

Részletes szakmai beszámoló

Kutatásaink egyik fő célja olyan új neurobiológiai eljárások adaptálása, kidolgozása és validálása volt, amelyek révén kiterjeszthetjük a kutya mint modellfaj szerepét a társas-kognitív képességek tanulmányozása terén. Feltételeztük, hogy a pályázat fókuszában álló két neurobiológiai eljárás (fMRI és EEG/ERP) együttes alkalmazásával nem csupán a kutya érzelmfeldolgozó folyamatait és képességeit jellemző agyi működés komplex elemzése válik lehetővé, hanem a párhuzamosan feltárt humán jellegzetességekkel való összevetés is.

A pályázat lezárásakor úgy vélem, a célok megvalósítása sikeresnek tekinthető: összességében a kutatás keretében 18 publikáció született, amelyek szinte mindegyike elismert (D1) folyóiratokban jelent meg, illetve további 7 publikáció áll még bírálat/beküldés alatt. Így az eredményeket csak röviden, összefoglalva ismertetem.

A projekt megvalósítása

1. A projekt első évében – a terveknek megfelelően a kutatás szakmai és módszertani előkészítése zajlott. Folyamatosan haladtunk a kutyák fMRI-re és az érintőképernyő használatára való tréningezésével, melynek eredményeképp újabb kutyákat vonhattunk be a szkennelésekbe és az érintőképernyős tesztekbe, ami azért volt jelentős kérdés (az egész projekt folyamán), mert bár a humán vizsgálatokban is meglepően alacsony elemszámmal publikálják az eredményeket, ez a kutyák esetében (ahol pedig sokszor igen intenzív tréningre van szükség) még inkább fontos limitáló tényezőnek tűnt.

Mivel az akusztikus ingerek hatásának vizsgálati módszerét már előzőleg kidolgoztuk, egy ilyen fMRI teszt eredményeinek közlése indíthatta meg a publikációs folyamatot¹. A vizuális ingerek MR-ben való prezentálása azonban kiképzésileg és technikailag is nagyobb kihívást jelentett, amire alaposan fel kellett készülni². Összeállítottuk az első vizuális ingereket a későbbi érzelmfelismeréses mérések előteszteléséhez³. Úgy döntöttünk, lépésről lépésre haladunk, így a klipeken az emberek és kutyák még nem fejeztek ki érzelmeket, az első tesztekben a fajfelismerés és arcfelismerés neurális feldolgozásáról szerettünk volna pontosabb képet kapni, hogy alaposan tanulmányozhassuk az érintett agyterületeket.

Biztató eredményeket értünk el az éber és a drowsiness alvási szakaszban végzett ERP mérésekkel kapcsolatban, azaz a hangingerek hatására megjelenő agyi aktivitást többlépcsős szűrési folyamat során el tudtuk különíteni az egyéb zavaró jelektől, mint pl. a szemmozgás vagy a fej izmainak spontán aktivitása¹.

Megtörtént a robotikai fejlesztésekhez szükséges mesterséges érzelmkifejező hangingerek összeállítása és belső tesztelése. A végső változattal tervezett nemzetközi mintán történő online tesztelés másik előfeltétele volt, hogy az előző hasonló kísérletben felhasznált számítógépes programot kibővítsük és továbbfejlesszük⁴.

További EEG méréseink módszertani megalapozásához a világon először végeztünk éjszakai (6 órás) poliszomnográfias vizsgálatot családi kutyákon⁵.

2. A 2017-es év folyamán – kilépve az előkészítő fázisból – már a projekt legtöbb területén sikerült jelentős előrelépést elérni. Az érzelmi reguláció kérdésköréhez tartozó első érintőképernyős vizsgálathoz lezártuk az adatgyűjtést, elkészült a kiértékelés⁶. További kutyákat tudtunk bevonnani az fMRI mérésekbe, például egy másik kutatócsoporttal összefogva összesen 25 egyedről sikerült sikeres

resting state mérést végezni⁷. Módszertani kutatásokat folytattunk annak érdekében, hogy érvényes módon tudjuk elemezni a kutyák fMRI-ben mért neurális válaszait akusztikus ingerek hatására⁸. Befejeztük a vizuális ingereket (arcok vs nem-arcok) alkalmazó fMRI mérést 12 családi kutyán és 30 humán alanyon³. Elvégeztük a robotikai fejlesztésekhez szükséges mesterséges érzelmkifejező hangingerek online tesztelését egy nagy nemzetközi mintán, és megtörtént a kiértékelés is⁴. A már korábban kifejlesztett nem-invazív módszerrel történő alvási EEG mérési módszerek és egy általunk kidolgozott tanulási paradigma kombinálásával kapott két tervezett kísérlet első részének eredményeit publikáltuk⁹.

3. A pályázat harmadik évében, 2018-ban párhuzamosan folyt a cikkírás, az adatelemzés és a tesztelés a különböző rész-projektekben. A mesterséges érzelmkifejező hangingerek online tesztelésének eredményei alapján elkészítettük az összehasonlító fMRI vizsgálathoz szükséges ingerszekvenciákatⁱⁱ. Befejeztük azokat a vizsgálatokat, amelyekben családi kutyák érzelmeiket kifejező emberi beszédre adott agyi válaszát figyeltük meg különböző kísérleti elrendezésekben^{10,iii,vi}.

4. A 2019-es év alapvetően az adatelemzés és cikkírás jegyében telt, bár az ERP vizsgálatⁱ és a mesterséges hangok hatásának fMRI-s méréseⁱⁱ még zajlott. Többek között megjelent egy hiánypótló cikkünk, amelyben jelentős mennyiségű poliszomnográfiai adat (az érzelmfeldolgozásban szerepet játszó fiziológiai paraméterek: szív-működés, légzés, EEG) alapján elemeztük a kutyák agyi és vegetatív funkcióinak alakulását a különböző alvásfázisokban¹¹.

5. A pályázat kitölti befejezési dátuma (2019. dec 31.) ismételt módosításra került, így 2020-ban további három hónapot tölthettünk adatelemzéssel és cikkírással, illetve a már beküldött cikkek gondozásával.

Tudományos eredmények, publikációk

A pályázat fókuszában a családi kutyák érzelmfelismerési képességeinek neurális vonatkozásai álltak, ennek megfelelően a publikációk többsége a neurális feldolgozás tesztelésének eredményeiről számol be. Ugyanakkor az fMRI és EEG/ERP vizsgálatok sikerének megalapozásához és eredményeinek szakszerű értékeléséhez néhány viselkedéses teszt^(12,13,14), illetve módszertani szempontból fontos kísérlet⁽¹⁵⁾ eredményének elemzése is szükséges volt.

A humán szociális megerősítés (verbális vokalizáció) hatását a kutya neurális működésére több fMRI kísérletben is sikeresen tanulmányoztuk. A világon elsőként vizsgáltuk, miképp dolgozza fel a kutyák agya az emberi beszédet. Eredményeink rámutattak, hogy a hiedelmekkel ellentétben nem csupán annak van jelentősége, milyen hangsúllyal beszélünk a kutyákhoz, hanem annak is, mit mondunk, milyen szavakat használunk. Fontos felfedezés, hogy a kutyák, az emberekhez hasonlóan lateralizáltan dolgozzák fel a verbális ingereket, a jobb agyféltekéjük segítségével a szavak jelentését, az intonáció értelmezésére pedig egy bal féltekei területet használnak. Az ember verbális dicsérete aktiválja a kutyák agyának jutalomközpontját, de csakis akkor, ha a szavak jelentése és intonációja egyaránt dicsérő (azaz sem a semleges hangsúlyú dicsérő szavak, sem a dicsérő hangsúlyú semleges szavak nem hatékonyak a jutalomközpont aktiválásában). Mindez arra utal, hogy a szavak feldolgozását támogató neurális mechanizmusok már sokkal korábban kialakultak az evolúció során, mint azt eddig gondoltuk, és nem csupán az emberi agyra jellemzők¹.

Következő kísérletünkben a neurális feldolgozás dinamikájának jobb megértése érdekében 'event-related' dizájnt használtunk, amelyet fMRI adaptációs elemzésekre optimalizáltunk. A lexikálisan jelölt (dicséret) és jelöletlen (semleges) szavak esetében, pozitív érzelmi (dicséret) és semleges prozódiaiban vizsgáltuk az ismétlés hatását. Időbeli és anatómiai szempontból eltérő adaptációs mintákat azonosítottunk: 1) a szubkortikális auditív régióban az érzelmi prozódiaira találtunk rövid és hosszú távú fMRI adaptációt is, de a lexikális jelöltségre nem, 2) ugyanakkor a lexikailag jelölt szavak

esetében több auditív régióban is hosszú távú fMRI adaptációt figyeltünk meg, ami jellemzően a jobb agyféltekét érintette és életkori összefüggéseket is mutatott. A kutyák hallókérgében megjelenő reprezentációk tehát nem csupán az érzelmi prozódia feldolgozására utaltak. A többszintű adaptációs hatások megjelenése összhangban áll a beszéd (kimondott szavak) hierarchikus feldolgozásának elméletével¹⁰.

A kutatás következő fázisában családi kutyák neurális válaszreakcióit, a gazdához való kötődésüket és idegenekkel való reakciókészségüket vizsgáló viselkedésteszt eredményeinek tükrében elemeztük. Az embereknél a beszélővel való társas kapcsolat befolyásolja a beszéd idegi feldolgozását, ezt példázzák a gyermekek hallási és jutalomválaszai anyjuk beszédére. Abból kiindulva, hogy családi kutyák viselkedéstesztben humánanalóg kötődési mintázatot mutatnak a gazda felé, hasonló preferenciákat vártunk az idegi válaszfolyamatokban is. Valóban, a gazdához való kötődés mértékétől függő neurális jutalomválaszt mutattunk ki családi kutyák agyában a gazdájuk (érzelmileg semleges) beszédére. A társas kapcsolattól függő neurális jutalomválaszok azonosításával tanulmányunk feltárja a csecsemő-anya és a kutya-tulajdonos kötődés által modulált idegi mechanizmusok hasonlóságait¹¹.

A harmadik kutatás során kimutattunk két olyan nem elsődleges hallókérgi területet kutyák agyában, amely a humán dajkabeszédhez hasonló, kutyáknak szóló vokalizációt – tartalomtól függetlenül – másképp dolgozza fel, mint a felnőtt embereknek szóló beszédet (különösen női beszélő esetében). Eredményeink arra utalnak, hogy az emberi csecsemőhöz hasonlóan a kutya agya is a rá irányuló beszéd jellegzetes tulajdonságaira van hangolva¹².

A világon elsőként bizonyítottuk (kivételesen nagy elemszámú 'resting state' fMRI méréssel), hogy az embereknél kimutatott neurális nyugalmi hálózatokhoz (Default Mode Network) nagyon hasonló hálózatok figyelhetők meg kutyák agyában⁷.

A vetített emberi arcok neurális feldolgozását vizsgáló vizuális fMRI mérések eredményéből két publikáció is született; kutyák esetében kimutattuk az emberi arcok vs. nem arcok neurális feldolgozásának jellemző sajátosságait², valamint kutya és humán alanyokat is teszteltünk az ember vs. kutya / arcok vs. nem arcok összehasonlításban³. Egyik esetben sem azonosítottunk a kutya agyában a humán 'face area'-hoz hasonló régiót.

A kutyák alvásának makrostruktúrájában bekövetkező változásokat a napszak (nappal vs. éjszaka), az aktivitás (aktív vs. normál nap) és a helyszín (otthon vs. nem otthon) hatásának figyelembevételével ismételt EEG mérésekkel vizsgáltuk, és megfigyeléseinket összevetettük a humán eredményekkel. Feltételeztük, hogy a kutyák belső állapota eltér az otthoni és az idegen helyen való alváskor, illetve a humán eredményekhez hasonlóan a másik két faktornak is lehet olyan hatása, amit a további mérési protokolljainknál figyelembe kell vennünk. Feltártuk, hogy mindhárom tényező hat a kutya alvásának makrostruktúrájára, és eredményeink számos esetben összhangban voltak a humán adatokkal⁵.

A további EEG vizsgálatok módszertana szempontjából elsődleges fontosságú volt annak vizsgálata, hogy – az ismeretlen hely és az elektródák által kiváltott stressz következményeképp – kutyák esetében is megfigyelhető-e a humán EEG kutatásokból ismert „első-éjszaka” hatás (First Night Effect). Bár a három egymást követő alvásvizsgálatban felfedtünk az FNE-hez hasonló jelenségeket is, kutyák esetében nem a mérések ismétlődése hatott leginkább az alvási paraméterekre, hanem a tapasztalat, azaz, hogy a kutya előzőleg milyen gyakran aludt idegen helyen¹⁶.

Egy másik EEG vizsgálatunkban az alvás és különböző érzelmi/izgalmi állapottal járó aktivitások hatását vizsgáltuk a tanulás és memóriakonzolidáció mértékére⁹. A tanulással kapcsolatos kérdéskör további vizsgálata is megkezdődött különös tekintettel a különböző tréningstílusok hatására a viselkedési reakciók és az alvási agyi aktivitás alakulására^v.

Két összefoglaló cikket is publikáltunk (igen rangos folyóiratokban) arról, milyen előnyökkel járhat a kutya alkalmazása a neurális feldolgozás új modellállataként¹⁷, illetve az összehasonlító alváskutatásban¹⁸, kiemelve a potenciális transzlációs lehetőségeket (de elemeztük azt is, hogy milyen kihívásokkal küzd ez az új terület).

A projekt keretében zajló kutatásoknak köszönhetően nemcsak a kutya elmeműködéséről nyertünk új jelentős információkat, hanem a kutya neurális állatmodell szerepét is sikerült tovább erősíteni az emberi agy működésének kutatásában. Eredményeink és az általuk generált további kísérletek hosszabb távon új irányokat nyithatnak meg a humán kutatások számára is a környezeti tényezők és a kognitív (disz)funkciók kapcsolatának vizsgálatában.

Publikálás alatt álló eredmények

Több olyan kutatás is lezajlott a pályázat keretében, amelyek esetében még nem tudunk megjelent publikációról beszámolni. Ezek nagy része már benyújtott kézirat, amely elbírálás alatt áll, kisebb részénél még a kézirat véglegesítése zajlik. Többségük eredményeit bemutattuk már valamilyen konferencián.

A robotikai fejlesztésekhez szükséges mesterséges érzelmek kifejező hangingerek nemzetközi mintán végzett online tesztelésének eredményei alapján két új kutatás is indult. A felmérés második változatában a valence/intenzitás tengelyek helyett egy megközelítés/elkerülés tengelyen értékelhették a résztvevők a hangokat, így realisabb képet kaphattunk a hangok által kiváltott érzelmi hatásról. Az adatgyűjtés befejeződött, a cikk megírás alatt áll^{vi}. Befejeztük a kérdőíves eredmények alapján összeválogatott hangingerek felhasználásával lezajlott összehasonlító fMRI vizsgálat (21 kutya és 21 ember) méréseinek elemzését, a cikk megírás alatt állⁱⁱ.

Befejeztük a családi kutyák neurális feldolgozó folyamatait viselkedéses és kérdőíves adatokkal összevető vizsgálatokat, és számos izgalmas összefüggést találtunk a kutyák alvási EEG eredményei és a kötődési tesztekben mutatott viselkedésük (jellemzően a helyzetből adódó stresszt mérő Anxiety faktor) között. Az elemzések még zajlanak^{vii}.

A tervektől, illetve a költségtervtől való eltérések okai

A pályázati időszak elejére tervezett tudományos munka nagyobb része a terveknek megfelelően alakult, annak ellenére, hogy a főállású kutató (Bunford Nóra) felvételére csak jelentős késéssel kerülhetett sor. Ennek oka részben a felmerült számos adminisztratív akadály, részben a felajánlható fizetés és a szakmai kívánalmak közti szakadék volt.

Mivel minden kutatásban családi kedvencekkel és nem laborállatokkal dolgoztunk, a gazdák szabadideje és motivációja szabta meg a tréningek és tesztek haladási ütemét. Az fMRI szkennerekhez heti egy alkalommal, vasárnap este-éjszaka jutottunk, ami szintén erős korlátozó tényező volt.

2018-ban a pályázaton kutatóként alkalmazott Bunford Nóra Lendület pályázatot nyert, így a helyét Bálint Anna vette át. Bálint Anna 2019-ben szülési szabadságra ment, a helyét már nem töltöttük be, hanem a témán amúgy is dolgozó PhD hallgatók vették át a feladatokat (hallgatói alkalmazás keretein belül) a témavezető segítségével. Bár mindkét váltás oka örömteli volt, a személycsere természetesen mindkét esetben hátráltatta a munka előrehaladását.

Az ERP kutatás során tovább tartott a megfelelő mennyiségű adat összegyűjtése, mint terveztük, mivel már a korai adatelemzés során kiderült, hogy a mérési adatok igen zajosak, műtermékesek (azaz hiába fekszik mozdulatlanul a kutya, az apró szem és fülmozgások miatt az adatok nagyobb

részét ki kell szűrni). A műtermék-mentesítési folyamat önmagában is elnyújtott volt, mert fontosnak tartottuk, hogy csak érvényes adaokkal dolgozzunk, így három lépcsőben, két ember bevonásával végeztük, egy automatikus, egy videóelemzéses és végül egy vizuális bíráló alapján. Mivel a módszert egy új fajra kellett adaptálni, a humán ERP kísérletektől eltérő módszertani és elemzési lehetőségek kidolgozása jelentős időt vett igénybe.

A mesterséges hangok neurális feldolgozását vizsgáló összehasonlító vizsgálatban arra törekedtünk, hogy az eddigi kutyás fMRI cikkekhez képest nagyobb elemszámmal dolgozzunk, valamint – a legtöbb humán fMR-es vizsgálattal ellentétben – a humán alanyok életkora és egyéb fontos paraméterei megfelelő változatosságot mutassanak, így az tervezett alanyszám (N = 2 x 21) elérése meglehetősen elhúzódott. Az analízis során egy átfogóbb, többféle modellt magába foglaló elemzést választottunk, amelyeket módszertani okokból külön-külön kellett elvégeznünk a két faj esetében, ezzel időben elnyújtva az adatelemzési fázist.

Mivel kutatásaink nagy része több tudományterület szakértőinek közös erőfeszítéseit igényelte, gyakran más kutatócsoportokkal, illetve külső szakértőkkel együttműködve sikerült megvalósítani a kísérletek lebonyolítását, az adatelemzést, illetve a statisztikai analízist. Ez sok szempontból emelte a kutatások, illetve publikációk szakmai minőségét, ugyanakkor néha lassító tényezőként rontotta is a hatékonyságot.

Bár a leggyakoribb kritika, ami a bírálók részéről a kutyás neurális kutatások értelmezését éri, hogy túlértékelik a kutya-ember hasonlóságokat, több jelentős idegtudományi újságnál is gondot jelentett a negatív eredmények közlése. Ezzel szembesültünk például amikor kutya és humán alanyokat is teszteltünk fMRI-ben az arcfelismerés vonatkozásában (szigorúbb kontrollokat alkalmazva, mint mások), és eredményeink cáfolták az embereknél igazolt 'face-area', azaz az arcok feldolgozására specializálódott agyterület kimutathatóságát kutyák esetében².

A pályázat vége felé kétszer is kérelmeztük a projekt idejének meghosszabbítását, először egy évvel, majd további három hónappal. Ennek három fő oka volt: 1) a résztvevő kutatók alkalmazásának töredezettsége, 2) bár sok kutatási téma megfelelően haladt, sőt, azok, amelyek módszertana már a pályázati idő előtt rendelkezésre állt akár a tervezettnél gyorsabban is, az új technikák kidolgozása néha a vártnál több időt és energiát igényelt, 3) az összehasonlító idegtudomány területén a cikkek bírálati folyamaton való átfutása sokkal lassúbb volt, mint amilyen az általunk ismert viselkedéses szakterületeken. Ez utóbbira csak egy példát hoznék (bár több igen hasonló eset történt): egy 2016-os vizsgálatunk eredményeit már 2017-ben közzétettük egy konferenciánⁱⁱⁱ, ám a kézirat csak 2021-ben, a pályázati időn kívül került elfogadásra (a *Neuroimage* című folyóiratban). Egyes cikkeink esetében jó nevű (D1) újságok is csak több mint fél év alatt tudtak megfelelő bírálókat találni, illetve a bírálóknak épp úgy gondot okozott az új módszertan szakmai megítélése, mint nekünk a kidolgozásuk.

Disszemináció

Kutatásainkat jelentős nemzetközi médiavisszhang kíséri. Mi magunk is igyekszünk minél tágabb körben ismertetni eredményeinket; a modern tudománykommunikációs elvárásoknak megfelelően jellemzően videóabsztraktok összeállításával, illetve összefoglalókat írunk a magyar és nemzetközi média számára az adott médium közönségéhez illesztett megfogalmazásban. Csak egyetlen példát emelnék ki: a SCIENCE című folyóiratban megjelent kutatásról számos jelentős nemzetközi sajtóorgánus és tudományos ismeretterjesztő portál is beszámolt, többek között: [BBC](#) [CNN](#) [NPR](#) [The New York Times](#) [Independent](#) [The Guardian](#) [The Washington Post](#) [The Times](#) [The Huffington Post](#) [Associated Press](#) [Reuters](#) [Fox News](#) [The Telegraph](#) [The Daily Telegraph](#) [Daily Mail](#) [The Sun](#) [The Verge](#) [Gizmodo](#) [Time](#) [Le Monde](#) [El Pais](#) [The Times of India](#) [The Hindu](#) [El Mundo](#) [ABC](#) [Der Spiegel](#) [Bild](#) [National Geographic](#) [Scientific American](#) [The Scientist](#).

Hivatkozások

(Aláhúzással jelölve a pályázati alkalmazásban álló, illetve csatlakozott kutatók, nevesített hallgatók)

1. Andics A, Gábor A, Gácsi M, Faragó T, Szabó D, Miklósi Á: Neural mechanisms for lexical processing in dogs, *SCIENCE*, 353(6309):1030-1032. DOI: 10.1126/science.aaf3777., 201633.610
2. Szabó D, Gábor A, Gácsi M, Faragó T, Kubinyi E, Miklósi Á, Andics A: On the Face of It: No Differential Sensitivity to Internal Facial Features in the Dog Brain, *FRONTIERS IN BEHAVIORAL NEUROSCIENCE* 14: 25, 2020
3. Bunford N, Hernández-Pérez R, Farkas E B, Cuaya L V., Szabó D, Szabó Á Gy, Gácsi M, Miklósi Á, Andics A: Comparative Brain Imaging Reveals Analogous and Divergent Patterns of Species and Face Sensitivity in Humans and Dogs, *JOURNAL OF NEUROSCIENCE* 40: (43) pp. 8396-8408., 2020
4. Korcsok B, Faragó T, Ferdinandy B, Miklósi Á, Korondi P, Gácsi M: Artificial sounds following biological rules: A novel approach for non-verbal communication in HRI, *SCIENTIFIC REPORTS* 10: (1) 7080, 2020
5. Bunford N, Reicher V, Kis A, Pogány Á, Gombos F, Bódizs R, Gácsi M: Differences in pre-sleep activity and sleep location are associated with variability in daytime/nighttime sleep electrophysiology in the domestic dog, *SCIENTIFIC REPORTS* 8: (1) p. 7109., 2018
6. Bunford N, Csibra B, Peták Cs, Ferdinandy B, Miklósi Á, Gácsi M: Associations among behavioral inhibition and owner-rated attention, hyperactivity/impulsivity, and personality in the domestic dog (*Canis familiaris*)., *JOURNAL OF COMPARATIVE PSYCHOLOGY* 133: (2) pp. 233-243., 2019
7. Szabó D, Czeibert K, Kettinger Á, Gácsi M, Andics A, Miklósi Á, Kubinyi E: Resting-state fMRI data of awake dogs (*Canis familiaris*) via group-level independent component analysis reveal multiple, spatially distributed resting-state networks, *SCIENTIFIC REPORTS* 9: (1) 15270, 2019
8. Boros M, Gábor A, Szabó D, Bozsik A, Gácsi M, Szalay F, Faragó T, Andics A: Repetition enhancement to voice identities in the dog brain, *SCIENTIFIC REPORTS* 10: (1) 3989, 2020
9. Kis A, Szakadát S, Gácsi M, Kovács E, Simor P, Török Cs, Gombos F, Bódizs R, Topál J: The interrelated effect of sleep and learning in dogs (*Canis familiaris*); an EEG and behavioural study, *SCIENTIFIC REPORTS* 7: 41873, 2017
10. Gábor A, Gácsi M, Szabó D, Miklósi Á, Kubinyi E, Andics A: Multilevel fMRI adaptation for spoken word processing in the awake dog brain, *SCIENTIFIC REPORTS* 10: (1) 11968, 2020
11. Bálint A, Eleőd H, Körmendi J, Bódizs R, Reicher V, Gácsi M: Potential physiological parameters to indicate inner states in dogs: The analysis of ECG, and respiratory signal during different sleep phases, *FRONTIERS IN BEHAVIORAL NEUROSCIENCE* 13: 207, 2019
12. Korcsok B, Konok V, Persa Gy, Faragó T, Niitsuma M, Miklósi Á, Korondi P, Baranyi P, Gácsi M: Biologically Inspired Emotional Expressions for Artificial Agents, *FRONTIERS IN PSYCHOLOGY* 9: 1191, 2018

13. Bunford N, Csibra B, Gácsi M: Individual Differences in Response to Ambiguous Stimuli in a Modified Go/No-Go Paradigm are Associated with Personality in Family Dogs, SCIENTIFIC REPORTS 9: (1) 11067, 2019
14. Smit, I., Szabó, D. & Kubinyi, E: Age-related positivity effect on behavioural responses of dogs to human vocalisations, SCIENTIFIC REPORTS 9, 20201., 2019
15. Bálint A, Andics A, Gácsi, Gábor A, Czeibert K, Luce C M., Miklósi Á, Kröger R H. H.: Dogs can sense weak thermal radiation, SCIENTIFIC REPORTS 10: (1) 3736, 2020
16. Reicher V, Kis A, Simor P, Bódizs R, Gombos F, Gácsi M: Repeated afternoon sleep recordings indicate first-night-effect-like adaptation process in family dogs, JOURNAL OF SLEEP RESEARCH 29: (6) e12998, 2020
17. Bunford N, Andics A, Kis A, Miklósi A, Gácsi M: *Canis familiaris* As a Model for Non-Invasive Comparative Neuroscience, TRENDS IN NEUROSCIENCES 40: (7) pp. 438-452., 2017
18. Bódizs R, Kis A, Gácsi M, Topál J: Sleep in the dog: comparative, behavioral and translational relevance, CURRENT OPINION IN BEHAVIORAL SCIENCES 33: pp. 25-33., 2020

Konferencia absztrakt, illetve azóta megírt/beküldött cikk

- i. Eleőd H, Bálint A, Magyar L, Gácsi M: Emotional processing in dogs – An acoustic ERP study, In: 4th Hungarian Neuroscience Meeting for Undergraduate Students, Graduate Students and Junior Post-Docs, p. 99., 2020
- ii. Bálint A, Eleőd H, Farkas E, Andics A, Gácsi M: Humans' and dogs' neural responses to artificially generated emotional vocalisations; a comparative fMRI study
- iii. Gábor A, Gácsi M, Miklósi Á, Andics A (2018) Stronger attachment in dogs covaries with stronger reward responses in their brain, 6th Canine Science Forum, Budapest, Hungary
- iv. Gergely A, Gábor A, Kovács K, Gácsi M, Andics A, Kis A, Czeibert K, Topál J: Thinking the prosody: cerebral sensitivity to addressee-specific female voice in dogs.
- v. Reicher V, Kovács T, Csibra B, Kis A, Gácsi M: Effects of different training styles on learning performance and neural activity (sleep EEG) in dogs. 6th European Student Conference on Behaviour & Cognition, page 43., 4-7 September 2019, Padua, Italy
- vi. Faragó T, Korcsok B, Ferdinandy B, Miklósi Á, Gácsi M: Approach-avoidance responses of human listeners to artificial emotional vocalisations: a questionnaire study
- vii. Carreiro C, Reicher V, Kis A, Gácsi M: Links between dogs' sleep parameters and attachment to the owner. Magyar Etológiai Társaság XXI, p. 54, 29 Nov - 1 Dec 2019.