

Társas készségek összehasonlító vizsgálata innovatív módszerekkel K112138 – zárójelentés

Bevezetés

Kutatócsoportunk évek óta folytatja azokat a szerteágazó kognitív etológiai vizsgálatokat, melyek közös jellemzője a kutya és az ember viselkedési készségeiben és elméműködésében megfigyelhető hasonlóságok feltárása. A beszámoló tárgyát képező kutatás e tágabb kereten belül, egyetlen jelenségkörre, a társas készségek neurális, neurohormonális és viselkedési megnyilvánulásaira fókuszált. Bár a projektet eredetileg 3 évesre terveztük, de végül 12 hónappal meghosszabbítottuk, s ezt két dolog is indokolta. Egyrészt az új módszertani megközelítések alkalmazása (bioakusztikai-, EEG-, érintőképernyős- és fMRI vizsgálatok) és az újfajta paradigmák kialakítása az előre tervezetthez képest több időt vett igénybe, másrészt az előrehaladást a kezdeti időszakban az is lassította, hogy a kutatás első évében (2015) a támogatás felhasználását kutatóközpont (MTATTK) – gazdasági nehézségek miatt – több hónapra befagyasztotta. A fentiekkel összefüggésben a pályázat költségvetésében is történtek átcsoportosítások, de természetesen minden egyes változást az előírt módon engedélyeztettünk, valamint e változások érdemben nem befolyásolták a támogatási szerződésben vállaltakat, sőt éppen a pályázat sikeres teljesítése érdekében történtek. Mindezek ellenére a kutatás jórészt a terveknek megfelelően haladt, a kísérletek jelentős részét eredményesen sikerült lezárni és publikálni. A pályázatban eredetileg vállaltakat jóval meghaladva, összesen 30 külföldi- és 2 hazai „peer reviewed” folyóiratcikket sikerült megjelentetni a projekt támogatásával (ezek összesített impakt faktora 79,926). Néhány vizsgálat esetben pedig eredményeink benyújtott illetve benyújtásra előkészített kéziratok formájában még közlés előtt állnak (részleteket ld. lentebb).

A kutatás eredményeinek ismertetése

1. Csecsemő- kutya- és felnőtt-irányult beszédminták bioakusztikai összehasonlító elemzése

A dajkabeszéd (IDS) kutya- (DDS) illetve felnőtt felé irányuló beszéd (ADS) jellegzetességeinek összehasonlító vizsgálata céljából természetes szituációkban illetve kontrollált helyzetekben rögzítettünk hanganyagokat. Olyan férfiak és nők vettek részt a vizsgálatokban, akik 30 hónaposnál fiatalabb gyermekük mellett családi kutyát is tartanak. A hangfelvételek összehasonlító bioakusztikai elemzése alátámasztotta azt a hipotézist, hogy a DDS és IDS az alapprofrendencia, a frekvenciatartomány és a beszédben alkalmazott „figyelemfelkeltő eszközök” szempontjából is feltűnő hasonlóságokat mutat, és egyben jellegzetesen különbözik az ADS sajátosságaitól. E jelenség valamennyi vizsgált kontextusban, mind a nőknél mind a férfiaknál tetten érhető, azonban egyes helyzetekben (pl. kötetlen beszédhelyzetek) a DDS minden mástól eltér, elsősorban a szignifikánsan magasabb alapprofrendencia miatt. Egyes magánhangzók vizsgálata alapján a nők esetében jellegzetes ún. hiperartikulációt sikerült kimutatni nemcsak a csecsemő felé irányuló beszédben, hanem akkor is, amikor a kutyához intézték a szavaikat. Az eredmények összességében azt igazolják, hogy a felnőttek (különösen a nők) szóbeli megnyilvánulásaik prozódiai jellemzőit a kontextustól függően alakítják, és nagymértékben hozzáigazítják közlés „címzettjének” (csecsemő, kutya, felnőtt) akusztikus preferenciáihoz és érzelmi szükségleteihez. Az eredményeket nemzetközi folyóiratcikkekben közzeltük (Gergely et al. 2017. Sci Rep).

2. Viselkedéses vizsgálatok különböző módszerekkel

Mivel korábban mások sikeresen alkalmazták az érintőképernyőt a kutya kognitív képességeinek vizsgálatában (Range et al. 2008), a módszert kipróbálandó összesen 27 felnőtt családi kutyát részesítettünk speciális kiképzésben azzal a céllal, hogy a különböző hangjelzésekre való reakcióik érintőképernyős módszerrel is vizsgálhatók legyenek. A vizsgálat kérdése az volt, hogy az IDS illetve DDS bioakusztikai sajátosságaival felruházott hangjelzések hatékonyabb megerősítő ingerként szolgálhatnak-e számukra egy diszkriminációs tanulási feladatban, mint az ADS sajátosságait hordozó hanginger. Az érintőképernyő használatát előre meghatározott kritérium szintig elsajátító kutyákat elsőként egy két-utas választási helyzetben vizsgáltuk. Ebben a DDS és IDS – mint a képernyőn megjelenő tárgy megérintést visszajelző hanginger – iránti spontán preferenciát néztük. Sajnos a tesztelések során bebizonyosodott, hogy a paradigma nem működik megfelelően, az alanyok reakcióit szignifikáns oldalpreferencia jellemezte. Ezt követően egy új, ún. autoshaping-en alapuló paradigmát dolgoztunk ki, ennek során a kutyák több alkalommal, fejenként összesen 240 próbában vettek részt. Azonban az eltérő bioakusztikai jellemzőkkel felruházott hangok, mint az érintést visszajelző ingerek továbbra sem bizonyultak hatékonyak a kutyák viselkedésének formálásában, így az ezzel a módszerrel való próbálkozást feladtuk, s a további vizsgálatokhoz már nem alkalmaztunk érintőképernyőt.

További viselkedéses vizsgálatainkban sikerült kimutattuk, hogy a kutyák társas kategorizációs készségei kisgyerek-szerű jellegzetességeket mutatnak (Kiss et al. 2018. Learn Behav) valamint a sajátos intonációval jellemezhető megszólítás specifikusan befolyásolhatja hogyan értelmezzék az emberi viselkedést. Ugyanis csak az efféle megszólítás szemkontaktussal kiegészítve képes hatásosan kifejezni a kutya számára a jelzést adó ember közlési szándékát, és ezáltal az emberi csecsemőnél is tetten érhető ún. referenciális elvárás alakít ki az állatban (Tauzin et al. 2015. Anim Cogn). Egy ezt követő vizsgálatunkból azonban az is kiderült, hogy a felnőtt kutyák inkább hajlamosak az emberi mutatást valamely helyre (térbeli irányra) vonatkozó jelzéseként értelmezni, mintsem valódi referenciális jelzéseként (Tauzin et al. 2015. J Comp Psychol). Érdekes párhuzam, hogy a 13 hónapos csecsemők, a felnőttekkel ellentétben, szintén inkább a helyek (térbeli irányok) megfigyelésére alapozzák keresési stratégiájukat mintsem a potenciális rejtékhelyek eltérő vizuális jellegzetességeinek megjegyzésére és követésére (Oláh et al. 2015. Inf Behav Dev). Csecsemők utánzási helyzetben kiváltott viselkedési válaszait elemezve azt is kimutattuk, hogy nemcsak a dajkanyelven való megszólítás (IDS) hanem a demonstrátor későbbi jelenléte is befolyásolja a babák utánzó viselkedését, s e két szociális faktor sajátos interakcióban van egymással (Kupán et al. 2017. J Exp Child Psychol).

Szemmozgáskövető berendezéssel végzett vizsgálatainkban sikerült kimutatni, hogy felnőtt személyek figyelmi készségeit a feladatot megelőzően elvégzett társas ingerekkel való előkezelés alapvetően befolyásolja (Oláh et al. 2016. Front Psychol), ezért 'eye-tracker' berendezés alkalmazásával gyerekek esetében is megvizsgáltuk a jelenséget. A vizsgálatban azt elemeztük, hogy az anyával való pozitív (simogatás, dajkabeszéd) illetve negatív (ignorálás) társas interakciókat követően 5-6 éves gyerekek hogyan explorálják a különböző társas ingereket. A biológiai mozgás érzékelését tesztelő feladatban úgy találtuk, hogy a társas ingerekkel való előkezelés szignifikánsan megnövelte a biológiailag releváns mozgásmintázatot mutató ponthalmaz felé irányuló nézési időt. A társas ingerekkel való előkezelésnek hasonló hatása volt a kontingens reaktivitás vizuális detekcióját mérő

feladatban is (Kovács et al. közlésre benyújtva). Továbbá felnőtt alanyok nézési mintázatait elemezve elsőként találtunk kísérletes bizonyítékot az egyes arcterületek (szem ill. száj régió) vizuális feldolgozása során megjelenő ún. kiegészítő fixációkra, amely azt támasztja alá, hogy az arcfeldolgozás nem egyszerűen egy automatikus ingervezérelt folyamat, hanem –legalábbis részben – ún. templátvezérelt jelenség (Galambos et al. 2018. Front Psychol).

3. Poliszomnográfias vizsgálatok EEG monitorozással

Kísérleteinkben a kutyák alvási EEG mintázatának elemzésével azt vizsgáltuk, hogy az idegen felnőttel való pozitív (szemkontaktus, DDS, simogatás) illetve negatív (fenyegető megközelítés) interakció hogyan befolyásolja az azt követő alvás makrostrukturális jellemzőit. Elsőként sikerült bizonyítékot találni arra, hogy az emocionálisan jelentős hatással bíró ingerek specifikusan befolyásolják a kutyákban az azt követő alvás fiziológiai paramétereit (a pozitív tapasztalatok a REM fázisban okoznak változást, a negatív társas interakciók hatása a lassúhullámú alvás paramétereiben jelentkezik – Kis et al. 2017. Proc Roy Soc B). Más vizsgálatainkból pedig az is kiderült, hogy a kutyák humán-analóg társas tanulási képességei alvás-függő memória konszolidációs folyamatokkal hozhatók kapcsolatba. A kutyák alvási makrostruktúrájában ugyanis tetten érhető az alvást megelőző szótanulás néhány indikátora, továbbá az alvás egyes jellemző paramétereit összefüggésben vannak az alvást követő emlékezeti teljesítménnyel (Kis et al. 2017. Sci Rep).

Non-invazív EEG vizsgálataink célja volt továbbá az eseménykiváltott potenciálváltozáson alapuló félig éber állapotú (szendergő) kutyán történő EEG vizsgálatok technikájának kidolgozása is. Ezekben a vizsgálatokban a felnőtt- gyerek- illetve kutya-irányult beszéd jellegzetességeit hordozó hangingerekre adott agyi elektromos válaszok összehasonlító elemzését végeztük. Ehhez elsőként azt szeretnénk volna megnézni, hogy kutyák esetében kiváltható-e az eltérési negativitás (mismatch negativity - MMN), ami akkor figyelhető meg, ha egy sor hasonló inger (standard) között megjelenik egy eltérő (deviáns). Első lépésben a kutyák agyi aktivitását egy másfél-két óráig tartó alvási vizsgálatban rögzítettük. Nem beszédhangokat hanem mesterségesen előállított hangingereket alkalmaztunk (SOA=500ms; 1500-1500 elemű kontroll és deviáns blokk, hanghossz: 50 ms 5-5 ms in/out ramp). A blokkpárokon belül a kontroll és deviáns blokk sorrendje random volt. Mivel ezen hangingerek alapján nem sikerült egyértelmű MMN-t kimutatni, a következő lépésben módosítottuk az ingerek paramétereit (a SOA ezúttal 1000 ms volt és a hangok kaptak 4 felharmonikust), és további kutyákat teszteltünk ilyen feltételekkel. Ezúttal úgy találtuk, hogy vizuálisan észlelhető a különbség az egyes kutyák alvási hullámain, de az MMN mégsem mutatható ki egyértelműen. Ezt követően újabb kutyákat teszteltünk oly módon, hogy egy rövid mondat szolgált ingerként („Milyen szép idő van!”) felnőtt- gyerek- illetve kutya-irányult beszéd jellegzetességeit hordozó változatban (SOA=2200-3200 ms (random változó); hangingerek 1000 ms), majd a mondatok helyett pusztán 1-1 szó alkalmazásával is lefutattuk a méréseket. A többszörös módosítás nyomán az eredmények egyre ígéretesebbnek bizonyultak ugyan, de továbbra sem sikerült kellően robusztus MMN-t detektálni (t.i. az egyedek között, és egyedeken belül az egyes mérések között is túl nagy volt a variancia).

A poliszomnográfias módszer lehetőséget nyújt olyan – eddig nem vizsgált – pszichofiziológiai változók elemzésére is a kutyáknál, amelyeket széles körben használnak a humán vizsgálatokban. Egyik ilyen változó az alvás REM fázisában megfigyelhető szemmozgások sűrűsége. A szemek körül elhelyezett felszíni elektródákkal mérhető

szemmozgás (elektro-okulogram, EOG) elemzésére irányuló vizsgálatunkból kiderült, hogy a REM denzitás a kutyákban is jól mérhető, és ennek egyes egyedi jellemzőkkel való kapcsolata miatt jó indikátorként használható a további kutatásokban (Kovács et al. 2018. Learn Behav). Más fiziológiai paraméterek (szívfrekvencia, HR; szívfrekvencia variancia, HRV) mérését is sikerült megoldani ébrenlét során illetve az alvás különböző fázisaiban. Az eredmények megerősítik azt az elképzelést, hogy a szendergés és alvás különböző fázisaiban mérhető HR és HRV összefüggést mutat az alvást megelőző érzelmi tapasztalatokkal, s mindez magában hordozza annak lehetőségét, hogy az emocionális hatásokat ily módon is vizsgálhassuk a kutyában (Varga et al. 2018. Animals). Poliszomnográfias vizsgálataink fontos előrelépést jelentenek ahhoz, hogy ez a módszer fontos eszközzé váljon a kutyát modelfajként alkalmazó összehasonlító idegtudomány számára.

4. fMRI vizsgálatok éber állapotú kutyákon

E vizsgálataink annak a kérdésnek a megválaszolását célozták, hogy a kutyák mutatnak-e az emberéhez hasonló megkülönböztetett reakciót a kutya- illetve a csecsemő-irányult beszéd jellegzetességeire a spontán agyi válaszok szintjén is. Az éber állapotú kutyák agyi képalkotó berendezésben való mérése érdekében az állatok hosszadalmas és speciális szakértelmet igénylő képzésben vettek részt, hiszen a felvételek készítéséhez hosszú ideig kellett éberen kényszerítés (lekötözés) nélkül tökéletesen mozdulatlanul fekvődniük a berendezésben. A mérésekben összesen 20 kutya vett részt. A tesztek során olyan korábban rögzített hangokat hallgattak melyeket természetes környezetben, különféle helyzetekben (pl. mesélő, tanító és feladat végrehajtásra buzdító szituációban) rögzítettünk. A hangminták felnőttektől (12 apa és 12 anya) származtak miközben gyermekükhöz, kutyájukhoz vagy egy felnőtt emberhez beszéltek. A hangfelvételekből 72 db, egyenként 6-8 mp-es inger állítottunk elő (melyek közül 24-24-24 volt kutya- csecsemő- illetve felnőtt-irányult beszéd). Ezeket a hangingereket a kutyák kevert sorrendben, három egymást követő alkalommal hallgatták meg.

Az adatelemzés során a 'csend versus összes hang' kontraszt alapján három agyterületet vizsgáltunk bilaterálisan: ezek az ectosylvian gyrus (ESG), elülső temporális terület és az elsődleges halló thalamikus agyterület (MGB) voltak. Ezek a területeken hat (3 bal és 3 jobb), egyenként 4mm sugarú gömb alakú elemzési területet (ROI) határoztunk meg. Ezekben elemeztük a béta aktivitást a következő kontrasztokra: dajkabeszéd (ID) versus csend, felnőtt-irányult beszéd (AD) versus csend és kutya-irányult beszéd (DD) versus csend. A modellben faktorként a kondíció (ID, AD és DD) és a beszélő neme (férfi illetve nő) illetve a kondíció x beszélő neme interakció is szerepelt. Ezek mellett megvizsgáltuk, hogy a stimulus alaphangfrekvenciája (F0) és alaphangfrekvencia tartománya hogy függ össze az agyi aktivitással ezeken a területeken. Az elemzés a legjelentősebb különbségeket a bal agyféltekében mutatta, a lateralizáció ugyanakkor csak az elülső temporális területen és az MGB-ben volt szignifikáns. A bal mediális ESG területen szignifikáns kondíció x beszélő neme interakciót kaptunk; ez a terület erősebben aktiválódott a női DD hatására, mint a női AD és ID hatására, míg a női ID és AD között nem volt eltérés. Ugyanakkor semmilyen különbség nem található az AD, DD és ID kondíciók között, ha a beszélő neme férfi. A post-hoc összehasonlítás kimutatta, hogy ezen a területen erősebb az aktivitás férfi AD hatására, mint női AD esetén, míg pont az ellenkezője történik a DD kondícióban. Hasonló eredményeket kaptunk a bal elülső temporális területen, azzal a különbséggel, hogy a női DD és ID hasonló aktivitást váltott ki, a női ID viszont erősebb hatással volt erre a területre, mint a női AD. A halló thalamikus területen csak a beszélő neme volt szignifikáns hatással az agyi

aktivitásra. A post-hoc összehasonlítás kimutatta, hogy az MGB erősebben aktiválódik a férfi, mint a női hangok hatására, függetlenül a kondíciótól. Minderről a kézirat hamarosan benyújtásra kerül, az eredmények újszerűsége és úttörő jellege miatt a vizsgálatot valamelyik kiemelkedő impakttal rendelkező folyóiratban szeretnénk publikálni.

5. A szociális kogníciót befolyásoló neurohormonális és (epi)genetikai hatások vizsgálata

Ebben a témakörben egyebek mellett azt vizsgáltuk, hogy az intranazális úton bejuttatott oxytocin hogyan befolyásolja a kutyák társas helyzetekben való válaszkészségét. Több kísérletben sikerült igazolni, hogy az oxytocin kezelés növeli a kutyák szemkontaktus kereső viselkedésének gyakoriságát (Hernádi et al. 2015. Behav Proc), jelentős szerepe van az emberi arcokon látható érzelmi információk feldolgozásában (Kis et al 2017. Front Behav Neurosci) és alapvetően befolyásolja a figyelem allokációt valamint az emberi arcok által kiváltott érzelmi választ (Somppi et al 2017. Front Psychol).

Továbbá elsőként sikerült arra bizonyítékot találni, hogy a kutya esetében az oxytocinnak, mint neurohormonnak, jelentős, de fajtánként változó befolyása van a társas ingerek feldolgozására és az emberrel szemben mutatott társas viselkedésekre (Kovács et al. Anim Cogn; Kovács et al. PNEC). Kiderült továbbá, hogy a kutyák képesek rugalmasan hozzáigazítani a saját társas viselkedésüket a humán partner viselkedésének adott helyzetben mutatott sajátosságaihoz, képesek általánosítani az emberrel kapcsolatban megszerzett tapasztalataikat (Petró et al. 2016. Anim Cogn) és ehhez hozzájárulhat az a képességük is miszerint képesek a mozgásban megnyilvánuló kontingens reaktivitást a partner interaktivitásra való készségeként érzékelni (Tauzin et al. 2016. Psych Sci). Mindezek megerősítik azt a feltételezést, hogy az oxytocin rendszer fontos szabályzó szerepet tölt be a kutya társas viselkedésének formálásában, amint erről egy review cikkben részletes áttekintést adtunk (Kis et al. 2017. Horm Behav).

Genetikai vizsgálatainkban az oxytocin receptor gén (OXTR) allélváltozatai és a szociális viselkedés közötti kapcsolatot kerestük, mind 15-16 hónapos csecsemők, mind pedig felnőtt kutyák esetében azzal a céllal, hogy feltárjuk a potenciálisan eltérő mechanizmusokat az emberi tekintetre adott válaszkészségükben. Eredményeink arra utalnak, hogy az OXTR különböző variánsai asszociálnak az averzív szociális interakcióra adott válaszreakciókkal mind a kutyáknál, mind pedig a gyerekeknél, de a tekintetkövetési készség esetében csak a kutyáknál sikerült az OXTR polimorfizmusai és a viselkedés között összefüggést feltárni (Oláh et al. 2017. Front Psychol). Másik vizsgálatunk arra utal, hogy az OXTR gén polimorfizmusai fontos szerepet játszhatnak a kutya-ember kapcsolat szabályozásában is. Ugyanis viselkedéses tesztek genetikai elemzéssel és kérdőíves felméréssel kiegészítve sikerült igazolni, hogy mind a kutyák, mind gazdáik OXTR polimorfizmusai, valamint a kutyák környezetét alakító társas környezeti tényezők egyaránt befolyásolják kötődési viselkedésüket (Kovács et al. 2018. Front Psychol). Ami pedig az epigenetikai hatások vizsgálatát illeti, a temperamentumot és társas viselkedést befolyásoló néhány gén (pl. OXTR, COMT, MAOA) metilációs mintázatának elemzése és egyes kutyafajták valamint farkasok közötti összehasonlítása érdekes eredményeket hozott. Úgy tűnik, hogy az OXTR is azok közé a gének közé tartozik, melyek a házasítás illetve fajtaszелеkció fontos célpontjai lehettek, és a populáció szegregációval együtt jár a DNS metilációs mintázat megváltozása legalábbis azokban a régiókban, melyeket érint a szelekció (Bánlaci et al. 2017. Mol Gen).

A beszámolóban idézett irodalom

Bánlaki Zs., Cimarelli G., Virányi Zs., Kubinyi E., Sasvári-Székely M., Rónai Z. 2017. DNA methylation patterns of behavior-related gene promoter regions dissect the gray wolf from domestic dog breeds. *Mol. Gen.* 292:685–697.

Galambos Á., Turcsán B., Oláh K., Elekes F., Gergely A., Király I., Topál J. 2018. Visual fixation patterns during viewing of half-face stimuli in adults: an eye-tracking study. *Front Psychol* 9:2478.

Gergely A., Galambos Á., Faragó T., Topál J. 2017. Differential effects of speech situations on mothers' and fathers' infant-directed and dog-directed speech: An acoustic analysis. *Sci Rep* 2017 7:13739.

Hernádi A., Kis, A., Kanizsár O., Tóth K., Miklósi B., Topál, J. 2015. Intranasally administered oxytocin affects how dogs (*Canis familiaris*) react to the threatening approach of their owner and an unfamiliar experimenter. *Behav Proc* 119:1-5.

Kis A., Ciobica A., Topál J. 2017. The effect of oxytocin on human-directed social behaviour in dogs (*Canis familiaris*). *Horm Behav* 4:40–52.

Kis A., Gergely A., Galambos Á., Abdai J., Gombos F., Bódizs R., Topál J. 2017. Sleep macrostructure is modulated by positive and negative social experience in adult pet dogs. *Proc. Roy. Soc. B.* 284:20171883.

Kis A., Hernádi A., Miklósi B., Kanizsár O., Topál J. 2017. Oxytocin modulates how dogs (*Canis familiaris*) look at human emotional faces. An eye-tracking study. *Front Behav Neurosci* 11:210.

Kis A., Szakadát S., Gácsi M., Kovács E., Simor P., Török C., Gombos F., Bódizs R., Topál J. 2017. Interrelated effect of sleep and learning in dogs (*Canis familiaris*). An EEG and behavioural study. *Sci Rep* 7:41873.

Kiss O., Kovács K., Szántó F., Topál J. 2018. Similarity between an unfamiliar human and the owner affects dogs' preference for human partner when responding to an unsolvable problem. *Learn Behav* 46:430–441

Kovács K., Kis A., Hernádi A., Gácsi M., Topál J. 2016. The effect of oxytocin on biological motion perception in dogs (*Canis familiaris*). *Anim Cogn* 19:513–522

Kovács K., Kis A., Pogány Á., Koller D., Topál J. 2016. Differential effects of oxytocin on social sensitivity in two distinct breeds of dogs (*Canis familiaris*). *Psychoneuroendocrinology* 74:212–220.

Kovács E., Kosztolányi A., Kis A. 2018. Rapid eye movement density during REM sleep in dogs (*Canis familiaris*). *Learn Behav*, 46:554–560.

Kovács K., Virányi Z., Kis A., Turcsán B., Hudecz Á., Marmota M.T., Koller D., Rónai Z., Gácsi M., Topál J. 2018. Dog-Owner Attachment Is Associated With Oxytocin Receptor Gene Polymorphisms in Both Parties. A Comparative Study on Austrian and Hungarian Border Collies. *Front Psychol* 9:435.

Kovács K., Oláh K., Lakatos K., Topál J. (közlésre benyújtva). Socially stimulating pre-treatment modulates attention to biological motion and contingent reactivity in children. *Br J Dev Psychol*.

Kupán K., Király I., Kupán K., Krekó K., Miklósi Á., Topál J. 2017. Interacting effect of two social factors on 18 month-old infants' imitative behavior: communicative cues and demonstrator presence. *J Exp Child Psychol* 161:186–194.

Oláh K., Kupán K., Csík A., Király I., Topál J. 2015. Feature or location? A developmental shift in the strategy to search for a hidden toy. *Inf Behav Dev* 41:73–79.

Oláh K., Elekes F., Turcsán B., Kis O., Topál J. 2016. Social pre-treatment modulates attention allocation to transient and stable object properties. *Front Psychol* 7:1619.

Oláh K., Topál J., Kovács K., Kis A., Koller D., Park S.Y., Virányi Zs. 2017. Gaze-following and reaction to an aversive social interaction have corresponding associations with variation in the OXTR gene in dogs but not in human infants. *Front Psychol* 8:2156.

Petró E., Abdai J., Gergely A., Topál J., Miklósi Á. 2016. Dogs (*Canis familiaris*) adjust their social behaviour to the differential role of inanimate interactive agents. *Anim Cogn* 19:367–374.

Range F., Aust U., Steurer M., Huber L. 2008. Visual categorization of natural stimuli by domestic dogs. *Anim Cogn* 11:338–347.

Somppi S., Törnqvist H., Topál J., Koskela A., Hänninen L., Krause C.M., Vainio O. 2017. Nasal oxytocin administration alters the gazing behavior and pupil dilatation in domestic dogs. *Front Psychol* 8:1854.

Tauzin T., Csík A., Kis A., Kovács K., Topál J. 2015. The order of ostensive and referential signals affects dogs' responsiveness when interacting with a human. *Anim Cogn* 18:975–979.

Tauzin T., Csík A., Kis A., Topál J. 2015. What or where? The meaning of referential human pointing in dogs. *J Comp Psychol* 129:334–338.

Tauzin T., Kovács K., Topál J. 2016. Dogs identify communicative agents in third-party interactions based on the observed degree of contingency. *Psych Sci* 27:1061–1068.

Varga B., Gergely A., Galambos Á., Kis A. 2018. Heart Rate and Heart Rate Variability during Sleep in Family Dogs (*Canis familiaris*). Moderate Effect of Pre-Sleep Emotions. *Animals*, 8:107.