelefonos applikációval mértünk meg (Sound Meter, Abc Apps és Decibel & zaj detektor, Tools Dev).

Az érkezést és csoportokba sorolást követő napon minden csirkével porondtesztek (PT) végeztünk. Ekkor az állatokat egyesével 5 percre a porondra helyeztük, és viselkedésükről videófelvételt készítettünk (JVC HD Everio GZ-HD6 kamerával). A porond üvegből készült, és 60,0x27,5x30,0 cm méretű volt. A madarak számára a porond közepén egy tálon csirketápot helyeztünk el. Az adatokat a videófelvételek elemzésével nyertük, az alábbi viselkedéselemek megfigyelésével: ülés, állás, evés, csipogás, tátogás, fejrázás és ürítés. A madarak testsúlyát minden esetben megmértük a porondra helyezés előtt.

A porondtesztek a kísérlet 7., 14. és 20. napján megismételtük, azzal a különbséggel, hogy az etogram felvétele közben a madarak egy 5 perces hangosabb (90dB SPL) zajválogatást hallgattak. A zajválogatás hasonló zajokból áll, mint a szoktatás során használt, de nem volt azonos vele (felszálló repülőgép, zivatar mennydörgéssel, kalapács, helikopter,

telefoncsörgés, síp, sziréna hangja), hogy elkerüljük a konkrét hangokhoz való hozzászokást. A tesztről a korábbihoz hasonlóan videófelvétel készült, és ugyanazokat a viselkedéselemeket figyeltük meg.

A porondtesztek után tónusos immobilitás teszteket végeztünk. Ennek során a madarakat egy külön csendes helyiségben egyesével a hátukra fektettük egy asztalon úgy, hogy a fejük épp lelógjon az asztal szélén. A madarakat addig ebben a pozícióban tartottuk, míg meg nem nyugodtak. Ekkor elengedtük őket, és stopperral mértük, hány másodperc múlva fordulnak vissza. Ha szinte azonnal visszafordultak (kevesebb mint 10 mp alatt), akkor újra elvégeztük a tesztet. Maximum háromszor próbálkoztunk, és ha a madár a harmadik próbálkozásra is azonnal megfordult, úgy nulla érték került bejegyzésre. Feljegyeztük, hogy az állatok mennyi időt töltenek fekvé, és hogy hány alkalommal kellett próbálkozni az immobilitás kiváltásához.

A kísérlet utolsó napján a madarakat pentobarbitál-nátrium (Euthasol® 40% Inj A.U.V., Virbac) adásával elbódítottuk, majd vért vettünk és elvéreztetéssel eutanáziát végeztünk. Ezután kórbonctani és kórszövettani vizsgálatra került sor az Egészségügyi Minisztérium, valamint a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium 9/2001 (03.30) számú rendeletében foglaltak szerint, és az OECD Good Laboratory Practice for Chemicals 1997-es irányelveivel összhangban. Lemértük a lép, a máj és a csecsemőmirigy súlyát, ivarmeghatározást végeztünk és szövettani mintát vettünk a májból, lépből, veséből, tüdőből, csecsemőmirigyből, a bursa Fabriciiból, a jejunumból, az ileumból és a Peyer-plakkból, valamint a szárkapocs csontból. A szervmintákat 10%-os pufferolt formaldehid oldatban fixáltuk, majd paraffinba ágyazás után 5 mikrométer vékony metszeteket készítettünk belőlük, amiket hematoxin-eozinnal (BioMarker Kft, Magyarország, SelecTech festőrendszer) festettünk meg, majd Leica fénymikroszkóppal vizsgáltunk. A szárkapocs csont mintát előzetesen dekalcináltuk. Ocular micrometerrel lemértük a bélmintákban a bélbolyhok hosszúságát és a Lieberkühn-kripták mélységét. A lépmintákban lemértük a periarteriális limfoid hüvelyek és a csíracentrumok jellemző átmérőjét, valamint a bursa Fabricii limfoid folliculusainak és a tímuszlebenyekék kéregállományának jellemző szélességét. A májmintákból fagyasztásos eljárással is készítettünk metszeteket, melyeket Oil-Red-O-festéssel (Merck Kft, Magyarország, Sigma-Aldrich) is megfestettünk. A vérmintákból kortikoszteronszint mérést végeztünk Radio Immuno Assay módszerrel. A fluktuáló aszimmetria méréséhez lemértük minden egyed jobb és bal lábán a harmadik ujjak hosszát. A csontfejlődés aszimmetriáját fokozza az állatot a fejlődése során ért stressz.

Az eredmények kiértékeléséhez az R programcsomagot használtuk. One-way ANOVA vizsgálatokat végeztünk post hoc Tukey HSD tesztekkel, valamint Fisher tesztekkel végeztünk. Az eredményeket $p \leq 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak.

A kísérletet a SZIE ÁOTK MÁB a 62/2000-22.1/2877/2011 ügyiratszámom engedélyezte.

6.1.4. Eredmények

A kísérlet utolsó napján a zenés csoport testsúlyának átlaga volt a legnagyobb (Zene: 850 ± 11 , Zaj: 806 ± 36 , Kontroll: 836 ± 24 g), de a különbség nem volt szignifikáns. Az **1. táblázat** tartalmazza a csoportok testsúlyát ivar szerinti bontásban. Az állatok testsúlyát minden porondteszt előtt lemértük, a csoportok átlagos súlyának alakulását a **2. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat. Az állatok súlya a 21. napon a boncoláson mérve, ivar szerinti bontásban, illetve a teljes csoportra vonatkoztatva, az ivarmegoszlás szerint súlyozva (g, átlag \pm szórás, n=az állatok száma a csoportban)

Kezelés/ivar	Kakas	n	Jérce	n	Súlyozott	n
Zaj	788 ± 81	6	811 ± 32	11	806 ± 36	17
Zene	891 ± 15	8	809 ± 17	8	850 ± 11	16
Kontroll	881 ± 48	5	827 ± 25	11	836 ± 24	16

2. táblázat. A csoportok súlyának átlaga és szórása a porondtesztek előtt (g; átlag \pm szórás)

Idő/kezelés	Zaj	Zene	Kontroll
1. nap	$41,66 \pm 2,81$	$41,08 \pm 2,52$	$38,99 \pm 3,44$
8. nap	$198,85 \pm 17,03$	$196,75 \pm 13,28$	$191,76 \pm 20,31$
15. nap	$495,29 \pm 54,70$	$504,38 \pm 30,25$	$503,12 \pm 55,58$
20. nap	$833,06 \pm 109,25$	$854,19 \pm 56,23$	$815,29 \pm 102,85$

Az immobilitás idejét, a kiváltásához szükséges próbálkozások számát és azon madarak számát, amelyeknél ki lehetett azt egyáltalán váltani, a **3. táblázat** tartalmazza. A leghosszabb immobilitást a zenés csoportban mértük a 7. napon és a kontroll csoportban a 14. és 20. napon. A különbség statisztikailag nem szignifikáns.

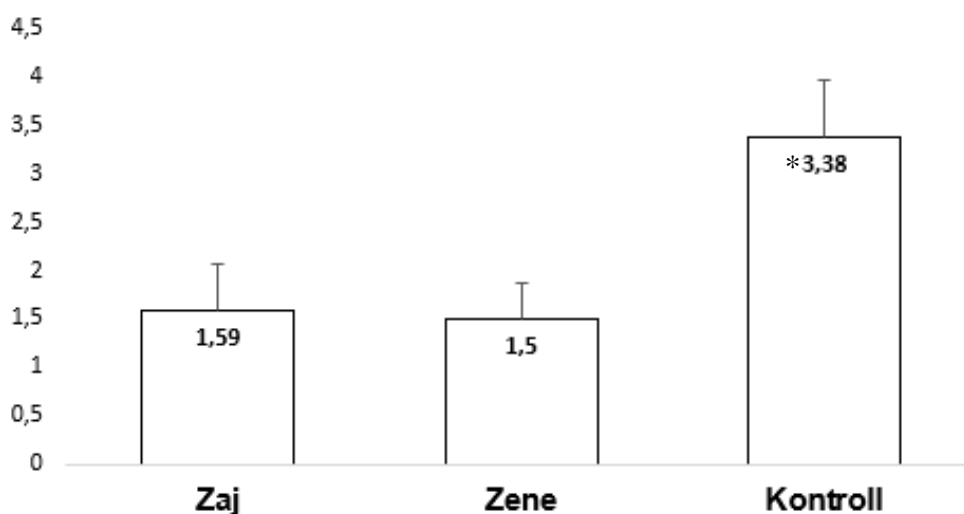
3. táblázat. A tónusos immobilitás kiváltásához szükséges próbálkozások száma (próbálkozás), az immobilitás hossza (s) és az állatok száma, melyeknél sikerült immobilitást kiváltani (immobilitást mutat/összlétszám).

Idő és csoport/mutató		próbálkozás	immobilitás hossza (s)	állatok száma
7. nap	Zaj	1.86±0.23	24±8.2	14 /17
	Zene	1.38±0.18	56±4.5	16 /16
	Kontroll	1.88±0.18	52±3.7	16 /17
14. nap	Zaj	1.19±0.10	32±1.6	16 /17
	Zene	1.06±0.06	46±4.2	16 /16
	Kontroll	1.29±0.11	54±2.7	17 /17
20. nap	Zaj	1.29±0.12	44±3.1	15 /17
	Zene	1.50±0.21	89±6.4	16 /16
	Kontroll	1.31±0.12	95±6.1	16 /17

A szövettani és hisztometriai vizsgálatok eredményei alapján megállapítottuk, hogy egy adott csoportban tendenciózusan előforduló, a többi csoporttól eltérést mutató, fénymikroszkóppal fölismerhető kóros hisztopatológiai elváltozás, élettani, működésbeli eltérésre gyanút keltő elváltozás vagy egy adott szöveti struktúra méretbeli eltérése nem mutatkozott. A három csoport májának és lépének átlagos testtömeghez viszonyított tömege nem tér el szignifikáns mértékben egymástól. A csecsemőmirigy mérete a három csoportban gyakorlatilag megegyezett.

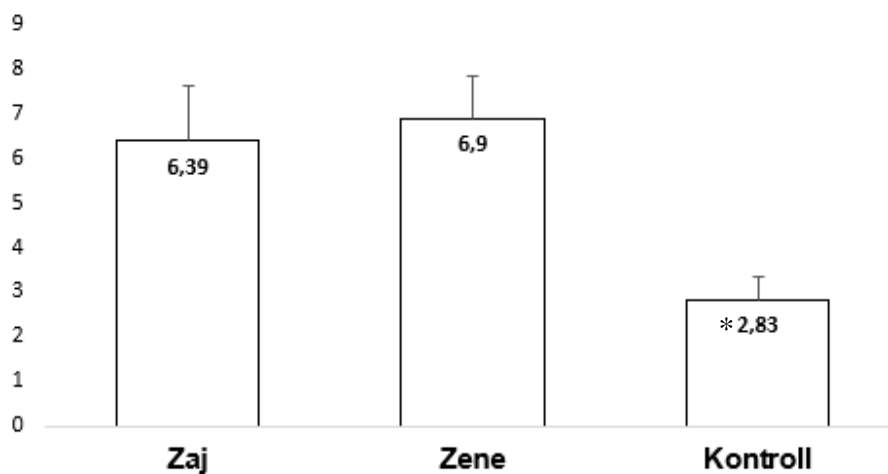
A változó aszimmetria szignifikánsan nagyobb volt a kontrollcsoportban, mint a zajos vagy zenés csoportban (1. ábra). A szérum kortikoszteron koncentrációja szignifikánsan kisebb volt a kontrollcsoportban, mint a zenés vagy zajos csoportokban (2. ábra).

Változó aszimmetria



1. ábra. A változó aszimmetria átlaga és szórása a különböző csoportokban (mm). A csillaggal jelölt érték szignifikánsan különbözik a többi értéktől (one-way ANOVA, $p < 0,05$, zaj: $1,59 \pm 1,50$, zene: $1,50 \pm 1,90$, kontroll: $3,38 \pm 2,33$ mm)

Szérum kortikoszteron



2. ábra. A szérum kortikoszteronszintjének átlaga és szórása a különböző csoportokban (ng/ml). A csillaggal jelölt érték szignifikánsan különbözik a többi értéktől (one-way ANOVA, $p < 0,05$, zaj: $6,39 \pm 1,23$, zene: $6,90 \pm 0,94$, kontroll: $2,83 \pm 0,51$ ng/ml)

Az alapviselkedés felvételekor a vizsgálat 2. napján a zajos csoportban található egyedek szignifikánsabban több időt töltöttek evéssel ($p < 0,001$). A többi viselkedéselemben nem találtunk különbséget, fejrázást egy madár sem mutatott (**4. táblázat**).

4. táblázat. A különböző viselkedéselemek előfordulása az első, 2. napon végzett porondteszt alatt (az állás, ülés és evés másodpercben, a csipogás, tátogás, fejrázás és ürítés az előfordulásának számával került kifejezésre)

csoport/ viselkedés	Állás	Ülés	Evés	Csipogás	Tátogás	Fejrázás	Ürítés
Zaj	18±7,8	7±7,2	6±7,5	10±11,6	0,8±3,2	0	0,3±0,5
Zene	19±10,5	11±10,5	0	10±9,7	0	0	0,4±0,6
Kontroll	19±12,8	11±12,9	0,2±0,7	13±10,9	0	0	0,1±0,3

A második – már zajterheléssel is kombinált – porondteszt (7. nap) adatai az **5. táblázatban** láthatók. A kontrollcsoport állatai töltötték a legtöbb időt állva (szingifikánsan több időt, mint a zenés csoport egyedei, $p<0,05$), míg a zajos és zenés csoport ideje közel egyforma volt.

5. táblázat A különböző viselkedéselemek előfordulása a második, 7. napon végzett porondteszt alatt (az állás, ülés és evés másodpercben, a csipogás, tátogás, fejrázás és ürítés az előfordulásának számával került kifejezésre). A különböző betűjelzések a szignifikanciát jelölik ($p<0,05$).

csoport/ viselkedés	Állás	Ülés	Evés	Csipogás	Tátogás	Fejrázás	Ürítés
Zaj	102±14 ^{ab}	67±15 ^{ab}	12±3	9±2 ^{ab}	4,0±1,6	0,5±0,4	0,2±0,1
Zene	86±14 ^a	94±14 ^a	1±3	4±2 ^a	1,6±1,2	3,5±2,3	0,2±0,1
Kontroll	138±9 ^b	32±10 ^b	12±9	14±2 ^b	0,2±0,1	1,4±0,6	0,3±0,1

A harmadik porondteszt (14. nap) során a kontrollcsoport állatai töltötték a legtöbb időt állva, és a zajos csoport állatai ülve, de a különbség nem volt szignifikáns. A zajos csoport madarai szignifikánsan több időt töltöttek evéssel, mint a zenés és a kontrollcsoport ($p<0,001$). Az eredmények a **6. táblázatban** láthatók.

6. táblázat. A különböző viselkedéselemek előfordulása a harmadik, 14. napon végzett porondteszt alatt (az állás, ülés és evés másodpercben, a csipogás, tátogás, fejrázás és ürítés az előfordulásának számával került kifejezésre). A különféle betűjelzések a szignifikanciát jelölik ($p<0,05$).

csoport/ viselkedés	Állás	Ülés	Evés	Csipogás	Tátogás	Fejrázás	Ürítés
Zaj	80±13	22±8	79±16 ^b	1,0±0,4	1,5±0,8	3,4±1,2	0,1±0,1
Zene	75±12	54±15	29±16 ^a	0,4±0,4	1,5±1,1	4,5±1,2	0,1±0,1
Kontroll	114±13	56±14	9±11 ^a	1,8±1,8	1,0±0,2	6,8±1,7	0,1±0,1

Az utolsó porondteszt (20. nap) során a kontrollcsoport állatai álltak a legtovább és csipogtak a legtöbbet. Evéssel a zajos csoport töltötte a legtöbb időt. Az adatokat a **7. táblázat** tartalmazza.

7. táblázat. A különböző viselkedéselemek előfordulása a negyedik, 20. napon végzett porondteszt alatt (az állás, ülés és evés másodpercben, a csipogás, tátogás, fejrázás és ürítés az előfordulásának számával került kifejezésre).

csoport/ viselkedés	Állás	Ülés	Evés	Csipogás	Tátogás	Fejrázás	Ürités
Zaj	64±11	59±13	58±18	3,5±2,0	1,1±0,6	7,4±2,4	0,2±0,1
Zene	46±13	90±18	44±25	2,1±0,9	0,6±0,2	7,3±2,0	0,2±0,1
Kontroll	71±12	69±13	40±19	4,1±1,1	1,2±1,1	8,9±1,9	0,5±0,1

Az evéssel töltött teljes idő és az evést mutató állatok száma a **8. táblázatban** található. Az evéssel töltött összes idő a zajos csoportban a második porondtesztre lecsökkent, de utána mind az evést mutató egyedek, mint az evéssel töltött összes idő hétről hétre nőtt. A 20. napon a zenés csoport evéssel töltött idejének átlaga szignifikánsan több volt ($p < 0,05$), mint a 2. napon, és az evést mutató egyedek száma is hétről hétre nőtt. A kontrollcsoport egyedei szignifikánsan több időt töltöttek evéssel a 20. napon, mint a 7. és 14. napon ($p < 0,01$), és az evést mutató állatok száma is hétről hétre nőtt.

A csipogást mutató állatok száma a kontrollcsoportban csökkenő tendenciát mutatott, a viselkedéssel töltött idő szignifikánsan kevesebb volt a 14. és a 20. napon. A zajos csoportban legtöbbször a 7. napon tapasztaltunk tátogást, ezt követte a 14., 30. és a 2. napi porondteszt. A 14. napon szignifikánsan több állat tátogott, mint a többi porondteszt alatt, a 2. napon pedig nem is figyeltük meg ezt a viselkedést. Idővel a fejrázást mutató állatok száma is nőtt, és a 20. napon szignifikánsan magasabb volt, mint 2. és 7. napon ($p < 0,001$). Az alapviselkedés felvételekor, az első porondteszt során egyáltalán nem figyeltünk meg fejrázást. Az üritések gyakorisága egyik porondteszt alatt sem mutatott eltérést egyik csoportban sem.

8. táblázat. A teljes evéssel töltött idő a porondtesztek során, és az evést mutató állatok száma. (A viselkedést mutató állatok számát Fisher-féle próbával hasonlítottuk össze.)

Csoport/ porondteszt	2. nap	7. nap	14. nap	20. nap	Fisher-teszt (p)
Zaj	594 (8)	198 (4)	1338 (17)	990 (12)	0,00001
Zene	0 (0)	12 (1)	546 (7)	708 (7)	0,00091
Kontroll	18 (1)	210 (6)	156 (4)	672 (9)	0,01843
Fisher-teszt (p)	0,00082	0,1134	0,00001	0,3186	

6.1.5. Megbeszélés

A kakasok és jércék eutanázia előtti testsúlya nem mutatott szignifikáns különbséget a csoportok között, de a kakasok testsúlyának alakulásában megfigyelhető egy tendencia: a zajkezelt csoport testsúlya 10,56%-kal kisebb volt, mint a kontrollcsoporté. A jércék kevésbé voltak érzékenyek a zajstresszre, mint a kakasok, hasonlóan, mint ahogy azt az egerek esetén tapasztaltuk (Korsós et. al, 2018a – **6.4. fejezet**). A szérum kortikoszteronszint és a centrális benzodiazepin receptor sűrűség alapján a 15 napos brojler kakasok érzékenyebbek, mint az azonos korú jércék (Marin et al., 2002). Jelen vizsgálatban a zenének nem volt hatása a testsúlyra. Christensen és Kinght (1975) azt találta, hogy a 70 dB-es „dinner” zene növelte,

míg a 85 dB-es rock and roll csökkentette az állatok súlygyarapodását, de a különbség nem volt szignifikáns. Gvoryahu et al. (1989) az imprinting és a színekkel és klasszikus zenével történő környezetgazdagítás együttes hatását vizsgálták a brojlercsirkék súlygyarapodására. A kezelés szignifikánsan megnövelte a végleges testsúlyt 60g-mal, de nem különítették el, ezért melyik faktor felelős. Voslarova et al. (2011) szakaszos 70 és 80 dB-es zajkezelést alkalmazott brojlercsirkéken. Mindkét kezelés csökkentette a súlygyarapodást. Cabaral et al. (2017) vizsgálatában a 60 dB-es zenei kezelések (véletlenszerű, klasszikus és reggae) nem befolyásolták a fürjek súlygyarapodását, viszont a véletlenszerű és a klasszikus zene javította a tojástermelést és a takarmányértékesítést. Ghazali et al. (2015) vizsgálatában a Ross típusú fiatal brojlerek súlygyarapodása javult a hangkezelés hatására. A kísérletben az állatok egyik csoportja felolvasott verseket hallgatott felvételtől max. 75 dB-es hangerővel, míg a másik csoport kontrollként normál háttérzajokat, max. 65 dB-es hangerővel. A verseket hallgató csoport átlagsúlya nagyobb volt, mint a kontrollcsoporté (1,44 vs. 1,38 kg a 24., és 2,94 vs. 2,82 kg a 39. napon). A tónusos immobilitás kiváltásához szükséges próbálkozások száma és a mozdulatlanság ideje nem mutatott egyértelmű tendenciát vagy szignifikáns különbséget. A 7. napon a zenés csoport volt mozdulatlan a legtovább ($56 \pm 4,5$ s), és náluk volt szükség a legkevesebb próbálkozásra a mozdulatlanság kiváltásához, a 14. és a 20. napon viszont a kontrollcsoportra volt igaz ugyanez ($54 \pm 2,7$ és $95 \pm 6,1$ s). A 7. nap eredményei alapján a zenés csoport volt a legstresszesebb, míg a 14. és 20. napokon a kontroll csoport, utóbbi egybevégt a fluktuáló aszimmetria eredményekkel. A különbség nem szignifikáns, de tendenciát mutat. A 14. és 20. napokon mért értékek alacsonyabbak voltak, mint a 2. napon mértek, ami a teszthez való hozzászokás jele. A 100 dB-es egyszeri, 10 perces zajkezelés szignifikánsan csökkentette a mozdulatlanság kiváltásához szükséges próbálkozások számát, de a mozdulatlanság ideje nem tért el szignifikánsan a zajkezelt és a kontrollcsoportokban (Chloupek et al., 2009). Hjelm (2010) csak tendenciát talált a leghorn csirkéket ért korai stresszhatások és a tónusos immobilitás között. Campo et al. (2005) korábbi vizsgálatában a 75 dB-es klasszikus zene és a 90 dB-es zajkeverék is megnövelte a mozdulatlanság idejét, míg későbbi kísérletükben (Dávila et al., 2011) a zene nem volt rá befolyással. A tapasztalatok alapján a tónusos immobilitás nem a legideálisabb módszer házityúk esetén a növekedés alatti stresszhatások mérésére, részben azért, mert valószínűleg nagyban fajtaspecifikus eredményt hoz.

A boncolás és a szövettani vizsgálat nem mutatott stresszre utaló elváltozásokat, és nem volt különbség a szervek relatív tömegében sem. Iyasere et al. (2017) szerint a megemelkedett kortikoszteronszint mellett a lép kisebb mérete is a krónikus stressz megbízható jele brojlerekben. Ezek alapján vizsgálatunkban a zaj- és a zenei kezelés nem jelentett krónikus stresszforrást, mivel sem a lép mérete, sem pedig szövettani szerkezete nem mutatott eltérést az élettanitól.

A fluktuáló aszimmetria arról ad információt, hogy mennyi stressz érte az állatot a növekedése közben. Minél súlyosabb a stressz, annál aszimmetrikusabbak a csontok (Parsons, 1992). A fluktuáló aszimmetriát párhuzamba állítják az állatjóléttel, ráadásul a fejlődés szabálytalanságai összefüggésben vannak a tónusos immobilitással (Møller és Manning, 2003). Dávila et al. (2011) vizsgálatában azt találták, hogy a környezetgazdagításként alkalmazott klasszikus zene javította a fiatal tojóvonalú csirkék stresszállapotát az aszimmetria és a heterofil:limfocita arány mérése alapján. Jelen vizsgálatunkban az aszimmetria a kontrollcsoportban volt a legnagyobb. Van Poucke et al. (2007) vizsgálatában a kísérletesen kiváltott stressznek kitett brojlercsirkék vágáskor nem mutattak megnövekedett aszimmetriát. A szerzők ezt azzal magyarázták, hogy a stressz nem társult energiahányal (*ad libitum* etetés), és a választott brojler törzs kifejezetten intenzív növekedésű fajta volt. Jelen kísérlet ebből a két szempontból megegyezett az övékkel, azonban ez sem magyarázza, hogy a kontrollcsoportban miért volt szignifikánsan magasabb az aszimmetria. Ennek tisztázása érdekében további vizsgálatok szükségesek.

A vér kortikoszteron szintje egyesek szerint házityúkban élettanilag 0,3 és 5 ng/ml közé esik (Scanes, 2016), de más források szerint tojótyúkokban normál esetben 0,028 ng/ml körüli értéket mérhetünk, míg enyhe stresszhelyzetben 0,035 ng/ml (Kang et al., 2016). Thaxton és Puvadolpirod (2000) szerint pedig brojlerekben az 5-7 ng/ml közötti érték élettani, és zsúfoltság okozta stressz esetén 30-35 ng/ml körüli érték mérhető. Másik vizsgálatukban azonban egészséges brojlerekben 0,34-1,07 ng/ml közötti értéket mértek (Thaxton et al., 2005). De Jong et al. (2001) 0,75-1,5 ng/ml értéket mértek *ad libitum* takarmányozott brojlerekben. Míg Pál et al. (2015) 2,1-5 ng/ml értéket mértek brojlerekben, addig Türkyılmaz (2008) a 3,78-3,81 ng/ml közötti értéket találta élettaninak. Chloupek et al. (2009) vizsgálatában a 80 és 100 dB-es zajkezelés szignifikánsan megemelte a brojler kortikoszteronszintjét a vizsgálatban mért normál 0,41-1,32 ng/ml-ről 3,2-4,74 ng/ml-re, közvetlenül a zajkezelés után mérve. Jelen vizsgálatban a zajos és zenés csoportban szignifikánsan magasabb értékeket mértünk, mint a kontrollcsoportban (zaj: $6,39 \pm 1,23$, zene: $6,90 \pm 0,94$, kontroll: $2,83 \pm 0,51$ ng/ml, **2. ábra**), míg a zajos és zenés csoport értéke között gyakorlatilag nincs különbség. De ez az emelkedés nem tekinthető a komolyabb stressz jelének (Breazile, 1987; Korsós et al., 2018b).

A kontrollcsoport állatai többet álltak és csipogtak, mint a zajos és zenés csoportok. Az állás idejében hasonló tendenciát figyeltünk meg mindhárom csoportban, így azt valószínűleg nem a kezelés okozta. Az ülés idejében és előfordulásában nem volt megfigyelhető rendszeresség. Az evéssel töltött idő a zajjal kombinált második porondteszt során rövidebb volt, mint az első csendes során. Ezután minden csoportban emelkedett, ami a porondteszthez való hozzászokást jelzi. A zajos és zenés kondicionálás csökkentette, de nem eliminálta a zajterhelés okozta stresszt a porondteszt során. A több evéssel töltött idő és a tónikus

immobilitás csökkenő félősséget jelzett. A zajos csoportban az evést mutató egyedek száma és az evés ideje is előbb lecsökkent, majd az utolsó két hétre jelentősen nőtt (8-4-17-12). A zenés csoportban a madarak szignifikánsan többet ettek a 20. napon, mint az első porondteszt során ($p < 0,05$). Idővel egyre több állat mutatta a viselkedést (0-1-7-7). A kontrollcsoportban a madarak szignifikánsan többet ettek a 20. napon, mint a 7. és 14. napon ($p = 0,01$), és az evést mutató állatok száma is nőtt (1-6-4-9). Az evést mutató madarak számában szignifikáns különbség volt minden csoportban a Fisher-féle teszt szerint az első kettő és az utolsó kettő porondteszt között. Ez azt jelzi, hogy az állatok fokozatosan hozzászoktak a porondteszt körülményeihez. A csipogás az első porondteszt során gyakorlatilag minden csoportban megegyezett, míg a második porondteszt alatt a zenés csoportban szignifikánsan kevesebb volt, mint a kontrollcsoportban. Az, hogy a csipogás minden csoportban egyre ritkább volt, szintén a teszthez való fokozatos hozzászokást jelzi. A tátozás madaraknál a stressz fontos indikátora. Legtöbbet a zajos csoport második porondtesztjén talákoztunk vele, de előfordulása minden csoportban hasonló módon nőtt a zajterheléses porondtesztek alatt. Ez arra utal, hogy a hangos zajterhelés a porondon a kezelésektől függetlenül stresszt okozott a madaraknál. A fejrázás az idegesség jele a fajban, a viselkedéssel nem is talákoztunk az első porondteszt során, de később az előfordulása minden csoportban hasonló mértékben nőtt, ami arra utal, hogy maga a teszt okozta azt, nem pedig a kezelés. Az ürítés gyakorisága egyik csoportban sem tért el, egyik porondteszt alatt sem.

A viselkedésvizsgálat eredményei alapján, a hangos zajválogatás hasonló módon változtatta meg az akciókatalógust minden csoport esetén. A zenés és zajos kondicionálás az adott hangnyomásszinten megfelelő volt, nem okozott komoly stresszt az állatokban. Viszont magához a porondteszthez az állatok idővel hozzászoktak. A kortikoszteron szint alapján a zene és a zaj hatása hasonló volt a fejlődésben lévő állatokra, de az evés viselkedésem és a súlygyarapodás eredményei alapján a zaj hatása rosszabb volt az állatokra. A nagy egyedi eltérések miatt a végső testsúly különbsége nem volt szignifikáns, de tendencia tapasztalható. A zajkezelt csoport 10,56%-kal kisebb végső testsúlyt produkált, mint a kontroll. A vér kortikoszteron szintje a kontrollcsoportban volt a legalacsonyabb, de az aszimmetria itt volt a legnagyobb. Annak ellenére, hogy számos eredmény bizonyítja, hogy a zene mint környezetgazdagítás ígéretes eszköz lehet, jelen vizsgálatban ennek a faktornak nem volt hatása a súlygyarapodásra. A jövőben érdemes lenne a zene termelési mutatókra való hatását nagyméretű homogén állományokon tesztelni. A zajhoz való hozzászokást érdemes lehet hangosabb, 90 dB-t is elérő hangnyomásszint mellett vizsgálni. Ugyan a viselkedési és hormonális változások alapján a zene és a zaj hasonló hatással bír – kórszövettani elváltozások nélkül – ám az állatokkal dolgozó emberek szempontjából a zene mindenképpen előnyökkel jár.

6.2. Normál és „rodentizált” zene hatása egerek viselkedésére

6.2.1. Összefoglaló

A vizsgálatban Bach és Mozart művek eredeti változatának (humán) és öt oktávval magasabb, valamint tízszer gyorsabb (ún. „rodentizált”, rágcsálósított) változatának hatását vizsgáltuk egerekre. Az első kísérletben 20 CD1 hím egér viselkedését elemeztük porondteszttel. A humán zene alatt az aktív viselkedéselemek aránya csökkent, ultrahangkibocsátás nem volt. A futás, ágaskodás, ásás, evés mennyisége csökkent, a pihenés és önápolásé viszont nőtt. A rodentizált változatok hallgatása közben az ágaskodás gyakorisága szignifikánsan megnőtt, a futásé viszont lecsökkent. Az önápolásra és pihenésre fordított idő nőtt és a korábbiakhoz hasonlóan az aktív viselkedéselemek aránya csökkent. A második kísérlet során 12 BALB/c hím egér viselkedését vizsgáltuk TiBeSplit megfigyelő rendszerrel. Míg a normál tempójú zene nem okozott jelentős változást az egerek viselkedésében, addig a rodentizált zene hatására a megtett út, az átlagsebesség, a helyi, a gyors mozgás aránya és a spontán irányváltások száma szignifikánsan csökkent. A pihenés aránya és a periférián töltött idő viszont szignifikánsan nőtt. Az eredmények alapján a humán és a rodentizált zene másként befolyásolja az egerek viselkedését, utóbbi határozottan csökkenti aktivitásukat.

6.2.2. Bevezetés

A zene élettani hatásairól és az egerekre való specifikus hatásairól a **5.4.** és a **5.4.2.3. fejezetekben** olvashatunk.

Az utóbbi évtizedben új tudományág alakult ki: az etológiai epigenetika a viselkedés és a környezet 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 (Powledge, 2011; Ehret, 2013). Az ilyen jellegű vizsgálatok során az eddigieknél is szigorúbban kell a kísérleti állatok környezetét szabályozni, ugyanis az *in vivo* állatkísérlet nem nélkülözhető. A zene és a zaj molekuláris szintű hatásainak megismerése (neurotranszmitterek koncentrációváltozása, idegsejtek károsulásának szinkronizálódása) fölhívta a figyelmet az akusztikus környezet epigenetikai szerepére (Kanduri et al., 2015). A kísérleti állatok fajai, fajtái, sőt törzsei is eltérően érzékelik a hangokat, így a zenét és a zajt is (Turner et al., 2015).

Az egyes egértörzsek geno- és fenotípusa jelentősen különbözik. Érvényes ez az akusztikai érzékelés mutatóira is. Léteznek süket vonalak is (Miller et al., 2013), sőt a

korosodással a C57 is egyre rosszabbul hall. A kicsi, mozgékony BALB/c és a nagyobb, nyugodt CD egerek viselkedése nagyban eltér egymástól. A BALB/c albínó ideális mint általános modell, vagy a hibridóma, a monoklonális antitest-termelés, és a fertőző betegségek kutatására. A CD1 egy kültenyésztett albínó törzs, melynek őse a Swiss egér. Ideális általános modellként, gyógyszerbiztonsági és -hatékonysági tesztekre, öregedés, álvmihesség vizsgálatára és kiváló sebészeti modell. Rauscher et al. (1998) patkánnyal végzett alapkísérlete és számos későbbi vizsgálat (Fekete és Bernitsa, 2013) alapján bizonyítottnak lehet venni, hogy bizonyos típusú zenedarabok hatnak a patkányok viselkedésére, temporális és prefrontális neuronjai kislésére, valamint az agybeli neurotranszmitterek koncentrációjára, továbbá tanulási képességére (Fekete et al., 2011; Fekete et al, 2014). Az egér számára a szagingerek a legfontosabbak, a látás csak nagyon közelre éles, a hallás pedig a kettő között foglal helyet (Garner, 2005). A zene befolyásáról kevesebb adattal rendelkezünk. Vizsgálatainkba a fentiekben jellemzett két jelentősen különböző egértörzset vontunk és azoknak humán és öt oktávval magasabb, tízszer gyorsabb (az egerek eltérő hallástartományához igazított, a továbbiakban „rodentizált”) zenét játszottunk le, hogy választ kapjunk az akusztikus környezet és a genotípus interakciójára.

6.2.3. Anyag és módszertan

I. kísérlet

Hús SPF (specified pathogen free) CD1 hím egeret vizsgáltunk, melyek a B6; 129 S6-Stat 5B törzsbe tartoztak. Az állatok élősúlya 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) (18x28x13 cm) kettésével tartottuk. Az alományag autoklávval kezelt szemcsézett kukoricacsutka volt (1040; Harlan Tekland, Fredrick, MD). A ketreceket állványokon helyeztük el s környezetgazdagításként fészekanyag és műanyag csövek szolgáltak. A világos és a sötét órák aránya 14:10 volt. Az egerek *ad libitum* ivóvizet (Edstrom Waterford, WI) és rágcsálótápot kaptak (LM 485 Irradiated rat/mouse diet 7912, Harlan Tekland).

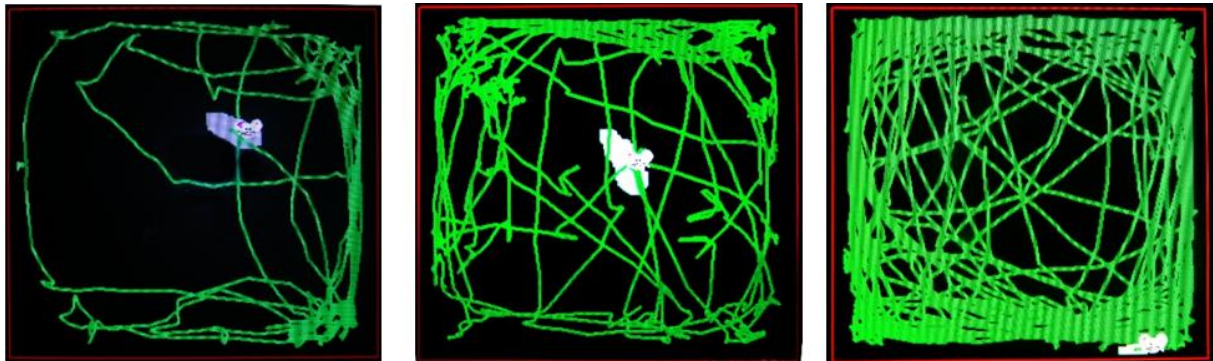
Az egereknek többféle zenét játszottunk le két periódusban egy 40x70x35 cm-es fémketrecben 10-10 párral összesen 3x10 videófelvétel (JVC HD Everio GZ-HD6 videókamera) készült. Azokat az egyedeket, amelyek a porondtesztre várakoztak, egy gyengén megvilágított helyiségben (22°C-on, 60±5% relatív páratartalom) 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 rodentizáláshoz a két művet WavePad számítógépes program segítségével felgyorsítottuk és magasságában is megemeltük, így alkalmazkodva az egerek embertől eltérő hallástartományához (Steele, 2006). 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, melyet két okostelefonos applikációval mértünk meg (Sound Meter, Abc Apps és Decibel & zaj detektor, Tools Dev). A kísérlet csak átmeneti diszkomfort-érzetet okozhatott (a lakó állattartó dobozból való át- és visszahelyezés) az egereknek. Az eljárást a Cornell Center Animal Resources and Education CARE (Ethical Committee of Cornell University) a 174-CCARE/2011 szám alatt engedélyezte.

II. kísérlet

Az előzőhöz hasonló körülmények között 12 SPF BALB/c típusú hím egeret vizsgáltunk a Bécsi Állatorvos-tudományi Egyetem Versuchstierkunde Intézetben. Az állatok 8-12 hetesek voltak, élősúlyuk pedig 20-25 g között mozgott. Az egerekkel a TiBeSplit nevű automata megfigyelő rendszer segítségével porondteszteket (PT) végeztünk. Ehhez az állatokat egy felülről bekamerázott, fából készült, fekete színű, 40x40 cm alapterületű és 69 cm magas porondra helyezték. A kísérlet három egymást követő napon zajlott. A zene lejátszásához egy MacBook Pro számítógépet és hozzá csatlakoztatott, az PT-dobozon kívül, két sarkától 15-15 cm-re elhelyezett hangszórókat használtunk. A zene maximum 70 dB hangnyomásszintet ért el. A kísérlet csak átmeneti diszkomfort-érzetet 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.



3. ábra. A TiBeSplit megfigyelőrendszer porondja a teszt különböző fázisaiban

A TiBe-split megfigyelőrendszer az alábbi mutatókat rögzítette a porondteszt 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, secundumban), lassú vagy helyi mozgás (ha az állat 0,03 és 0,1 m/s közötti sebességgel mozog, secundumban), gyors mozgás (ha az állat 0,1 m/s feletti sebességgel mozog, secundumban), átlagsebesség (az állatok átlagos sebessége a 8 perc alatt m/s-ban), porond központjának átszelése (alkalom), spontán irányváltások száma (alkalom), periférián eltöltött idő (s). A rendszer vizsgálat közbeni képét az **3. ábra** szemlélteti.

Statisztikai eljárások: Az első kísérlet paramétereire Ethovision XT szoftvert (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 tekintettük szignifikánsnak.

6.2.4. Eredmények

I. kísérlet

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 a NM hatására megnőtt, majd folyamatos csökkenő tendenciát mutatott a többi kezelés alatt és az utolsó NBU szakaszban szignifikánsan kevesebb volt, mint a NM szakaszban ($p < 0,001$). Emellett az NBU szakaszban szignifikánsan alacsonyabb 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 kicsit lecsökkent, majd az NMU szakaszban kicsit megnőtt, majd 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 magasabb 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 alacsonyabb, mint a NM szakasznál ($p > 0,05$). 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 (**9. és 10. táblázat**). Az egyes viselkedéselemek tükrözik az állat "lelkialapotát": 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 (1995), valamint Draai et al. (2000) közleményére.

9. táblázat - Az aktív viselkedéselemek átlaga és szórása a különféle zenei kezelések alatt. (átlag \pm SD) M=Mozart, B=Bach, U=zenét követő szakasz. Az „aktív” oszlop a viselkedéselemek összesített átlagát mutatja

Porondteszt /viselkedés	ágaskodik	ás	fut	szimatol	aktív
csend	62,56 \pm 49,99	42,23 \pm 66,74	70,6 \pm 31,44	109,96 \pm 40,13	285,35 \pm 87,86
normál M	13,42 \pm 13,24	29,93 \pm 49,26	108,43 \pm 46,48	133,87 \pm 45,66	285,64 \pm 52,08
normál MU	6,68 \pm 8,15	53,24 \pm 53,44	73,09 \pm 52,32	113,86 \pm 66,31	246,87 \pm 95,6
normál B	5,87 \pm 7,72	33,76 \pm 35,96	66,94 \pm 59,82	108,44 \pm 59,26	215,0 \pm 123,83
normál BU	4,34 \pm 7,87	8,58 \pm 17,16	36,24 \pm 50,53	41,39 \pm 56,7	90,55 \pm 108,64
csend2	13,65 \pm 12,67	22,62 \pm 39,05	145,74 \pm 43,68	144,47 \pm 47,12	326,47 \pm 48,72
gyors M	57,99 \pm 56,88	33,7 \pm 78,11	84,64 \pm 62,76	140,73 \pm 85,72	317,06 \pm 101,96
gyors MU	64,12 \pm 51,67	33,13 \pm 37,99	62,68 \pm 39,22	89,49 \pm 58,05	249,42 \pm 133,71
gyors B	46,18 \pm 64,48	25,11 \pm 42,7	62,5 \pm 70,22	115,71 \pm 101,18	249,49 \pm 153,44
gyors BU	46,00 \pm 44,69	24,72 \pm 33,1	49,32 \pm 41,63	90,9 \pm 68,22	210,95 \pm 147,42

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

10. táblázat - A passzív viselkedéselemek átlaga és szórása a különféle zenei kezelések alatt. (átlag \pm SD) M=Mozart, B=Bach, U=zenét követő szakasz. A „passzív” oszlop a viselkedéselemek összesített átlagát mutatja

Porondteszt /viselkedés	eszik	önápolás	pihenés	társát mosdatja	passzív
csend	21,5 \pm 38,41	25,3 \pm 38,06	23,93 \pm 61,67	3,92 \pm 14,58	74,68 \pm 87,86
normál M	51,67 \pm 52,77	20,71 \pm 35,41	1,71 \pm 3,18	0,26 \pm 1,17	74,36 \pm 52,08
normál MU	37,35 \pm 46,96	64,71 \pm 89,98	11,17 \pm 30,71	0,33 \pm 1,49	113,13 \pm 95,6
normál B	27,43 \pm 32,75	54,09 \pm 76,29	62,49 \pm 117,18	0,98 \pm 3,02	145,0 \pm 123,83
normál BU	14,69 \pm 26,34	153,04 \pm 141,38	99,62 \pm 156,32	2,1 \pm 9,39	269,45 \pm 108,64
csend2	14,81 \pm 25,29	18,71 \pm 44,17	0 \pm 0	0 \pm 0	33,52 \pm 48,72
gyors M	2,52 \pm 11,27	15,48 \pm 69,23	24,94 \pm 80,65	0 \pm 0	42,94 \pm 101,96
gyors MU	15,51 \pm 29,85	37,86 \pm 77,89	54,33 \pm 125,91	2,88 \pm 7,41	110,58 \pm 133,71
gyors B	4,42 \pm 13,6	41,98 \pm 85,76	56,16 \pm 131,31	7,95 \pm 35,57	110,51 \pm 153,43
gyors BU	19,91 \pm 32,34	44,37 \pm 97,98	84,44 \pm 147,26	0,34 \pm 1,51	149,05 \pm 147,42

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, GyM: 1, GyMU: 10, GyB: 2, GyBU: 8 állat). Az *ágaskodás* a GyM alatt és az utána következő csendes szakaszban megnőtt, majd újra csökkenni kezdett. A GyM és a GyMU 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, illetve 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.

II. kísérlet: A csendes szakaszban, illetve 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. (**11. táblázat**). A pihenés változása statisztikailag szignifikánsnak bizonyult, a gyors zenei kezelések alatt szignifikánsan több időt töltöttek vele az egerek, mint a csendes szakaszban (one-way ANOVA, $p < 0,001$). 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 sebességű Mozart lejátszásakor. A rodentizált Bach lejátszásakor pedig jelentősen több időt töltöttek helyi mozgással, mint a csend alatt.

11. táblázat. A pihenés, a helyi és a térbeli gyors mozgás átlaga és szórása a zenei kezelések alatt (s, átlag±szórás)

Kezelés/viselkedés	pihenés	helyben mozgás	gyors, térbeli mozgás
Csend	23,03±8,52	30,92±4,18	46,04±11,73
Mozart	25,37±9,78	31,74±4,18	42,90±11,72
Bach	25,13±6,92	33,00±3,77	41,88±9,30
Gyors Mozart	33,52±8,71	36,15±3,77	30,33±9,49
Gyors Bach	32,39±6,62	35,83±3,19	31,78±6,58

A teljes porondteszt alatt *megtett út (m)* a pihenés és a helyi ill. gyors mozgás változásának megfelelően alakult. Az egerek szignifikánsan kevesebb 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 kontroll szakaszhoz 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, 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.

6.2.5. Megbeszélés

Az *első kísérletben* az eredmények alapján arra következtettünk, hogy az egymás után következő zenei kezelések alatt az egerek hozzászokhattak 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 föltételezni, 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 (2013) 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 szignifikáns, folyamatosan csökkent. Ezenkívül a futással töltött idő is idővel lecsökkent, a Mozart, Mozart utáni, Bach és Bach utáni szakaszokban is szignifikánsan alacsonyabb volt az erre szánt idő, mint az alapviselkedés alatt. Az önápolás és pihenés ideje viszont folyamatosan nőtt, ami ugyancsak alátámasztja 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 (**9. táblázat**). Ez arra utalhat, hogy érdeklődést mutattak a megjelenő zene iránt, mikor azonban az másodszor jelent meg, 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 kezelések alatt kevesebb állat evett, mint a csendes szakaszokban (7, 10, illetve 8 állat az alapviselkedés, a Mozart utáni és Bach utáni szakaszokban, 1, illetve 2 állat a Mozart és Bach darab alatt), amely 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 (2013) vizsgálatában. Az aktív elemek közé tartozik a futás, szimatolás, ágaskodás, ásás, valamint az ultrahang rögzítő mikrofon „fölfedezése”, amelyet jelen vizsgálatban ágaskodásként

értékelünk. 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 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. 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, illetve 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 (**11. 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 Mozarthoz voltak a legnagyobb eltérések, melyek legtöbbször szignifikánsak voltak. Felmerül a kérdés, hogy a Mozart zene hatása intenzívebb-e, 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 a kibocsájtója fajára, nemére, nemi ciklusára és a hierarchián belüli helyzetére vonatkozóan is tartalmaz információkat, mind az ember, mind az egerek esetében (Xu et al., 2013). Ilyen értelemben a zene – különösen a humán változat – kevésbé jelent fajspecifikus ingert az egérnek, amit a jelen vizsgálatok is igazoltak. Ugyanakkor leírták, hogy van veleszületett zenei preferencia (Beethoven I. és IX. Szimfóniája szemben Antonio Carlos Jobim: Agua de beber zeneszámával), ami betanítással fokozható (Yang et al., 2012).

Patkányok esetében az egyszerű pentaton dallam csökkentette a stresszállapotot, optimalizálta a gasztrintermelést, fokozta a makrofágok fagocitózis-készségét, a T-sejtek proliferációját és a szérum IgG-szintjét (Zhang et al., 2013)

A humán és a rodentizált változat eltérő hatására magyarázatot adhat az a nyulakon (Batra, 2006) és mongol futóegéren (Langner et al., 2006) talált eredmény, miszerint az agyban a különböző magasságú frekvenciákra szakosodott neuronok vannak. A két klasszikus zene között mi nem találtunk szignifikáns különbséget, jóllehet Bach nyugtató hatása kifejezettebb. Ezzel szemben Merrell (1998) azt találta, hogy a Heavy Metal zene tartós behatása végzetes viselkedésváltozást okozott, a hím egerek harcoltak és megölték egymást. Chabout et al. (2015) azt találták, hogy veleszületett zenei preferencia is létezik az egereknél, ami – különösen fiatal korban (Yang et al., 2012) – szoktatással tovább fokozható (Vuilleumier és Trost, 2015).

Összességében elmondható a kísérletünk alapján, hogy a rodentizált zene hatással van az egerek viselkedésére. A zene típusa és az állat genotípusa is befolyásolja azonban ezt a hatást, ezektől függően csökkenti az állatok aktivitását, és stresszorként is szerepelhet.

6.3. Normál és “rodentizált” zene hatása a patkányok memóriájára és tanulási teljesítményére

6.3.1. Összefoglaló

A patkányok memóriájának vizsgálatára két kísérletet végeztünk. Az első vizsgálatban 12 választási hím patkánynak az egy hetes adaptációs (habituációs) héten napi két, majd az információrögzülés (bevésés) hetétől – további 9 héten át – napi egyszeri alkalommal 8,5 percig sugároztuk Mozart D-dúr zongoraszonátáját (K 448). A 12 kontrollállatot azonos körülmények között tartottuk és vizsgáltuk, de azok nem kaptak zenei kezelést. Az állatok hippocampusz-függő térbeli tanulási képességét és emlékezési teljesítményét nyolckarú labirintusban, a spontán mozgásaktivitást porondteszt (PT) készülékben vizsgáltuk. A vizelet- és bélsárürítések számát minden PT után egyedileg följegyeztük. A Mozart-zene hatásának kitett csoport egyedei a labirintusteszt alapján a kontrollhoz képest szignifikánsan jobb teljesítményt mutattak a rövid-távú referenciamemória ($59,76 \pm 4,24$ ill. $75,36 \pm 5,53\%$, $p=0,00155$), a 2 hét pihenés/kihagyás utáni földézésben ($83,42 \pm 3,06$ ill. $88,78 \pm 2,74\%$, $p=0,01929$) és a tartós hosszú távú 4 órás munkamemória retenciós ($60,52 \pm 2,49$ ill. $65,97 \pm 2,87\%$, $p=0,01258$) tesztek esetében. Az PT-ben mért spontán mozgásaktivitás a zenés és kontrollcsoport között nem különbözött szignifikánsan. A vizelet- és bélsárürítési gyakoriság alapján a kontroll- és zenés csoport emocionális állapota nem különbözött. A kísérletsorozat után végzett hagyományos kórbonctani és kórszövetteni vizsgálatok nem

mutattak a zenei kezeléssel, illetve stresszállapottal összefüggő elváltozásokat. Összegezve tehát, az alkalmazott emberi zene alkalmas volt a patkányok hippocampusz-függő térbeli tanulási képességének javítására, de a spontán mozgáskészletés-aktivitást gyakorlatilag nem módosította.

A második vizsgálatban 40, héthetes hím patkányt tettünk ki 10 héten át napi 10 percig ugyanazon szonáta „rodentizált”, jelen esetben kétszeresére gyorsított és egy oktávval magasabb verziójának. Az egyik csoport a zenei kezelést a memóriavizsgálat előtt (E), a másik közben (K), a harmadik pedig előtt és közben (EK) kapta, míg a kontrollcsoport nem kapott zenei kezelést (C). Az állatok térbeli tanulási és memóriateljesítményét 8-karú labirintusban vizsgáltuk.

Azok a patkányok, melyek a teszt előtt és alatt is zenét hallgattak (EK) szignifikánsan (7,1%) jobb eredményt értek el a bevésés időszakában, mint a kontrollcsoport, míg a K csoport eredményei azonosak voltak a kontrollkéval, az E csoport pedig rosszabb eredményeket mutatott (10,5%). A 2-órás munkamemória szignifikánsan, 12,1%-kal javult az EK csoportban, míg az E és K csoportokban gyakorlatilag nem változott. A referenciamemória 11,9%-kal javult az EK csoportban, míg az E és K csoportokban nem változott. A 4-órás munkamemória vizsgálatokor nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között. A hosszútávú tesztperiódusban nem volt szignifikáns különbség a csoportok térbeli memóriájában, viszont a tartós munkamemória-eredmények jobbak voltak, mint a rövidtávúak.

A vizsgálatban a rágcsálók hallástartományához igazított Mozart darab javította a hippocampusztól függő téri tanulási képességet, de csak azokban az állatokban, melyek a teszt előtt és alatt is hallgatták.

6.3.2. Bevezetés

A zene különféle fajokra gyakorolt hatását a **5.2.2.** fejezet taglalja, míg a patkányokkal kapcsolatos eredményekről a **5.4.2.4.** fejezetben olvashatunk bővebben.

A Mozart-hatás (Rauscher et al., 1993) emberek esetén nem más, mint a klasszikus zene tanulási képességet, valamint idő- és térérzéklet (és az ezzel kapcsolatos IQ-teszt eredményeket) javító hatása. Mozart két szerzeménye mutatta a legjobb eredményeket, a K448-as két zongorára írt D-dúr szonáta (a továbbiakban „szonáta”) és a K488-as 23-as számú zongorakoncertó. További vizsgálatok kimutatták, hogy az intenzív zenei képzés emberben a verbális memóriát és a hangfölismerési képességet is javítja (Chan et al., 1998, Wong et al., 2007). Ez utóbbiak már az ún. szemantikus, hosszútávú memória körébe tartoznak, amelyek nem változnak, bármikor előhívhatók, de már nem kötődnek ahhoz az időponthoz, amikor megtanulták. Mozart zenéjének hallgatása után javultak az Alzheimeres páciensek agyi funkciói és képesek voltak feleleveníteni a dallamokat (Fukui et al., 2012).

Patkányok labirintusteszt eredményei is javultak a szonáta hatására (Rauscher et al., 1998), míg a fehérzajnak vagy a minimalista zenének nem volt hasonló hatása. A hatás idegéletteni alapjai csak részben tisztázottak, de a tempójában, szerkezetében, harmóniájában és ismétlődésében hasonló dallamokat is hatékonyak találták. Felmerült a kérdés tehát, hogy mely konkrét zenei stílusok vagy darabok képesek a Mozart-hatás kiváltására. Hughes és Fino (2000) számos zenei darabot vetettek alá számítógépes elemzésnek. Mozart és Bach darabjaiban a hosszútávú periodicitás (az ismétlődések száma 10-60 mp-en belüli, átlagosan félpercenkénti) hasonló, de közös tulajdonságuk még a G3 (196 Hz), C5 (523 Hz) és a H5 (987 Hz) hangok gyakori használata is. A szonáta hallgatása közben és röviddel utána a bal temporális és a jobb frontális kéregben a neuronok kisülési mintázata szinkronizálódott (Rideout and Laubach, 1996). A zene hatására több béta-hullám keletkezett az agyban (Sarnthein et al., 1997). Xu et al. (2009) újszülött patkányokat tett ki a szonáta hatásának napi 8 órán át, két hónapon keresztül. A patkányok hangfelismerő képessége javult a csendben tartott kontrollcsoporthoz viszonyítva, amihez a NMDA (N-metil-D-aszpartát) receptor NR2B alegységének megnövekedett expressziója társult. Az NMDA receptor a glutamáterg szinapszisok érését segíti, és garantálja azok plaszticitását az egyedfejlődés és tanulás során. Az NMDA-hiánya a rágcsálók korai agyfejlődése során idegkárosodáshoz és a skizofréniára emlékeztető tünetek megjelenéséhez vezet (DuBois és Huang, 2007).

Olton és Samuelson (1976) kifejlesztett egy útvesztőt, melynek sugárirányú karjaival a patkányok térbeli tanulását és memóriáját vizsgálhatjuk. Az eredeti készülék nyolc, egymástól egyenlő távolságra lévő, 1,4 m-es sugáralakban elhelyezkedő átlátszó anyagból készült korból áll, amelyet egy kis központi egység köt össze. Minden kar végén van egy etető, amelynek tartalma a központi platformról nem látható. A labirintus kialakítása biztosítja, hogy a patkánynak mindig vissza kelljen térnie a központba, mielőtt egy másik kart szeretne meglátogatni. Így minden esetben nyolc választási lehetősége van. Megfelelő eszközökkel biztosítják, hogy az állat ne tudjon a szagingerek alapján tájékozódni. Az említett szerzők azt találták, hogy a patkányok memóriája kiváló tekintetben, hogy mely kart látogatták már meg. A 8 lehetőségből általában csak egyet hibáznak, ez 88%-os eredmény. Ha 2,7 a hibás belépések átlaga, az 66%-os eredménynek felel meg. Ha térben elforgatják a labirintust, a patkányok nem tudnak jó választásokat hozni, ezért valószínű, hogy a karok helyzetére emlékeznek, amelyeket külső kulcsingerekhez társítanak. Ez az útvesztő azóta az állatok térbeli memóriájának általánosan elfogadott vizsgáló módszerévé vált. Crusio és Schwegler (2013) szerint a teszt eredményei szoros korrelációt mutatnak a hippokampális moharostok fejlettségével. A térbeli tanulás területén kétféle memóriatípust különböztetünk meg, a munkamemóriát és a referenciamemóriát. Míg a rövidtávú memória az információkat másodpercekig, percekig, esetleg néhány órán át tárolja, addig a munkamemória az információk rövidtávú tárolását és feldolgozását jelenti. Az útvesztőben a munkamemória felel

azért, hogy az állat emlékezzen, mely karokat látogatta már meg élelemért az adott vizsgálatban, míg a referenciamemória felel azért a tudásért, mely állandó a vizsgálatok között (Nadel és Hardt, 2011). A nyolckarú útvesztő esetén ez azt jelenti például, hogy mely karjai tartalmazznak minden vizsgálat során élelmet.

A Mozart-hatásról mind emberek (Pietsching et al., 2010), de különösen állatok (Leanna et al., 2013) esetében az eredmények és vélemények ellentmondóak. Az egyik legnagyobb kritika annak kapcsán érkezett, hogy a rágcsálók hallástartománya jelentősen eltér az emberekétől (Steele, 2006). Az emberi audiogram a 0,02 és 20 kHz-es frekvenciatartományra terjed ki, míg a patkányoké a 0,5 és a kb. 90 kHz-es tartományt fedi le (60-70 dB-es hangnyomásszint mellett mérve). Így Steele szerint a patkányok nem hallják az adott szonáta alsó 33-57%-át. Snowdon et al. (2015) hangsúlyozta, hogy a zenének fajspecifikusnak kell lennie. Fekete és Bernitsa (2013) vizsgálatában a szonáta „rodentizált” változata csökkentette a mozgásaktivitást és megnövelte az önápolással és üléssel töltött időt, hatékonyabban, mint az eredeti, emberi fülnek szánt verzió.

Első vizsgálatunk célja az volt, hogy porond- és labirintustesztben vizsgáljuk a patkányok – közvetlenül a Mozart-szonáta meghallgatása utáni – spontán késztetés aktivitását, emocionális állapotát, továbbá térbeli tanulási és emlékezetmegtartási teljesítményét. Míg második vizsgálatunkban, ennek továbbviteleként, célunk az volt, hogy a rodentizált, vagyis a rágcsálók hallástartományához igazított zene hatását vizsgáljuk az állatok térbeli tanulási és emlékezetmegtartási teljesítményére, valamint szerettük volna tisztázni, hogyan befolyásolja az eredményeket a zenei kezelés időzítése (tehát ha azt a memóriavizsgálat előtt vagy közben használjuk).

6.3.3. Anyag és módszertan

I. kísérlet

A kognitív magatartástesztekhez a Szegedi Tudományegyetem Állatházában (Domaszék) tenyésztett 30, hathetes, 165 ± 15 g induló súlyú Crl:WI BR hím patkányok közül az egyhetes akklimatizációs periódus végén PT készülékben végzett spontán késztetésaktivitás alapján kiválasztott 24 (csoportonként 12) állat került fölhasználásra. Az állatok számára a 6 napos akklimatizációs periódus alatt *ad libitum* standard (CRLT/N) 11 MJ ME/kg energiakonzentrációjú rágcsálótáp fogyasztását és ivóvíz minősítésű csapvizet biztosítottunk. A térbeli memóriatesztek idején mennyiségileg korlátozott (20-40 g táp/állat/nap) etetést végeztünk úgy, hogy a patkányok élősúlya az azonos korú és neműekének 80-85%-a legyen (Beatty és Shavalia, 1980). A konvencionális állatházban az állatok hármásával történő csoportos tartása 25x36 cm alapterületű, 18 cm magas polipropilén

állattartó dobozban történt egy 12-12 óra világos-sötét periódusban, 60 lux fényerővel egyenletesen megvilágított, 22 ± 3 °C hőmérsékletű, $50\pm 10\%$ relatív páratartalmú állattartó szobában.

A patkányok kognitív viselkedés (térbeli memória és spontán késztetésaktivitás tesztjeit az állattartó szobától és egymástól is független, de hasonló környezeti paraméterekkel rendelkező (40 dB háttérzajú, 12-25 lux megvilágítású) két vizsgáló helyiségben, 20 perces adaptációt követően 8:00-14:00 óra között végeztük. A vizsgálokban először a „zenés csoportnak” játszottuk le – az adaptációs (habituációs) héten napi két, majd az információörögzülés (bevésés) hetétől egyszeri alkalommal – a 8'31" hosszú Mozart-szonátát (mint 0,3-7 kHz frekvenciatartományú akusztikus inger) 70 dB intenzitással Tamashi UX-4 digitális CD-lejátszó és Genius-hangszórók segítségével, a tesztek megkezdése előtt kb. 10 perccel.

Az állatok térbeli tanulási és emlékezési képességét az Olton és Samuelson (1976) által kifejlesztett, s Vezér et al. (2000) által módosított labirintus-teszttel vizsgáltuk, mely során az útvesztő (Columbus Instruments, Ohio, USA) a gyengén megvilágított helyiség közepén, változatlan pozícióban állt. A hippocampusz-függő térbeli diszkriminációs viselkedésvizsgálatban a „zenés” és kontrollállatok tanulási és információmegőrzési mintázatát 10 héten át teszteltük. A vizsgálatok során néhány vagy valamennyi karban jutalomfalat volt elhelyezve és az állatoknak emlékezni kellett a csalétek helyére, vagy arra a helyre, ahol már megtalálták (ill. elfogyasztották) azt. A patkányok a szimmetrikus labirintus szegleteinek, töréspontjainak, továbbá a műszer körül lévő berendezések fölismerésével és más ingerek fölhasználásával tájékozódnak, illetve jegyzik meg a jutalomfalatot tartalmazó karok meglátogatottságát. Az állatok a 6 napos szoktatást (környezet és műszer habituációt) követő 6 napos tanulás és információmegőrzés (memória), együttesen a vonatkozó információ bevésése (mintavételezése, a továbbiakban: „bevésés”) periódusban (teszt 2. hete) megtanulták, hogy az útvesztő oktagonális centrumából kiinduló 8 sugárirányú nyitott kar mindegyikébe egyszer be kell lépniük és abban végig kell haladniuk maximum 10 perc alatt. Az állatok a karok végén egy-egy szem (kb. 40 mg súlyú) édes (azaz öröklötten preferált) ízű jutalomfalatot találtak ('zizi'-t). A tanulás és memória tesztelése az általános „győzelem-jutalmazás” szabályon (Beatty és Rush, 1983) alapuló élelemkeresési stratégia segítségével és a meglátogatott karok térbeli mintázatának memorizálásával történik. A vizsgálatok során a jutalomfalatokat nem pótoltuk. A bevésés szakasz minden napján dokumentálásra került a karokba lépések száma, a műszerben tartózkodás időtartama, az összes, a helyes és hibás válaszok száma, amely alapján származtattuk a napi memória teljesítményt (%): $[\text{helyes válaszok száma} / \text{összes válaszok száma}] \times 100$. A patkányok 8-karú útvesztőben vizsgált térbeli munkamemóriája (working memory, WM) rendkívül pontos (sértetlen) marad 8 óra időtartamig. Ez a rövid távú WM rendkívül ellenálló az információ retenciós intervallum (RI)

alatt bekövetkező élettani és környezeti változások okozta zavarokkal szemben. A változtatható – csökkenthető vagy növelhető – tartamú RI alatt a bevésés során szerzett információ hozzáférhető, azaz az RI alatt az „eseményt, azaz feladatot nem szabad elfelejteni” (Beatty és Savalia, 1980). A memóriaretenció tesztelése az RI letelte után történik egy második ún. „választási” futtatás során. A patkányok deklaratív, azaz adatokra, tényekre vonatkozó memóriafolyamatainak egyik tipikus formája a fölismerésmemória, mely időtartam szerint osztályozható (Steckler et al., 1998). Ennek a klasszifikációnak az analógiájára az RI hosszának növelésével tesztelhető a rövidtávú (ahol a RI percek-néhány órát ölel fel), a középestávú (ahol az RI 8-12 óra), a hosszútávú (ahol az RI 18 óra-néhány nap) és a tartós (ahol az RI több, mint 7 nap) memória retenció teljesítmény. A rövid- (2 és 4 órás) és hosszútávú (24 órás) térbeli munkamemória retenció teljesítményt a 3. és 5. héten (munka 2h, munka 4h), a tartós (14 nap) munkamemória retenció teljesítményt a 9-10. héten (5 nap/hét) mértük (munka R2h, munka R4h). A rövid- és hosszútávú retenció tesztek (3. és 5. hét) során az állatok előbb a nyolc, végükön egy-egy jutalomfalatot tartalmazó (a továbbiakban: „csalétkezett”) nyitott kar közül az általuk elsőként választott négybe léphettek be, majd 2 vagy 4 óra (RI) időtartamra visszakerültek a ketrecükbe. A RI letelte után az állatokat újra visszahelyeztük a labirintusba, de ekkor az aznap még nem látogatott (csalétkezett) négy karba kellett befutniuk maximum 10 perc alatt. WM hibatípusnak a már csalétkezetlen (az első futás alatt választott) karokba való visszatérés számított. Az állatoknak a 4. héten (5 nap/hét) végzett referenciamemória (RM) vizsgálati periódusban a 8 nyitott kar közül – a korábbi teszteteken az állat által preferált – 4 csalétkezett kart kellett meglátogatni. Az RM tesztben mérhető hibatípusok: belépés a csalétkezetlen karba, visszatérés a csalétkezett, de már megüresedett karba. A 6. és 7. – pihenési – héten a csoportok nem találkoztak új információval, az állatok – a „zenés csoport” napi egyszer a vizsgálóban történő Mozart-szonáta hallgatása kivételével – folyamatosan az állattartó szobában tartózkodtak, ivóvizet és tápot *ad libitum* kaptak. A 2 hetes pihenést követő felidézés (tartós memória) és tartós munkamemória retenció vizsgálata történt a 8-10. héten (5 nap/hét). A 8. heti felidézési teljesítmény számolása a bevésésével, a 9-10. heti WM teljesítmény mérése a 3. és 5. heti munkamemória tesztekkel egyezően történt.

A térbeli memóriavizsgálat 5. és 10. hetének végén az állatok emocionális státusát és 10 perc mérési szakasz alatti spontán készletésaktivitását (explorációs aktivitás ismert környezetben) 48×48×40 cm-es porondtesztkészülékben teszteltük (Conducta 1.0 Mozgás- és Viselkedéértékelő Program, Experimetria Kft, Magyarország). Valamennyi állat egyesével a PT-készülék centrális részébe került. A program az állatot egy téglatesttel modellezi, amely geometriai középpontjának elmozdulását észleli. A számítógép által mért és számolt elemek alkotják a patkányok viselkedésmintázatát.

A kórszövetteni vizsgálat az Egészségügyi Minisztérium, valamint a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium 9/2001 (03.30) számú rendeletében foglaltak szerint, és az OECD Good Laboratory Practice for Chemicals 1997-es irányelveivel összhangban történt. Az állatokat intraperitoneális pentobarbitál-nátrium (Euthasol® 40% Inj A.U.V., Virbac), adagolásával altattuk túl, majd felboncoltuk. A szív, a máj, a lép, a vesék, a mellékvesék, csecsemőmirigy és a herék tömegét lemértük, a levett szövetmintákat 10%-os formaldehid oldatban fixáltuk, majd a paraffinba ágyazott mintákból metszeteket készítettünk és azokat hematoxin-eozinnal (BioMarker Kft, Magyarország, SelecTech festőrendszer) vagy PAS festéssel festettük (Merck Kft, Magyarország). Az eutanázia előtt dietil-éteres bódításban vérmintákat vettünk az állatoktól a farokvénából, a minták alvadását K-EDTA (Merck Kft, Magyarország, Sigma-Aldrich) hozzáadásával gátoltuk. A mintákból a különböző fehérvérsejtek aránya került meghatározásra.

A kognitív magatartás (térbeli tanulás és memóriateljesítmény, valamint spontán készletességaktivitás) teszteredmények analízise "SPSS 15.0 for Windows" statisztikai programmal történt. A két csoportban az egyes kísérletek adatainak normál eloszlását Kolmogorov-Smirnov, a varianciák homogenitását "kétmintás F-próba a szórásnégyzetre" teszttel vizsgáltuk. Nem homogén csoportok közti variancia esetén (térbeli memóriabevétel, rövid-, hosszútávú, tartós munkamemória és referenciamemória teljesítménye) az összehasonlító analízist "kétszélű kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél" próbával, illetve homogén variancia esetén (térbeli memóriafelidés teljesítménye, PT-eredmények) "kétszélű kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél" próbával, a Sváb (1981) és Reiczigel et al. (2007) könyvében leírt elmélet alapján végeztük el. A csoportok közti eltéréseket valamennyi esetben $p < 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak. A kísérletet a SZTE I-74-04/2009 alapján a SzIE ÁOTK MÁB jóváhagyta, engedélyszám 22.1/2877/3/2011.

II. kísérlet

A vizsgálat során 40, héthetes, a ToxiCoop Zrt. által tenyésztett Crl:WI BR hím patkányt osztottunk 4 csoportba az akklimatizációs periódus végén. Minden csoportba 10-10 állat került, az első csoport a zenei kezelést a memóriavizsgálat előtt (E), a második csoport közben (K), a harmadik csoport előtte és közben is (EK) kapta, míg a negyedik csoport nem kapott zenei kezelést (C). Az állatok számára az akklimatizációs periódus alatt *ad libitum* standard (CRLT/N) 11 MJ ME/kg energiakoncentrációjú rágcsálótáp fogyasztását és ivóvíz minősítésű csapvizet biztosítottunk. A térbeli memóriatesztek idején mennyiségileg korlátozott (20-40 g táp/állat/nap) etetést végeztünk úgy, hogy a patkányok élősúlya az azonos korú és neműekének 80-85%-a legyen (Beatty és Shavalia, 1980). Erre azért van szükség, hogy az állatok motiváltak legyenek a labirintusban.

A konvencionális állatházban az állatok négyesével történő csoportos tartása 24x36 cm alapterületű, 18 cm magas polipropilén állattartó dobozban történt egy 12-12 óra világossötét periódusban, 60 lux fényerővel egyenletesen megvilágított, 22 ± 3 °C hőmérsékletű, $60\pm 5\%$ relatív páratartalmú állattartó szobában. Tíz állattartó doboz volt, mindegyikben 1-1 állat mind a négy csoportból. Alomanyagként forgácsot használtunk (Aspen wood bedding CLASSIC, AnimaLab).

A habituációs periódusban a három zenei kezelést kapó csoport (E, K és EK) napi kétszer hallgatta meg a szonátát, egyedenként 10 percen át (ismétlésre állítva) 8 és 14 órai kezdettel. A kezeléshez az állatokat egyesével, szállítódobozban szállítottuk a kezelő helyiségbe. A kontrollcsoport egyedei azonos időt töltöttek a helyiségben, de zenei kezelés nélkül. Az állatok memóriavizsgálatára 8-karú labirintusban került sor (Columbus Instruments, Ohio, USA), azonos módon az I. kísérletben leírtakkal. A zenét 70 dB intenzitással Tamashi UX-4 digitális CD-lejátszó és Genius-hangszórók segítségével játszottuk le. A rodentizált – vagyis egy oktávval magasabb frekvenciájú és kétszeres tempójú – változatot az NHC WavePad Audio Editing 2012 szoftverrel készítettük el.

A patkányok kognitív viselkedés tesztjeit az állattartó szobától független, de hasonló környezeti paraméterekkel rendelkező (40 dB háttérzajú, 12-25 lux megvilágítású) vizsgáló helyiségben, 20 perces adaptációt követően 8:00-14:00 óra között végeztük. Egyszerre egy doboz állatot vittünk előbb a pihenőhelyiségbe, majd az adaptáció után egy egyedet a vizsgálóhelyiségbe, ahol az E és EK csoport tagjai megkapták a 10 perces zenei kezelést. A C és K csoport állatai ezt a 10 percet csendben töltötték el a vizsgálat előtt a vizsgálóhelyiségben. Az EK csoport esetén az „előtte” és „közben” szakaszok között rövid ideig megszakadt a zene, míg az állatot a dobozából a labirintusba helyeztük.

Az adatok analízisét az R szoftverrel végeztük. Az egyes kísérletek adatainak normál eloszlását Kolmogorov-Smirnov teszttel, míg a csoportok eredményeinek összehasonlítását one-way ANOVA vizsgálattal és post hoc Tukey HSD tesztekkel végeztük, Petrie és Watson (2013) elmélete alapján. A csoportok közti eltéréseket valamennyi esetben $p < 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak. A kísérletet a SZTE I-74-04/2009 alapján a SzIE Állatorvos-tudományi Kara Munkahelyi Állatkísérleti Bizottsága jóváhagyta, engedélyszám 22.1/2877/3/2011.

6.3.4. Eredmények

I. kísérlet

A Mozart-szonáta lejátszását követően a fiatal felnőtt hím állatok hippokampusz-függő téri memória (információmegtartás) teljesítménye szignifikáns növekedést mutatott (12.

táblázat) a referenciamemória (59,76±4,24 ill. 75,36±5,53 %), valamint a 2 hetes pihenési periódust követő felidézés (83,42±3,06 ill. 88,78±2,74%) és a tartós 4 órás térbeli munkamemória retenciós tesztek során (60,52±2,49 ill. 65,97±2,87%).

Bár a rövid- és hosszú-távú térbeli munkamemória 2 órás retenciós tesztek eredményei javuló (56,12±3,18 ill. 60,14±6,23%), a tartós térbeli munkamemória 2 órás retenciós tesztek eredményei (64,02±2,28 ill. 60,97±3,90%) romló tendenciát mutattak, a különbségek nem szignifikánsak.

A bevésés alatti (82,37±3,52 ill. 75,94±4,21%) és a tartós térbeli munkamemória 4 órás retenciós tesztek (60,57±3,26 ill. 55,45±3,51%) pedig szignifikánsan a “zenés” csoportban voltak rosszabbak.

A két csoport spontán készletességaktivitása, továbbá – vizelet- és bélsárürítése alapján megítélt – emocionális állapota a porondtesztekben nem mutatott szignifikáns különbséget.

A kórbontani és kórszövettani vizsgálat nem mutatott a zenei kezeléssel, illetve stresszállapottal összefüggő elváltozásokat.

12. táblázat. A “zenés” és kontrollcsoportok heti téri tanulás és memória teljesítmény átlagai (%) és szórása (s) a 10 hetes magatartás teszt egyes vizsgálati periódusaiban.
Jelmagyarázat: n= a csoportonkénti állatszám; t= t-érték; df= szabadságfok; p= szignifikancia szint; * 0,01 < p < 0,05 ill. ** 0,001 < p < 0,01 “zenés” csoport, összevetve a kontrollal

Hét	Téri tanulás és memória vizsgálati periódusok a 8-karú útvesztőben		Heti memória teljesítmény átlagok, %		
			Kontrollcsoport	“Zenés” csoport	Statisztika (kétoldalú kétmintás t-próba)
1.	Szoktatás (habituáció)		-	-	-
2.	Tanulás, rövid- és hosszú-távú munkamemória retenciós tesztek (n=12)	Bevésés	82,37±3,5166	75,94±4,2126 *	t=2,86885; df=10 p=0,01670
3.		2 órás munkamemória és retenciós	56,12±3,1831	60,14±6,2276	t=-1,28341; df=6 p=0,24669
4.		Referenciamemória	59,76±4,2354	75,36±5,5304 **	t=-5,00915; df=7 p=0,00155
5.		4 órás munkamemória és retenciós	60,57±3,2555	55,45±3,5102 *	t=2,39104; df=8 p=0,04379
6-7.	Pihenés		-	-	-
8.	Felidézés és tartós munkamemória retenciós tesztek (n=12)	Felidézés	83,42±3,0558	88,78±2,7417 *	t=-2,91994; df=8 p=0,01929
9.		2 órás munkamemória és retenciós	64,02±2,2834	60,97±3,8795	t=1,51393; df=6 p=0,18082
10.		4 órás munkamemória és retenciós	60,52±2,4935	65,97±2,8741 *	t=-3,20159; df=8 p=0,01258

II. kísérlet

Azok a patkányok, melyek a memóriateszt előtt és alatt is meghallgatták a szonátát szignifikánsan jobb eredményt produkáltak a bevésési szakaszban, mint azok, melyek csak a teszt előtt hallgattak zenét (2. hét: EK: 83,92±5,89 ill. E: 70,87±7,04%). Emellett szignifikánsan jobb eredményeket értek el, mint az E csoport vagy a kontrollcsoport a 2 órás munkamemória és retenció (3. hét: EK: 59,24±3,97 ill. E: 50,66±2,46%, ill. C: 52,82±3,59%), valamint a referenciamemória vizsgálatokor (4. hét: EK: 56,31±3,74 ill. B: 48,09±2,40% ill. C: 50,26±2,21%).

A 4 órás munkamemória és retenció, valamint a felidézés és tartós munkamemória retenció tesztek során nem találtunk szignifikáns eltérést a csoportok teljesítményében (13. táblázat).

13. táblázat. A különféle csoportok heti téri tanulás és memória teljesítmény átlagai (%) és szórása (s) a 10 hetes magatartás teszt egyes vizsgálati periódusaiban. Jelmagyarázat: n= a csoportonkénti állatszám; F= f-érték; df= szabadságfok; p= szignifikancia szint; A különböző betűjelölések a szignifikáns eltéréseket jelölik (p<0,05)

Hét	Téri tanulás és memória vizsgálati periódusok a 8-karú útvesztőben		Heti memória teljesítmény átlagok, %				Statistika (One-way ANOVA; post hoc: Tukey HSD teszt) df=3,39
			Kontroll (C)	Előtte (E)	Közben (K)	Előtte és közben (EK)	
1.	Szoktatás (habituáció)		-	-	-	-	-
2.	Tanulás, rövid- és hosszútávú munkamemória retenció tesztek (n=10)	Bevésés	78,35±6,02 'ab'	70,87±7,04 'a'	77,59±5,14 'ab'	83,92±5,89 'b'	F=4.664, p=0,013 post hoc: EK-E: p=0,007
3.		2 órás munkamemória és retenció	52,82±3,59 'a'	50,66±2,46 'a'	54,56±3,47 'ab'	59,24±3,97 'b'	F=5.694, p=0,008 post hoc: EK-C: p=0,041 EK-E: p=0,005
4.		Referenciamemória	50,26±2,21 'a'	48,09±2,40 'a'	52,02±3,12 'ab'	56,31±3,74 'b'	F=7.079, p=0,003 post hoc: EK-C: p=0,023
5.		4 órás munkamemória és retenció	61,32±2,62 'a'	54,81±7,25 'a'	54,76±1,83 'a'	55,88±9,14 'a'	F=1.338, p=0,297
6-7.	Pihenés		-	-	-	-	-
8.	Felidézés és tartós munkamemória retenció tesztek (n=10)	Felidézés	93,58±2,82 'a'	90,15±4,08 'a'	91,64±1,94 'a'	88,70±2,67 'a'	F=2.457, p=0,100
9.		2 órás munkamemória és retenció	66,79±7,10 'a'	61,09±6,06 'a'	64,77±5,66 'a'	65,81±5,30 'a'	F=0.840, p=0,492
10.		4 órás munkamemória és retenció	58,66±5,51 'a'	56,50±4,28 'a'	57,01±5,63 'a'	61,40±8,17 'a'	F=0.610, p=0,619

A kórbonctani és kórszövettani vizsgálatok nem mutattak a zenei kezeléssel, illetve a stresszállapottal összefüggő elváltozásokat, kivéve a mellékvese esetében. A zenével kezelt

csoportokban (E, K és EK) a mellékvesék teljes testsúlyra vonatkoztatott relatív súlya (szerv súlya/testsúly x 100) nagyobb volt, mint a kontrollcsoportban (One-way ANOVA, $F_{3,39}=3,93$, $p=0,016$, C: $0,026\pm 0,005\%$, E: $0,035\pm 0,009\%$, K: $0,028\pm 0,004\%$, EK: $0,028\pm 0,006\%$), de a különbség csak az E csoport esetén volt szignifikáns (post-hoc C-E: $p=0,0174$). Szövetani elváltozást azonban nem találtunk. A vérmintákban a limfociták száma enyhén emelkedett mindhárom zenei kezelést kapott csoportban, de csak az E csoportban szignifikánsan ($2,02\pm 0,426$; $2,35\pm 0,310$; $2,11\pm 0,538$; és $2,18\pm 0,509$ millió a C, E, K és EK csoportokban, one-way ANOVA, $F_{3,39}=3,209$, $p=0,0344$, post hoc: C-E: $p=0,0347$). A neutrofilok aránya kisebb volt a zenének kitett csoportok vérmintáiban, de csak az E csoportban volt szignifikáns a különbség ($0,55\pm 0,222$; $0,40\pm 0,216$; $0,40\pm 0,105$; $0,53\pm 0,320$ millió a C, E, K és EK csoportokban, one-way ANOVA, $F_{3,39} = 3,341$, $p=0,0298$, post hoc Tukey HSD: C-E: $p=0,034$). A neutrofil-limfocita arány ennek megfelelően a kontrollcsoportban magasabb volt, mint a zenés csoportokban, de a különbség csak a C és E csoportok esetében szignifikáns (One-way ANOVA, $F_{3,39} = 3,142$, C: $0,27\pm 0,08$; E: $0,18\pm 0,09$; K: $0,19\pm 0,05$; EK: $0,23\pm 0,07$; post hoc: C-E: $p=0,037$).

6.3.5. Megbeszélés

A zenének az állatokra gyakorolt hatása rövid (viselkedést módosító) és hosszú távú (epilepszia klinikai tüneteit mérséklő, a súlygyarapodást, illetve tejtermelést fokozó) lehet (Lin et al., 2011; Papoutsoglou et al., 2010; Leanna et al., 2013). Jelen vizsgálat részben megerősíti azokat az eredményeket, miszerint rövid távon a tanulási, tér- és időérzékelési teljesítmény is javul (Rauscher et al., 1998; Ho et al., 2007).

Az első kísérletünkben, a szonáta eredeti verziójának használatakor az általunk vizsgált hat paraméterből három szignifikánsan (referenciamemória, 2 hetes pihenési periódust követő felidézés, tartós 4 órás térbeli munkamemória retenció), egy tendenciájában javult (rövid- és hosszú-távú térbeli munkamemória 2 órás retenció); egy szignifikánsan (térbeli munkamemória 4 órás retenció), egy pedig tendenciájában (tartós térbeli munkamemória 2 órás retenció) romlott. A bevésést még nem a kísérlet fő szakaszához, hanem inkább az előszakaszához tartozónak tekintjük.

Az első kísérletben alkalmazott humán Mozart-darab hallgatása javította a patkányok közvetlenül a zenei expozíció után mért tanulási és memorizáló képességét, de a spontán mozgásaktivitás a PT-ben nem módosult szignifikánsan. Fekete és Bernitsa (2013) azt találta, hogy a zenehallgatás alatti viselkedés jelentősen megváltozott. A humán és a rágcsálók audiogramja (hallási határai) 60-70 dB hangerő mellett mérve, különbözik: az emberé 0,02-20 kHz, a patkányoké magasabban (0,5 kHz) kezdődik, s az ultrahang tartományokban (kb. 90 kHz) ér véget. Erre alapozva Steele (2006) azt állítja, hogy a patkányok nem képesek a

Mozart-szonáta alsó, mélyebb 33-57%-át hallani. Ezzel együtt, jelen vizsgálatban mégis hatékonyan javított több memóriatípust, bár a PT-viselkedést nem módosította. Fekete et al. (2011) azt találták, hogy a tízszeres gyorsasággal lejátszott és tízszer magasabb szonáta drasztikusan megváltoztatta a patkányok viselkedését. Úgy tűnik, hogy ez a magasság (15-20 kHz) már kellemetlen, vagy veszélyt jelent számukra (Bodner et al., 2001; Xu et al., 2009). A vizsgálatsorozat második szakaszában ezért az egy oktávval magasabb és kétszeresére gyorsított verziót használtuk.

A második kísérletben a rodentizált szonáta memóriateszt előtt és alatt (EK csoport) való lejátszása javította az állatok eredményeit. Az EK csoport tagjai jobb eredményt produkáltak a bevésés alatt, mint az E csoport, valamint jobb eredményt értek el a 2 órás munkamemória és retenció és a referenciamemória vizsgálatokor, mint az E és C csoportok. Rauscher et al. (1998) a patkányokat a memóriateszt előtt és/vagy alatt tette ki különféle hanghatásoknak (Mozart szonátája, minimalista zene, fehérzaj). Abban az esetben, ha a szonátát csak a teszt előtt hallgatták, javult az állatok teljesítménye a labirintustesztben, akárcsak a jelen vizsgálatunkban. Amennyiben csak a teszt közben használták a zenét, úgy jelen eredményekhez hasonlóan az hatástalannak bizonyult. Rauscher et al. (1988) vizsgálatában azonban a zenei kezelés jóval hosszabb ideig tartott, a magzati kortól a 60 napos életkorig. Saját eredményeink alapján úgy látszik, hogy nem csak a hosszútávú, hanem már a rövidebb ideig tartó, de napi szintű zenehallgatás is képes javítani a tanulási és memóriafolyamatokat, de csak akkor, ha a zenét a memóriateszt előtt és alatt is használjuk.

Embereken a Mozart-zene hallgatása után a legtöbb vizsgálatban javult az agy tanulási képessége (Jausovec et al., 2006). Evolúciós okokból (talán mert érdekesebb, esetlegesen veszélyforrás) a hallókéreg laterális régiója hamarabb és intenzívebben aktiválódik komplex hangingerekre, mint tiszta dallamokra (Tian et al., 2001). A kettős útvonal elmélete (Kikuchi et al., 2010, Kusmierek et al., 2012) szerint a hallókéregben külön képviselője van a hangminőség fölismerésének, azonosításának és külön a tér érzékelésének, a hangforrás helyének és irányának meghatározására: "az anterior WHAT (MI) és a caudalis WHERE (HOL)" út. Hasonló a helyzet, mint a külön tárgy- és térlátás. Az elsődleges hallókéreg, a halántéki lebeny elülső ventrális része érzékenyebb a hanginger típusára, mintázatára ("MI") és a hátsó dorzális terület inkább a hanginger helyére szakosodott, intenzívebben dolgozik, kisülési mintázata komplexebb, látenciaideje hosszabb ("HOL"). A hallott hang földolgozása hierarchikus, azaz először a "MI", majd a "HOL" út aktivizálódik. A "munkamegosztás" ugyanakkor nem merev és nem 100%-os. Ma et al. (2013) éber macskáknak macskanyávogást, visszafelé játszott macskanyávogást, valamint emberi beszédet sugároztak és egyenkénti kivezetéssel vizsgálták az érintett agyterületek egyes neuronjainak elektromos kisüléseit. Kimutatták, hogy egy neuron csak egy akusztikus jellegzetességet hordoz (frekvencia, időbeliség, hangmagasság stb.), amelyek időbeni és térbeli összessége

kódolja a fölismerendő hangot, pl., hogy fajazonos-e. A hallott hang ilyen irányú földolgozását a ventro-laterális prefrontális kéreg végzi, ahová az ingerület a temporális sulcuson át kerül. Föltételezhető, hogy az evolúciós fejlődés során ez a megkülönböztető erő (fajtárs vagy nem, veszélyforrás vagy semleges zaj) segítette a sikeres fajok túlélését.

Mivel az első kísérlet végén a kórbonctani és kórszövettani vizsgálatok nem mutattak a zenei kezeléssel, illetve stresszállapottal összefüggő jelentős elváltozásokat, a tanulási és memóriateljesítményben a különbségek föltételezhetően funkcionálisak voltak. Érdekes, hogy emberben a Mozart-hatás zenéire a jobb frontális és a bal temporo-parietális agyrészek mutatnak koherens EEG-aktivitást (Sarnthein et al., 1997), ami több percen át megmarad. Bodner et al. (2001) a Mozart-szonáta hatására funkcionális mágneses rezonancia készülékkel az agykéreg véráramlásának statisztikailag is szignifikáns, drámai emelkedését figyelték meg a dorzolaterális prefrontális és nyakszirti agykéregben, valamint a kiasagyban; valamennyi régió szerepe jelentős a tér-idő érzékelésben. Beethoven "Für Elise" műve, illetve az 1930-as évek jazz zongorajátéka e tekintetben hatástalannak bizonyult. Suda et al. (2008) a Mozart-hatást férfiakon és nőknön vizsgálták. A Tanaka B intelligenciatesztet oldatták meg a Mozart-szonáta vagy egy Beethoven-darab meghallgatása, vagy ugyanolyan időtartamú csendben történő várakozás után. A Mozart-csoport tagjai az intelligenciatesztben jobban teljesítettek, mind a Beethoven, mind a csendes kontrollhoz képest. Közeli infravörös spektrofotométerrel a halántéki kéreg várható fokozott működésén túl nagymértékű aktiválódást mértek a dorzolaterális prefrontális és a nyakszirti kéregterületekben. Az utóbbiak szerepe jelentős a tér-idő érzékelésében. Ezek alapján a szerzők az ún. "priming"-gal (begyújtás, rímelés) magyarázzák a Mozart-hatást.

Föltevésünk szerint a reagáló állatok mintegy "igyekeznek megérteni" a hangingeret és idegsejtjeik szinkronizált kisüléseket mutattak a Mozart, s hasonló zene hallgatásakor és utána 10-15 percig. Ilyenkor a neuronok kisülései szinkronizálódnak a jobb frontális és a bal temporális lebenyben, ami több béta-hullám keletkezését stimulálja (Rideout and Laubach, 1996; Sarnthein et al., 1997). A 4 órás munkamemória a normál zene alkalmazásakor az 5. héten romlott, a 10. héten javult, míg a rodentizált zene használatakor nem változott. Ez alátámasztja a feltételezést, miszerint a zene okozta javulás csak rövidtávú. A hosszútávú vizsgálat eredményei a második vizsgálatban a négy csoport között nem tértek el, viszont a felidézés és tartós munkamemória eredményei érdekes módon mind jobbak voltak, mint a rövidtávú vizsgálatoké, mely mutatja a folyamatos trenírozás pozitív hatását.

Az akusztikus ingerek azonosításához azonban időbeli integrálásra is szükség van (felső halántéki és ventrolaterális prefrontális cortex): a kódolást a hallókéreg caudális régiója végzi, lehetővé téve a pontosabb térbeli tájékozódást. A szakosodás nem teljes és nem teljeskörű (Cohen et al., 2004). Bizley et al. (2010) leírták, hogy a gőrény hallókérge képes nemcsak a hangmagasság, hanem a periodikusság (alapfrekvencia) megkülönböztetésére is,

amelyet viszont mások fontos összetevőjének tekintenek a Mozart-hatásnak (Hughes és Fino, 2000). Az idegsejtek kisülésén túl a görények viselkedése is megváltozott a különböző frekvenciájú mesterséges hangingerek hatására. A hallókéreg érintett neuronjai együttesen – de sohasem egyetlen idegsejt – megbízhatóan kódolják az alapfrekvenciát, ha a hangerő eléri a 20 dB-t.

Fölmerül a kérdés, hogy az első vizsgálatban akkor hogyan javult a zenei ingerekre a referenciamemória, a tartós memória felidézés és a munkamemória 2 órás megtartás is? A második vizsgálatban a 2 órás munkamemória és a referenciamemória javult a zene hatására.

A hippocampusz-függő memória anatómiai letéteményesei két nagy neuronkörbe rendeződnek, az egyik középpontjában a hippocampusz, a másikéban az amigdala áll. A hippocampusz összeköttetésben áll a frontális, temporális és parietális lebeny asszociációs kéregterületeivel, s addig tárol bizonyos emléknymokat, amíg az agykérgen belüli kapcsolatok létre nem jönnek (Szirmai, 2011; Cowan 2008). A hippocampusz segíti a térben való navigálást, tájékozódást is. Az amigdala és a belőle eredő stria terminális, a magjaival az emlék érzelmi összetevőjét tárolja. Míg a talamusz a deklarált memória fontos része, addig a mozgástanulásba a kisagy is bekapcsolódik. A ventromediális prefrontális kéreg szabályozza az amigdala félelemreakcióit is. A glükokortikoidok megkönnyítik a noradrenerg-függő egymás után következő reakciók folyamát (kaszkádot) az amigdala bazolaterális magjaiban. Ezáltal fokozódik a memória érzelmi összetevőjének a bevézése (Bryant et al., 2013).

Akiyama és Sutoo (2011) szerint, a magas hangokat tartalmazó zenék stimulálják az agyban a dopamin termelését. Tasset et al. (2012) azt találták, hogy ha patányoknak napi kétszer 2 órában lejátszották a Mozart szonátát, az fokozta a dopamin rendszer aktivitását.

A memória az információ kódolását, tárolását és fölídézését magában foglaló, bonyolult jelenség. Az egyes lépések, vagy az információ fajtája szerint többféle memóriáról beszélhetünk. A munkamemória rövidtávú, korlátozott kapacitású és lehetővé teszi a vizuális, a mozgáshoz kapcsolódó hangok, képek és verbális információ néhány perces tárolását és átalakítását, a figyelem kontrollálását és a végrehajtó funkciókat. Leegyszerűsítve a számítógép RAM-jához is szokták hasonlítani. A munkamemória legfontosabb anatómiai résztvevői a prefrontális, a parietális és az elülső cinguláris kéreg, valamint a bazális ganglionok. Része a céllal végrehajtott cselekvéseknek, új ismeretek dekódolásának és – a meglévők fölhasználásával – azok rögzítésének. Speciális gyakorlatokkal a munkamemória hatékonysága fejleszthető (Jausovec és Jausovec, 2012). A forrásmemória az információegység eredetének, vagy a megszerzése körülményeinek a hordozója. A forrásmemória létfontosságú összetevője az epizodikus memóriának, amely “konkrét, térbeli- időbeli összefüggésekkel tárolt ismeret”, melynek révén el tudjuk különíteni egymástól az eseményeket, élethelyzeteket (Komoly és Palkovics, 2012). A forrásmemória károsodott az Alzheimer-féle betegség, a szkizofrénia és a trauma utáni stresszállapotok esetén. Eddig úgy

tartották, hogy ez a két memóriatípus kizárólag az emberre jellemző, de a legújabb kutatások a patkányokban is kimutatták a létezését. Crystal et al. (2013), valamint Wright (2013) számos vizsgálatot végeztek, amelyben a patkányoknak arra kellett emlékezniük, hogy szerezzék meg ínyencfalatukat (csokoládét), anélkül, hogy újabb csokoládéval a jutalmazást meg kellett volna ismételni. Babb és Crystal (2006), valamint Wright (2013) eredményei a forrás- és epizodikus memória meglétét mutatják. A jelenség neuroanatómiai útvonalaának finomabb részletei még tisztázásra várnak. Az a fölfedezés, miszerint a patkánynak van forrás- és epizodikus memóriája, reményt keltő, miszerint a memóriazavarok kutatására alkalmas patkánymodell fejleszthető ki.

Esetünkben a zene egyszerre, szinkronizáltan és hatékonyabban aktiválta az egyébként egymás után bekapcsolódó régiókat (elülső ventrális, hátulsó dorzális halántéklebény, s a ventro-laterális prefrontális cortex), s így a patkányok éberebben, "összeszedettebben" végezték feladatukat, keresték fel a csalétekkel ellátott karokat. Ott viszont – a jutalomfalatot elfogyasztva – tulajdonképpen önjutalmazást végeztek, amit az amigdala rögzíthetett, segítve a későbbiekben az előhívást.

Xing et al. (2016) embereket és patkányokat tettek ki a K448-as szonáta hatásának, az eredeti és annak retrográd (visszafelé „játszott”) verzióját használva. Az eredeti forma javította, a visszafelé lejátszott rontotta a térbeli teljesítményt. A normál szonátát hallgató patkányok esetén a hippokampuszban és a hallókéregben megnőtt a BDNF (brain-derived nutritive factor) és receptorának, a tirozin-kináz receptor B-nek (TrkB) a sűrűsége, míg a retrográd verziót hallgató állatoknál lecsökkent a kontrollcsoporthoz viszonyítva (a humán tesztalányok agyából értelemszerűen nem vettek mintát).

A munkamemóriát mind az erős heveny, mind az erős krónikus stressz rontja. Ennek oka a prefrontális kéregben a katekolamin-kibocsátás, amely csökkenti a környező neuronok kisülését és a rontja a munkamemória teljesítményét a sejten belüli jelátviteli utak módosítása révén (Arnsten, 2009). Fekete és Bernitsa (2013) vizsgálataiban a Mozart-szonáta hatására az önápolás (4-5%) ideje gyakorlatilag nem változott, az ülés és a sarokban ülés (5-25%) ideje megnőtt, a fölfedező, fal melletti futás (20-18%) alig, az állva és a testhelyzettől függetlenül végzett figyelés összevont ideje (50-39%) jelentősen csökkent. A középpont átszelésére fordított idő alig és a szimatolásra fordított idő gyakorlatilag nem változott. Ez utóbbi két adat szerint az állatok általános éberségi foka viszont nem változott. A kísérleteink után elvégzett szövettani vizsgálat is azt igazolta, hogy az állatok nem voltak súlyos stressznek kitéve, a mellékvesék szövettani képe az élettaninak felelt meg. Második kísérletsorozatunk végén a kórbonctani és a szövettani elemzés nem mutatott stresszre utaló elváltozást, de a mellékvesék relatív súlya szignifikánsan megnőtt az E, és enyhén megnőtt az EK csoportban. A zenei kezelés megemelhette a glükóz és a kortizol koncentrációt a vérben, ami ronthatta a 2 és 4 órás munkamemóriát az E csoportban (Vezér et al., 2015). A mellékvesék szövettani

vizsgálata nem mutatott eltérést, ami a zenei kezeléshez vagy a tesztsorozathoz köthető lett volna, így ez esetben is a tanulási és memória teljesítményben észlelt különbségek inkább funkcionálisak voltak, mint szerkezetiek. A prefrontális kérgi terület és a hippokampusz képes ellensúlyozni a glükokortikoidok által kiváltott erős stresszválaszt; az enyhe stressz hatása viszont segíti a hippokampusz és az amigdala memóriát rögzítő funkcióit (Cahill és McGaugh, 1996).

A javuló memóriateljesítmény tehát eustressznek vagy fokozott éberségnek is köszönhető lehet (Kupriyanov és Zhdanov, 2014). Az eustressz definíciója szerint olyan típusú inger, ami emeli az állat adaptációs képességét. Vizsgálatunkban a limfociták vérbeli aránya enyhén megemelkedett, míg a neutrofil granulocitáké csökkent, ami arra utal, hogy az okozott stressz alacsony szintű volt, és semmiképp sem patológiás. Bár a szórás nagy volt és a különbségek nem voltak szignifikánsak, de a limfociták száma mindhárom zenei kezelést kapott csoportban magasabb volt, mint a kontrollcsoportban ($2,02 \pm 0,426$, $2,35 \pm 0,310$, $2,11 \pm 0,538$, és $2,18 \pm 0,509$ millió a C, E, K és EK csoportokban).

Összefoglalva, jelen vizsgálatok szerint a zene képes befolyásolni az állatok tanulási és memória teljesítményét, elsősorban akkor, ha azt a memóriavizsgálat előtt és alatt is hallgathatják. Babb és Crystal (2006), Crystal et al. (2013) valamint Wright (2013) eredményei bizonyítják, hogy a patkányok rendelkeznek forrás- és epizodikus memóriával. Ez alkalmassá teszi a fajt arra, hogy modellként szolgáljon a humán memóriát érintő betegségek vizsgálatakor. A klasszikus zene, különösen a rágcsálók hallástartományához igazítva ajánlható egyrészt háttérzeneként az állatházakban, másrészt felhasználható a tanulási és memóriateljesítmény javítására, amennyiben megfelelő ideig és időben alkalmazzuk.

6.4. A heveny és ismétlődő zajterhelés hatása a hím és nőstény egerek viselkedésére és agyszövetének lipidperoxidációs folyamataira

6.4.1. Összefoglaló

A zajterhelés korunk egyik különösen veszélyes környezeti ártalma, mert hatására észrevétlenül alakulnak ki szomatikus elváltozások. Az eddigi kutatások (lásd **5.4. fejezet**) megerősítik, hogy a 90 dB-nél hangosabb zaj káros stresszor, hatására megváltozik az immunrendszer és a hormonrendszer működése. Megnövekedik a vérnyomás, fokozódik a szívfrekvencia, hamarabb alakul ki ischaemiás szívbetegség és mentális változások figyelhetők meg. Fölerősödnek a szabadgyökös károsodások, megváltozik egyes neurotranszmitterek koncentrációja. A lipidperoxidáció fokozódásakor az egyik leginkább veszélyeztetett szerv az agy.

A kísérletben 12-12 hím és nőstény SPF/VAF 6 hetes Crl:CD1(lcr) egérrel egy hét akklimatizáció után porondteszteket (PT) végeztünk. A PT során az állatokat egyesével a porondra helyeztük, ahol 3 percet töltöttek, miközben egy 90 dB-es zajkeveréket hallgattak. Ezután az állatokat két csoportra osztottuk. Az első csoport (6 hím és 6 nőstény, külön dobozban) ezután napi 10 órában egy – a porondon használt keverékkel nem azonos – 70 dB-es zajkeveréket hallgatott (zajkezelt csoport, a továbbiakban „Z”). A kontrollcsoport egy másik, csendes helyiségben lett elhelyezve („K”). A zajkezelés megkezdése után egy, illetve két héttel megismételtük a porondteszteket.

A kísérlet lezárása után az állatok súlyát lemértük, majd intraperitoneális pentobarbitálos kábítás után elvégeztettük őket, agyvelőjüket jeges körülmények között eltávolítottuk. Ezután kórbonctani vizsgálatra és kórszövettani mintavételre került sor (lép, csecsemőmirigy, mellékvese, herék, petefészkek). Az eltávolított agyvelők homogenizálás után fagyasztásra kerültek. Ezen szövetmintákból háromféle módszerrel határoztuk meg a lipidperoxidációs állapotot.

Eredményeink alapján a zajkezelés nem okozott szignifikáns változást az állatok viselkedésében. A szövettani vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a két csoportban kórbonctani, vagy fénymikroszkóppal felismerhető kóros szövettani elváltozás nem mutatkozott. Az állatok testsúlyát a zajhoz való szoktatás nem befolyásolta.

A kontrollcsoportok esetén a hímek agyában kevesebb szabadgyök képződött, mint a nőstényekében. A zajhoz történő szoktatás („zajkezelés”) hatására viszont a nőstények agyában termelődő szabadgyökök mennyisége szignifikánsan csökkent, a hímekben pedig az érték gyakorlatilag nem változott.

Eredményeink alapján a zajhoz való szoktatás, illetve a zajterheléses porondtesztek önmagukban nem okoztak a klinikumban is megnyilvánuló stresszállapotot. A kezelések hatása azonban az agy lipidperoxidációs folyamataiban megmutatkozott. Ez azt jelzi, hogy míg a zajhoz való szoktatás nőstény egerek esetén jelentősen javítja a zajtűrő képességet, addig hímek esetében nem befolyásolja az agyi folyamatokat. Mivel a kísérletekben elsősorban hím állatokat használnak, az ivarok közötti ilyen jelentős különbség megfontolandó tényező.

6.4.2. Bevezetés

A zaj hatásairól az **5.4. fejezetben** olvashatunk bővebben, jelen fejezet a stressz és az agyban zajló lipidperoxidáció kapcsolatára koncentrál, illetve a nemi különbségekre, s elsősorban az agy felépítésében és működésében jelentkező különbségekre vonatkozó eredmények összefoglalására törekszik.

Közismert, hogy a stresszválasz reaktív oxigéngyökök keletkezéséhez vezet a szövetekben (ROS, reactive oxygen species), melyek a lipidek peroxidációját okozzák, ami

hozzájárul a szövetek károsodásához (Kovacs et al., 1996). McIntosh és Sapolsky (1996) azt találta, hogy a krónikus stressz, és a stressz hatására termelődő glükokortikoidok hatnak a ROS-képződésre, és hozzávetőlegesen 10%-kal növelik azok mennyiségét. A különféle stresszorok legerőteljesebben az agyban növelik a szabadgyökök mennyiségét (Voronych és Lemel'janenko, 1994). A ROS semlegesítésére a szervezet különféle enzimátikus (pl. réz- és cink-szuperoxid-diszmutáz, kataláz, glutation-peroxidáz), és nem enzimátikus antioxidánsokat (pl. glutation) vet be.

A reaktív oxigéngyökök károsítják a fehérjéket, a nukleinsavakat és a lipidmembránokat, ezzel mind szerkezetében, mind működésében károsítják a sejteket és szöveteket. Mivel az agy igen nagy mennyiségben tartalmaz többszörösen telítetlen zsírsavakat, így kifejezetten érzékeny a szabadgyökök károsító hatására, ezáltal a stressz okozta degeneratív elváltozásokra (Gutteridge, 1995). Ennek megfelelően számos korábbi kutatás foglalkozott a stressz és az agyban zajló lipidperoxidációs folyamatok kapcsolatával (Madrigal et al., 2001). Sahin és Gümüslü (2004a) azt találta, hogy a különféle modellekben stresszhatásnak kitett patkányokban megnőtt az antioxidáns enzimek aktivitása, csökkent a glutation mennyisége, és megemelkedett a plazma kortikoszteron szintje.

Az egyedfejlődés korai szakaszában jelentkező stressz (ELS, Early Life Stress) számos negatív hatással bír a szervezetre, többek között jelentősen növeli egyes mentális betegségek előfordulását, mint például a szorongás és a depresszió (Anda et al., 2006; Felitti et al., 1998). Számos fajban igazolták – többek között az emberben is – hogy a stressz nem egyformán hat a két ivarra. Nőkben kétszer olyan gyakori a stresszhez köthető súlyos depressziós zavar és szorongás kialakulása, mint férfiakban (Kessler, 2003; Gardner és Kendler, 2014; Reynolds et al., 2015). Ez a nemi különbség nem csak az előfordulási arányra terjed ki, de a tünetek súlyosságára és kezelhetőségére is (van Loo et al., 2018; Rampp et al., 2018). Míg nőkben a szorongásos zavarok és a depresszió előfordulása gyakoribb, addig a férfiak az autizmus és skizofrénia kockázatának vannak jobban kitéve (Stevenson et al., 2000; Kent et al., 2012). A jelenség hátterében valószínűleg a nemi hormonok és azok agybeli receptorai állhatnak (Hammarstrom et al., 2009), de a különbség már a prenatális korban is megmutatkozik (Gobinath et al., 2015).

Rágcsálókban is igazolódott, hogy a két ivar nem egyformán érzékeny a stresszre (Kunzler et al., 2015; Bondi et al., 2008; Gobinath et al., 2015). ELS hatására a nőstény egerek depressziós tüneteket mutatnak, a hímek viszont nem és a nőstények tünetei kezelhetők antidepresszáns adásával (Goodwill et al., 2019). Hasonló eredmények születtek szubkrónikus stressznek kitett egerekben, amikor a nőstények depressziós viselkedést mutattak, a hímekben viszont ez nem volt megfigyelhető. Ezen túlmenően a nőstények agyában a stressz hatására megnőtt a DNMT3a metiltranszferáz-3a enzim expressziója a nucleus accumbensben, mely emberekben igazoltan a stressz okozta depresszióhoz köthető (Hodes

et al., 2015). Erőltetett úszás tesztben a felnőtt nőstény patkányok eleve több időt töltenek mozdulatlanul, mint a hímek, de a társaktól való elkülönítés például hímekben okoz depressziós tüneteket, míg nőstényekben nem (Leussis és Andersen, 2008). A vereségstressz depressziós tüneteket okoz felnőtt hím patkányokban, a nőstényeknél ez nem figyelhető meg (Ver Hoeve et al., 2013; Iñiguez et al., 2014). Ezek arra utalnak, hogy a hím patkányok érzékenyebbek a szociális stresszre, mint a nőstények.

A különbség természetesen nem csak a viselkedésben nyilvánul meg. A krónikus immobilizációs stressz csökkentette a neurogenézist felnőtt nőstény patkányok gyrus dentatusában, míg hímekben fokozta (Barha et al., 2011). A felnőttkori szociális stressz pedig a dorzális hippokampuszban váltott ki hasonló hatást, míg a nőstény patkányok esetében csökkent az adott területen a sejtproliferáció (McCormick et al., 2010), addig a hímekében nőtt (McCormick et al., 2012). Ezek alapján nőstény állatokban a stressz nagyobb eséllyel csökkenti a neurogenézist felnőtt korban, mint hímekben.

A nemi hormonnak számos receptora van az agyi neuronokon, de még a gliasejteken is, így molekuláris és sejtszinten is befolyásolják azok szerkezetét és működését, hatnak a viselkedésre, a kognitív funkciókra, a vérnyomás szabályozására, a fájdalomérzékelésre, és neuroprotektív hatásuk is lehet (McEwen és Milner, 2017). Ráadásul a progesztinek, az androgének és a glükokortikoidok is képesek egymás receptoraihoz kötődni (Craft et al., 2004). Emberben mind a hím, mind a női nemi hormonok befolyásolják a hangulatot (Joffe és Cohen, 1998; Sternbach, 1998). De állatokban is igazoltak hasonló folyamatot (Seney et al., 2013). Ráadásul nőstény állatokban a ciklikus ivari működés miatt a nemi hormonok szintje folyamatosan változik. Viau és Meaney (1991) azt találta, hogy a nőstény patkányok a proösztusz időszakában a legérzékenyebbek a stresszhatásokra. De nemcsak a nemi hormonok befolyásolják az agyműködést, hanem az ivari kromoszómák is (Paden et al., 2020; Chen et al., 2009).

Az egyre nyilvánvalóbb ivari különbségek ellenére sajnos máig többségében hím állatokat használnak a stressz és a hozzá kapcsolódó rendellenességek vizsgálatakor. Ennek hátterében a nőstények ciklikus ivari működése áll, mely komoly variabilitást jelent a vizsgálatokban (Beery és Zucker, 2011; Zucker és Beery, 2010). A nemi különbségek hatásának ilyen fokú figyelmen kívül hagyása a tudományos kísérletekben komoly akadály a transzlációnak, s megnehezíti számos betegség gyógykezelését a gyakorlatban (Belzung, 2014).

6.4.3. Anyag és módszertan

A vizsgálat során 12 hím és 12 nőstény, SPF/VAF, CD1 egeret (CrI:CD1(Icr), Animalab Hungary Kft.) használtunk fel. Az állatok a kísérlet elején 3 hetesek voltak. Az egereket T2

típusú, polikarbonátból készült, 330x160x137 mm nagyságú dobozokban helyeztük el (Acéllabor Kft.), alomanyagként Abedd Aspen Bedding (Animalab Hungary Kft.) típusú faforgácsot használtunk. Ivóvíz és takarmány (1314 EN Breeding diet for mice and rats, Animalab Hungary Kft.) *ad libitum* állt az állatok rendelkezésére. 12-12 órás fényprogramot alkalmaztunk. A két csoportot véletlenszerűen választottuk ki, 6-6 nőstény és hím került a zajos (Z) és 6-6 nőstény és hím a kontrollcsoportba (K). Az azonos csoportba tartozó állatok egy helyiségben, ivaronként külön ketrecben voltak elhelyezve. A kontrollcsoport egy csendes, izolált helyiségben volt, a zajos csoport pedig a 9. naptól kezdődően napi 10 órában (8 és 18 óra között) egy 70 dB-es zajkeveréket hallgatott egy másik helyiségben. A felhasznált zajok listája a **14. táblázatban** látható.

Az első 5 napban nem végeztünk semmilyen vizsgálatot, hagytuk az állatokat alkalmazkodni az új környezethez. Ezután három egymást követő napon át a porondteszthez való hozzászoktatást végeztük, ehhez minden állatot naponta 10 percre egyesével a porondra helyeztünk, csendes környezetben. A porondteszthez használt vivárium 60,0x27,5x30,0 cm méretű üvegből készült készülék volt.

Az első kísérletet a 9. napon végeztük (alapviselkedés felvétele). Ekkor az állatokat egyesével a szoktatás alatt is használt porondra helyeztük 3-3 percre, és a porondteszt közben egy zajkeveréket játszottunk le nekik, 90 dB-es hangnyomásszint mellett. A porondtesztekről videófelvétel készült, ezek elemzésével nyertük adatainkat, a Noldus Observer XT program segítségével. A vizsgálat után az állatok visszakerültek az eredeti helyükre, és innentől kezdve a zajos csoport napi 10 órában zajkezelést kapott. A porondon használt zajkeverék és a szoktatáshoz használt zajkeverék hasonló zajokat tartalmazott, de nem azonosakat. A porondtesztet teljesen azonos körülmények között megismételtük a 16. (1. hét), és a 23. napon (2. hét). A vizsgálatok alatt megfigyeltük az állatok porondon való helyeződését (közepén, sarkában, szélén), mozgásaktivitásukat (mozgásban van, ül, ágaskodik), és egyéb viselkedéselemeiket (figyel, szimatol, önápolást végez).

Az utolsó porondtesztek után megmértük az egerek testsúlyát, majd pentobarbitál injekcióval történt kábítás után elvégeztettük, végül az agyvelőket jeges körülmények között eltávolítottuk. Boncolást végeztünk, mely során szövettani mintákat vettünk a csecsemőmirigyből, a lépből, a mellékvesékből, a herékből és a petefészkekből. Az eltávolított agyvelők kézi homogenizálás után fagyasztásra kerültek. Ezen szövetmintákból háromféle módszerrel határoztuk meg a lipidperoxidációs állapotot. A malonaldehid-koncentrációt Ottolenghi (1959) módszere szerint mértük tiobarbitursavas módszerrel. A proton-donor-aktivitást és a kemilumineszcencia meghatározását Blázovics et al. (1999) módszere szerint végeztük. A malonaldehid koncentráció emelkedése a fokozott lipidperoxidáció indikátora (Shivarajashankara et al., 2003). A luminol-függő kemilumineszcencia mérése a szövetekben

jelenlévő szabadgyökök mennyiségét mutatja meg, a proton-donor aktivitás viszont az antioxidáns rendszer tagjainak mennyiségét jelzi (Blázovics et al., 1999).

A statisztikai próbákat (one-way ANOVA és post-hoc Tukey HSD teszt) az R szoftverrel végeztük. Az eltéréseket $p < 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak. A vizsgálatokat az Állatorvostudományi Egyetem MÁB a PE/EA/1277-5/2017 szám alatt engedélyezte.

14. táblázat. A szoktatáshoz és a porondteszthez felhasznált zajok listája

Zajkeverék a szoktatáshoz	Szél és eső	Varrógép
Hajókürt	Füstérzékelő	Nyikorgó ajtó és kapu
Hólapátolás	Homok lapátolása	Szélcsengő
Gyári sziréna	Pörgő és leeső érme	Kacsák, libák hangja
Eső és égdörgés (többféle)	Ajtón dörömbölés	Hulladékösszenyomó
Eső	Szalagfűrész	Leejtett fémedény
Sziréna (többféle)	Ostorcsapás	Ajtókopogató
Légvédelmi jelzés	Ceruza és rádiózás hangja	Eső hangja az esernyőm
Cipzár	Összetörő üveg	Garázsajtó nyitódása
Tücskök	Telefoncsörgés (többféle)	Kopogtatás az ajtón
Békák	Méhek	Erdőtűz
Kompresszor	Elektromos konzervnyitó	Seprűvel seprés
Söröskorsó csúszik a pulton	Szélfújás	Emberi szívverés
Tűzijáték	Tüsszentő nő	Kopogás fa ajtón
Harang	Robotgép	Lift csengője
Nevető férfi és nő	Digitális nyomtató	Morze kód
Puma	Veszekedő csimpánzok	Rakéta
Aktatáska kinyitása, becsukása	Számítógépes billentyűzet	Vakaródzás
Iratszekrény becsukása	Kalapács	Zuhanyzás
Sikoltó nő	Öntözőrendszer	Iratmegsemmisítő
Ajtócsengő	Horkoló férfi	Porszívó
Zajkeverék a porondteszthez		
Sziréna	Kalapács	Elhaladó helikopter
Gyársziréna	Eső és égdörgés	Felszálló repülőgép
Telefoncsörgés		

6.4.4. Eredmények

Eredményeink alapján a háromhetes zajkezelés nem okozott klinikai formában megnyilvánuló stresszt az állatokban. Az állatok növekedését a zajkezelés nem befolyásolta. A hímek a kontrollcsoportban $8,9\pm 2,5$, a zajkezelt csoportban $9\pm 1,8$ g-mal többet nyomtak a nőtényeknél, ami egereknél természetes. A szervek tömegében nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között (**15. táblázat**). Sem a kórbonctani, sem a kórszövetani vizsgálat során nem találtunk stressz okozta elváltozást az állatokban.

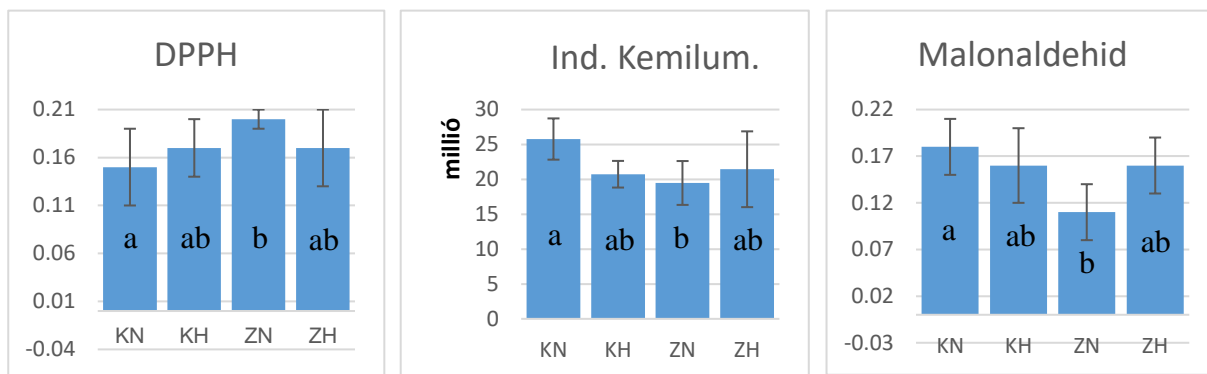
15. táblázat. Az állatok testtömege és vizsgált szerveik abszolút tömege a kísérlet végén (g, átlag \pm SD)

Csoport	Testsúly	Tímusz	Here	Lép	Máj
Kontroll nőstény	27,3 \pm 1,6	0,16 \pm 0,07		0,14 \pm 0,03	1,46 \pm 0,21
Kontroll hím	36,2 \pm 3,4	0,18 \pm 0,07	0,41 \pm 0,09	0,13 \pm 0,03	1,90 \pm 0,25
Zajkezelt nőstény	28,5 \pm 1,5	0,10 \pm 0,04		0,13 \pm 0,01	1,22 \pm 0,29
Zajkezelt hím	37,5 \pm 2,1	0,21 \pm 0,05	0,47 \pm 0,06	0,11 \pm 0,02	2,12 \pm 0,27

A kezelés befolyásolta az agyvelő lipidperoxidációs állapotát. A kontrollcsoportban kevesebb szabadgyök képződött a hím állatok agyában, mint a nőtényekében. A zajhoz való szoktatás hatására a nőtények agyában kisebb lipidperoxidációs szintet mértünk, mint a kontroll nőtényekében, viszont a hím állatok esetén a szoktatásnak nem volt hatása (**16. táblázat, 4. ábra**).

16. táblázat. A zaj hatása az agy lipidperoxidációs fokára. DPPH: proton-donor aktivitás (Abs 517 nm), Ind. Kemilum.: indukált kemilumineszcencia intenzitás (RLU), Malonaldehid: lipidperoxidáció foka (Abs 535 nm)

Csoport	DPPH	Ind. Kemilum.	Malonaldehid
Kontroll nőstény	0,15 \pm 0,04 a	25774657 \pm 2956030 b	0,18 \pm 0,03 b
Kontroll hím	0,17 \pm 0,03 ab	20729282 \pm 1910157 ab	0,16 \pm 0,04 ab
Zajkezelt nőstény	0,20 \pm 0,01 b	19477381 \pm 3143630 a	0,11 \pm 0,03 a
Zajkezelt hím	0,17 \pm 0,04 ab	21445720 \pm 5430886 ab	0,16 \pm 0,03 ab
One-way ANOVA	Df=3,19	Df=3,20	Df=3,20
post-hoc Tukey	F=3,304	F=3,47	F=5,075
HSD teszt	P<0,05	P<0,05	P<0,01
	KN-ZN P<0,05	KN-ZN P<0,05	KN-ZN p=0,01



4. ábra. A zaj hatása az agy lipidperoxidációs fokára. DPPH: proton-donor aktivitás (Abs 517 nm), Ind. Kemilum.: indukált kemilumineszcencia intenzitás (RLU), Malonaldehid: lipidperoxidáció foka (Abs 535 nm). Az eltérő betűk a szignifikanciát jelölik ($p < 0,05$).

A porondtesztek során az állatok a legtöbb időt a porond sarkában, a legkevesebbet pedig annak közepén töltötték. A csoportok között a porondon való helyeződés tekintetében nem találtunk szignifikáns különbséget (17. táblázat).

17. táblázat. A porond különböző részein töltött idő a három porondteszt során (átlag \pm SD)

Alapviselkedés	Sarok	Oldal	Közép
Kontroll nőstény	105,31 \pm 12,67	58,71 \pm 10,16	15,98 \pm 7,72
Kontroll hím	104,26 \pm 25,09	63,09 \pm 19,48	12,65 \pm 6,57
Zajkezelt nőstény	100,20 \pm 11,91	67,97 \pm 12,25	11,84 \pm 3,59
Zajkezelt hím	94,08 \pm 22,97	69,12 \pm 18,16	16,80 \pm 9,02
Első hét			
Kontroll nőstény	116,74 \pm 29,65	57,66 \pm 26,46	5,60 \pm 4,10
Kontroll hím	98,07 \pm 27,30	72,05 \pm 23,26	9,87 \pm 6,05
Zajkezelt nőstény	100,64 \pm 13,63	70,88 \pm 9,42	8,48 \pm 6,72
Zajkezelt hím	107,37 \pm 34,53	63,44 \pm 27,57	9,19 \pm 11,15
Második hét			
Kontroll nőstény	114,25 \pm 27,90	61,04 \pm 27,75	4,71 \pm 4,11
Kontroll hím	91,59 \pm 16,53	82,79 \pm 18,34	5,62 \pm 2,55
Zajkezelt nőstény	116,29 \pm 13,84	56,93 \pm 12,57	6,79 \pm 4,69
Zajkezelt hím	88,47 \pm 26,43	75,16 \pm 22,50	16,37 \pm 8,70

Az egyéb viselkedéselemek esetén sem találtunk a kezelési csoportok és a különböző időben végzett porondtesztek között szignifikáns különbséget. A pontos adatokat a **18. táblázat** tartalmazza.

18. táblázat – A kezelés hatása a vizsgált viselkedéselemek előfordulására (átlag±SD)

Alapvis.	Figyelés	Önápolás	Szimatolás	Mozgás	Ülés	Ágaskodás
Kontroll	29,82	7,60	19,15	99,21	24,26	56,53
nőstény	±9,09	±3,32	±9,78	±15,73	±12,74	±17,58
Kontroll	19,15	12,78	14,16	91,48	20,70	67,82
hím	±15,10	±6,90	±3,77	±17,04	±12,85	±19,89
Zajkezelt	20,81	4,14	13,06	93,82	12,19	73,98
nőstény	±15,03	±3,04	±7,96	±15,10	±8,72	±12,29
Zajkezelt	23,94	9,73	11,13	100,21	17,64	62,15
hím	±13,13	±7,90	±2,48	±7,52	±13,56	±16,56
Első hét						
Kontroll	24,51	13,91	14,16	84,99	42,87	52,14
nőstény	±6,54	±11,61	±8,79	±17,64	±19,94	±16,64
Kontroll	15,08	14,13	24,18	86,98	25,87	67,15
hím	±10,11	±16,26	±11,74	±20,51	±20,95	±25,56
Zajkezelt	12,47	7,43	16,70	90,62	27,73	61,64
nőstény	±4,99	±4,06	±13,39	±20,42	±19,17	±14,49
Zajkezelt	25,97	12,71	12,03	97,29	31,48	51,23
hím	±13,93	±6,82	±4,79	±20,88	±17,78	±17,17
Második hét						
Kontroll	25,32	7,56	12,77	90,26	35,58	54,16
nőstény	±17,74	±5,29	±7,91	±39,87	±36,86	±20,97
Kontroll	15,71	6,70	28,98	102,36	17,15	60,49
hím	±4,66	±3,94	±12,76	±6,23	±10,70	±11,89
Zajkezelt	27,38	10,04	25,10	109,08	28,72	42,20
nőstény	±19,84	±5,32	±12,11	±25,33	±20,08	±19,23
Zajkezelt	26,44	8,33	20,18	106,32	25,43	48,25
hím	±14,60	±4,77	±9,76	±12,20	±21,72	±18,74

6.4.5 Megbeszélés

Az eddigi kutatási eredmények alapján a zaj káros hatása egyértelmű, stresszorként a tudományos kutatásban egy újabb változóként viselkedik, melynek kontrollálása így alapvetően szükséges, ha meg akarunk felelni a harmadik R, a tökéletesítés által támasztott követelményeknek. Az állatházakban számos zajforrás előfordulhat, a létesítményben működő különféle gépek (a szellőzőrendszertől a számítógépen át a telefonokig), az ott tartott állatok, az ott dolgozó személyzet, a különféle műveletek mind kisebb-nagyobb zajt okoznak. De az épületen kívülről is beszűrődhetnek zajok, ezek lehetnek mesterséges (pl. a közlekedési eszközök hangja), vagy természetes eredetűek (pl. egy vihar). A zajok legfőbb forrása az állatházban azonban az emberi tevékenység, az állattartó területeken általában csend van, ha nincsenek jelen emberek (Milligan et al., 1993). A zajvédelem fontos lépése az állattartó helyiségek hangszigetelése, és a hangelnyelő alapanyagok használata (Faith és Miller, 2007). Hasznos lehet továbbá a zajt okozó tevékenységek és eszközök halkabbra cserélése (pl. más takarítási módszer vagy csendesebb szellőzőrendszer alkalmazása), és a hangot kibocsájtó

eszközök (pl. számítógépek, nyomtató, telefon) az állatoktól távolabbi elhelyezése, figyelembe véve azt, hogy bizonyos elektromos eszközök olyan frekvenciájú hangot adnak ki, melyet mi emberek nem is érzékelünk, de az adott állatfaj igen (Rozema, 2009). Jelen vizsgálat célja az volt, hogy képet kapjunk arról, hogyan hat a tartós zajkezelés az állatok viselkedésére, zajtűrésére és az agyban mérhető szabadgyökök mennyiségére.

A stressz aktiválja a szimpatikus idegrendszert és fokozza a katekolaminok szintézisét (Nankova et al., 1994). A katekolaminok, mint a dopamin vagy a noradrenalin, metabolizációja során az agyban szabadgyökök keletkeznek (Venarucci et al., 1999), ráadásul ezek a vegyületek autooxidáción is áteshetnek, ennek során pedig elektronok szabadulnak fel, melyek elősegítik a ROS képződését (Carpagnano et al., 2003). Ezek semlegesítésére a szervezet különféle antioxidánsokat termel. Sahin és Gümüslü (2004b) különböző szervek oxidatív paramétereit hasonlították össze hidegstressznek kitett állatokban. A vizsgált szervek közül (agy, máj, vese, szív) az agyban mérték a legnagyobb kataláz aktivitást. Későbbi vizsgálatukban a különféle stressznek kitett állatok agyában megnőtt az antioxidáns hatású enzimek aktivitása, a glutation koncentrációja viszont csökkent (Sahin és Gümüslü, 2004a). Hasonló eredményre jutott Kaushik és Kaur (2003): a hidegstressznek kitett hím patkányok szöveteiben fokozódott a szabadgyökök képződése.

Az agyban mérhető szabadgyökszint korrelál a neurotranszmitterek szintézisével. Pszichés stressz hatására egerekben megnő a lipidperoxidáció aktivitása az agyban, a májban vagy a szérumban viszont ilyen változás nem mérhető (Matsumoto et al., 1999). A nitrogén-monoxid (NO) egyike a központi idegrendszer jeltovábbító molekuláinak. A sejtek szintetizálják L-argininből a NO-szintáz (NOS) segítségével (Khaliulin et al., 2020). A krónikus stressz fokozza az NO szintézisét, a NOS expressziójának fokozásával (Madrigal et al. 2001), mivel stressz hatására beindul a glutamát neurotranszmitter túltermelése (Lowry et al., 1995). Az NO túltermelés toxikus a sejtekre, mert az a szuperoxid gyökökkel peroxinitritet képez, mely molekula igen reaktív, így károsítja a DNS-t, a lipideket és a fehérjéket. Az ösztrogén szabályozó szereppel bír az NO termelésében, ugyanis az béta-ösztrogén receptorokon keresztül csökkenti a NOS expresszióját a hippokampuszban. Hu et al. (2012) vizsgálatában stressz hatására hímek hippokampuszában nőtt a glükokortikoid függő NO termelés, míg nőstényekben nem. Az ösztrogén ráadásul önmaga is antioxidáns hatással bír (Ruiz-Larrea et al., 2000).

Manoli et al. (2000) és Baek et al. (1999) szerint a különféle agyi területek oxidatív stresszre való érzékenysége eltérő, így a mintavétel helye nagyban befolyásolná az eredményeket. Ezért általánosan elterjedt, hogy az egyes agyvelőt egyben homogenizálva vizsgálják (Kaushik és Kaur, 2003; Kovacs et al., 1996; Madrigal et al., 2001).

Az agyvelők vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy a nőstény kontroll egerek agyában több szabadgyök képződött, mint a kontrollhímekében (ezt a kisebb proton-donor aktivitás, és az emelkedett kemilumineszcencia intenzitás és malonaldehid koncentráció jelzi, **16. táblázat**).

Ez alátámasztja az elméletet, miszerint a nőstény állatok alapján véve érzékenyebben reagálnak a heveny stresszhatásokra, ráadásul a nőstény állatok alap glükokortikoidszintje eleve magasabb, mint a hímeké (Viau, 2002). Az is tény, hogy nőstényekben több kortikoszteroid-kötő globulin (CBG) található a plazmában, mely valószínűleg valamennyire kompenzálja a magasabb glükokortikoidszintet (Gala és Westphal, 1965). Ráadásul a CBG mennyiségét az ösztrogén szabályozza (Young et al., 2004). Nőstény patkányokban fokozottabb ACTH szintet mérhetünk stresszt követően, mint hímekben (Young, 1996), ennek megfelelően a stresszt követő kortikoszteronszint-emelkedés is fokozottabb ebben az ivarban (Figueiredo et al., 2002). ELS (Early Life Stress, vagyis az élet korai szakaszában stressznek kitett) egerek esetén a nőstény állatok kifejezett depressziós tüneteket mutatnak, mely antidepresszánsokkal kezelhető, hím állatokban viszont nem jelentkezett ilyen tünet. A korai stressznek kitett nőstények anhedóniát mutattak (csökkenő cukorpreferencia), nőtt az immobilitásuk ideje a tanult tehetetlenséget mérő tesztekben és fokozottabban csökkent a táplálékfelvételük új környezetben, mint a hímeknek. Viszont az állatok mozgásaktivitása és felfedezőkészsége nem különbözött a két ivarban, ami arra utal, hogy szorongás tekintetében nem volt különbség a hímek és a nőstények között (Goodwill et al., 2019). Hasonló eredményt kapott Hodes et al. (2015), ahol a specifikus tesztekben a nőstények ugyan depressziós tüneteket mutattak a szubkrónikus stressz hatására, sőt, különbségeket találtak az agyi transzkripciók folyamatokban is, viszont a mozgásaktivitás és a megemelt labirintusban mért szorongás nem mutatott különbséget sem az ivarok, sem a kezelési csoportok között. Saját vizsgálatunkban sem találtunk a csoportok között különbséget a porondteszten mutatott mozgásaktivitásban és viselkedésben.

A hím állatokban nem találtunk különbséget az agyban történő lipidperoxidáció fokában, a kontroll- és a zajhoz szoktatott csoport értékei gyakorlatilag megegyeztek. A zajkezelésen átesett nőstények agyában azonban szignifikánsabb kisebb volt a lipidperoxidáció foka, mint a kontrollnőstények agyában, ráadásul a zajkezelt nőstények értékei jobbák voltak, mint a zajkezelt vagy kontrollhímek értékei, bár ez esetben a különbség nem volt szignifikáns. De a halkabb, ám tartós zajokhoz való hozzászokás a nőstényekben csökkentette a negatív hatást, ráadásul oly mértékben, hogy ez megfordította az eredeti tendenciát, miszerint a nőstények agyában eleve nagyobb ezen termékek koncentrációja, mint a hímekében.

Mára tudjuk, hogy a hím és nőstény állatok (az ember is) eltérő módon alkalmazkodhatnak a környezet kihívásaihoz, így a stresszre adott válasz is különböző lehet. A különbségek az eltérő génexpressziós mintázatokról eredeztethetőek, mely a

hippokampuszban, a prefrontális kéregben és a nucleus accumbensben is megfigyelhető (Marrocco és McEwen, 2016; Matsumoto et al., 1999). Míg nőstény patkányok hippokampusz-függő memóriája javul krónikus stressz hatására, addig a hímeké romlik (Bowman et al., 2003). A nőstények enyhe stresszt követően fokozott kognitív teljesítményt mutatnak (Luine et al., 2007). Ezzel szemben hím patkányok esetén az együttes mozgáskorlátozás és fájdalominger (Intermittent Tail Shock) hatására javult a klasszikus pislogás kondicionálás tesztben mért eredmény, nőstényekben viszont romlott. Az ivartalanított nőstényekben viszont ez a hatás elmaradt, tehát az ösztrogén jelenléte okozhatta (Wood és Shors, 1998; Shors et al., 2001). Doremus-Fitzwater et al. (2009) azt találta, hogy nőstényekben a plazma kortizolszintje visszaáll az alapértékre az 5 napos immobilizációs stressz végére, hímekben viszont nem. Ezzel szemben a krónikus immobilizációs stressz (22. nap) szignifikánsan növelte a nőstény patkányok kortizolszintjét, a hímekben viszont ez nem volt megfigyelhető (Barha et al., 2011). Eközben az egyhetes immobilizáció a korai felnőttkorban tompította a HPA-tengely reaktivitását hím patkányokban, nőstényekben viszont nem. Tehát a korai felnőttkori stressz hím állatokban a HPA-tengely aktivitásának csökkenését (Ariza Traslavina et al., 2014), míg nőstényekben annak növekedését okozza (Barha et al., 2011). Összességében elmondható, hogy a nőstények stresszre való érzékenysége magasabb (Becker et al., 2007; Milner et al., 2013), de a kompenzációs mechanizmusok is erősebbek.

Látható, hogy az ivarnak milyen jelentős szerepe van a stressztűrésben, a stressz miatt kialakuló rendellenességek megjelenésében, és az ezekkel való megküzdési stratégiákban. Figyelembe véve ezt a jelenséget, különösen aggasztó, hogy a vizsgálatok jelentős részében a kutatók máig elsősorban csak hím állatokat használnak. Az eredményeket tovább színesítik a fajok és törzsek közötti különbségek. A kültenyésztett CD-1 törzs esetén az ivarok közötti különbség lényegesen kisebb, mint például a beltenyésztett C57/BL/6 törzs esetén (Frick és Gresack, 2003). Ha a jövőben szeretnénk, hogy a transzláció hasonlóan hatékony legyen nők és férfiak esetén, úgy fontos, hogy a vizsgálatokat nőstény állatokra is kiterjesszük, a ciklus befolyásoló hatásának figyelembevételével együtt. Emellett fontos, hogy megtaláljuk azokat az állatfajokat és törzseket, melyek segítségével pontosabb eredményeket kaphatunk.

7. Új tudományos eredmények

1) Megállapítottuk, hogy Ross-308 típusú húshibrid házityúk esetén az emberi zene és a zaj azonos hatással van a stresszállapot kórszövettani és élettani mutatóira (súlygyarapodás, változó aszimmetria).

2) Kimutattuk, hogy míg CD1 egerekben Bach eredeti és rodentizált szerzeményének hatására, addig BALB/c egerekben Mozart és Bach darabjainak eredeti és rodentizált változatának hatására is csökken az aktivitás a porondtesztek során.

3) Kimutattuk, hogy CD1 egerekben a hím állatok agyában heveny zajterhelés hatására kevesebb szabadgyök képződik, mint a nőstényekében.

4) Kimutattuk, hogy nőstény CD1 egerek agyában a zajhoz való hozzászoktatás csökkenti a szabadgyökök képződését, hímekben viszont ilyen hatás nem figyelhető meg.

5) Megállapítottuk, hogy a normál magasságú klasszikus zene a labirintusteszt előtt hallgatva patkányokban javítja a referenciamemóriát, a 2 hetes periódust követő felidézést és a tartós 4 órás térbeli munkamemória retenciót.

6) Megállapítottuk, hogy a „rodentizált”, vagyis a patkányok hallástartományához igazított klasszikus zene javítja a 2 órás munkamemória és retenciót, és a referenciamemóriát, de csak akkor, ha a labirintusteszt előtt és alatt is hallgatják az állatok.

8. Irodalomjegyzék

- Abeyesinghe, S. M., Wathes, C. M., Nicol, C. J., Randall, J. M.: **The aversion of broiler chickens to concurrent vibrational and thermal stressors.** *Appl Anim Behav Sci*, 73.199-215, 2001.
- Akiyama, K., Sutoo, D.: **Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats.** *Neurosci Lett*, 487. 58–60, 2011.
- Alario, P., Gamallo, A., Beato, M. J., & Trancho, G.: **Body weight gain, food intake and adrenal development in chronic noise stressed rats.** *Physiol Behav*, 40. 29-32, 1987.
- Algers, B., Ekesbo, I., Strömberg, S.: **The impact of continuous noise on animal health.** *Acta Vet Scand Suppl*, 68. 1–26, 1978.
- Anda, R. F., Felitti, V. J., Bremner, J. D., Walker, J. D., Whitfield, C., Perry, B. D., Dube, S. R., Giles, W. H.: **The enduring effects of abuse and related adverse experiences in childhood. A convergence of evidence from neurobiology and epidemiology.** *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 256. 174-186, 2006.
- Angelucci, F., Ricci, E., Padua, L., Sabino, A., Tonali, P. A.: **Music exposure differentially alters the levels of brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in the mouse hypothalamus.** *Neurosci Lett*, 429.152-155, 2007.
- Aoun, P., Jones, T., Shaw, G. L., Bodner, M.: **Long-term enhancement of maze learning in mice via a generalized Mozart effect.** *Neurol Res*, 27. 791-6, 2005.
- Areni, C., Kim, D.: **The influence of background music on shopping behavior: classical versus top-forty music in a wine store.** *Advances in Consumer Res*, 20. 336-340, 1993.
- Ariizumi, M., Okada, A.: **Effect of whole body vibration on the rat brain content of serotonin and plasma corticosterone.** *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 52.15-19, 1983.
- Ariza Traslaviña, G. A., de Oliveira, F. L., Franci, C. R.: **Early adolescent stress alters behavior and the HPA axis response in male and female adult rats: the relevance of the nature and duration of the stressor.** *Physiol Behav*, 22. 178-89, 2014.
- Arnold, N., Kim, T.N., Jongman, E.C., Hemsworth, P.H.: **The behavioural and physiological responses of dairy heifers to tape-recorded milking facility noise with and without a pre-treatment adaptation phase.** *Appl Anim Behav Sci*, 106. 13-25, 2007.
- Arnsten A. F.: **Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function.** *Nat Rev Neurosci*, 10. 410-22, 2009.
- Babb, S.J., Crystal, J.D.: **Episodic-like memory in the rat.** *Curr Biol*, 16. 1317–1321, 2006.
- Baek, B. S., Kwon, H. J., Lee, K. H., Yoo, M. A., Kim, K. W., Ikeno, Y., Yu, B. P., Chung, H. Y.: **Regional difference of ROS generation, lipid peroxidation, and antioxidant enzyme activity in rat brain and their dietary modulation.** *Arch Pharm Res*, 22. 361-366, 1999.
- Bampton, P., Draper, B.: **Effect of relaxation music on patient tolerance of gastrointestinal endoscopic procedures.** *J Clin Gastroenterol*, 25. 343-345, 1997.
- Barha, C. K., Brummelte, S., Lieblich, S. E., Galea, L. A. : **Chronic restraint stress in adolescence differentially influences hypothalamic-pituitary-adrenal axis function and adult hippocampal neurogenesis in male and female rats.** *Hippocampus*, 21. 1216-27, 2011.
- Barnett J. L., Hemsworth, P. H.: **The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare.** *Appl Anim Behav Sci*, 25. 177-187, 1990.
- Barnett, J. L., Hemsworth, P.H., Cronin, G.M., Jongman, E.C., Hutson, G.D.: **A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing.** *Crop and Pasture Sci*, 52. 1-28, 2000
- Batra, R.: **Responses of neurons in the ventral nucleus of the lateral lemniscus to sinusoidally amplitude modulated tones.** *J Neurophysiol*, 96. 2388-2398, 2006.
- Baumans, V.: **Environmental enrichment: a right of rodents!** In: *Progress in the Reduction, Refinement and Replacement of Animal Experimentation*. Szerk.: Balls, M., van Zeller, A. M., Halder, M. Elsevier, 2000. p.1251-1255.

- Beattie V. E., O'Connell N. E., Moss B.W.: **Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs.** *Livest Prod Sci*, 65. 71–79, 2000.
- Beatty, W.W., Rush, J.R.: **Spatial working memory in rats: effects of monoaminergic antagonists.** *Pharmacol Biochem Behav*, 18. 7–12, 1983.
- Beatty, W.W., Shavalia, D. A.: **Spatial memory in rats: Time course of working memory and effect of anesthetics.** *Behav Neural Biol*, 28. 454–462, 1980.
- Becker, J. B., Monteggia, L. M., Perrot-Sinal, T. S., Romeo, R. D., Taylor, J. R., Yehuda, R., Bale, T. L.: **Stress and disease: is being female a predisposing factor?** *J Neurosci*, 27. 11851-11855, 2007.
- Beery, A. K., Zucker, I.: **Sex bias in neuroscience and biomedical research.** *Neurosci Biobehav Rev*, 35. 565-572, 2011.
- Bennett, R., Kehlbacher, A., Balcombe, K.: **A method for the economic valuation of animal welfare benefits using a single welfare score.** *Anim Welfare*, 21. 125- 130, 2012.
- Belzung, C.: **Innovative drugs to treat depression: did animal models fail to be predictive or did clinical trials fail to detect effects?** *Neuropsychopharmacol*, 5. 1041–1051, 2014.
- Belzung, C., Griebel, G.: **Measuring normal and pathological anxiety-like behaviour in mice: a review.** *Behav Brain Res*, 125. 141-149, 2001.
- Bizley, J. K., Walker, K. M., King, A. J., Schnupp, J. W.: **Neural ensemble codes for stimulus periodicity in auditory cortex.** *J Neurosci*, 30. 5078 –5091, 2010.
- Blanchard, R. J., Griebel, G., Henrie, J. A., Blanchard, D. C.: **Differentiation of anxiolytic and panicolytic drugs by effects on rat and mouse defense test batteries.** *Neurosci Biobehav Rev*, 21. 783-789, 1997.
- Blázovics, A., Kovács, A., Lugasi, A., Hagymási, K., Bíró, L., Fehér, J.: **Antioxidant defence in erythrocytes and plasma of patients with active and quiescent Crohn's disease and ulcerative colitis: A chemiluminescent study,** *Clin Chem*, 45. 895-896, 1999.
- Bodner, M., Muftuler, L.T., Nalcioglu, O., Shaw, G.L.: **FMRI study relevant to the Mozart effect: brain areas involved in spatial-temporal reasoning.** *Neurol Res*, 23. 683 –690, 2001.
- Boissy A.: **Fear and fearfulness in animals.** *Quart Rev Biol*, 70. 165–191, 1995.
- Bondi, C. O., Rodriguez, G., Gould, G. G., Frazer, A., Morilak, D. A.: **Chronic unpredictable stress induces a cognitive deficit and anxiety-like behavior in rats that is prevented by chronic antidepressant drug treatment.** *Neuropsychopharmacol*, 33. 320–31, 2008.
- Borsini, F., Lecci, A., Volterra, G., Meli, A.: **A model to measure anticipatory anxiety in mice?** *Psychopharmacol (Berl)*, 98. 207-211, 1989.
- Bourin, M., Petit-Demoulière, B., Dhonnchadha, B. N., Hascöet, M.: **Animal models of anxiety in mice.** *Fundament Clin Pharmacol*, 21. 567-74, 2007.
- Bowman, A., Scottish SPCA, Dowell, F. J., Evans, N. P.: **'Four Seasons' in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs.** *Physiol Behav*, 143. 70-82, 2015
- Bowman, A., Scottish SPCA, Dowell, F. J., Evans, N. P.: **The effect of different genres of music on the stress levels of kennelled dogs.** *Physiol Behav*, 171. 207-215, 2017.
- Bowman, R. E., Beck, K. D., Luine, V. N.: **Chronic stress effects on memory: sex differences in performance and monoaminergic activity.** *Horm Behav*, 43. 48-59, 2003.
- Brantsæter, M., Nordgreen, J., Rodenburg, T. B., Tahamtani, F. M., Popova, A., Janczak, A. M.: **Exposure to increased environmental complexity during rearing reduces fearfulness and increases use of three-dimensional space in laying hens (*Gallus gallus domesticus*).** *Front Vet Sci*, 3. 14-23, 2016.
- Breazile, J. E.: **Physiologic basis and consequences of distress in animals.** *J Am Vet Med Assoc*, 191. 1212–1215, 1987.

- Brent, L., Weaver, D.: **The physiological and behavioral effects of radio music on singly housed baboons.** *J Med Primatol*, 25. 370-374, 1996.
- Brincat, D.: **The influence of different musical stimulation on the growth rate of koi carp (*Cyprinus carpio*).** SZIE Állatorvos-tudományi Kar, Tudományos Diákköri Konferencia. Budapest, 2013.
- Broom, D. M.: **Indicators of poor welfare.** *Br Vet J*, 142. 524-526, 1986.
- Broom, D. M.: **Animal welfare: concepts and measurement.** *J Anim Sci*, 69. 67–75, 1991.
- Broom, D. M.: **A history of animal welfare science.** *Acta Biotheor*, 59. 121-137, 2011.
- Broom, D.M., Johnson, K.G.: **Stress and Animal Welfare.** Berlin: Springer, 2019.
- Brotans, M, Marti, P.: **Music therapy with Alzheimer's patients and their family caregivers: a pilot project.** *J Music Ther*, 40. 138-150, 2003.
- Bryant, R. A., McGrath, C., Felmingham, K. L.: **The roles of noradrenergic and glucocorticoid activation in the development of intrusive memories.** *PloS one*, 8. e62675, 2013.
- Burkhardt, R.W.: **The founders of ethology and the problem of animal subjective experience.** In: *Animal Consciousness and Animal Ethics.* Szerk.: Dol, M., Kasanmoentalib, S., Lijmbach, S., Rivas, E., van den Bos, R. Assen: Van Gorcum, 1997. p. 1-13
- Burrow, A., Day, H.E. , Campeau, S.: **A detailed characterization of loud noise stress: intensity analysis of hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis and brain activation.** *Brain Res*, 1062. 63-73, 2005.
- Cabaral, N., Untalan, H., Rieta, P. G.: **Type of music on the growth and laying performance, behavior and marketability of quails.** *Open Sci J*, 2. 1–15, 2017.
- Cahill, L., McGaugh, J.L.: **Modulation of memory storage.** *Curr Opin Neurobiol*, 6. 237 –242, 1996.
- Campo, J., Gil, M. G., Davila, S. G.: **Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear levels of laying hens of several breeds.** *Appl Anim Behav Sci*, 91. 75-84, 2005.
- Carpagnano, G. E., Kharitonov, S. A., Resta, O., Foschino-Barbaro, M. P., Gramiccioni, E., Barnes, P. J.: **8-Isoprostane, a marker of oxidative stress, is increased in exhaled breath condensate of patients with obstructive sleep apnea after night and is reduced by continuous positive airway pressure therapy.** *Chest*, 124. 1386–1392, 2003.
- Carpenter, E.: **Animals and ethics. A report of the working party convened by Edward Carpenter.** London: Watkins and Duvertom, 1980.
- Chabout, J., Sarkar, A., Dunson, D. B., Jarvis, E. D.: **Male mice song syntax depends on social contexts and influences female preferences.** *Frontiers in Behav Neurosci*, 9. 76, 2015.
- Chan, A. S, Ho, Y. C., Cheung, M. S.: **Music training improves verbal memory.** *Nature*, 396. 128, 1998.
- Chase, A.: **Music discrimination by carps (*Cyprinus carpio*).** *Anim Learn and Behav*, 29, 336-353, 2001.
- Chen, X., Grisham, W., Arnold, A. P.: **X chromosome number causes sex differences in gene expression in adult mouse striatum.** *Eur J Neurosci*, 29. 768-76, 2009.
- Chiandetti, C, Vallortigara, G.: **Chicks like consonant music.** *Psychol Sci*, 22. 1270–1273, 2011.
- Chikahisa, S., Sano, A., Kitoaka, K., Miyamoto, K., Sei, H.: **Anxiolytic effect of music depends on ovarian steroid in female mice.** *Behav Brain Res*, 179. 50-59, 2007.
- Chikahisa, S., Sei, H., Morishima, M., Sano, A., Kitaoka, K., Nakaya, Y., Morita, Y.: **Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults.** *Behav Brain Res*, 169. 312–319, 2006.
- Chloupek, P., Voslářová, E., Chloupek, J., Bedáňová, I., Pištěková, V., Večerek, V.: **Stress in broiler chickens due to acute noise exposure.** *Acta Vet Brno*, 78. 93-98, 2009.
- Christensen, A., Knight, A.D.: **Observations on the effects of music exposure to growing performance of meat-type chickens.** *Poult Sci*, 54. 619-621, 1975.

- Christmas, A. J., Maxwell, D. R.: **A comparison of the effects of some benzodiazepines and other drugs on aggressive and exploratory behaviour in mice and rats.** *Neuropharmacol*, 9. 17–29, 1970.
- Cloutier, S., Weary, D. M., Fraser, D.: **Can ambient sound reduce distress in piglets during weaning and restraint?** *Appl Anim Welf Sci*, 3. 107-116, 2000.
- Cohen, Y. E., Russ, B. E., Gifford, G. W., Kiringoda, R., MacLean, K. A.: **Selectivity for the spatial and nonspatial attributes of auditory stimuli in the ventrolateral prefrontal cortex.** *J Neurosci*, 24. 11307–11316, 2004.
- Cowan, N.: **What are the differences between long-term, short-term, and working memory?** *Progress Brain Res*, 169. 323–338, 2008.
- Craft, R. M., Mogil, J. S., Aloisi, A. M.: **Sex differences in pain and analgesia: the role of gonadal hormones.** *Eur J Pain*, 8. 397–411, 2004.
- Crawley, J. N.: **Behavioral phenotyping of transgenic and knockout mice: experimental design and evaluation of general health, sensory functions, motor abilities, and specific behavioral tests.** *Brain Res*, 835. 18-26, 1999.
- Crawley, J. N., Belknap, J. K., Collins, A., Crabbe, J. C., Frankel, W., Henderson, N., Hitzemann, R. J., Maxson, S. C., Miner, L. L., Silva, A. J., Wehner, J. M., Wynshaw-Boris, A., Paylor, R.: **Behavioral phenotypes of inbred mouse strains: implications and recommendations for molecular studies.** *Psychopharmacol*, 132. 107–124, 1997.
- Crusio, W. E., Schwegler, H.: **Learning spatial orientation tasks in the radial-maze and structural variation in the hippocampus in inbred mice.** *Behav Brain Funct*, 1. 1–11, 2013.
- Cryan, J. F., Holmes, A.: **The ascent of mouse: advances in modelling human depression and anxiety.** *Nat Rev Drug Discov*, 4. 9775-9790, 2005.
- Crystal, J. D., Wesley, T. A., Zhou, W., Hohmann, A. G.: **Source memory in the rat.** *Curr Biol*, 23. 387–391, 2013.
- Cwynar, P., Kolacz, R.: **The effect of sound emission on sheep welfare.** In: *Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene*. Szerk.: Köfer, J., Schobesberger, H. Vienna, 2011.
- Dahlhaus, C., Eggebrecht, H. H.: **Mi a zene?** Budapest: Osiris Kiadó, 2004. 2. fejezet
- Dawkins, M.: **From an animal's point of view: motivation, fitness and animal welfare.** *Behav Brain Sci*, 13. 1-61, 1990.
- Dawkins, M.: **Through Our Eyes Only? The Search for Animal Consciousness.** Oxford: University Press, 1998.
- Dawkins, M.: **Animal welfare and efficient farming: Is conflict inevitable?** *Anim Prod Sci*, 57. 201 - 208, 2017.
- Dávila, S. G., Campo J. L., Gil M. G., Prieto M. T., Torres O.: **Effects of auditory and physical enrichment on 3 measurements of fear and stress (tonic immobility duration, heterophil to lymphocyte ratio, and fluctuating asymmetry) in several breeds of layer chicks.** *Poult Sci* 90. 2459-2466, 2011.
- De Niet, G., Tiemens, B., Lendemeijer, B., Hutschemaekers, G.: **Music-assisted relaxation to improve sleep quality: meta-analysis.** *J Adv Nurs*, 65. 1356-1364, 2009.
- de Passillé, A., Christopherson, R. J., Rushen, J.: **Nonnutritive sucking and the postprandial secretion of insulin, CCK and gastrin in the calf.** *Physiol and Behav*, 54. 1069-1073, 1993.
- Doremus-Fitzwater, T. L., Varlinskaya, E. I., and Spear, L. P.: **Social and nonsocial anxiety in adolescent and adult rats after repeated restraint.** *Physiol Behav*, 97. 484–494, 2009.
- Drai, D., Benjamin, Y., Golani, I.: **Statistical discrimination of natural modes of motion in rat exploratory behavior.** *J Neurosci Meth*, 96. 119-131, 2000.
- Dubois, T. M., Huang, X. F.: **Early brain development disruption from NMDA receptor hypofunction: Revelance to schizophrenia.** *Brain Res Rev*, 53. 260-270, 2007.

- Duncan, I.: **Welfare is to do with what animals feel.** J Agric Environ Ethics. 6. Suppl. 2. 8-14, 1993.
- Duncan, I.: **Poultry welfare: science or subjectivity?** Br Poult Sci, 43. 643-652, 2002.
- Ehret, G.: **Sound communication in house mice: Emotions in their voices and ears?** In: *Evolution of emotional communication: From sounds in nonhuman mammals to speech and music in man.*, Szerk.: Altenmüller, E., Schmidt, S., Zimmermann, E., Oxford Scholarship Online, 2013.
- Ekachat, K., Vajrabukka, C.: **Effect of music rhythm on growth performance of growing pigs.** J Nat Sci, 28. 640-643, 1994.
- Escribano, B., Quero, I., Feijóo, M., Tasset, I., Montilla, P., Tunez, I.: **Role of noise and music as anxiety modulators: Relationship with ovarian hormones in the rat.** Appl Anim Behav Sci, 152. 73-82, 2014.
- Esmail S. H.: **"Silence in the poultry house please".** Poultry World, 2012. Obt. 2021. 05. 17. <https://www.poultryworld.net/Broilers/Health/2012/6/Silence-in-the-poultry-house-please-WP010563W/>
- Ezzone, S., Baker, C., Rosselet, R., Terepka, E.: **Music as an adjunct to antiemetic therapy.** Oncol Nurs Forum, 25. 1551 -1556, 1998.
- Faith, R. F., Miller, S. J.: **The need for sound and vibration standards in U.S. research animal rooms.** ALN Magazine, 4. 31-38, 2007.
- Falkenhorst, O.: **Befolyásolja a zene az egerek viselkedését?** SZIE Állatorvos-tudományi Kar, Tudományos Diákköri Konferencia. Budapest, 2013.
- Farm Animal Welfare Committee: **Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare.** London: MAFF Publications, 1993.
- 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?** Magyar Állatorvosok Lapja, 135. 246-253, 2013.
- Fekete, S. Gy., Korsos, G., Vezer, T., Lukacs, A., Brown, D. L.: **Effect of Mozart musin on the rat's learning capacity and short-term action catalogue - preliminary study.** In: *Acoustic Communication by Animals. 3rd Intern Conf Aug 1-5*, Itaca, NY: Cornell, 2011. p. 41-42.
- Fekete, S. Gy., Lukács, A., Horváth, K., Korsós, G., Vezér, T.: **Mozart-szonáta hatása patkányok tanulási és emlékezési teljesítményére.** Magyar Állatorvosok Lapja, 136. 167-176, 2014.
- Felitti, V. J., Anda, R. F., Nordenberg, D., Williamson, D. F., Spitz, A. M., Edwards, V., Koss, M. P., Marks, J. S.: **Relationship of childhood abuse and household dysfunction to many of the leading causes of death in adults. The Adverse Childhood Experiences (ACE) Study.** Am J Prev Med, 14. 245–258, 1998.
- Fendt, M., Fanselow, M. S.: **The neuroanatomical and neurochemical basis of conditioned fear.** Neurosci Biobehav Rev, 23. 743-760, 1999.
- Figueiredo, H.F., Dolgas, C.M., Herman, J.P.: **Stress activation of cortex and hippocampus is modulated by sex and stage of estrus.** Endocrinology, 143. 2534-3540, 2002.
- Fraser, D.: **Understanding animal welfare.** Acta Vet Scand, 50. S1, 2008.
- Fraser, D., Matthews, L. R.: **Preference and motivation testing.** In: *Animal Welfare*, Szerk.: Appleby, M. C., Hughes, B. O. New York: CAB International, p. 159-173. 1997.
- Frick, K. M., Gresack, J. E.: **Sex differences in the behavioral response to spatial and object novelty in adult C57BL/6 mice.** Behav Neurosci, 117. 1283–1291, 2003.
- Friske, J. E., Gammie, S. C.: **Environmental enrichment alters plus maze, but not maternal defense performance in mice.** Physiol Behav, 85. 187–194, 2005.
- Fukui, H., Arai, A., Toyoshima, K.: **Efficacy of music therapy in treatment for patients with Alzheimer's disease.** Intern J Alzheimer's Dis, 531646, 2012.
- Gala, R. R., Westphal, U.: **Corticosteroid-binding globulin in the rat: Studies on the sex difference.** Endocrinol, 77. 841 –851, 1965.

- Gardner, C. O., Kendler, K.: **Sex differences in the pathways to major depression: a study of opposite-sex twin pairs.** *Am J Psychiatry*, 171. 426–435, 2014.
- Garner, J. P.: **Stereotypes and other abnormal repetitive behaviors: Potential impact on validity, reliability, and replicability of scientific outcomes.** *ILAR J*, 46. 106-117, 2005.
- Ghazali, R., Rahim, H. A., Maidin, M. S., Sahlan, S., Razak, N. A.: **Sound exposure and water supply modification effect towards the ross broilers growth rate.** *Jurnal teknologi*, 77. 69-75, 2015.
- Gobinath, A. R., Mahmoud, R., Galea, L. A. M.: **Influence of sex and stress exposure across the lifespan on endophenotypes of depression: focus on behavior, glucocorticoids, and hippocampus.** *Front Neurosci*, 8. 1 –18, 2015.
- Gold, C., Solli, H. P., Krüger, V., Lie, S. A.: **Dose–response relationship in music therapy for people with serious mental disorders: Systematic review and meta-analysis.** *Clin Psychol Rev*, 29. 193-207, 2009.
- Goodwill, H. L., Manzano-Nieves, G., Gallo, M., Lee, H. I., Oyerinde, E., Serre, T., Bath, K. G.: **Early life stress leads to sex differences in development of depressive-like outcomes in a mouse model.** *Neuropsychopharmacol*, 44. 711-720, 2019.
- Grandin, T.: **The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter.** *Appl Anim Behav Sci*, 56. 121-128, 1998.
- Green, L., Kaier, J., Wassink, G., King, E., Grogono, T.: **Impact of rapid treatment of sheep lame with footrot on welfare and economics and farmer attitudes to lameness in sheep.** *Anim Welfare*, 21. 65-71, 2012.
- Griffin, D.: **The question of animal awareness: Evolutionary continuity of mental experience.** New York: Rockefeller Univ Press, 1976.
- Griffin, D.: **Animal Minds: Beyond Cognition to Consciousness.** Chicago: University of Chicago Press, 2001.
- Gross, W., Siegel, H.S.: **Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens.** *Avian Dis*, 27. 972-979, 1983.
- Gruber, S., Tatum, J.D., Grandin, T., Scanga, J.A., Belk, K.E., Smith, G.C.: **Is the Difference in Tenderness Commonly Observed between Heifers and Steers Attributable to Differences in Temperament and Reaction to Preharvest Stress.** San Antonio: National Cattlemen’s Beef Association, 2006.
- Guéguen, N., Jacob, C., Lamy, L.: **‘Love is in the air’: Effects of songs with romantic lyrics on compliance with a courtship request.** *Psychol Music*, 38. 303-307, 2010.
- Gutteridge, J. M.: **Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage.** *Clin Chem*, 41. 1819–1828, 1995.
- Gvaryahu, G., Cunningham, D. L., Van Tienhoven, A.: **Filial imprinting, environmental enrichment, and music application effects on behavior and performance of meat strain chicks.** *Poult Sci*, 68. 211 -217, 1989.
- Hambrecht, E., Eissen, J. J., Newman, D. J., Smits, C. H. M., Verstegen, M. W. A., den Hartog, L. A.: **Preslaughter handling effects on pork quality and glycolytic potential in two muscles differing in fiber type composition.** *J Anim Sci*, 83. 900-907, 2005.
- Hammarstrom, A., Lehti, A., Danielsson, U., Bengs, C., and Johansson, E. E.: **Gender-related explanatory models of depression: a critical evaluation of medical articles.** *Public Health*, 123. 689–693, 2009.
- Haneishi, E.: **Effects of a music therapy voice protocol on speech intelligibility, vocal acoustic measures, and mood of individuals with Parkinson’s disease.** *J Music Ther*, 38. 273-290, 2001.
- Hanser, S., Thompson, L.W.: **Effects of a music therapy strategy on depressed older adults.** *J Gerontol*, 49. 265-269, 1994.
- Hall, C. S.: **Emotional behavior in the rat. I. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality.** *J Comp Psychol*, 18. 385, 1934.

- Hebb, D. O.: **The effects of early experience on problem-solving at maturity.** *Am Psychol*, 1. 306-307, 1947.
- Hediger, H.: **Wild animals in captivity.** London: Butterworths Scientific Publications, 1950.
- Hemsworth, P. H.: **Human–animal interactions in livestock production.** *Appl Anim Behav Sci*, 81. 185-198, 2003.
- Hewson, C.: **What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences.** *Can Vet J*, 44. 496-499, 2003.
- Herrnstein, R. J., Loveland, D. H.: **Complex visual concept in the pigeon.** *Science*, 146. 549-551, 1964.
- Hill, P. S. M.: **Vibration and animal communication: a review.** *Integrative and Comparative Biol*, 41. 1135-1142, 2001.
- Hjelm, J.: **Tonic immobility and effects of early stress on chickens (*Gallus gallus*)** (Disszertáció), 2010. Elérhetőség: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-57188>
- Ho, C., Mason, O., Spence, C.: **An investigation into the temporal dimension of the Mozart effect: evidence from the attentional blink task.** *Acta Psychol Amst*, 125. 117–128, 2007.
- Hodes, G. E., Pfau, M. L., Purushothaman, I., Ahn, H. F., Golden, S. A., Christoffel, D. J., Magida, J., Brancato, A., Takahashi, A., Flanigan, M. E., Ménard, C., Aleyasin, H., Koo, J. W., Lorsch, Z. S., Feng, J., Heshmati, M., Wang, M., Turecki, G., Neve, R., Zhang, B., Russo, S. J.: **Sex Differences in Nucleus Accumbens Transcriptome Profiles Associated with Susceptibility versus Resilience to Subchronic Variable Stress.** *J Neurosci*, 35. 16362–16376, 2015.
- Holy, T. E., Guo, Z.: **Ultrasonic songs of male mice.** *PLoS Biol*, 3. 386, 2005.
- Hu, Y., Wu, D. L., Luo, C. X., Zhu, L. J., Zhang, J., Wu, H. Y., Zhu, D. Y.: **Hippocampal nitric oxide contributes to sex difference in affective behaviors.** *Proc Natl Acad Sci USA*, 109. 14224–14229, 2012.
- Hu, Y., Xu, L., Yang, F., Yang, P.: **The Effects of Enrichment with Music or Colorful Light on the Welfare of Restrained Mice.** *Lab Anim Comp Med*, 2. 71-76, 2007.
- Hughes, J. R., Fino, J. J.: **The Mozart effect: distinctive aspects of the music – a clue to brain coding?** *Clin Electroencephal*, 31. 94–103, 2000.
- Iñiguez, S. D., Riggs, L. M., Nieto, S. J., Dayrit, G., Zamora, N. N., Shawhan, K. L., Cruz, B., Warren, B. L.: **Social defeat stress induces a depression-like phenotype in adolescent male c57BL/6 mice.** *Stress*, 17. 247–255, 2014.
- Iyasere, O. S., Beard, A. P., Guy, J. H., Bateson, M.: **Elevated levels of the stress hormone, corticosterone, cause 'pessimistic' judgment bias in broiler chickens.** *Sci Rep*, 7. 6860, 2017.
- Jausovec, N., Jausovec, K.: **Working memory training: improving intelligence – change of brain activity.** *Brain Cogn*, 79. 96-106, 2012.
- Jausovec, N., Jausovec, K., Gerlic, I.: **The influence of Mozart's music on brain activity in the process of learning.** *Neurophysiol*, 117. 2703-2714, 2006.
- Jávorka, L.: **Nyelvészeti gondolatok egy újdonsült villanyújság címéről.** *J Anim Welf Ethol Hous Syst*, 1. 2-11, 2005.
- Joffe, H., Cohen, L. S.: **Estrogen, serotonin, and mood disturbance: where is the therapeutic bridge?** *Biol Psychiatry*, 44. 798–811, 1998.
- Johnsen, P. F., Vestergaard, K. S., Norgaard Nielsen, G.: **Influence of early rearing conditions on the development of feather pecking and cannibalism in domestic fowl.** *Appl Anim Behav Sci*, 60. 25–41, 1998.
- Jones, R. B.: **Fear and adaptability on poultry: insights, implications and imperatives.** *World's Poult Sci J*, 52. 131–174, 1996.

- de Jong, I. C., van Voorst, A. S., Erkens, J. H., Ehlhardt, D. A., Blokhuis, H. J.: **Determination of the circadian rhythm in plasma corticosterone and catecholamine concentrations in growing broiler breeders using intravenous cannulation.** *Physiol Behav*, 74. 299–304, 2001.
- Kanduri, C., Kuusi, T., Ahvenainen, M., Philips, A. K., Lähdesmäki, H.: **The effect of music performance on the transcriptome of professional musician.** *Sci Rep*, 2015. 5:9506.
- Kang, H. K., Park, S. B., Kim, S. H., Kim, C. H.: **Effect of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens.** *Poult Sci*, 95. 1–7, 2016.
- Kaushik, S., Kaur, J.: **Chronic cold exposure affects the antioxidant defense system in various rat tissues.** *Clin Chim Acta*, 333. 69–77, 2003.
- Kelley, K., Osborne, C. A., Evermann, J. F., Parish, S. M., Gaskins, C. T.: **Effects of chronic heat and cold stressors on plasma immunoglobulin and mitogen-induced blastogenesis in calves.** *J Dairy Sci*, 65. 1514-1528, 1982.
- Kemper, K. J., Danhauer, S. C.: **Music as therapy.** *South Med J*, 98. 282-288, 2005.
- Kent, A. L., Wright, I. M., Abdel-Latif, M. E., New South, W., Australian Capital Territory Neonatal Intensive Care Units Audit Group: **Mortality and adverse neurologic outcomes are greater in preterm male infants.** *Pediatrics*, 129. 124–131, 2012.
- Kessler, R. C.: **Epidemiology of women and depression.** *J Affect Disord*, 74. 5–13, 2003.
- Khaliulin, I., Kartawy, M., Amal, H.: **Sex Differences in Biological Processes and Nitroergic Signaling in Mouse Brain.** *Biomedicines*, 8. 124, 2020.
- Kikuchi, Y., Horwitz, B., Mishkin, M.: **Hierarchical auditory processing directed rostrally along the monkey's supratemporal plane.** *J Neurosci*, 30. 13021–13030, 2010.
- Kiley-Worthington, M.: **Ecological, ethological and ethically sound environments for animals: towards symbiosis.** *J Agric Environ Ethics*, 2. 247-323, 1989.
- Kim, H., Lee, M. H., Chang, H. K., Lee, T. H., Lee, H. H., Shin, M. C., Shin, M. S., Won, R., Shin, H. S., Kim, C. J.: **Influence of prenatal noise and music on the spatial memory and neurogenesis in the hippocampus of developing rats.** *Brain Dev*, 28. 109-114, 2006.
- Kim, S., Lee, S., Ryu, S., Suk, J., Park, C.: **Comparative analysis of the anxiety-related behaviors in four inbred mice.** *Behav Proc*, 60. 181-190, 2002.
- Kirkden, R. D., Pajor, E. A.: **Using preference, motivation and aversion tests to ask scientific questions about animals' feelings.** *Appl Anim Behav Sci*, 100. 29-47, 2006.
- Knight, W. E. J., Rickard, N.: **Relaxing Music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females,** *J Music Ther*, 38. 254-272, 2001.
- Koelsch, S., Fritz, T., V Cramon, D. Y., Müller, K., Friederici, A. D.: **Investigating emotion with music: an fMRI study.** *Hum Brain Mapp*, 27. 239-250, 2006.
- Kogan, L., Schoenfeld-Tacher, R., Simon, A.A.: **Behavioral effects of auditory stimulation on kennel dogs.** *J Vet Behav Clin Appl Res*, 7. 268-275, 2012.
- Komoly, S., Palkovics, M.: **Gyakorlati neurológia és neuroanatómia.** 2. javított kiadás. Budapest: Medicina Könyvkiadó Zrt. 2012. p. 367, p. 374.
- Korsós, G., Blázovics, A., Fekete, S.: **Effect of acute and repetitive noise exposure on the lipidperoxidation in the brain of male and female mice.** (Poster) CEELA–IV. Budapest. 2018a.
- Korsós, G., Horváth, K., Lukács, A., Vezér, T., Glávits, R., Fodor, K., Fekete, S. G.: **Effect of accelerated human music on learning and memory performance of rats.** *J Appl Anim Behav Sci*: 202. 94–98, 2018b
- Kovacs, P., Juranek, I., Stankovicova, T., Svec, P.: **Lipid peroxidation during acute stress.** *Pharmazie*, 51. 51–53, 1996.

- Kovalcik, K., Sottnik, J.: **Effect of noise on the milking efficiency of cows.** *Zivocisna Vyroba*, 16. 795-804, 1971.
- Kunzler, J, Braun, K, Bock, J.: **Early life stress and sex-specific sensitivity of the catecholaminergic systems in prefrontal and limbic regions of Octodon degus.** *Brain Struct Funct*, 220. 861-868, 2015.
- Kupriyanov, R., Zhdanov, R.: **The eustress concept: problems and outlooks.** *World J Med Sci*: 11. 179–185, 2014.
- Kuśmierk, P., Ortiz, M., Rauschecker, J. P.: **Sound-identity processing in early areas of the auditory ventral stream in the macaque.** *J Neurophysiol*, 107. 1123–1141, 2012.
- Lanier, J. L., Grandin, T., Green, R. D., Avery, D., McGee, K.: **The relationship between reaction to sudden, intermittent movements and sounds and temperament,** *J Anim Sci*, 78. 1467–1474, 2000.
- Lang, P. J., Lazovik, A. D.: **Experimental desensitization of phobia.** *J Abnormal Social Psychol*, 66. 519–525, 1963.
- Langner, G. L., Braun, S., Simonis, C., Benson, C., Cant, N.: **New evidence for a pitch helix in the ventral nucleus of the lateral lemniscus in the gerbil.** *Assoc Res Otolaryngol, Abstr.* 771, 2006.
- Leanna, C., Alworth, M.S., Shawna, C., Buerkle, B. S.: **The effect of music on animal physiology behavior and welfare.** *Lab Anim*, 42. 54–61, 2013.
- Leeds, J., Wagner, S.: **Through a dog's ear: using sound to improve the health and behavior of your canine companion.** Louisville: Sounds True, 2008.
- Lemmer, B.: **Effects of music composed by Mozart and Ligeti on blood pressure and heart rate circadian rhythms in normotensive and hypertensive rats.** *Chronobiol Int*, 25. 971-986, 2008.
- Leussis, M. P., Andersen, S. L.: **Is adolescence a sensitive period for depression? Behavioral and neuroanatomical findings from a social stress model.** *Synapse*, 62. 22–30, 2008.
- Li, Y., Liu, Y., Jiang, Z., Guan, J., Yi, G., Cheng, S., Yang, B., Fu, T., Wang, Z.: **Behavioral change related to Wenchuan devastating earthquake in mice.** *Bioelectromagnetics*, 30. 613–620, 2009.
- Lin, L. C., Lee, W. T., Wu, H. C., Tsai, C. L., Wei, R. C., Mok, H. K., Weng, C. F., Lee, M. W., Yang, R. C.: **The long-term effect of listening to Mozart K.448 decreases epileptiform discharges in children with epilepsy.** *Epilepsy Behav*, 21. 420–424, 2011.
- Lister, R. G.: **Ethologically-based animal models of anxiety disorders.** *Pharmacol Ther*, 46. 321-340, 1990.
- Ljunggren, F., Wang, J., Agren, A.: **Human vibration perception from single- and dual-frequency components.** *J Sound Vibr*, 300. 13–24, 2007.
- Lowry, M.T., Wittenberg, L., Yamamoto, B.K.: **Effect of acute stress on hippocampal glutamate levels and spectrin proteolysis in young and aged rats.** *J Neurochem*, 65. 268–274, 1995.
- Luine, V. N., Beck, K. D., Bowman, R. E., Frankfurt, M., MacLusky, N. J.: **Chronic stress and neural function: accounting for sex and age.** *J Neuroendocrinol*, 19. 743-751, 2007.
- Ma, H., Qin, L., Dong, C., Zhong, R., Sato, Y.: **Comparison of neural responses to cat meows and human vowels in the anterior and posterior auditory field of awake cats.** *PLoS ONE*, 8. e52942, 2013.
- Madrigal, J. L., Olivenza, R., Moro, M. A., Lizasoain, I., Lorenzo, P., Rodrigo, J., Leza, J. C.: **Glutathione depletion, lipid peroxidation and mitochondrial dysfunction are induced by chronic stress in rat brain.** *Neuropsychopharmacol*, 24. 420–429, 2001.
- Maegele, M., Lippert-Gruener, M., Ester-Bode, T., Garbe, J., Bouillon, B., Neugebauer, E., Klug, N., Lefering, R., Neiss, W. F., Angelov, D. N.: **Multimodal early onset stimulation combined with enriched environment is associated with reduced CNS lesion volume and enhanced**

- reversal of neuromotor dysfunction after traumatic brain injury in rats.** Eur J Neurosci, 21. 2406–2418, 2005.
- Manci, K., Gladwin, D.N., Vilella, R., Cavendish, M.G.: **Effects of aircraft noise and sonic booms on domestic animals and wildlife: a literature synthesis.** U.S. Fish and Wildl Serv Nat Ecol Res, 1988.
- Manoli, L. P., Gamaro, G.D., Silveira, P. P., Dalmaz, C.: **Effect of chronic variate stress on thiobarbituric-acid reactive species and on total radical-trapping potential in distinct regions of rat brain.** Neurochem Res, 25. 915–21, 2000.
- Marin, R. H., Benavidez, E., Garcia, D. A., Satterlee, D. G.: **Sex differences in central benzodiazepine receptor densities and circulating corticosterone release after acute stress in broiler chicks.** Poult Sci, 81. 261-264, 2002.
- Marrocco, J., McEwen, B. S.: **Sex in the brain: hormones and sex differences.** Dialogues Clin Neurosci, 18. 373–383, 2016.
- Mason, J.: **A review of psychoendocrine research on the pituitary adrenal cortical system.** Psychosom Med, 30. 576-607, 1968.
- Matsumoto, K., Yobimoto, K., Huong, N. T., Abdel-Fattah, M., Van Hien, T., Watanabe, H.: **Psychological stress-induced enhancement of brain lipid peroxidation via nitric oxide systems and its modulation by anxiolytic and anxiogenic drugs in mice.** Brain Res, 839. 74–84, 1999.
- McAdie, T., Foster, T.M., Temple, W., Matthews, L.R.: **A method for measuring the aversiveness of sounds to domestic hens.** Appl Anim Behav Sci, 37. 223-238, 1993.
- McCormick, C. M., Nixon, F., Thomas, C., Lowie, B., Dyck, J.: **Hippocampal cell proliferation and spatial memory performance after social instability stress in adolescence in female rats.** Behav Brain Res, 208. 23–29, 2010.
- McCormick, C. M., Thomas, C. M., Sheridan, C. S., Nixon, F., Flynn, J. A., Mathews, I. Z.: **Social instability stress in adolescent male rats alters hippocampal neurogenesis and produces deficits in spatial location memory in adulthood.** Hippocampus, 22. 1300–1312, 2012.
- McCraty, R., Barrios-Choplin, B., Atkinson, M., Tomasino, D.: **The effects of different types of music on mood, tension, and mental clarity.** Altern Ther Health Med, 4. 75-84, 1998.
- McDermott, J., Hauser, M.D.: **Nonhuman primates prefer slow tempos but dislike music overall.** Cognition, 104. 654-668, 2007.
- McEwen, B.: **Stress, adaptation, and disease. Allostasis and allostatic load.** Ann NY Acad Sci, 840. 33-44, 1998.
- McEwen, B. S., Milner, T. A.: **Understanding the broad influence of sex hormones and sex differences in the brain.** J Neurosci Res, 95. 24–39, 2017.
- McEwen, B., Stellar, E.: **Stress and the individual: mechanisms leading to disease.** Arch Intern Med, 153. 2093-2101, 1993.
- McFarland, D. J., Sibly, R. M.: **The behavioural final common path.** Phil Trans R. Soc Lond B, 270. 265-293, 1975.
- McIntosh, L. J., Sapolsky, R. M.: **Glucocorticoids increase the accumulation of reactive oxygen species and enhance adriamycin-induced toxicity in neuronal culture.** Exp Neurol, 141. 201–206, 1996.
- McKinney, C., Tims, F. C., Kumar, A. M., Kumar, M.: **The effect of selected classical music and spontaneous imagery on plasma b-endorphin.** J Behav Med, 20. 85-99, 1997.
- 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.* Washington: I.K., 1998.
- Metz, J., Oosterlee, C. C.: **Immunologische und ethologische Kriterien für die artgemasse Haltung von Sauen und Ferkeln.** Aktuelle Arbeiten zur artgemassen Tierhaltung, 264. 39-50, 1981.
- Mihina, S., Kazimirova, V., Copland, T.A.: **Technology for farm animal husbandry.** Nitra: Slovak Agricultural University, 2012. p. 66-99.

- Miller, K. A., Williams, L., Dahl, H. H. M., Manji, S. S. M.: **A Novel Mouse Model of Hereditary Deafness.** PLoS ONE, 8. e74243, 2013.
- Milligan, S. R., Sales, G. D., Khirnykh, K.: **Sound levels in rooms housing laboratory animals: an uncontrolled daily variable.** Physiol Behav, 53. 1067-1076, 1993.
- Milliman, R.: **Using background music to affect the behavior of supermarket shoppers.** J Marketing, 46. 86-91, 1982.
- Milliman, R.: **The influence of background music on the behavior of restaurant patrons.** J Consumer Res, 13. 286-289, 1986.
- Millman, S. T., Duncan, I. J., Stauffacher, M., Stookey, J. M.: **The impact of applied ethologists and the International Society for Applied Ethology in improving animal welfare.** Appl Anim Behav Sci, 86. 299-311, 2004.
- Mills, A. D., Faure, J. M.: **Panic and hysteria in domestic-fowl -a review.** In: *Social stress in domestic animals.* Szerk.: Zayan, R. Dordrecht: Kluwer Academic Publication, 1990. p. 248–272.
- Milner, T. A., Burstein, S. R., Marrone, G. F., Khalid, S., Gonzalez, A. D., Williams, T. J., Schierberl, K. C., Torres-Reveron, A., Gonzales, K. L., McEwen, B. S., Waters, E. M.: **Stress differentially alters mu opioid receptor density and trafficking in parvalbumin-containing interneurons in the female and male rat hippocampus.** Synapse, 67. 757-772, 2013.
- Moberg, G. P.: **Biological response to stress: key to assessment of animal wellbeing?** In: *Animal Stress.* Szerk.: Moberg, D. G., Bethesda: American Physiological Society, 1985. p. 27-49.
- Moberg, G. P.: **Stress: Diagnosis, cost and management.** In: *The Well-Being of Agricultural Animals in Biomedical and Agricultural Research.* Szerk.: Mench, D. J., Mayer, S.J., Krulisch, L. Bethesda: Scientists Center for Animal Welfare. 1992. p. 58-61
- Moberg, G. P.: **Biological response to stress: Implications for animal welfare.** In: *The Biology of Animal Stress: Basic Principle and Implications for Animal Welfare.* Szerk.: Moberg, G. P., Mench, J. A. London: CABI Publishing, 2000. p. 1-21.
- Moregaonkar, S., Bharkad, G.P., Patil, A.D., Markandeya, N.M.: **Effect of Indian instrumental music on milk production related factors in Deoni cows.** Livestock Int, 10. 2-5, 2006.
- Morgan, K., Tromborg, C. T.: **Sources of stress in captivity.** Appl Anim Behav Sci, 102. 262-302, 2007.
- Morton, D., Burghardt, G., Smith, J. A.: **Critical anthropomorphism, animal suffering and the ecological context.** Hastings Cent Rep, 20. 13-19, 1990.
- Møller, A. P., Manning, J.: **Growth and developmental instability.** Vet J, 166. 19–27, 2003.
- Muller, W.: **Effects of excessive noise on man and animals.** In: *Animal production and environmental health,* Szerk.: Stanch, D. D. Amsterdam: Elsevier. 1987. p. 40-46.
- Nadel, L., Hardt, O.: **Update on memory systems and processes.** Neuropsychopharmacol, 36. 251 – 273, 2011.
- Nankova, B., Kvetnanský, R., McMahon, A., Viskupic, E., Hiremagalur, B., Frankle, G., Fukuhara, K., Kopin, I. J., Sabban, E. L.: **Induction of tyrosine hydroxylase gene expression by a nonneuronal nonpituitary-mediated mechanism in immobilization stress.** Proc Natl Acad Sci USA, 91. 5937–5941, 1994.
- Nelson, A., Hartl, W., Jauch, K. W., Fricchione, G. L., Benson, H., Warshaw, A. L., Conrad, C.: **The impact of music on hypermetabolism in critical illness.** Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 11. 790-794, 2008.
- Newberry, R.: **Environmental enrichment - increasing the biological relevance of captive environments.** Appl Anim Behav Sci, 44. 229-243, 1995.
- Nilsson, U.: **Soothing music can increase oxytocin levels during bed rest after open-heart surgery: a randomised control trial.** J Clin Nurs, 18. 2153–2161, 2009.
- Noda, R., Maeda, Y., Yoshino, A.: **Therapeutic time window for musicokinetic therapy in a persistent vegetative state after severe brain damage.** Brain Inj, 18. 509-515, 2004.

- Núñez, M., Maña, P., Liñares, D., Riveiro, M. P., Balboa, J., Suarez-Quintanilla, J., Freire-Garabal, M.: **Music, immunity and cancer.** *Life Sci*, 71. 1047-1057, 2002.
- Ohl, F.: **Animal models of anxiety.** In: *Anxiety and Anxiolytic Drugs*. Szerk.: Holsboer, F., Ströhle, A. Berlin: Springer, 2005. p. 35-69.
- Ohl, F., Arndt, S. S., van der Staay, F. J.: **Pathological anxiety in animals.** *Vet J*, 175. 18-26, 2008.
- Olton, D. S., Samuelson, R. J.: **Remembrance of places passed: spatial memory in rats.** *J Exp Psychol Anim Behav Proc*, 2. 97–116, 1976.
- Otsuka, Y., Yanagi, J., Watanabe, S.: **Discriminative and reinforcing stimulus properties of music for rats.** *Behav Processes*, 80. 121-127, 2009.
- Ottolenghi, A.: **Interaction of ascorbic acid on mitochondrial lipides.** *Arch Biochem Biophys*, 79. 355-363, 1959.
- Paden, W., Barko, K., Puralewski, R., Cahill, K. M., Huo, Z., Shelton, M. A., Tseng, G. C., Logan, R. W., Seney, M. L.: **Sex differences in adult mood and in stress-induced transcriptional coherence across mesocorticolimbic circuitry.** *Transl Psychiatry*, 10. 59, 2020
- Pajor, E., Rushen, J., De Passille, A. M. B.: **Aversion learning techniques to evaluate dairy cattle handling practices.** *Appl Anim Behav Sci*, 69. 89-102, 2000.
- Papoutsoglou, S.: **Effect of Mozart's music (Romanze-Andante of "Eine Kleine Nacht Musik," sol major, K525) stimulus on common carp (Cyprinus carpio L.) physiology under different light conditions.** *Aquacultural Engineering*, 36. 61-72, 2007.
- Papoutsoglou, S., Karakatsouli, N., Papoutsoglou, E.S., Vasilikos, G.: **Common carp (Cyprinus carpio) response to two pieces of music ("Eine Kleine Nachtmusik" and "Romanza") combined with light intensity, using recirculating water system.** *Fish Physiol Biochem*, 36. 539-554, 2010.
- Parsons, P. A.: **Fluctuating asymmetry: a biological monitor of environmental and genomic stress.** *Heredity*, 68. 361–364, 1992.
- Pál, L., Kulcsár, M., Poór J., Wágner, L., Nagy, S., Dublec, K., Husvéth, F.: **Effect of feeding different oils on plasma corticosterone in broiler chickens.** *Acta Vet Hung*, 63. 179–188, 2015.
- Pelleymounter, M. A., Cullen, M. J., Baker, M. B., Gollub, M., Wellman, C.: **The effects of intrahippocampal BDNF and NGF on spatial learning in aged long evans rats.** *Mol Chem Neuropathol*, 29. 211-226, 1996.
- Perremans, S., Randall, J. M., Rombouts, G., Decuyper, E., Geers, R.: **Effect of whole-body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocorticotrophic hormone levels in piglets.** *J Anim Sci*, 79. 975-981, 2001.
- Petrie, A., Watson, P.: **Statistics for Veterinary and Animal Science.** Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. p. 102 –105.
- Pezet, S., Malcangio, M.: **Brain-derived neurotrophic factor as a drug target for CNS disorders.** *Expert Opin Ther Targets*, 8. 391-399, 2004.
- Pietschnig, J., Voracek, M., Formann, A. M.: **Mozart effect-shmozart effect: a metaanalysis.** *Intelligence*, 38. 314–323, 2010.
- Poli, M., Previde, E. P.: **Discrimination of musical stimuli by rats (Rattus norvegicus).** *Intern J Comp Psychol*, 5. 7-18, 1991.
- Porter, D., Neuringer, A.: **Musical discrimination by pigeons.** *J Exp Psychol*, 10. 138-148, 1984.
- Powledge, T. M.: **Behavioral epigenetics: How nurture shapes nature.** *Biosci*, 61. 588-592, 2011.
- Poole, T. B.: **Meeting a mammal's psychological needs: basic principles.** In: *Second Nature: Environmental Enrichment for Captive Animals*. Szerk.: Sheperdson, D. J., Mellen, J. D., Hutchins, M.: Washington: Smithsonian Intitution Press, 1998.
- Price, E.: **Behavioral aspects of animal domestication.** *Q Rev Biol*, 59. 1 -32, 1984.
- Prut, L., Belzung, C.: **The open field as a paradigm to measure the effects of drugs on anxiety-like behaviors: a review.** *Eur J Pharmacol*, 463. 3-33, 2003.

- Rabin, L., McCowan, B., Hooper, S. L., Owings, D. H.: **Anthropogenic noise and its effect on animal communication: an interface between comparative psychology and conservation biology.** *Int J Comp Psychol*, 16. 172-192, 2003.
- Rafai, P.: **Állatorvosi alkalmazott etológia.** Budapest: I.k. 1999. p. 106-123.
- Ragneskog, H., Bråne, G., Karlsson, I., Kihlgren, M.: **Influence of dinner music on food intake and symptoms common in dementia.** *Scand J Caring Sci*, 10. 11-17, 1996.
- Rampp, C., Eichelkraut, A., Best, J., Czamara, D., Rex-Haffner, M., Uhr, M., Binder, E. B., Menke, A.: **Sexrelated differential response to dexamethasone in endocrine and immune measures in depressed in-patients and healthy controls.** *J Psychiatr Res*, 98. 107-115, 2018.
- Rauscher F. H., Robinson K. D., Jens J. J.: **Improved maze learning through early music exposure in rats.** *Neurol Res*, 20. 427-432, 1998.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., Ky, K. N.: **Music and spatial task performance.** *Nature*, 365. 611, 1993.
- Rauscher, F., Shaw, G., Levine, L., Wright, E., Dennis, W., Newcomb, R.: **Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning.** *Neurol Res*, 19. 2-8, 1997.
- Reiczigel, J., Harnos, A., Solymosi, N.: **Biostatisztika.** Nagykovács: Pars Kft., 2007. p. 209-210.
- Reynolds, R. P., Kinard, W. L., Degraff, J. J., Leverage, N., Norton, J. N.: **Noise in a laboratory animal facility from the human and mouse perspectives.** *J Am Assoc Lab Anim Sci*, 5. 592-597, 2010.
- Reynolds, K., Pietrzak, R. H., El-Gabalawy, R., Mackenzie, C. S., Sareen, J.: **Prevalence of psychiatric disorders in U. S. older adults: findings from a nationally representative survey.** *World Psychiatry*. 14. 74-81, 2015.
- Rideout, B. E., Laubach, C. E.: **EEG correlates of enhanced spatial performance following exposure to music.** *Percept Mot Ski*, 82. 427-432, 1996.
- Rodgers, R. J., Dalvi, A.: **Anxiety, defence and the elevated plus-maze.** *Neurosci Biobehav Rev*, 21. 801-810, 1997.
- Roy, S., Nag, T. C., Upadhyay, A. D., Mathur, R., Jain, S.: **Prenatal music stimulation facilitates the postnatal functional development of the auditory as well as visual system in chicks (*Gallus domesticus*).** *J Biosci*, 39. 1-11, 2014.
- Rozema, R.: **Noise and vibration considerations for the animal lab environment.** *ALNmag.com*. <https://www.alnmag.com/article/2009/03/noise-vibration-considerations-animal-lab-environment>. Publikálva: 2009. március 31., Letöltve: 2017. december 11.
- Rubin, C. T., Capilla, E., Luu, Y. K., Busa, B., Crawford, H., Nolan, D. J., Mittal, V., Rosen, C. J., Pessin, J. E., Judex, S.: **Adipogenesis is inhibited by brief, daily exposure to high-frequency, extremely low-magnitude mechanical signals.** *Proc Natl Acad Sci*, 104. 17879-17884, 2007.
- Ruiz-Larrea, M. B., Martín, C., Martínez, R., Navarro, R., Lacort, M., Miller, N. J.: **Antioxidant activities of estrogens against aqueous and lipophilic radicals; differences between phenol and catechol estrogens.** *Chem Phys Lipids*, 105. 179-188, 2000.
- Rushen, J., Lawrence, A. B., Terlouw, E. M. C.: **The motivational basis of stereotypes.** In: *Stereotypic Animal Behaviour: Fundamentals and Applications to Welfare*. Szerk.: Mason, G., Rushen, J. Wallingford: CABI. 1993. p. 41-64.
- Rushen, J.: **Some issues in the interpretation of behavioural responses to stress.** In: *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare*. Szerk.: Moberg, G., Mench, J. New York: CABI. 2000. p. 23-42.
- Sahin, E., Gümüşlü, S.: **Alterations in brain antioxidant status, protein oxidation and lipid peroxidation in response to different stress models.** *Behav Brain Res*, 55. 241-248, 2004a.
- Sahin, E., Gümüşlü, S.: **Cold-stress-induced modulation of antioxidant defence: role of stressed conditions in tissue injury followed by protein oxidation and lipid peroxidation.** *Int J Biometeorol*, 48. 165-171, 2004b.

- Sarnthein, J., von Stein, A., Rappelsberger, P., Petsche, H., Rauscher, F.H., Shaw, G.L.: **Persistent patterns of brain activity: an EEG coherence study of the positive effect of music on spatial-temporal reasoning.** *Neurol Res*, 19. 107–116, 1997.
- Sartori, S. B., Landgraf, R., Singewald, N.: **The clinical implications of mouse models of enhanced anxiety.** *Future Neurol*, 6. 531-571, 2011.
- Scanes, C. G.: **Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio.** *Poult Sci*, 95. 2208–2215, 2016.
- Scharfman, H., Goodman, J., Macleod, A., Phani, S., Antonelli, C., Croll, S.: **Increased neurogenesis and the ectopic granule cells after intrahippocampal BDNF infusion in adult rats.** *Exp Neurol*, 192. 348-356, 2005.
- Schiemann, U., Gross, M., Reuter R., Kellner, H.: **Improved procedure of colonoscopy under accompanying music therapy.** *Eur J Med Res*, 7. 131-134, 2002.
- Selye, J.: **A syndrome produced by diverse nocuous agents.** *Nature*, 138. 32., 1936.
- Selye, J.: **The evolution of the stress concept.** *Anim Sci*, 61. 692-699, 1973.
- Seney, M. L., Chang, L. C., Oh, H., Wang, X., Tseng, G. C., Lewis, D. A., Sibille, E.: **The role of genetic sex in affect regulation and expression of GABA-related genes across species.** *Front Psychiatry*, 4. 104, 2013.
- Shivarajashankara, Y. M., Shivashankara, A. R., Bhat, P. G., Rao, S. H.: **Lipid peroxidation and antioxidant systems in the blood of young rats subjected to chronic fluoride toxicity.** *Indian J Exp Biol*, 41. 857-860, 2003.
- Shors, T. J., Chua, C., Falduto, J.: **Sex differences and opposite effects of stress on dendritic spine density in the male versus female hippocampus.** *J Neurosci*, 21. 6292-6297, 2001.
- Siedliecki, S., Good, M.: **Effect of music on power, pain, depression and disability.** *J Adv Nurs*, 54. 553-562, 2006.
- Siegel, H.: **Effects of behavioural and physical stressors on immune responses.** In: *Biology of Stress in farm Animals: An Integrative Approach. Current Topics in Veterinary Medicine and animal Science.* Szerk.: Wiepkema, P. R., van Adrichem, P. W. M. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p. 39-54.
- Simiand, J., Keane, P. E., Morre, M.: **The staircase test in mice: a simple and efficient procedure for primary screening of anxiolytic agents.** *Psychopharmacol*, 84. 48-53, 1984.
- Snowdon, C. T., Teie, D., Savage, M.: **Cats prefer species-appropriate music.** *Appl Anim Behav Sci*, 116. 106–111, 2015.
- Sossidou, E., Csiszter, L. T., Szűcs, E., Govej-Dian, D.: **Socio-economic framework of farm animal welfare,** *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 64. 81-93, 2015.
- Sousou, S.: **Effects of melody and lyrics on mood and memory.** *Percept Mot Ski*, 85. 31-40, 1997.
- Steckler, R., Drinkenburg, W. H., Sahgal, A., Aggleton, J. P.: **Recognition memory in rats – I. Concepts and classification.** *Prog Neurobiol*, 54. 289-311, 1998.
- Steele, K. M.: **Unconvincing evidence that rats show a Mozart effect.** *Music Percept*, 23. 455–458, 2006.
- Sternbach, H.: **Age-associated testosterone decline in men: clinical issues for psychiatry.** *Am J Psychiatry*, 155. 1310–1318, 1998.
- Stevenson, D. K., Verter, J., Fanaroff, A. A., Oh, W., Ehrenkranz, R. A., Shankaran, S., Donovan, E. F., Wright, L. L., Lemons, J. A., Tyson, J. E., Korones, S. B., Bauer, C. R., Stoll, B. J., Papile, L. A.: **Sex differences in outcomes of very low birthweight infants: the newborn male disadvantage.** *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 83. 182–185, 2000.
- Sung, H., Chang, A. M.: **Use of preferred music to decrease agitated behaviours in older people with dementia: a review of the literature.** *J Clin Nurs*, 14. 1133-1140, 2005.
- Sutoo, D., Akiyama, K.: **Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation.** *Brain Res*, 1016. 255-262, 2004.

- Szirmai, I. (Szerk.): **Neurológia**. Harmadik kiadás. Budapest: Medicina Könyvkiadó Zrt., 2011. p. 151-156.
- Suda, M., Morimoto, K., Obata, A., Koizumi, H., Maki, A.: **Cortical responses to Mozart's sonata enhance spatial-reasoning ability**. *Neurol Res*, 30. 885-888, 2008.
- Sváb, J.: **Biometriai módszerek a kutatásban**. Harmadik kiadás. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 1981. p. 47-84.
- Tasset, I., Quero, I., Garcia-Mayórgaz, Á. D., Rio del, M. C., Túnez, I., Montilla, P.: **Changes caused by haloperidol are blocked by music in Wistar rats**. *J Physiol Biochem*, 68. 175–179, 2012.
- Tchernichovski, O., Golani, I.: **A phase plane representation of rat exploratory behavior**. *J Neurosci Meth*, 62. 21-27, 1995.
- Terlouw, E., Lawrence, A. B., Ladewig, J., de Passillé, A .M. B., Rushen, J., Schouten, W.: **A relationship between stereotypies and cortisol in sows**. *Behav Processes*, 25. 133-153, 1991.
- Thaxton, J. P., Puvadolpirod, S.: **Model of physiological stress in chickens 5. Quantitative evaluation**. *Poult Sci*, 79. 391–395, 2000.
- Thaxton, J. P., Stayer, P., Ewing, M., Ricem J.: **Corticosterone in commercial broilers**. *J Appl Poult Res*, 14. 745–749, 2005.
- Tian, B., Reser, D., Durham, A., Kustov, A., Rauschecker, J. P.: **Functional specialization in rhesus monkey auditory cortex**. *Science*, 292. 290-293, 2001.
- Toraason, M. A., Badger, D. W., Wright, G. L.: **Gastrointestinal response in rats to vibration and restraint**. *Environ Res*, 23. 341-347, 1980.
- Turner, J. G., Parrish, J. L., Hughes, L. F., Toth, L. A., Caspary, D. M.: **Hearing in laboratory animals: strains differences and nonauditory effects of noise**. *Comp Med*, 55. 12-23, 2005.
- Türkyılmaz, M. K.: **The effect of stocking density on stress reaction in broiler chickens during summer**. *Turk J Vet Anim Sci*, 32. 31–36, 2008.
- Uetake, K., Hurnik, J. F., Johnson, L.: **Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system**. *Appl Anim Behav Sci*, 53. 175-182, 1997.
- Ushakov, I. B., Soloshenko, N. V., Koslovskij, A. P.: **The examination of resonance frequencies of vibration in rats**. *Kosm Biol Aviakosm Med*, 17. 65-68, 1983.
- van Loo, H. M., Aggen, S. H., Gardner, C. O., Kendler, K. S.: **Sex similarities and differences in risk factors for recurrence of major depression**. *Psychol Med*, 48. 185-1693, 2018.
- van Loo, P. L. P., Croes, I. A. A., Baumans, V.: **Music for mice: does it affect behavior and physiology?** Abstract, Telemetry Workshop, FELASA Congress, Nantes, France, 2004.
- van Poucke, E., Van Nuffel, A., Van Dongen, S., Sonck, B., Lens, L., Tuytens, F. A. M.: **Experimental Stress Does Not Increase Fluctuating Asymmetry of Broiler Chickens at Slaughter Age**. *Poult Sci*, 86. 2110–2116, 2007.
- Varner, G.: **In Nature' Interests? Interests, Animal Rights and Environmental Ethics**. Oxford: Oxford University Press. 1999.
- Vasanth, L., Jeyakumar, A., Pitchai, M. A.: **Influence of music on the growth of koi carp, Cyprinus carpio (Pisces: Cyprinidae)**. *NAGA Worldfish Center Quarterly*, 26. 25-26, 2003.
- Venarucci, D., Venarucci, V., Vallese, A., Battilà, L., Casado, A., De la Torre, R., Lopez Fernandez, M. E.: **Free radicals: important cause of pathologies refer to ageing**. *Panminerva Medica*, 41. 335–339, 1999.
- Ver Hoeve, E. S., Kelly, G., Luz, S., Ghanshani, S., Bhatnagar, S.: **Short-term and long-term effects of repeated social defeat during adolescence or adulthood in female rats**. *Neurosci*, 249. 63–73, 2013.
- Vezer, T., Schulz, H., Nagymajtényi, L.: **Memory effect of neurotoxic lead compounds in subacute animal experiments**. *Central Eur J Occup Environ Med*, 6. 209–216, 2000.

- Vezer, T., Varhelyi, Z., Ivitz, E., Horvath, K., Horvath, T., Lukacs, A., Szabo, A., Papp, A., Fekete Gy, S.: **Effects of environmental epigenetic factors on cognitive behavior of rats.** Abstract, Proc.17th DKMT Euroregional Conf. Environ. Health. June 5–6, Szeged. 2015.
- Viau, V.: **Functional cross-talk between the hypothalamic-pituitary-gonadal and -adrenal axes.** J Neuroendocrinol, 14. 506–513, 2002.
- Viau, V., Meaney, M. J.: **Variations in the hypothalamic-pituitary-adrenal response to stress during the estrous cycle in the rat.** Endocrinol, 129. 2503–2511, 1991.
- Videan, E., Fritz, J., Howell, S., Murphy, J.: **Effects of two types and two genre of music on social behavior in captive chimpanzees (Pan troglodytes).** J Am Assoc Lab Anim Sci, 46. 66-70, 2007.
- Von Borell, E., Broom, D. M. , Csermely, D., Dijkhuizen, A. A., Edwards, S. A., Jensen, P., Stamataris, C.: **The Welfare of Intensively Kept Pigs. Report of the Scientific Veterinary Committee.** Brussels: European Union, 1997.
- Von Borell, E., Langbein, J., Després, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant-Forde, J., Veissier, I.: **Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals — A review.** Physiol Behav, 92. 293-316, 2007.
- Voronych, N. M., Iemel'ianenko, I. V.: **Lipid peroxidation and antioxidant system activity in the brain, stomach and heart tissues and blood serum of rats under stress.** Fiziol Zh, 40. 114–117, 1994.
- Voslarova, E, Chloupek, P, Chloupek, J, Bedanova, I., Pistekova, V., Vecerek, V.: **The effects of chronic intermittent noise exposure on broiler chicken performance.** Anim Sci J, 82. 601–606, 2011.
- Vuilleumier, P., Trost, W.: **Mice and emotions: from enchantment to entrainment.** Am NY Acad Sci, 1337. 2012-2022, 2015.
- Watanabe, S.: **How animals perceive music? Comparative Study of Discriminative and Reinforcing Properties for Infrahuman animals.** CARLS Series of Advanced Study of Logic and Sensibility, 2. 5-16, 2009.
- Watanabe S., Nemoto M.: **Reinforcing property of music in Java sparrows (Padda oryzivora).** Behav Process, 43. 211–218, 1998.
- Watanabe S., Sato K.: **Discriminative stimulus properties of music in Java sparrows.** Behav Process, 47. 53–57, 1999.
- Watanabe, S., Uozumi, M., Tanaka, N.: **Discrimination of consonance and dissonance in java sparrows.** Behav Process, 70. 203-208, 2005.
- Waynert, D. F., Stookey, J. M., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Watts, J. M., Waltz, C. S.: **The response of beef cattle to noise during handling.** Appl Anim Behav Sci, 62. 27–42, 1999.
- Weisenhorn, D., Roback, J., Young, A.N., Wainer, B.H.: **Cellular aspects of trophic actions in the nervous system.** Int Rev Cytol, 189. 177-265, 1999.
- Weiss, S. M., Lightowler, S., Stanhope, K. J., Kennett, G. A., Dourish, C. T.: **Measurement of anxiety in transgenic mice.** Rev Neurosci, 11. 59-74, 2000.
- Wells, D.: **Sensory stimulation as environmental enrichment for captive animals: a review.** Appl Anim Behav Sci, 118. 1-11, 2009.
- Wells, D., Graham, L., Hepper, P.G.: **The Influence of auditory stimulation on the behaviour of dogs housed in a rescue shelter.** Anim Welfare, 11. 385-393, 2002.
- Wells, D., Hepper, P. G.: **The behaviour of dogs in a rescue shelter.** Anim Welfare, 1. 171–186, 1992.
- West, M.: **Music therapy in antiquity.** In: *Music as medicine.* Szerk.: Horden, P. H.n.: Routledge. 2017. p. 51-68.
- Widman, D. R., Abrahamsen, G. C., Rosellini, R. A.: **Environmental enrichment: the influences of restricted daily exposure and subsequent exposure to uncontrollable stress.** Physiol Behav, 51. 309-318, 1992.

- Wisniewski, E., Albright, J.L., Dillon, W.M., Cunningham, M.D., Taylor, R.W.: **Behavioral-responses of heifers trained to enter milking parlor by conditioning methods.** J Dairy Sci, 60. 90. 1977.
- Wong, P. C., Skoe, E., Russo, N. M., Dees, T., Kraus, N.: **Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch pattern.** Nat Neurosci, 10. 420-422, 2007.
- Wood, G. E., Shors, T. J.: **Stress facilitates classical conditioning in males, but impairs classical conditioning in females through activational effects of ovarian hormones.** Proc Natl Acad Sci USA, 95. 4066-4071, 1998.
- Wright, A. A.: **Episodic memory: a rat model of source memory.** Curr Biol, 23. 198–200, 2013.
- Xie, L., Jacobson, J. M., Choi, E. S., Busa, B., Donahue, L. R., Miller, L. M., Rubin, C. T., Judex, S.: **Low-level mechanical vibrations can influence bone resorption and bone formation in the growing skeleton.** Bone, 39. 1059-1066, 2006.
- Xing, Y., Xia, Y., Kendrick, K., Liu, X., Wang, M., Wu, D., Yang, H., Jing, W., Guo, D., Yao, D.: **Mozart, Mozart rhythm and retrograde Mozart effects: evidences from behaviours and neurobiology bases.** Nature Sci Rep, 6. 18744, 2016.
- Xu, Y., Lee, A., Wu, W. L., Liu, X., Birkholz, P.: **Human vocal attractiveness as signaled by body size projection.** PloSOne, 8. e6397, 2013.
- Xu, J., Yu, L., Cai, R., Zhang, J., Sun, X.: **Early auditory enrichment with music enhances auditory discrimination learning and alters NR2B protein expression in rat auditory cortex.** Behav Brain Res, 196. 49–54, 2009.
- Yalch, R., Spangenberg, E.R.: **The effects of music in a retail setting on real and perceived shopping times.** J Bus Res, 49. 139-147, 2000.
- Yang, E. J., Lin, E. W., Hensch, T. K.: **Critical period for acoustic preference in mice.** Proc Natl Acad Sci, 109. 17213, 2012.
- Yerkes, R. M.: **Almost human.** New York: Century, 1925.
- Young, E. A.: **Sex differences in response to exogenous corticosterone: A rat model of hypercortisolemia.** Mol Psychiatry, 1. 313–319, 1996.
- Young, E. A., Altemus, M., Lopez, J. F., Kocsis, J. H., Schatzberg, A. F., DeBattista, C., Zubieta, J. K.: **HPA axis activation in major depression and response to fluoxetine: a pilot study.** Psychoneuroendocrinol, 29. 1198–1204, 2004.
- Zhang, S. Y., Peng, G. Y., Gu, L. G., Li, Z. M., Yin, S. J.: **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, 19. 212-216, 2013.
- Zucker, I., Beery, A.: **Males still dominate animal studies.** Nature, 465. 690, 2010.

9. A doktori kutatás eredményeinek közlései

9.1. Lektorált, impakt faktoral bírótudományos folyóiratban megjelent publikációk

Fekete, S. Gy., Korsós, G.: **Különböző emberi környezethatások (szocializáció, zene, zajzene, zaj) befolyása a patkányok viselkedésére : 1. rész**, Magyar Állatorvosok Lapja, 135. 117-122, 2013.

Fekete S. Gy., Sukikara C, Korsós, G.: **Különböző emberi környezethatások (szocializáció, zene, zajzene, zaj) befolyása a patkányok viselkedésére: 3. rész. Különböző típusú zajok hatása a patkányok porondteszt-viselkedésére**. Magyar Állatorvosok Lapja, 135. 692-698, 2013.

Fekete, S. Gy., Lukács, A., Horváth, K., Korsós, G., Vezér, T.: **Mozart-szonáta hatása patkányok tanulási és emlékezési teljesítményére**. Magyar Állatorvosok Lapja, 136. 167-176, 2014.

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 kölcsönhatásra I. Irodalmi összefoglaló**. Magyar Állatorvosok Lapja, 138. 695-704, 2016.

Korsós, G., Brown, D. L., Windig-Zavadil, C., Rühlicke T., Fekete S. Gy.: **Egéretológia: különböző emberi és rodentizált zene hatása az egerek társas és egyéni viselkedésére, közérzetére és a genetika-környezet kölcsönhatásra: II. Eredeti és öt oktávval megemelt Bach- és Mozart-zene hatása különböző genotípusú egerek viselkedésére**. Magyar Állatorvosok Lapja, 138. 743-752, 2016.

Korsós, G., Horváth, K., Lukács, A., Vezér, T., Glávits, R., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Effects of accelerated human music on learning and memory performance of rats**. Appl Anim Behav Sci, 202. 94-99, 2018.

Korsós, G., Kulcsár, M., Szabóné Benyeda, Zs., Glávits, R., Bersényi, A., Gáspárdy, A., Fekete, S. Gy.: **The effect of noise and music on young meat chickens' behaviour and stress state**. J Dairy Vet Anim Res, 8. 146-151, 2019.

9.2. Konferencia prezentációk

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.** (*poszter*) Acoustic Communication By Animals” 3rd Intern. Conf. Aug.1-5, Cornell. 2011. p. 41-42.

Korsós., G., Brown, D. L., Williams, W. O., Winding, C., Rüllicke, T., Falkenhorst, O., Rácz, N., Fekete, S. Gy.: **Effects of rodentized Mozart- and Bach-music on mice openfield behaviour** (*poszter*) IV. Central and Eastern European Laboratory Animal (CEELA-2015) Triannual Conference, 2015. 11. 28.

Korsós, G., Benedek, T., Benyeda, Zs., Kulcsár, M., Glávits, R., Fekete, S. Gy.: **A zaj és a zene hatása az 1-21 napos csirkék viselkedésére, stresszállapotára és kortikoszteron-vérszintjére** (*poszter*) IV. Central and Eastern European Laboratory Animal (CEELA-2015) Triannual Conference, 2015. 11. 28.

Korsós, G., Benedek, T., Benyeda, J., Kulcsár, M., Glávits, R., Fekete, S. Gy.: **A zaj és zene hatása az 1-21 napos csirkék viselkedésére és stresszállapotára** (*szóbeli prezentáció*). In Memoriam Kovács Ferenc Nemzetközi Állatorvos és Állattenyésztő Kongresszus. 2016. 10. 9-12. Magyar Állatorvosok Lapja. 138. Suppl. I. 2016.

Korsós, G., Glávits, R., Bózi, Sz., Fekete, S. Gy.: **Lehetséges-e patkányokat környezeti zajokhoz szoktatni?** (*poszter*) Magyar Laborállat-tudományi Egyesület Nemzetközi Tudományos Ülése. 2017. május 25.

Korsós, G., Glávits, R., Tóth, I. M., Fekete, S. Gy.: **Különböző eredetű szaganyagok hatása naiv, választott patkányokra.** (*poszter*) Magyar Laborállat-tudományi Egyesület Nemzetközi Tudományos Ülése. 2017. május 25.

Fodor, K., Korsós, G., Fekete, S. Gy.: **Az olfaktórikus környezet állatvédelmi vonatkozásai** (*szóbeli prezentáció*). 6th Scientific Day of Animal Breeding in Gödöllő. 2017. 11. 24. Book of Abstracts of presentations and posters. Szerk.: Bényi, E. et al. Gödöllő: University Publisher

Korsós., G., Dudás, K. D., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Emberi zene hatása menhelyi kutyák viselkedésére** (*szóbeli prezentáció*). 6th Scientific Day of Animal Breeding in Gödöllő. 2017. 11. 24. Book of Abstracts of presentations and posters. Szerk.: Bényi, E. et al. Gödöllő: University Publisher

Korsós, G., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Olfaktórikus epigenetikai hatások a patkányok viselkedésében** (*szóbeli prezentáció*). 6th Scientific Day of Animal Breeding in

Gödöllő. 2017. 11. 24. Book of Abstracts of presentations and posters. Szerk.: Bényi, E. et al. Gödöllő: University Publisher

Korsós, G.: **The role a phenotyping in the qualification of the transgenic rodents.** (szóbeli prezentáció) IV. Central and Eastern European Laboratory Animal (CEELA-2018) Triannual Conference, 2018. 06. 02.

Bersényi, A., Fodor, K., Korsós, G., Fekete, S. Gy.: **Dogs in research.** (poszter), IV. Central and Eastern European Laboratory Animal (CEELA-2018) Triannual Conference, 2018. 06. 02.

Korsós, G., Blázovics, A., Fekete, S. Gy.: **A heveny és ismétlődő zajterhelés hatása hím és nőstény egerek agyszövetének lipidperoxidációs folyamataira.** (poszter) IV. Central And Eastern European Laboratory Animal (Ceela-2018) Triannual Conference 2018. 06. 02.

Korsós, G., Dudás, K. D., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Zene hatása menhelyi kutyák viselkedésére.** (poszter) IV. Central and Eastern European Laboratory Animal (CEELA-2018) Triannual Conference, 2018. 06. 02.

Bersényi, A., Fodor, K., Korsós, G., Fekete, S. Gy.: **Canine Models In Biomedical Research.** (Poszter) Abstracts of 14th FELASA congress 2019. Lab Anim, 53. Suppl 1, 2019.

Korsós, G., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **The effect of music upon the behaviour of shelter dogs.** (poszter) Abstracts of 14th FELASA congress 2019. Lab Anim, 53. Suppl 1, 2019.

Korsós, G., Blázovics, A., Fekete, S. Gy.: **Effect of noise exposure on the lipidperoxidation in the brain of mice.** Abstracts of 14th FELASA congress 2019. Lab Anim, 53. Suppl 1, 2019.

9.3. Akadémiai beszámolók

Korsós, G., Benedek, T., Benyeda, J., Kulcsár, M., Glávits, R., Fekete, S. Gy.: **A zaj és a zene hatása az 1-21 napos csirkék viselkedésére, stresszállapotára és kortikoszteronvérszintjére.** 2015. január 26.

Korsós, G., Bozi, Sz., Glávits, R., Fekete, S. Gy.: **Patkányok hozzászoktatása zajokhoz.** 2016. január 25.

Korsós, G., Dudás, K. D., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Zene hatása menhelyi kutyák viselkedésére.** 2018. január 22-25.

Korsós, G., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Olfaktórikus ingerek hatása patkányok viselkedésére.** 2018. január 22-25.

9.4. A doktori kutatás témájához nem kapcsolódó tudományos közlemények

Hullár, I., Andrásófszky, E., Korsós, G., Fekete, S. Gy.: **A glicinkiegészítés hatása a macskák önkéntes takarmányfelvételére és a táplálóanyagok emészthetőségére.** Magyar Állatorvosok Lapja, 136. 713-719, 2014.

Hullár, I., Andrásófszky, E., Korsós, G., Fekete, S. Gy.: **A macskamenta (Nepeta cataria) hatása a macska viselkedésére, tápválogatására és a táplálóanyagok emészthetőségére.** Magyar Állatorvosok Lapja, 137. 477-486. 2015.

Fekete, S. Gy., Korsós, G.: **A nyúl (Oryctolagus cuniculus) mint kísérleti modell: Irodalmi áttekintés.** Magyar Állatorvosok Lapja, 137. 369-376, 2015.

Korsós, G., Cenkvári, É., Gáspárdy, A., Fekete, S. Gy.: **Különleges laborállatok, kísérleti modellek.** Magyar Állatorvosok Lapja, 139. 347-357, 2017.

Bersényi, A., Fodor, K., Korsós, G., Fekete, S. Gy.: **Az emberi érlelmeszesedés (atherosclerosis) állati modelljei: Irodalmi összefoglaló.** Magyar Állatorvosok Lapja, 140. 375-383, 2018.

Korsós, G., Tóth, I. M., Fodor, K., Fekete, S. Gy.: **Szagok, feromonok, kairomonok és interomonok az állatok életében: Irodalmi összefoglaló.** Magyar Állatorvosok Lapja, 140. 169-180, 2018.

10. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönöm témavezetőimnek, dr. Fekete Sándor Györgynek, dr. Kulcsár Margitnak és dr. Gáspárdy Andrásnak a segítséget és a támogatást, amit az évek során nyújtottak.

Szeretnék köszönetet mondani Sényi Krisztinának, aki már hallgatókoromban szárnyai alá vett, és azóta is lelkesen segítette pályafutásomat.

Dr. Benyeda Jánosnak és Dr. Glávits Róbertnek köszönöm azt a sok segítséget, amit a vizsgálataim során nyújtottak.

Köszönöm Kiss Józsefné Oláh Editnek, Winkler Beának, és a Hutyra Ferenc Könyvtár minden dolgozójának, hogy mindig segítettek ha szükségem volt rá.

Szeretnék köszönetet mondani minden szerzőtársamnak és kollégámnak a közös munkáért, a hasznos tanácsokért, a felém tanúsított végtelen türelmükért, és persze a közös eredményekért.

És végül szeretném megköszönni férjemnek, aki mindig mindenben mellettem állt.

Pótlap

9. A doktori kutatás eredményeinek közlései

9.1. Lektorált, impakt faktoral bíró tudományos folyóiratban megjelent publikációk

Törölve:

Korsós, G., Kulcsár, M., Szabóné Benyeda, Zs., Glávits, R., Bersényi, A., Gáspárdy, A., Fekete, S. Gy.: **The effect of noise and music on young meat chickens' behaviour and stress state.** J Dairy Vet Anim Res, 8. 146-151, 2019.

Javítás:

Korsós, G., Fodor, K., Kiss, A., Blázovics, A., Fekete, S. Gy.: **Effect of acute and repeated noise exposure on the behaviour and lipid peroxidation in brain tissue of male and female mice.** Turk J Vet Anim Sci, 47. 127-137, 2023.