

Szakdolgozat

Marosi Sarolta
2020

Állatorvostudományi Egyetem
Biológia Intézet, Ökológia Tanszék

Öregedés és kogníció: idős és fiatal családi kutyák viselkedési gátlásának felmérése egy megkerüléssel tesztben

Készítette: Marosi Sarolta

Témavezetők: Dr. Kubinyi Enikő
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Etológia Tanszék, tudományos főmunkatárs

Dr. Kis János
Állatorvostudományi Egyetem, Ökológia Tanszék, egyetemi tanár

Budapest, 2020

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
1.1 Öregedés-elméletek, az öregedés mechanizmusa	1
1.2 Miért kutatjuk a kutyák öregedését?	3
1.3 A kutya, mint a humán öregedés modellállata; helye az öregedés modellállatai között...4	
2. Szakirodalmi áttekintés	7
2.1 A kutyák öregedése, az öregedés és kogníció kapcsolata kutyákban	7
2.2 A végrehajtó funkciók és az öregedés kapcsolata, a viselkedési gátlás	9
3. Célkitűzések	16
4. Anyag és módszer	16
4.1 Alanyok	16
4.2 Kísérleti elrendezés:	18
4.3 Mért változók	23
4.4 Alkalmazott statisztikai tesztek:	23
5. Eredmények.....	24
6. Értékelés.....	28
6.1 Kapcsolat a humán öregedéssel	30
6.2. Limitációk.....	32
6.3 Konklúzió	33
7. Összefoglalás.....	33
8. Angol nyelvű összefoglaló (Summary)	34
8.1 Aging and Cognition: The Assessment of Inhibitory Control In Young and Old Family Dogs In a Detour Task	34
9. Köszönetnyilvánítás.....	36
10. Irodalomjegyzék	37

1. Bevezetés

A legtöbb élő organizmus öregedik. Az öregedés folyamata definíció szerint az alkalmazkodóképesség leromlása a korrallal összefüggésben (Rose et al., 2012). Az öregedés során fokozatosan leromlanak testünk fiziológiai funkciói, demográfiai pedig növekvő mortalitás és csökkenő fecunditás jellemző (Bronikowski & Flatt, 2010). Az állatvilágban igen eltérő öregedési mintázatokat figyelhetünk meg, valamint jelentős különbség mutatkozik különböző organizmusok élettartamában is. A jelenleg ismert legrövidebb életű gerinces, egy korallzátonyi halfaj (*Eviota sigillata*) átlagosan mindössze 59 napig él (Depczynski & Bellwood, 2005). A leghosszabb életű gerincesek is halak közül kerülnek ki: több fajtól is leírtak 200 évnél idősebb kort megért egyedeket (*Somniosus microcephalus*) (Nielsen et al., 2016). Az emlős fajok között is találhatunk hasonlóan figyelemreméltó eltéréseket. Újabb kutatások szerint a grönlandi bálna (*Balaena mysticetus*) megérheti a 150 - 200 éves kort (Keane et al., 2015), így akár százszor több ideig élhet, mint legrövidebb életű emlősök: például a házi egér (*Mus musculus*) élethossza mindössze 1-2 év.

1.1 Öregedés-elméletek, az öregedés mechanizmusa

Az öregedés egyrészt elkerülhetetlen következménye a testünk fizikai károsodásának, mely különböző környezeti hatások eredménye (öregedés sejtszintű mechanizmusai), másrészt evolúciós folyamatok következménye.

Az öregedés evolúciós kialakulását az magyarázza, hogy a természetes szelekció hatása a korrallal egyre gyengül, tehát egyre kevésbé képes kifejteni a hatását egy idősödő egyedben (Charlesworth, 2000; Hamilton, 1966; Hughes & Reynolds, 2005; Rose et al., 2007). Amennyiben egy fiatal, szaporodni még nem képes egyed a túlélésére nézve káros jelleget örökölt, vagy élete korai szakaszában káros mutáció megy végbe a szervezetében, akkor a természetes szelekció könnyen kiszűri azt - az egyed nem éri meg az ivarérett kort, így nem adja tovább az utódainak. Amennyiben azonban az egyed olyan jelleget hordoz, mely csak idősebb korban, (potenciális) utódok nemzése után kezdi ki az egészségét és rontja a túlélési esélyeit, akkor ezek a tulajdonságok az utódokban ismét meg fognak jelenni (Fabian, 2014). Ez alapján a gondolatmenet alapján jutottak el a kutatók a mutáció-akkumuláció és az antagonisztikus pleiotrópia fogalmáig, melyeket később matematikailag is leírtak (Hamilton, 1966; Rose et al., 2007), mára pedig megbízható empirikus bizonyítékok támasztanak alá.

A mutáció akkumuláció (Medawar, 1946, 1952) azt jelenti, hogy egy populációban generációról generációra felgyűlnek az olyan jellegek, melyek fiatal korban a túlélést nem befolyásolják, idős korban azonban károssá válnak. (Hiszen ezekre a természetes szelekció sokkal gyengébben hat, mint a fiatal korban káros jellegekre.) Az antagonisztikus pleiotrópia (Williams, 1957) elmélete szerint optimalizáció folyik a fiatal- és időskori jellegek között - azok a tulajdonságok, melyek fiatalkorban előnyösen hatnak a túlélésre, megmaradnak és elterjednek akkor is, ha „cserébe” idős korban károssá válnak.

Az antagonisztikus pleiotrópia és a mutáció akkumuláció egyaránt befolyásolja az egyed öregedését, azonban egyelőre nem tisztázott, melyik milyen mértékben felel érte.

A károsodás alapú elméletek alapján az öregedés három fő vezető oka a DNS károsodása, a telomerek fokozatos rövidülése, illetve a szabadgyökök rongáló hatása (ROS – reactive oxygen species, reaktív oxigén fajok; a szabadgyökök oxigént tartalmazó, magas reakciókészségű fajtája) (Hung, 2011). A károsodás alapú elméletek szerint a testünkben ezen behatások eredményeképpen egyre gyűlnek az apró meghibásodások (mutálódik a DNS, csökkent vagy helytelen enzimműködés lép fel) és ez okozza az öregedést. A szervezetben az előregedett sejtek a rák ellen való védekezés érdekében többszáz különböző faktorból álló szekrétumot termelnek, a SASP-t (*Senescence-Associated Secretome Phenotype*). Ez többek között az őssejtek kimerüléséhez, valamint krónikus alacsony szintű gyulladáshoz vezet, mely tovább gyorsítja az öregedés folyamatát (McHugh & Gil, 2018).

Mindezek eredményeképpen a szöveti regeneráció és egyes szervek megfelelő működése is fokozatosan leépülhet, így pedig elégtelen méregtelenítés vagy tápanyagfelvétel léphet fel, ami tovább csökkentheti a test egészséges, rendeltetésszerű működését.

Az emlősök körében az öregedési folyamatok határozott fenotípust követnek (Magalhães & Toussaint, 2002), és jeleit már pubertás után megfigyelhetjük a legtöbb fajnál. Az emlősök öregedésével együtt járhat a belső szervek és érzékszervek működésének fokozatos leromlása vagy elégtelen működése. Az idős korrall növekszik a rák (De Magalhães, 2013), a II-es típusú cukorbetegség (Gunasekaran & Gannon, 2011), a szív-és érrendszeri problémák (North & Sinclair, 2012), valamint a neurodegeneratív betegségek (Hou et al., 2019) kialakulásának veszélye (Niccoli & Partridge, 2012). Mind utóbbiak, mind a sikeresen (krónikus betegségektől mentesen, nem radikális sebességgel) öregedő emlősök esetében nagy jelentőséggel bír a kognitív funkciók megváltozása és leromlása. Ebben a dolgozatban azt

tárgyaljuk, hogyan változik az öregedés során a kogníció, illetve ezen belül a nem kívánt viselkedések gátlásának képessége.

1.2 Miért kutatjuk a kutyák öregedését?

Az idős kutyákon végzett kutatások több szempontból is hasznosak lehetnek: az új információk a humán öregedés vizsgálata során éppúgy felhasználhatóak, mint az állatorvoslásban.

Magyarországon a háztartások 33% -ában tartanak kutyát (összehasonlításképp: az Egyesült Államokban ez az arány 44%, az Egyesült Királyságban pedig megközelítőleg 25%). A legtöbb családi kutya gazdája közvetlen környezetében tartózkodik a mindennapokban, sokan családtagként tekintenek rájuk. Az emberek életmódja gyakran jelentős mértékben megváltozik, mikor kutyatulajdonosokká válnak, ami jó hatással lehet az egészségükre nézve (Serpell, 1991). Korábbi kutatásokból tudjuk, hogy a kutyatulajdonosok általában több mozgáshoz jutnak, mint azok, akik nem tartanak kutyát (Ham & Epping, 2006). A depresszióval vagy szorongással küzdők tünetei enyhülhetnek kutyák jelenlétében (Hoffmann et al., 2009). A kutyatulajdonosok körében kisebb az infarktus kockázata (Anderson et al., 1992), valamint pozitívabb kimenetelre számíthatnak az abból való felépülés során (Herrald et al., 2002; Mubanga et al., 2019).

A segítőkutyák gazdáiknak jelentős segítséget nyújtanak a mindennapi életük során, a rendőr-kutyák, keresőkutyák pedig fontos szerepet játszanak a katasztrófavédelemben és a bűnüldözésben. Ezeknek a kutyáknak a kiképzése drága és időigényes, ezért fontos, hogy minél tovább meg tudjuk őrizni egészségüket és munkaképességüket. Egyéb, rendhagyóbb feladatok ellátására is alkalmaznak még napjainkig kutyákat, például szarvasgomba-keresésre, nyájak terelésére, házőrzésre. Az újabb kutyás sportok és versenyek (pl. frizbi, agility) egyre népszerűbbé válnak, melyek sok ember számára nyújtanak hobbi- vagy akár munkalehetőséget.

Összességében tehát kijelenthető, hogy a 21. századi társadalomban a kutyák fontos részét képezik mindennapjainknak, így öregedésük kutatása nem csak amiatt lehet fontos, hogy a humán öregedés modellállataként használhassuk őket, hanem önmagában is jelentőséggel bír.

1.3 A kutya, mint a humán öregedés modellállata; helye az öregedés modellállatai között

A modellállatok használatát a humán öregedés kutatásában számos tényező teszi indokolttá, köztük az emberek természetesen hosszú élettartama, eltérő genetikai háttere, és a személyenként nagyon különböző környezeti tényezők hatása. Egy kutatás során ezek mind jelentős akadállyal bizonyulhatnak, nem is szólva a különféle etikai kérdésekről, melyek humán alanyok esetén felmerülnek.

A humán öregedés modelljeként igen különböző állatfajokat használtak az eddigi kutatásokban. A *Caenorhabditis elegans* és a *Drosophila melanogaster* valamint az egysejtű modellként alkalmazott élesztőgomba, a *Saccharomyces cerevisiae* tradicionális modellnek számítanak – a korábbi kutatások révén rengeteg adat áll rendelkezésünkre ezekről a fajokról (*Caenorhabditis elegans*: Klass & Hirsh, 1976; Lapierre & Hansen, 2012; *Drosophila melanogaster*: Brandt & Vilcinskas, 2013; Ocorr et al., 2007; Reiter et al., 2001; *Saccharomyces cerevisiae*: Karathia et al., 2011; Laurent et al., 2016; Longo & Fabrizio, 2015). Közös jellemzőjük, hogy kevés génből álló, ismert génállománnyal rendelkeznek, életmenetük lefolyása és szaporodásuk gyors, valamint tartásuk is egyszerű kis méretük miatt. Mindez nagy előnnyel jár egy laboratóriumi kutatás során. Ezek a fajok nagyszerűen alkalmazhatóak, ha az öregedés sejtszintű mechanizmusát vagy evolúciósan konzervált genetikai útjait szeretnénk jobban felderíteni, azonban számtalan más mechanizmus feltérképezésére alkalmatlannak bizonyulnak - különös tekintettel az őssejtek megújulására és a szövetek regenerációjára, melyek az emlősökben a szöveti homeosztázis és ezzel az egészséges szervi működés fenntartásáért felelnek. Ezeknek a folyamatoknak nincsen megfelelője ezekben a modellállatokban (Austad, 2009).

Erre alternatív gerinctelen modellek és gerinces modellek alkalmazása jelentheti a megoldást. A Hydra nemzetségbe tartozó fajok, valamint a zsákállatok közé tartozó *Botryllus schlosseri* és a Ciona nemzetség tagjai többet árulhatnak el a szöveti regenerációról, az őssejtek osztódásáról, és ezek öregedéssel való kapcsolatáról – hiszen utóbbi kettő filogenetikailag is közelebbi rokonságban áll a gerincesekkel (az Urochordata altörzs tagjai)(Chaudhary & Rizvi, 2019; Murthy & Ram, 2015).

A gerinces modellek azonban ennél jóval többre adnak lehetőséget: többek között pszichiátriai, szív-és érrendszeri, neurodegeneratív betegségek, valamint különböző gyógyszerek hatásmechanizmusának és mellékhatásainak vizsgálatát. Hagyományosan

rágcsáló- és főemlős fajokat alkalmaznak, de emellett előfordulnak halak (pl. *Danio rerio*, kiemelkedő regenerációs képességük miatt (Lepilina et al., 2006)) és madarak is (Braun & Sweazea, 2008; Hickey et al., 2012; Holmes et al., 2003). Utóbbiakkal kapcsolatban felmerül a lassabb reprodukciós szeszencia, valamint az IGF1 jelátviteli út működésének kérdése. A *Mus musculus* és a *Rattus norvegicus domesticus*, valamint ezen fajok különböző transzgenikus és beltenyésztett vonalai régóta az öregedés-kutatások alanyai (Mitchell et al., 2015). Újabban felfigyeltek egy euszociális életmódot folytató rágcsálófajra (Edrey et al., 2011), a csupasz földikutyára (*Heterocephalus glaber*), melynek 30 éves élettartama ötször olyan hosszú, mint ami a testméretéből következne, ráadásul teljes védettséget élvez a rákos megbetegedésekkel szemben.

A rhesusmakákó (*Macaca mulatta*) talán a legalkalmasabb modell a humán öregedés kutatására, mivel főemlősként rengeteg különböző területen mutat hasonlóságot az emberrel – többek között genetikai, endokrinológiai, és neuroanatómiai szempontból is (Chen et al., 2013; Colman et al., 2009; Eberling et al., 1995; Mattison et al., 2012). Sajnos azonban tartásuk számos nehézséggel jár: súlyuk és erejük, kifinomult szociális kapcsolataik és agresszióra való hajlamuk megnehezíti tartásukat és kezelésüket és etikai problémákat is felvet. A megfelelően gazdag környezet biztosítása számukra szintén költséges (Mitchell et al., 2015).

A családi kutyák és laboratóriumi beagle-k szintén alkalmazhatóak a humán öregedés modellállataként (Adams et al., 2000; Cotman & Head, 2008; Cummings, Head, Ruehl, et al., 1996; Gilmore & Greer, 2015; Overall, 2000; Studzinski et al., 2006; Wisniewski et al., 1990). Sok érv szól a családi kutya kísérleti alanyként való alkalmazása mellett, kezdve azzal, hogy viselkedésük eltér a laboratóriumi kutyákétól, az emberéhez hasonlóan változatos életkörülmények között élnek és az állatorvosi praxisok egyre kiterjedtebb dokumentációja révén évtizedekre visszanyúlóan férhetünk hozzá a számunkra érdekes adatokhoz. A családi kutyák bevonásával jelentősen csökkenthetőek a kutatólabor kiadásai, valamint így a vizsgálatokban részt vevő alanyok száma is magasabb lehet, mivel a kísérleti állatok számára fenntartott hely mérete nem korlátoz minket. A kutyák jóval egyszerűbben is kezelhetők mint például a főemlősök, ez pedig lehetőséget ad arra, hogy olyan vizsgálatokat végezzünk rajtuk, mely más fajok esetén nem, vagy csak invazív módon lenne lehetséges. Egy jó példa a kezelhetőség és kiképezhetőség előnyére: a kutyák megtaníthatók például arra, hogy 6-8 percen keresztül teljesen mozdulatlanul fekdjenek, mely lehetővé tette a funkcionális MRI – vel való vizsgálatukat éber és rögzítetlen állapotban (Andics et al., 2014; Berns et al., 2015;

Dilks et al., 2015), melynek a kivitelezése korábban csak embereken volt lehetséges. Mivel számukra az emberi környezet természetes közeg, a tesztelés során általában nincsenek stresszes állapotban, amely a kognitív funkciók tesztelése során megváltoztathatja az eredményeket.

Állatvédelmi szempontból előnyösebb a családi kutyák vizsgálata, hiszen nem szükséges az alanyainkat természetes környezetükből kiemelni. A laboratóriumi beagle-k igen hasznos modellek, különösen intervenciós tanulmányok során, ahol fontos, hogy a környezeti tényezőket mesterségesen beállíthassuk, kontrollálhassuk – azonban szociális elszigeteltség, a rendelkezésre álló hely korlátozottsága és az ingerszegény környezet megváltozott viselkedésformákhoz, akár viselkedésproblémákhoz is vezethet esetükben (Denham et al., 2014; Hubrecht et al., 1992; Turcsán et al., 2020), amely befolyásolhatja eredményeinket. Ezzel szemben kedvtelésből tartott családi kutyáknak van lehetőségük szociális interakcióra (emberekkel és fajtársaikkal is), elegendő mozgásra, és általában véve sokkal ingergazdagabb környezetben élnek. Az ember közvetlen közelében ugyanazon környezeti tényezők hatásának vannak kitéve, mint mi magunk, mely értékes modellekké teszi őket. Ételeinkben megtalálható adalékanyagok, a városok lég- és zajszennyezettsége, a háztartásokban alkalmazott kemikáliák éppúgy hatással vannak a szervezetükre, mint a miénkre. Míg ez nagyszerű lehetőség ezeknek a környezeti hatásoknak a tanulmányozására, az alanyonként változó körülmények ronthatják adataink megbízhatóságát. Az eltérések a táplálkozásban, a mozgás rendszerességében és mértékében, vagy a kiképzés például jelentősen befolyásolhatja egy egyed teljesítményét és fiziológiai állapotát.

Különböző viselkedéstesztekből pontosabb képet kaphatunk, ha rágcsálók helyett kutyákkal dolgozunk, mert az egészséges rágcsáló egyedekben megjelenő viselkedésformák némelyike emberek (és kutyák) esetében patológiásnak számítana – az elkerülési viselkedés egy jó példa erre (Overall, 2000). Emellett a rágcsáló modellekkel szemben a kutyában természetes módon kialakulnak neurodegeneratív betegségek az öregedés során, melyek fenotípusa nagyon hasonló az embereknél előforduló hasonló rendellenességekhez (E. Head, 2001; Rofina et al., 2006).

Az idős kutyák agyában megfigyelhető számtalan olyan elváltozás, mely az emberi agyban is megjelenik a kor előrehaladtával (Cotman & Head, 2008). Ezek természetes módon jelennek meg (nem szükséges őket mesterséges beavatkozással előidézni, mint a rágcsálómodellek esetében), és az emberekhez hasonló individuális variabilitást mutatnak. A fontosabbak közé

tartozik a kortikális atrófia, az agykamra-tágulat, a myelin degeneráció, a csökkent neuronképzés, a DNS-károsodás, valamint a mitokondriális működési zavarok és az ennek hatására fellépő oxidatív károsodás (Head, 2013). Különös figyelmet érdemel az idős kutyák egy alcsoportján megfigyelhető tünetegyüttes, a Canine Dysfunction Syndrome (röviden CDS), mely a humán Alzheimer-kór korai szakaszát hűen modellezi – a β -amyloid fehérjeplakkok kialakulásának mechanizmusa, a különböző agyrégiókban való megjelenésük sorrendje (kezdetben a prefrontális kéregben, majd fokozatosan a kéreg hátsóbb régióiban), illetve a mérgező β -amyloid fehérjék molekuláris szerkezete mind megegyezik a humán agyban megfigyelhetővel. Az egyetlen szembetűnő különbség az, hogy a kutyák agyában neurofibrilláris kötegek nem találhatóak (melynek hátterében talán a tau-fehérjék eltérő molekuláris szerkezete állhat). Ennek köszönhetően felderíthetjük a β -amyloid plakkok neurodegeneratív hatását a neurofibrilláris kötegek hatásától függetlenül. Éppen emiatt az előrehaladott Alzheimeres állapottal kapcsolatosan kevésbé használhatóak a kutyákon végzett kutatásokból származó adatok (Head, 2001).

A családi kutyák alkalmazásának természetesen néhány hátránya is van. A gazdákkal való kommunikáció során különböző nehézségek merülhetnek fel. Komoly szervezést igényel, hogy megfelelő számú önkéntest tudjunk meghívni a kutatólaborba és visszaméréses vizsgálatok során akár jelentős mennyiségű adatot veszíthetünk, ha a gazda valamilyen okból nem tud visszatérni a megfelelő időpontban. A másik probléma az, hogy emberi alanyokhoz hasonlóan a családi kutyák nagyon különböző környezetből érkehetnek, ez pedig megnövelheti adataink szórását és megnehezítheti a trendek észrevételét.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A kutyák öregedése, az öregedés és kogníció kapcsolata kutyákban

Amint láttuk, a kutyák öregedése sok tekintetben tükrözi az emberekét: az érzékszervek egyre romlanak, mozgásszervi károk, szív-és érrendszeri problémák jelentkeznek, a szaporodási képesség és az immunrendszer teljesítménye egyre csökken. A kognitív funkciók működése is egyre csökken (Golini et al., 2009).

Köztudott, hogy a nagyméretű kutyafajták rövidebb életűek, mint a kisméretűek (Galis et al., 2007; Greer et al., 2007). Ez a szabályszerűség éppen ellentétes azzal, hogy a nagyobb méretű emlős állatok általában hosszabb életűek (Frolkis & Muradian, 1991; Sohal & Weindruch, 1996). Az egyedek testméretével kapcsolatban más fajoknál is megfigyeltek hasonló trendet

(pl. *Rattus norvegicus*; (Comfort, 1961; Kirkwood, 1992). Ennek jelenlegi tudásunk szerint valószínűleg az IGF-1 (Insulin-like Growth Factor-1) jelátviteli úthoz van köze, mely emlősökben a növekedési hormon legfontosabb mediátora, és a fiatalkori növekedés mértékének meghatározása mellett elsősorban a glükóz-homeosztázis fenntartásáért felel. Az ezzel kapcsolatos eredmények egyelőre ellentmondásosak, de úgy tűnik, hogy a nagy mértékű korai növekedés rövidebb élettartammal párosul (Bartke et al., 2003; Greer et al., 2011; Sutter et al., 2007; Van Heemst et al., 2005).

Emiatt igen nehéz meghúzni a kutyáknál az öregkor határát, melyre egy, a miénkhez hasonló kutatás során általában szükség van. A 8 éves korhatár meghúzását általában az indokolja, hogy a cerebrovaszkuláris működés 8 éves kor után kezd károsodni (London et al., 1983). Egy újabb kutatás során, mely a border collie-k ún. fenntartott figyelmét vizsgálta, 8 év felett húzták meg az idős kor, és 10 év felett pedig a matuzsálem kor határát (Chapagain et al., 2017). Mi a kutatásunkban 8 év feletti kutyákkal dolgoztunk, melyek különböző fajtákból kerültek ki.

Az egészségesen öregedő kutyákban a korrallal megváltozik a viselkedés (Baranyiová et al., 2004): csökken a játékosság mértéke és a koncentráció képesség. Csökken továbbá a szociális fogékonyság, a kíváncsiság (új tárgyak irányába), csökken a felfedező magatartás időtartama és intenzitása, a válaszadás a parancsszavakra, valamint növekvő félelemérzet vagy erősödő fóbiák jelennek meg (Warnes, 2015). Az egészséges öregedéssel a kognitív funkciók károsodása is együtt jár: az eddigi kutatások során a tanulás, a memória, és a végrehajtó funkciók egyre romló működését figyelték meg a kor előrehaladtával.

A kognitív funkciók károsodása kutyákban doménspecifikus és egyedi variabilitást mutat (Head, 2013). A komplex tanulási feladatokban rosszabb teljesítményt nyújtanak az idős kutyák fiatalabb fajtársaiknál. Ide tartozik a térbeli tanulás, valamint a prefrontális kéreghez kötődő kognitív funkciók: reverz tanulás és a vizuális rövidtávú memória (Head et al., 1998; Studzinski et al., 2006; Tapp et al., 2003). Az egyszerű vizuális diszkriminációra épülő tanulási feladatokban az idős kutyák nem teljesítenek rosszabbul a fiataloknál (Milgram et al., 1994).

Több kutatás egybehangzó eredménye azt mutatja, hogy bizonyos viselkedésterületekben a kutyák teljesítménye erősen összefügg különböző neuroanatómiai elváltozásokkal. A β -amyloid plakkok lerakódása erősen összefügg a kognitív hiányosságok súlyosságával (Colle et al., 2000; Cummings, Head, Afagh, et al., 1996) és a kortikális atrófiával (Tapp et al.,

2004). A kiterjedt kortikális atrófia gyengébb teljesítménnyel párosul tanulási- és memóriatesztek során (Rofina et al., 2006). A nagyobb számú neuron a hippocampusban kevesebb hibához vezet vizuális diszkrimináción alapuló tanulási tesztek során (Siwak et al., 2008). A káros oxidatív folyamatok végtermékeinek mennyisége is összefügg az idős kutyák viselkedésében fellépő változások súlyosságával (Skoumalova et al., 2003).

Ezek alapján az idős kutyák agyának állapotát megfelelően kialakított viselkedéstesztekkel is felmérhetjük. Elegendő információ az egészségesen öregedő kutyák kogníciójáról és viselkedéséről lehetővé tenné, hogy adott rendellenes viselkedések megjelenése vagy egyes kognitív funkciók túlságosan korai vagy radikális leromlása alapján hamar tetten érjük háziállatainkban az időskori demenciát, és sikeres intervencióval javíthassunk az életminőségükön.

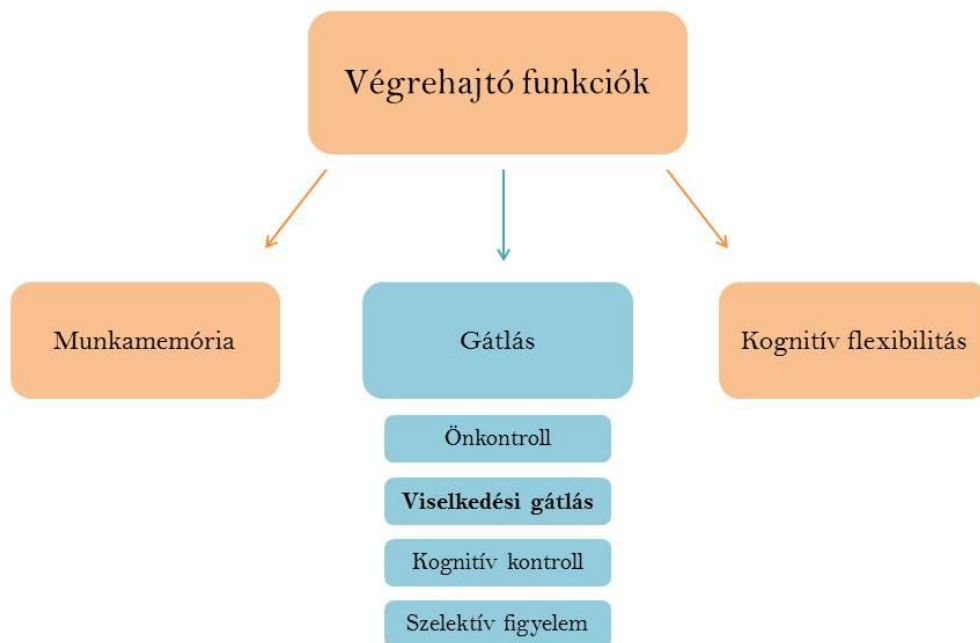
Kutatásunk során azt tűztük ki célul, hogy többféle viselkedéstesztet viszonylag nagy egyedszámú csoporton elvégezve megállapítsuk, mely tesztek eléggé érzékenyek ahhoz, hogy fiatal és idős kutyák teljesítménykülönbségét kimutassák. A tesztek eredetileg úgy állítottuk össze, hogy a kutya szociális és különböző kognitív képességeit (memória, tanulás, problémamegoldás) egyaránt fel tudjuk mérni valamilyen formában. A szakdolgozatomban ezek közül a tesztek közül egy viselkedési gátlást mérő teszt eredményeit elemzem ki.

2.2 A végrehajtó funkciók és az öregedés kapcsolata, a viselkedési gátlás

A végrehajtó funkciók (*executive functions*) olyan komplex kognitív folyamatokra utalnak, amelyek lehetővé teszik a figyelem fenntartását, a zavaró körülmények kizárását, a célok szem előtt tartását, az eltérő viselkedések következményeinek megfontolását, és a frusztráció tolerálását (Zelazo, Blair, & Willoughby, 2016). Fontos szerepük van a megváltozott környezethez való rugalmas alkalmazkodásban (Cragg & Chevalier, 2012). Számos bizonyíték támasztja alá, hogy az öregedés során a végrehajtó funkciók működése emlős állatokban fokozatosan leromlik. Kutyás kísérletekben is ilyen eredmények születtek (Tapp et al., 2003a), azonban ezen a területen még csak kevés kutatást végeztek, így az információk jelentős bővítésére van szükség.

A jelenleg leginkább elfogadott elméletek szerint a végrehajtó funkciók 3 fő alkotóeleme a munkamemória, a kognitív flexibilitás és a gátlás (Blair & Diamond, 2008; Carlson et al., 2013; Cristofori et al., 2019). A munkamemória (*working memory*) lehetővé teszi az információk, gondolatok elménkben való tartását és manipulációját. A kognitív flexibilitás révén képessé válunk arra, hogy gyorsan váltsunk mentális készleteink, stratégiáink között, és

többféleképpen tudunk megoldani egy adott problémát. A gátlás (*inhibition*) magában foglalja az önkontrollt, a viselkedési gátlást (*inhibitory control*), a szelektív figyelmet (*selective attention*) és a kognitív kontrollt (*cognitive control*) (Cristofori et al., 2019; Diamond et al., 2005).



1. ábra: A végrehajtó funkciók három fő alkotóeleme, és az általunk vizsgált kognitív funkció, a viselkedési gátlás helye a végrehajtó funkciók között

Ezen dolgozatban a viselkedési gátlással foglalkozunk, mely a nemkívánt viselkedések gátlását jelenti (helyét a végrehajtó funkciók között az 1. ábrán mutatjuk be). A viselkedési gátlás egy impulzív és/vagy automatikus viselkedés gátlását jelenti egy alternatív válaszadás érdekében. Ezen mechanizmus jelentősége, hogy képes megnövelni az egyed válaszreakcióinak flexibilitását, ezáltal növelve az egyed adaptív sikerét (Marshall-Pescini et al., 2015). A természetben pl. közös táplálkozás során érvényesülhet: egy adott egyed, mely a rangsorban alacsonyabb helyet foglal el, kénytelen legátolni az étel megszerzésére irányuló

viselkedését annak érdekében, hogy elkerülje a magasabb rangú tagok büntető magatartását (Amici et al., 2009; Thierry, 2007). A fentiek értelmében fontos megjegyezni, hogy a viselkedési gátlásnak van egy jelentős szociális összetevője.

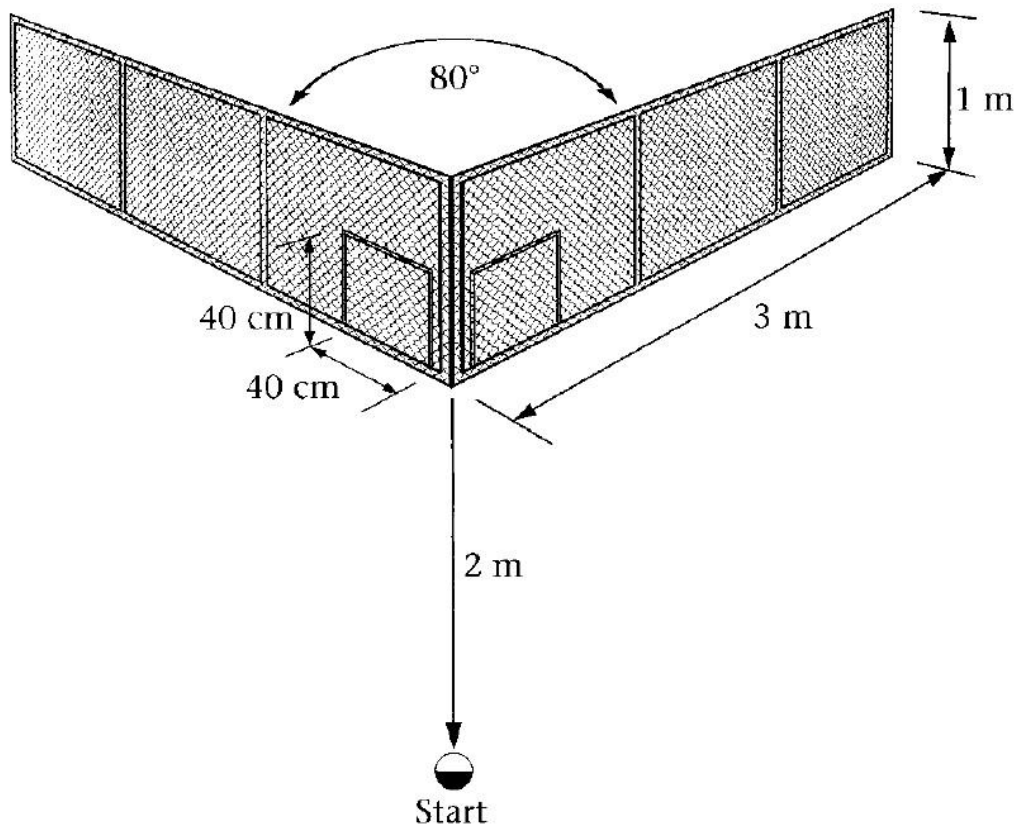
A szabványosított laboratóriumi vizsgálatok elsősorban doménspecifikusan vizsgálják az öregedés kognícióra való hatását. Ezek elvégzéséhez általában hosszú előképzésre van szükség, mely megnehezíti a családi kutyákkal végzett vizsgálatokba való átemelésüket, valamint egy kialakulóban levő demens állapot diagnózisa során sem lennének hasznosak, hiszen az idős kutya állapota jelentősen leromolhat, mire elsajátítja az adott felatot és megfelelően el tudja végezni azt.

Az etológiailag releváns feladattípusokat könnyebben sajátítják el a kutyák (Miklósi, 2009). Ilyen feladatokhoz nincsen szükség hosszadalmas előtréningre. Ezek közé tartoznak a fizikai problémamegoldást mérő tárgymanipulálási tesztek (Duranton et al., 2015; Topál et al., 1997) vagy a különböző térbeli tanuláshoz kötődő feladatok (Pietrzak et al., 2007), például a T-labirintus, mely a gazda keresésére épít (Mongillo et al., 2013, 2017). Az ún. megkerülései tesztek (*detour tasks*) a tárgymanipulálási tesztekhez hasonlóan a táplálékkereső viselkedésre épülnek, azonban velük ellentétben ezek során nincsen szükség a kísérleti apparátus manipulációjára az étel megszerzésének érdekében.

A kutyák viselkedési gátlását vizsgáló kutatások során gyakran valamely problémamegoldási feladat elé állítják az alanyokat. Ezek közé tartoznak egyes, a viselkedési gátlást szociális kontextusban mérő tesztek, a klasszikus A-nem-B teszt, valamint a megkerülései tesztek is. Több közelmúltbeli kísérlet támasztja alá, hogy kutyákban a viselkedési gátlás kontextusfüggő: a kutyák egyéni eredményei között nem találtak összefüggést sem szociális és nem-szociális feladatok, sem két különböző nem-szociális feladat között. (Bray et al., 2014; Brucks et al., 2017).

A megkerülései tesztek során különböző apparátusokat alkalmaznak, melyek konstrukciója meggátolja a kutyát abban, hogy a mögéjük rejtett táplálékot (vagy preferált játékot) egyenes úton megközelíthessék. Ezért a jutalomfalat eléréséhez a kutya kénytelen meggátolni impulzív viselkedését, mely arra készíti, hogy minél rövidebb úton érje el a megszerzendő táplálékot – annak eléréséhez ugyanis először el kell távolodnia a jutalomfalattól, hogy az apparátust megkerülhesse (alternatív viselkedés).

A megkerüléssel tesztelt állatokban alkalmazott apparátus gyakran egy V alakú vagy egyenes kerítés. A V alakú kerítés csúcsa a kutya felé mutat, két szára a legtöbb esetben 3-3 m hosszú (2. ábra). A jutalomfalatot a kerítés 2 szára közé és a csúcshoz közel helyezik el. Már a 20. század elején kimutatták, hogy a kutyák számára ez nehéz feladatnak bizonyul: az állatok csak hosszadalmas próba-szerencse tanulás folyamán voltak képesek elsajátítani a megfelelő stratégiát, és ehhez számos próbálkozásra volt szükségük (Buytendijk, 1935). Ezek az eredmények ismételtten bebizonyosodtak az ELTE Etológia Tanszékén, a 2000-es évek elején végzett kutatásokban: a kutyáknak átlagosan 36-42%-a nem tudta első próbálkozásra megszerezni a jutalomfalatot 60 mp alatt (Pongrácz et al., 2005), azonban azt is kimutatták, hogy humán demonstrációt követően a teljesítményük azonnal javult (Pongrácz et al., 2001, 2005; Pongrácz, Miklósi, Timár-Geng, et al., 2003). A kutyák az ismételt próbáknál abból az irányból kerültek, melyet az első sikeres megkerülésben követtek. A jobb és bal oldalt preferáló kutyák aránya egyensúlyban volt. Ismételt humán demonstráció és egyéni tapasztalat hatására a megkerülési stratégia rutinszerűvé vált, és egy gyorsabb megoldáshoz vezető kiskapu nyitva hagyása esetén is megmaradt a viselkedés (Pongrácz, Miklósi, Kubinyi, et al., 2003). A kutyák az első sikeres viselkedést reprodukálták az ismételt próbákban, ha nem volt okuk stratégiájuk megváltoztatására vagy nem állt a rendelkezésükre más információ, például humán demonstráció formájában (Pongrácz, Miklósi, Timár-Geng, et al., 2003). A kutyák teljesítménye ebben a tesztben alulmúlta a farkasokét és dingókét (Marshall-Pescini et al., 2015). V-alakú kerítéssel végzett megkerüléssel tesztelt állatok során bebizonyosodott, hogy a kutya képes a gazda által demonstrált viselkedési formát értelmezni és saját tapasztalataihoz adaptálni (a gazda kétértelmű demonstrációját követően a kutyák abból az irányból kerültek meg a kerítést, amerről maguktól először megkerülték, de még az egyértelmű demonstrációt követően is sok kutya ragaszkodott az eredeti irányhoz (Pongrácz, Miklósi, Timár-Geng, et al., 2003)).



2. ábra: A V-alakú kerítés pozíciója kutyák viselkedési gátlását mérő tesztekben; az ábra Dr. Pongrácz Péter, Dr. Miklósi Ádám, Dr. Kubinyi Enikő és munkatársaik 2003-as kutatásából való (Pongrácz, Miklósi, Kubinyi, et al., 2003)

A kerítéses feladatok egy másik típusa egyenes kerítésszakaszt használ (a kutya haladási irányára merőlegesen), melyet nem lehet megkerülni, mivel faltól falig tart. Ennek a kerítésnek jobb és bal szélén található egy-egy kapu, melynek egyikét nyitva hagyják. A jutalomfalat azonban nem az egyik ajtónál, hanem a kerítés középső szakaszánál helyezik el a kutatók. A kutyák hajlamosak sok időt eltölteni a kerítésnél közvetlenül a jutalomfalattal szemben, mielőtt legátolnák a jutalomfalat egyenes úton való megszerzésére irányuló próbálkozásaikat, és a jutalomfalattól eltávolodva azt végő soron az ajtó használatával megközelíteni. A teszt során néhány próba után az ellenkező oldalon levő ajtót szokták nyitva hagyni, ezzel mérve a (térbeli) perszeverációs hibát (Osthaus et al., 2010). Azt nevezzük perszeverációs hibának (vagy más néven A-nem-B hibának), mikor a kutya a megváltozott

környezet ellenére továbbra is az addig jól bevált, megszokott viselkedésformát próbálja alkalmazni

A kerítéses feladatok hátránya, hogy ha a kutyák önálló problémamegoldási képességére vagyunk kíváncsiak, akkor viszonylag hosszú időt vesz igénybe, mire a kutya hosszas próbaszerencse tanulás végeredményeként megtanulja a helyes irányt, valamint, hogy az apparátus felállítása és tárolása nagy teret igényel. Az úgynevezett cylinder-teszt azonban mindkét problémát áthidalja.

A cylinder-tesztet már 36 különböző állatfajjal végezték el (Bray et al., 2014; MacLean et al., 2014), többek között kutyákkal (Brucks et al., 2017; Müller et al., 2016), kecskékkel (Langbein, 2018) és mókusokkal (MacLean et al., 2014) is (ld. a 3. és 4. ábrát). Ennek során a kutyától 1,5 m-re elhelyeznek egy hengert, melynek két oldala nyitott. A kutyának lehetősége van megfigyelni, amint a kísérletvezető a falatot behelyezi a hengerbe, majd a gazda szabadon engedi a kutyát és így a kutya megszerezheti az élelmet. A cylinder teszteknek két fázisa van: az első, gyakorlási fázisban a henger átlátszatlan, pl. fából van (tréning-próbák). Ez a fázis általában addig tart, ameddig a kutya több egymást követő próba alatt sem ér hozzá a hengerhez – ekkor tekintik úgy, hogy kialakította a helyes motorikus választ, vagyis következetesen oldalról, nem pedig szemből próbálja megközelíteni a jutalomfalatot. Ezután veszi kezdetét a második fázis, melyben az átlátszatlan hengert átlátszóra cserélik ki (tesztpróbák).



3. ábra: A hagyományos cylinder-teszt Dr. Sarah Marshall-Pescini és munkatársai bécsi kutatásában – a henger alakú apparátus a tréning-próbák során átlátszatlan, később a tesztpróbák során átlátszó volt (Marshall-Pescini et al., 2015).



4. ábra: A hagyományos cylinder-tesztet egy nagyívű kutatás keretein belül 36 állatfajjal, köztük a mókussal is elvégezték (MacLean et al., 2014). Forrás: Mikel Delgado és Lucia Jacobs, Kaliforniai Egyetem, Pszichológia Tanszék.

Ennek hatására a kutya agyában a helyes motorikus válaszadás és egy vizuális jel konkurenciája lép fel. A kutyák a tréning-próbák során megtanulják, hogy a jutalomfalatot oldalról a hengerbe nyúlva érhetik el. A tesztpróbák során azonban a kutya számára szemből is láthatóvá válik a jutalomfalat, ez pedig ahhoz vezethet, hogy a kutya megpróbálja azt egyenes úton elérni, és a hengernek ütközik. Ilyenkor sikertelen a viselkedési gátlás. Amennyiben viszont a kutya a vizuális jelet figyelmen kívül hagyva továbbra is a helyes motorikus választ adja, és oldalról nyúl be a hengerbe anélkül, hogy a falának ütközne, a viselkedési gátlás sikeresen végbement (Bray et al., 2014; MacLean et al., 2014; Marshall-Pescini et al., 2015).

A mi kísérletünkben alkalmazott kísérleti apparátus nem henger, hanem téglatest alakú, azonban a gyakorlatban ugyanazt a funkciót tölti be, mint a cylinder-tesztben megjelenő henger. Egy fontos különbség azonban van a mi apparátusunk és a klasszikus henger között: az, hogy a mi apparátusunknak csak egy oldala van nyitva. Ez lehetővé teszi, hogy a kísérlet során az apparátus bejáratának pozícióját megváltoztassuk, és azt is megfigyelhessük, hogy képes-e a kutya a már megtanult helyes motorikus választ ehhez a megváltozott körülményhez igazítani. Tesztünk tehát többért: Osthaus, Marlow és Ducat 2010-es kísérletéhez hasonlóan lehetővé teszi a perszeverációs hiba beemelését (Osthaus et al., 2010).

3. Célkitűzések

Vizsgálatunkban idős és fiatal családi kutyák viselkedési gátlását mértük fel egy cylinder-tesztben. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a cylinder-teszt alkalmas-e a fiatal és idős kutyák kogníciójában, azon belül viselkedési gátlásában megjelenő különbségek kimutatására.

Vizsgálati kérdéseink a következők voltak:

1. Lassabban szerzik-e meg a jutalomfalatot az idős kutyák?
2. Kevesebbszer hajtják-e végre hibátlanul a feladatot az idős kutyák?
3. Többet hibáznak-e az idős kutyák?
4. Többet hibáznak-e a kutyák, miután a kísérleti apparátus pozícióját megváltoztatjuk?
Találunk-e különbséget idős és fiatal kutyák között ebben a tekintetben?

4. Anyag és módszer

Tesztünket egy csempepadlós, 5 x 6 m alapterületű kísérleti szobában végeztük el az ELTE Etológia Tanszékén. Négy kamerát helyeztünk el a szoba négy felső sarkában, további kettőt pedig a hosszabb falak mentén azonos magasságban. A kísérleti szoba ismeretlen terület volt alanyaink számára.

4.1 Alanyok

Alanyaink fiatal ($n = 42$; átlagéletkor = 54,3 hónap, terjedelem = 31-81 hónap) és idős ($n = 78$; átlagéletkor = 124,9 hónap; terjedelem = 93-174 hónap) családi kutyák voltak; gazdáik önkéntesen jelentkeztek a teszten való részvételre. A tesztünkben részt vevő kutyák súlya 6,4 – 44,3 kg között mozgott, majdnem felük keverék volt ($n = 54$). Leggyakoribb fajták: border collie ($n = 13$), whippet ($n = 6$), magyar vizsla ($n = 5$) voltak. A nemek arányát kiegyensúlyoztuk; a fiatal kutyák között 18 kan és 24 szuka, az idős kutyák között pedig 40 kan és 38 szuka volt. Az alanyok nem szenvedtek semmilyen érzékszervi, mozgásszervi, vagy egyéb krónikus betegségtől a gazdák beszámolója alapján. A viselkedéstesztet megelőzően az idős kutyák egy rövid mozgásszervi vizsgálaton vettek részt.

A jelen dolgozatban tárgyalt teszt egy nagyívű longitudinális kutatás része volt. Ezen kutatás célja az öregedéssel változó kognitív funkciók felderítése és olyan eszközök kifejlesztése volt, melyek alkalmasak ezen változások nyomonkövetésére. A longitudinális kutatás egy specifikusan e célra fejlesztett kérdőívből és viselkedési tesztekkel állt. Az összesen 13 viselkedési tesztből 12-t ugyanazon a napon, meghatározott sorrendben végeztünk el; ez

körülbelül egy óráig tartott. A 12 teszt közül a jelen dolgozatban tárgyalt tesztre, a „Problémamegoldás”-ra, hetedikként került sor.

A longitudinális kutatás a korábbi irodalmi adatok alapján az öregedéssel kapcsolatba hozható viselkedések széles skáláját vizsgálta, például a felderítést, a szociális figyelmet, a segítségkérést, a tanulást, és a képezhetőséget. A vizsgált változók közül az általam tárgyalt teszt a kutyák viselkedési gátlására koncentrál.



5. ábra: Az átlátszatlan kísérleti apparátus a gyakorló próbák során.



6. ábra: Az átlátszó kísérleti apparátus a tesztpróbák során.

4.2 Kísérleti elrendezés:

Tesztünkben az alany (fiatal vagy idős családi kutya), az alany gazdája, és a kísérletvezető vett részt. A kutyáknak a teszt során lehetősége nyílt egy jutalomfalat (egy szelet virsli) megszerzésére, melyet a szoba közepére helyezett fa dobozban (a gyakorló próbák során) vagy egy átlátszó plexi dobozban (a tesztpróbák során) rejtettünk el. Az 5. és 6. ábrán látható az apparátus kialakítása.

A dobozok mérete azonos volt - kb. 30 x 40 cm - és egyik oldaluk nyitva maradt. Mindkét dobozt fa talpazattal láttuk el, továbbá az apparátus alá helyezett gumiszőnyeg biztosította, hogy a dobozok ne mozduljanak el kijelölt helyükről a próbák során. A kutya gazdáját arra kértük, hogy foglaljon helyet egy, a szoba végében elhelyezett széken. A kutya a gazdája közelében maradt arccal az apparátus felé fordulva, mely így 1,5 m-re helyezkedett el tőle. A 7. ábrán szemléltetjük a tesztben résztvevő személyek, a kutya és a doboz pozícióját, valamint a kutya és a doboz távolságát.

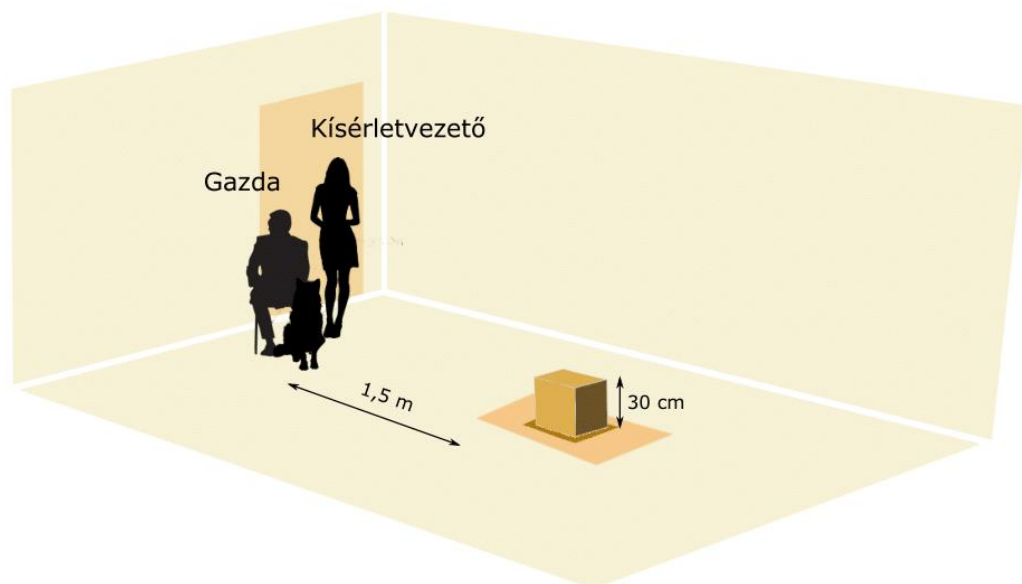
Gyakorló próbák (3 db):

A gyakorló próbák során a fa dobozt használtuk. A próbát háromszor ismételtük. A teszt kezdetén a dobozt úgy helyeztük el, hogy nyitott oldala a kutyával ellentétes oldalon legyen („Közép” pozíció, ld. 10. ábra). A kísérletvezető a doboz távolabbi sarkához állva felhívta magára az alany figyelmét (a nevéen szólítva a kutyát majd a „Nézd!” felszólítással), és felmutatott egy virslikarikát. Ezek után egy papírtányérra helyezte a jutalomfalatot és becsúsztatta a dobozba. Ezt követően a kísérletvezető visszasétált a kutyához és a gazdájához, majd a gazda szabadon engedhette az alanyt, akinek 45 másodperc állt a rendelkezésére ahhoz, hogy megszerezze a jutalomfalatot. Ez idő alatt a gazda biztathatta a kutyáját (mind szóban, mind testjeleket használva), de végig ülve kellett maradnia, és parancsszavakat nem használhatott. Amennyiben a kutya 45 mp alatt nem járt sikerrel, a kísérletvezető megadta a minimális segítséget, mely a jutalomfalat megszerzéséhez szükséges volt. A segítségnyújtást előre meghatározott protokoll szerint, fokozatos lépésekben hajtotta végre. Ha a kutya egy adott lépés végrehajtása után sikerrel járt, a következőt a kísérletvezető már nem hajtotta végre.

A lépések sorrendben a következők voltak:

1. Odaállt a doboz mellé.
2. Hívta a kutyát.
3. Rámutatott a dobozra.
4. Megmutatta a kutyának a doboz nyitott oldalát.
5. Félig kihúzta a műanyag tálat a dobozból.
6. Teljesen kihúzta a műanyag tálat.
7. Odaadta a kutyának a falatot.

Miután a kutya megszerezte a falatot, megkértük a gazdát, hogy hívja őt vissza, a kísérletvezető pedig ismét elfoglalta a helyét a doboz távolabbi sarkánál és kezdetét vette a következő próba.

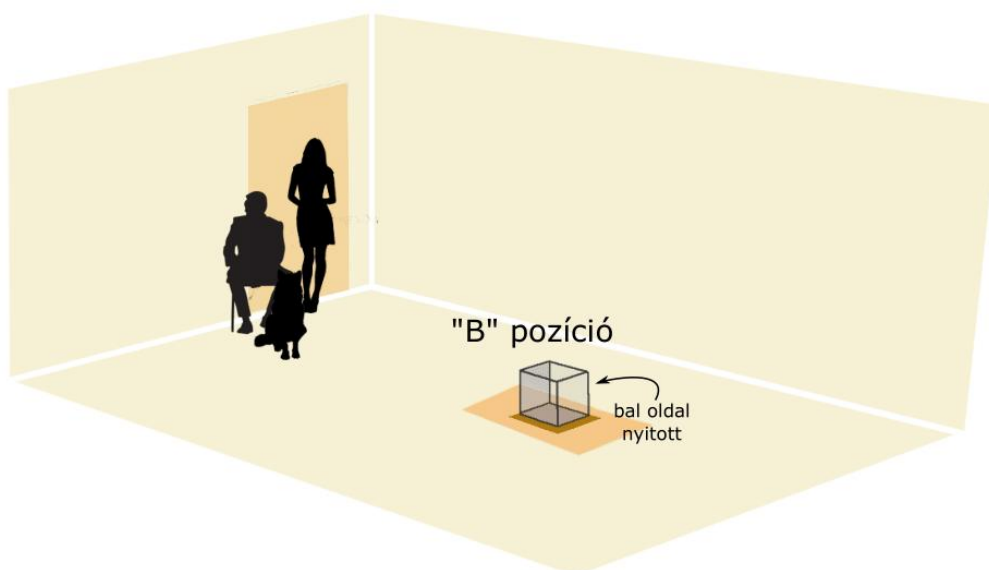


7. ábra: kísérleti elrendezés a gyakorló próbák során

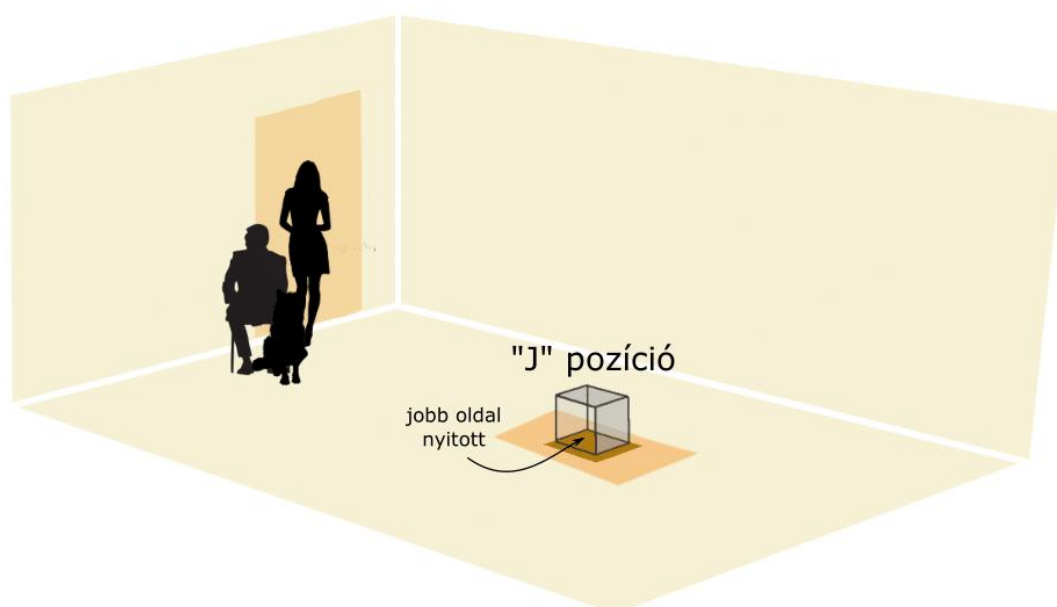
Tesztpróbák (7 db):

A tesztpróbák közvetlenül a gyakorló próbák után következtek (a két rész között nem iktattunk be szünetet). Ez a rész hét ismétlésből állt. A fa dobozt átlátszó, plexi lemezből készült dobozra cseréltük (a dobozok mérete azonos volt). A doboz bejáratának helyzete a teszt során a következőképpen változott: az első három tesztpróba során valamelyik oldalra nézett, majd a harmadik tesztpróba után a kísérletvezető átforgatta a másik oldalra. Az utolsó tesztpróba előtt a kísérletvezető visszaforgatta a gyakorlati próba során megismert pozícióba. Azt, hogy melyik oldalon legyen az apparátus bejárata először, randomizáltuk. A pozíciók sorrendje tehát kétféle lehetett: BBBJJJK vagy JJBBBBK (B – bal, J – jobb, K – közép pozíció; az irányok a kutya szemszögéből értendők a kutya elengedésének pillanatában) A 8., 9., és 10. ábrán láthatóak ezek a pozíciók.

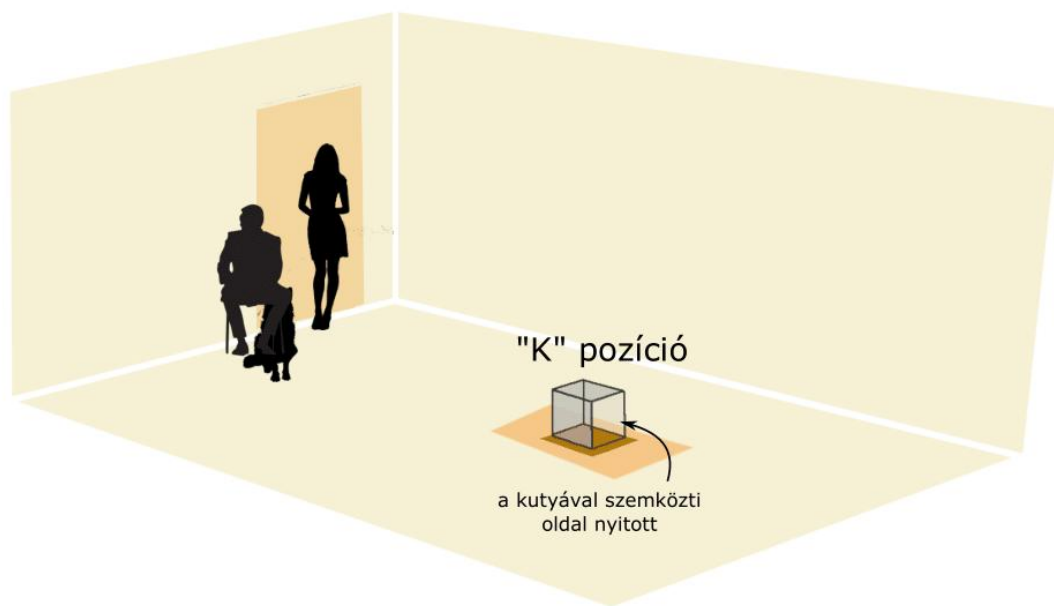
A kísérletvezető behozott egy paravánt a terembe, melyet a kutya és a doboz közé helyezett el minden alkalommal, mikor új jutalomfalatot helyezett el a dobozban vagy mikor annak pozícióját megváltoztatta. Így a kutya nem tudhatta, melyik irányból nyílik a doboz. A paraván helyzetét a 11. ábrán mutatjuk be. Ezekről eltekintve a tesztpróbák a gyakorló próbáknál leírt módon zajlottak. A kutyának korábbi teljesítményétől függetlenül lehetősége volt a jutalomfalat megszerzésére, ehhez továbbra is 45 mp állt a rendelkezésére. Amennyiben nem járt sikerrel, a kísérletvezető biztosította azt a minimális segítséget, amely az étel megtalálásához szükséges volt. A segítségnyújtást előre meghatározott protokoll szerint, fokozatos lépésekben hajtotta végre. Ha a kutya egy adott lépés végrehajtása után sikerrel járt, a következőt a kísérletvezető már nem hajtotta végre. A lépések sorrendben ugyanazok voltak, mint a gyakorló próbák esetén.



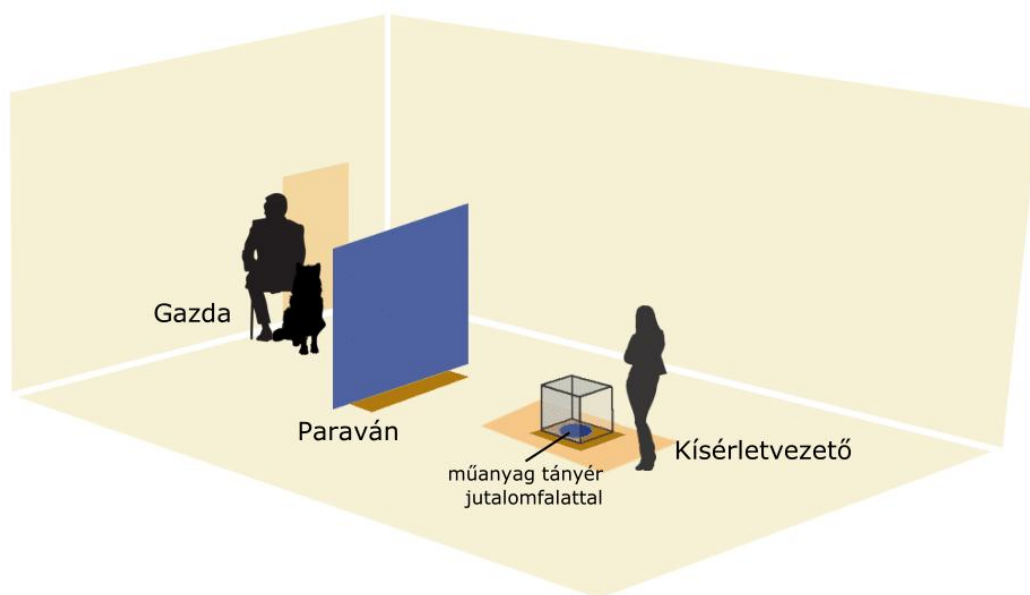
8. ábra: A kísérleti apparátus pozíciója az 1-2-3. tesztpróba, (vagy alternatív esetben a 4-5-6.) tesztpróba során



9. ábra: Az apparátus pozíciója a 4-5-6. (vagy alternatív esetben az 1-2-3.) tesztpróba során



10. ábra: Az apparátus pozíciója a 10. tesztpróba során



11. ábra: A paraván helyzete a tesztpróbák között. A paravánt a kísérletvezető önmaga és a kutya közé helyezte, hogy a kutya ne láthassa, melyik oldalról rejti a dobozba a jutalomfalatot.

4.3 Mért változók

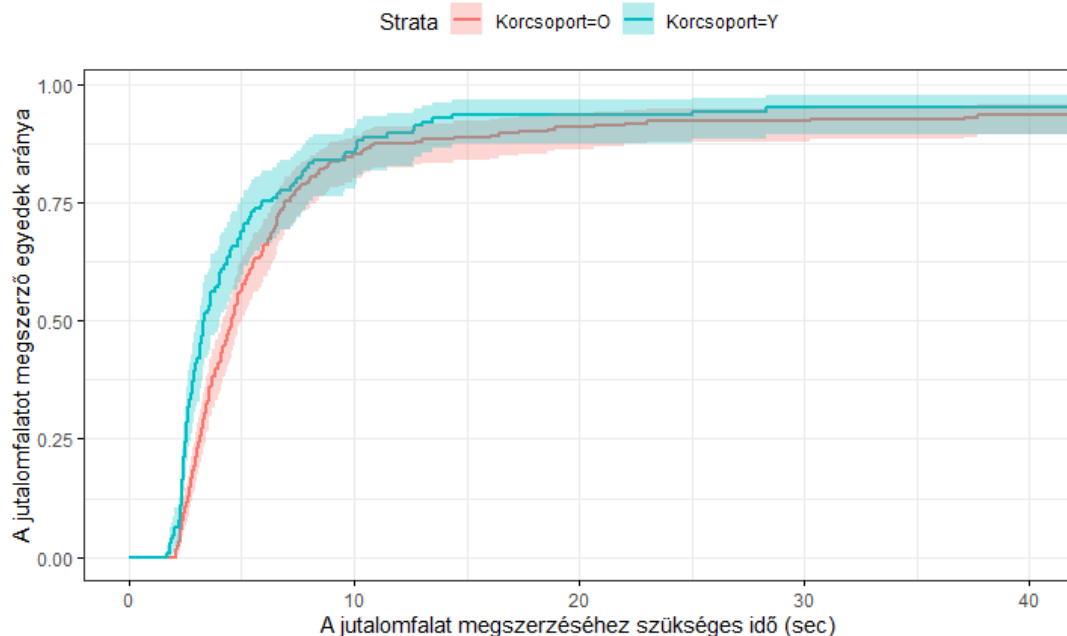
- Megközelítés: Pontszám. Azt mutatja meg, hogy a kutya 7 tesztpróbából hányszor közelítette meg az apparátust. (Megközelítés alatt azt értettük, hogy a kutya orra 30 cm-en belülre került).
- Sikeresség: Pontszám. Azt mutatja meg, hogy a kutya 7 tesztpróbából hányszor szerezte meg a jutalomfalatot a rendelkezésre álló 45 mp-en belül.
- Latencia: A jutalomfalat megszerzéséhez szükséges idő (másodpercben). Az időt attól a pillanattól mértük, amikor a kutya megtette az első lépést az apparátus felé; addig a pillanatig, amíg a kutya fejét a dobozba nyújtva megszerezte a jutalomfalatot.
- Helyesség: Pontszám. Azt mutatja meg, hogy a kutya 7 tesztpróbából hányszor teljesítette hibátlanul a feladatot. A próbák során az számított hibának, ha a kutya az apparátus falához ért (bármely nem nyitott oldalon, a doboz tetejét is beleértve).
- Hibaszám: Összeg. Azt mutatja meg, hogy a kutya hány hibát ejtett a 7 tesztpróba alatt összesen.

4.4 Alkalmazott statisztikai tesztek:

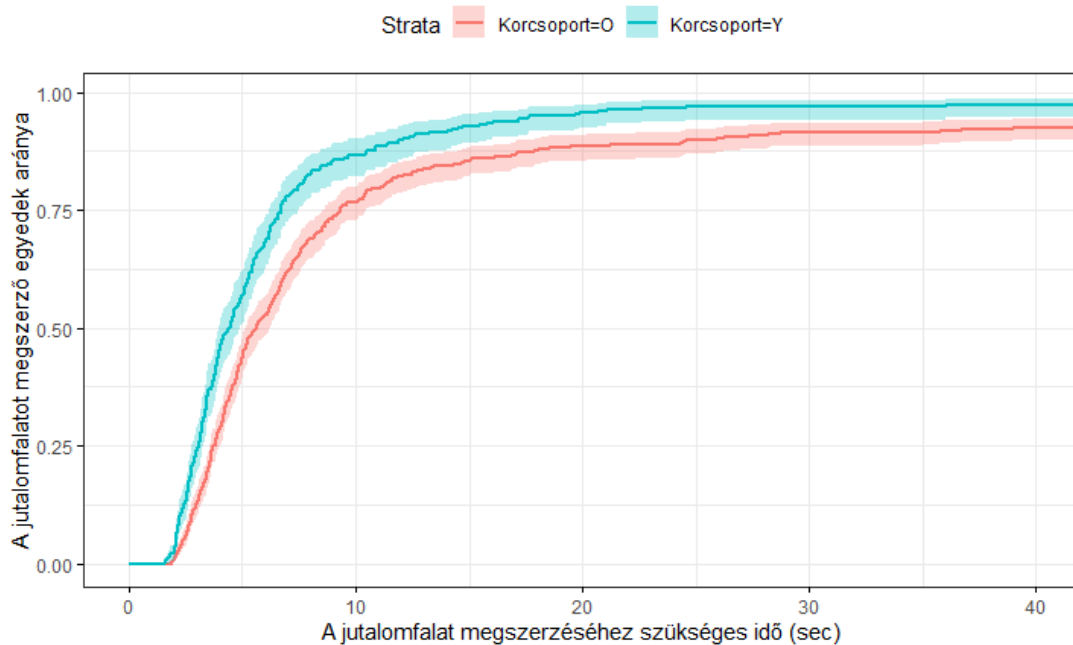
Adatainkat az R statisztikai program segítségével elemeztük ki (3.6.3-as verzió). A latenciáknak, a próbaszámoknak és az alanyok korának kapcsolatát Cox-regresszióval derítettük fel. A megközelítést, sikerességet és helyességet mérő változókat a fiatal és idős kutyák csoportjai között Mann-Whitney féle U-próbával hasonlítottuk össze. A hibaszámok összegét a két csoport között Mann-Whitney-féle U-próbával hasonlítottuk össze. Az apparátus elforgatása előtti és utáni helyességet, valamint a forgatás előtti és utáni hibaszámokat Mann-Whitney féle U-próbával hasonlítottuk össze.

5. Eredmények

A gyakorló próbák során a két csoportban mért időtartamok nem különültek el egymástól, azonban a tesztpróbák során a fiatalok gyorsabban érték el a jutalomfalatot (12. és 13. ábra). Cox-regresszióval végzett méréseink alapján a mért latenciákat a próbaszám és a kor is szignifikánsan befolyásolta, míg az egyedek neme nem eredményezett különbségeket a mért időkben. Az 1. és a 4. tesztpróba során mért latenciák nem különböztek szignifikánsan az első gyakorló próba során mért latenciáktól (az 1. tesztpróba során: $Z = 0.31$; $p = 1.0$; a 4. tesztpróba során $Z = 0.90$; $p = 0.99$), míg a 3. és a 6. tesztpróba során mért latenciák igen (a 3. tesztpróba során $Z = -4.97$; $p < 0.01$; a 6. tesztpróba során pedig $Z = -3.99$; $p < 0.01$), mely arra enged következtetni, hogy miután az apparátus bejáratát a kutyák ismételtén ugyanazon az oldalon találták meg, a feladatot gyorsabban tudták megoldani. A kutyák képesek voltak újratanulni, melyik oldalon találják meg a bejáratot annak elforgatása után is (ennek köszönhető, hogy nem csak a 3., de a 6. tesztpróba során is eltérő latenciákat mértünk, mint az első próba során). A latenciákra az egyedek kora is szignifikáns hatással volt ($Z = -2,60$; $p = 0.003$), a fiatal kutyák gyorsabban találták meg a jutalomfalatot. A kutyák neme nem befolyásolta a mért latenciákat ($Z = 0.23$; $p = 0.2$).



12. ábra: A jutalomfalatot megszerzéséhez szükséges idő (latencia) a gyakorló próbák során. Kékkel láthatjuk a fiatal (Y), pirossal pedig az idősebb(O) kutyákat.



13. ábra: A jutalomfalatot megszerzéséhez szükséges idő (latencia) a tesztpróbák során. Kékkel láthatjuk a fiatal (Y), pirossal pedig az idős(O) kutyákat.

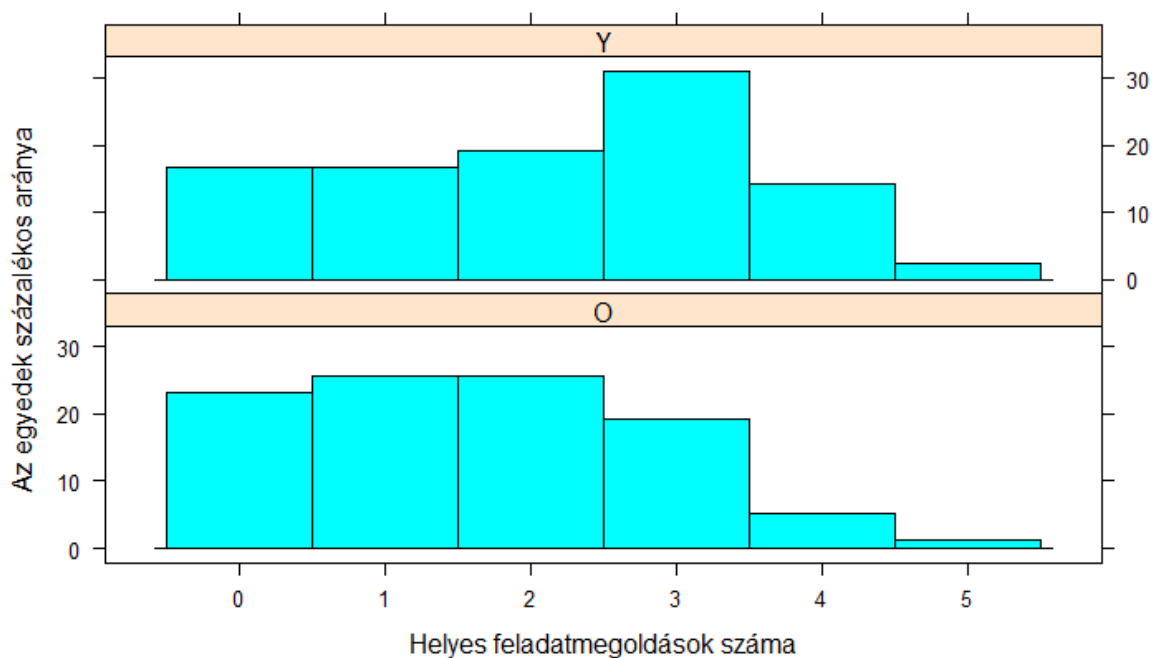
Az idős kutyák 89%-a és fiatal kutyák 97%-a mind a 7 tesztpróba során motivált volt a jutalomfalatot megszerzésére (tehát hétből hétszer közelítette meg az apparátust). A pontszámokat Mann-Whitney-féle U-próbával hasonlítottuk össze a két csoport között, és ennek alapján nem találtunk szignifikáns különbséget fiatal és idős kutyák között megközelítés tekintetében ($W = 1508$; $p = 0.059$).

Az idős és fiatal kutyák nagy része (az idős kutyák 87%-a és a fiatal kutyák 95%-a) mind a 7 tesztpróba során sikeresen megszerezte a jutalomfalatot (tehát hétből hétszer közelítette meg az apparátust). Az idősek között ez alól több kivételt találunk. A pontszámokat Mann-Whitney-féle U-próbával hasonlítottuk össze a két csoport között, és ennek alapján nem találtunk szignifikáns különbséget fiatal és idős kutyák között sikeresség tekintetében ($W = 1505$; $p = 0.08$).

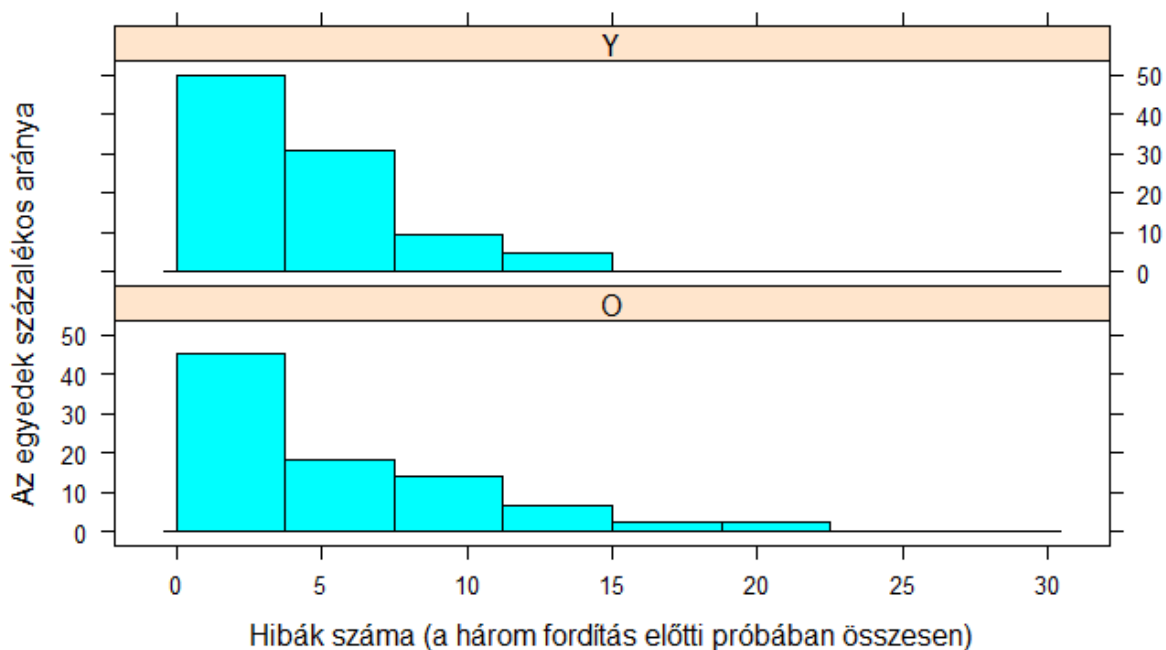
A helyességi pontszámokat a 14. ábrán figyelhetjük meg. A helyességi pontszám azt mutatja meg, hogy az alany a hét tesztpróbánól hányszor szerezte meg hiba nélkül a jutalomfalatot. Legmagasabb elméleti értéke 7, mely azt jelentené, hogy az alany mind a 7 tesztpróba alkalmával hibátlanul oldotta meg a feladatot. A gyakorlatban a legmagasabb pontszám 5 volt. Azokban az esetekben, amikor az alany meg sem közelítette az apparátust („Megközelítés” = 0), a helyességet nem értelmeztük. A fiatalok között alacsonyabb százalékokat figyelhetünk meg alacsony pontszámok esetén (0, 1, vagy 2 hibátlan feladatmegoldás), azonban magasabb százalékokat magasabb pontszámok esetén (3 vagy több hibátlan feladatmegoldás). A különbség 3 hibátlan feladatmegoldás esetén a legfeltűnőbb. A pontszámokat Mann-Whitney-féle U-próbával hasonlítottuk össze a két csoport között, és ennek alapján az idős kutyák szignifikánsan kevesebbszer oldották meg hibátlanul a feladatot ($W = 1254$; $p = 0.015$).

A hibaszámokat a 15. és a 16. ábrán látható hisztogramon figyelhetjük meg. A hibaszámok esetén külön felmérést végeztünk el a doboz első elforgatása előtti próbákra (1-2-3. tesztpróba) és annak elforgatása utáni próbákra (4-5-6. tesztpróba). Páros Wilcoxon-féle rangösszeg próbát végeztünk el annak megállapítására, hogy a két csoporton belül fellelhető-e különbség a helyességben vagy a hibák számában. Mind az idős, mind a fiatal kutyák többször oldották meg hibátlanul a feladatot a doboz elforgatása előtt, mint utána. Mind az idős, mind a fiatal kutyák kevesebb hibát követtek el a doboz elforgatása előtt, mint utána.

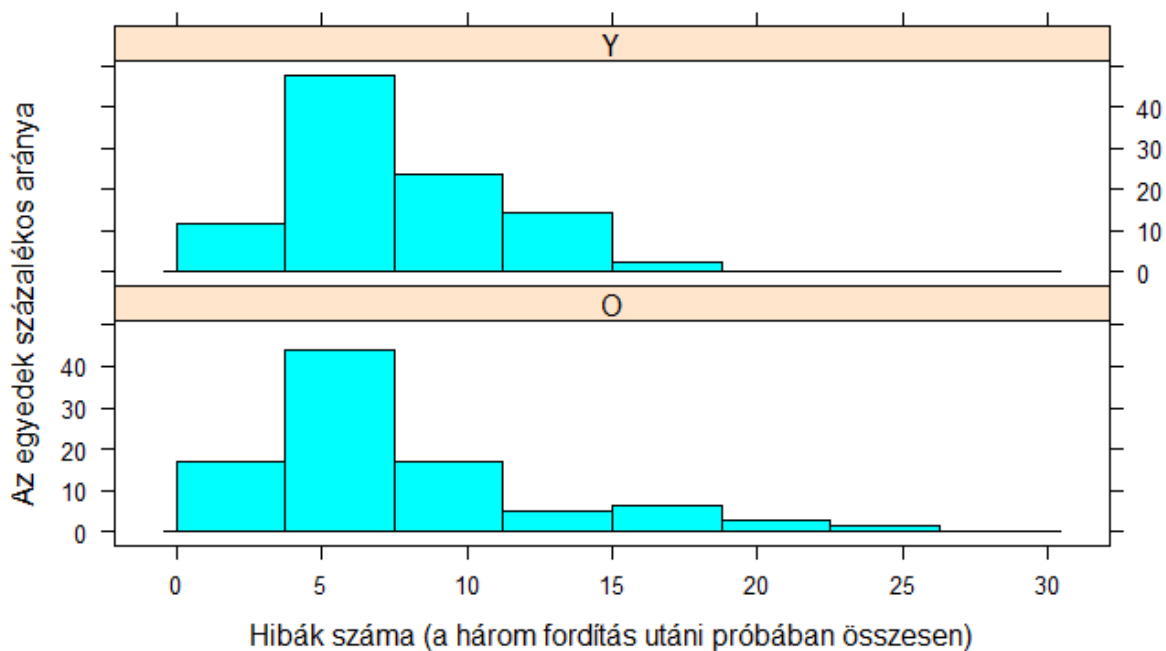
Az idős és a fiatal kutyák teljesítményét összehasonlítottuk az apparátus elforgatása előtt és után. Sem előtte, sem utána nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni a hibák számában, azonban a szignifikancia értéke megközelítette a szignifikánsat az apparátus elforgatása előtti adatok elemzése során, míg az apparátus elforgatása utáni adatok egyáltalán nem. Ezek alapján elképzelhető, hogy a perszeverációs hiba ugyanolyan mértékben befolyásolja a fiatal és idős kutyák teljesítményét, míg a motorikus hiba (megváltozott motorikus válasz a közvetlen vizuális inger hatására) jobban befolyásolja az idős egyedeket, mint a fiatalokat. Ennek megállapításához további kutatások szükségesek.



14. ábra Helyesség(0-7): azt mutatja meg, hogy a hét tesztpróbából hányszor teljesítették a feladatot hibátlanul a kutyák. A felső szekcióban a fiatal (Y), az alsó szekcióban az idős kutyák (O) adatait láthatjuk.



15. ábra: hibák száma az 1-2-3. tesztpróba során, mielőtt az apparátust elforgattuk volna.



16. ábra: Hibák száma a kísérleti apparátus elforgatása után. A 3. tesztpróba után elforgattuk az apparátust, így a fiatal és idős kutyák is többet hibáztak a 4-5-6. tesztpróba alatt, mint az 1-2-3. tesztpróba alatt.

6. Értékelés

Vizsgálatunkban fiatal és idős kutyák kognitív képességeit hasonlítottuk össze egy olyan problémamegoldásra alapuló tesztben, mely, korábbi öregedésvizsgálatokkal ellentétben, kevés eszközt igényel és előtréningre nincs szükség. A teszt során a kutyák jutalomfalatot kerestek egy átlátszó dobozban, amelynek egyetlen bejárata a teszt során háromszor változott. Eredményeink szerint az idős kutyák lassabban és több hibával oldották meg a feladatot.

Az általunk alkalmazott cylinder-tesztet korábban sikeresen alkalmazták a családi kutyák és más kutyafélék összehasonlítására (Marshall-Pescini et al., 2015; Smith & Litchfield, 2010), valamint menhelyi és családi kutyák összehasonlítására (Fagnani et al., 2016). Azonban legjobb tudomásunk szerint ez az első olyan kutatás, amely idős és fiatal kutyák viselkedési gátlását cylinder-tesztben méri fel. Korábbi kutatások igazolták, hogy a kutyák viselkedési gátlása az öregedéssel egyre romlik (Tapp et al., 2003b; Wallis, 2016). Hasonló eredmények születtek humán kutatásokban is (Brosseau et al., 2007; Chao & Knight, 1997; Dywan & Murphy, 1996; Ishizawa et al., 2010; Sweeney et al., 2001), és a mi eredményeink is ugyanezt

mutatták. Kutatásunkban trendhatást találtunk azzal kapcsolatban, hogy az idős kutyák motorikus gátlása kevésbé hatékony, mint a fiataloké.

A tesztpróbák során a feladat hibátlan megoldásához hatékony viselkedési gátlásra volt szükség. A kutyák viselkedési gátlása különböző feladattípusokban más-más hatékonyságot mutathat (Bray et al., 2014; Brucks et al., 2017). A mi tesztünk Osthaus, Marlow és Ducat 2010-es kísérletéhez hasonlóan (Osthaus et al., 2010) a viselkedési gátlás többrétű elemzésére ad lehetőséget, ezáltal komplexebb képet adhat a kutyák egyéni képességeiről.

A tesztpróbák során a kutyákban először is fellépett egy impulzív, uralkodó jellegű viselkedés és egy alternatív viselkedésforma konfliktusa. A tesztpróbák során az átlátszatlan apparátus helyett átlátszót alkalmaztunk, mely a megszerzendő jutalomfalatot minden oldalról láthatóvá tette, nem csak abból az irányból, ahonnan hozzá is lehetett férni. Amint a kutyák megközelítették, az apparátust, a közvetlen vizuális inger arra készítette őket, hogy a jutalomfalatot egyenes úton közelítsék meg (uralkodó jellegű viselkedés). A viselkedési gátlás sikertelen volt, ha a kutya engedett az impulzusnak, és megkísérelte a jutalomfalat azonnali megszerzését, orrával a doboznak ütközve vagy a doboz oldalának mancsolásával (a továbbiakban az egyszerűség kedvéért: motorikus hiba). A viselkedési gátlás azon kutyák esetében volt sikeres, akik ezen impulzus ellenére korábbi tapasztalataikat vették figyelembe, és megkeresték a doboz bejáratát (alternatív viselkedés). Az idős kutyák kevesebbszer oldották meg hibátlanul a feladatot, mint a fiatal kutyák, ez alapján az idős kutyák viselkedési gátlását kevésbé találtuk hatékonynak, mint a fiatalokét.

A harmadik tesztpróbát követően elforgattuk az apparátust, megváltoztatva ezzel a bejáratának helyzetét. Így megfigyelhettük azt is, hogyan befolyásolja a perszeverációs hiba a kutyák teljesítményét. Ez sokszor annak ellenére is bekövetkezik, hogy a kutyának alkalma van megfigyelni, ahogyan a kísérletvezető megváltoztatja a kísérleti apparátus vagy a megszerzendő jutalomfalat elérhetőségét (Osthaus et al., 2010; Péter et al., 2015). A mi kísérletünkben a kísérletvezető cselekedeteit kitakarta a paraván, így a mi kísérletünkből hiányzott az A-nem-B hiba szociális összetevője – a kutyák saját tapasztalataik alapján vették észre, hogy megváltozott a doboz bejáratának helyzete. Az idős és fiatal kutyák is kevesebbszer oldották meg hibátlanul a feladatot a doboz elforgatása után, tehát a perszeverációs hiba mindkét korcsoportot érintette. Felmerült a lehetőség, hogy a perszeverációs hiba mindkét korcsoportot hasonló mértékben érinti, ellentétben a motorikus hibával, mely jobban érinti az idős kutyákat.

Dr. Sarah Marshall-Pescini és munkatársai 2015-ös bécsi kutatásuk során azt találták, hogy nem volt szignifikáns különbség azok között a kutyák között, akikkel tréning-próbákat végeztek el egy meghatározott kritérium eléréséig (a kritérium az volt, hogy három egymást követő gyakorló próba során is hiba nélkül szerezzék meg a jutalomfalatot), és azok között, akikkel egyáltalán nem végeztek tréning-próbákat, hanem egyből a tesztpróbákkal kezdték (Marshall-Pescini et al., 2015). Azt a következtetést vonták tehát le, hogy a gyakorló próbák bevonása nem feltétlenül szükséges. Mi mindössze három gyakorló próbát építettünk be a kísérletünkbe, és nem vártuk meg, amíg a kutyák elérnek egy előre meghatározott kritériumot. A tapasztalataink hasonlóak az itt említett kutatáséhoz: annak ellenére, hogy a gyakorló próbák során nem írtunk elő kritériumot, a fiatal kutyák 95%-a, és az idős kutyák 87%-a sikeresen megszerezte a jutalomfalatot hétből hét tesztpróba során.

P. Dwight Tapp és munkatársai 2003-as kutatásához hasonlóan mi is az idős kutyák lassabb feladat végrehajtását tapasztaltuk, valamint azt, hogy viselkedési gátlásuk kevésbé volt hatékony, mint a fiataloké (Tapp et al., 2003b). Szintén összhangban ezen kutatás eredményeivel arra a megállapításra jutottunk, hogy a prefrontális kéreg különböző funkciói valószínűleg más-más mértékben érzékenyek az öregedés hatására. Ezen kutatás eredményeivel szemben azonban nem tudtunk kimutatni különbséget idős és fiatal kutyák között a perszeverációs hiba tekintetében.

Dr. Britta Osthaus 2010-es vizsgálatához hasonlóan azt találtuk, hogy a kutyák egyéni eredményei eltérnek a viselkedési gátlás különböző aspektusainak felmérése során (Osthaus et al., 2010): a perszeverációs hiba tekintetében nem találtunk különbséget idős és fiatal kutyák között, azonban motorikus gátlás tekintetében igen: ezek alapján egyértelműen levonható az a következtetés, hogy az alanyok más-más szinten voltak képesek meggátolni egy helytelen motorikus választ és a perszeverációs hibát.

Dr. Lisa Wallis a doktori disszertációjában (Wallis, 2016) a fenntartott figyelem vizsgálata során a nem-szociális feladat esetén azt találta, hogy idős korban csökkent a viselkedési gátlás hatékonysága, mely összhangban áll a mi eredményeinkkel is. Ebben a kutatásban a szerző a perszeverációt érintőképernyős feladat keretében mérte, itt viszont azt találta, hogy a perszeveráció csökken a korrallal. A mi eredményeink ennek ellentétét tükrözik.

6.1 Kapcsolat a humán öregedéssel

A kutyák öregedésének vizsgálatát általában a humán öregedés vizsgálata, valamint az idős kutyák neurodegeneratív betegségei ellen való védekezés miatt tartjuk fontosnak. Ahhoz,

hogy a kutyákat a humán öregedés modellállataként tudjuk alkalmazni, nem árt, ha minél több elérhető információ áll rendelkezésünkre ezeknek az állatoknak az öregedéséről. Ha pedig a kutyáknál megjelenő súlyos, gyors lefolyású neurodegeneráció (CDS) ellen szeretnénk hatékonyan védekezni, netán a korai jeleit detektálni, akkor elengedhetetlenül fontos annak a tisztázása, hogy egy egészségesen öregedő kutya kogníciója milyen tulajdonságokkal bír (általában véve, illetve a fiatal kutyákhoz képest).

Ezen dolgozat keretein belül a kutyákban fellépő súlyos neurodegeneratív betegség, a CDS kutatására szeretnénk kitérni. Korábbi kutatások igazolták, hogy kapcsolat van egyes viselkedési tesztekben nyújtott teljesítmény, és a kutyák agyának neuroanatómiai állapota között (Colle et al., 2000; Rofina et al., 2006; Siwak et al., 2008; Tapp et al., 2004). Ezek alapján viselkedési tesztek eredményeiből következtethetünk a kutyák agyának állapotára, kognitív képességeire. Emberek esetén is alkalmaznak hasonló gyakorlatokat: pl. az Alzheimer-kór korai diagnózisát egy egyszerűen, gyorsan végrehajtható feladatsor segítségével oldják meg (MMSE; *Mini Mental State Exam*). Ennek mintájára kutyák esetén is hasznosnak bizonyulhat olyan viselkedési tesztek kialakítása, melyekkel képesek lehetünk felmérni a különbséget egészségesen öregedő és neurodegeneratív betegségben szenvedő egyedek között, illetve amikből a neurodegeneráció súlyosságára is következtethetünk. Az időben történő intervenció jelentős mértékben képes javítani az idős kutyák és gazdáik életminőségét.

Ilyen viselkedéstesztek kialakításához az első és legfontosabb lépés, hogy felmérjük, melyek azok a kognitív funkciók, melyek a kutyákban egészséges öregedés során leromlanak, illetve melyik milyen mértékben. Az egészséges öregedéssel kapcsolatos ismeretek tükrében aztán meg lehet vizsgálni, mi lesz a sorsa ezen kognitív funkcióknak neurodegenerációban szenvedő kutyák esetén, mutatkozik-e súlyosabb elváltozás, mint egészségesen öregedő kutyákban valamely funkció esetén.

A CDS során károsodó kognitív funkciók felmérésére szabott viselkedéstesztek használhatóságának szempontjából szintén fontos, hogy a felmérést viszonylag gyorsan, és kis helyen is el lehessen végézni őket – erre a cylinder-teszt rendkívül alkalmas. A cylinder teszt a megkerüléssel tesztek közé tartozik, melyeknek határozott előnye, hogy etológiailag releváns viselkedésre, a táplálékkeresésre épülnek. Az etológiailag releváns viselkedésre épülő feladatokhoz nincsen szükség hosszadalmas előtréningre (Miklósi, 2009), mint például a laborokban gyakran alkalmazott érintőképernyős tesztek esetén. Korábbi eredményekből

ráadásul már az is kiderült, hogy a cylinder-teszt során hagyományosan bevezetett gyakorló próbák elvégzése is elhagyható, hiszen nem mértek szignifikáns különbséget a gyakorló próbákat elvégző és nem elvégző kutyák esetén (Marshall-Pescini et al., 2015). A cylinder-tesztben használt kísérleti apparátus kialakítása egyszerű, maga a teszt könnyen elvégezhető akár beltéren is, átlagosan körülbelül 7-8 perc alatt. Egy klasszikus V-alakú kerítéses viselkedésteszt például jóval körülményesebb megoldani: mivel a két szára általában 3-3 m hosszú, jóval nagyobb teret igényel (Pongrácz, Miklósi, Kubinyi, et al., 2003). Éppen ezért általában kültéren végzik. A kutyák számára ez a feladat ráadásul jóval nehezebbnek bizonyul, önmaguktól sokszor a rendelkezésre álló 1 percen belül sem jöttek rá, hogyan tudják a kerítésszakaszt megkerülni, illetve teljesítményük csak hosszas próba-szerencse tanulás hatására javult humán demonstráció hiányában (Buytendijk, 1935). Emiatt a V-alakú kerítéses feladatokban egy próba ideje jóval hosszabb lehet, mint a cylinder-teszt esetében. A mi kutatásunkban a kutyák 75-80%-a 2-10 mp között érte el a jutalomfalatot (ld. 13. ábra).

A tesztünk azonban nem mutatkozott alkalmasnak a perszeverációs hiba felmérésére, annak bevonására a kutatásba. A perszeveráció felméréséhez korábban sikeresen alkalmazták az A-nem-B tesztek (Bray et al., 2014), az érintőképernyős tesztek (Wallis, 2016) valamint a térbeli perszeveráció felmérésére egyéb megkerülési tesztek (Osthaus et al., 2010). Korábbi kutatásokban igazolták, hogy a viselkedési gátlás különböző aspektusainak felmérése során a kutyák egyéni eredményei nem korreláltak egymással (Bray et al., 2014). A mi kutatásunkban szereplő cylinder-teszt módosítása éppen azt a célt szolgálta volna, hogy a teszt során a perszeveráció és a motorikus gátlás együttes jelenlétét figyelhessük meg, mely komplexebb képet adott volna a kutyák egyéni viselkedési gátlásáról, nem csupán annak egyetlen aspektusáról. Ez azonban nem hozott eredményt, hiszen a korábbi kutatások eredményeivel ellentétben nem tudtunk kimutatni különbséget a fiatal és idős kutyák perszeverációs hibájában. Ezen tapasztalat alapján azt javasoljuk, hogy a kutyák viselkedési gátlásának vizsgálata során a továbbiakban is inkább több tesztet végezzenek el a kutatók, a viselkedési gátlás egy-egy aspektusára külön-külön koncentrálnak.

6.2. Limitációk

Abból a célból, hogy eredményeink ne csak egy fajtára vonatkozzanak, nem volt fajtára vonatkozó megkötésünk, de a különböző méretű fajták jelenléte növelheti adataink szórását. A másik, alanyokkal kapcsolatos tényező, amely befolyásolhatta az eredményeinket az, hogy a gazdák önkéntes alapon jelentkeztek a tesztre. Könnyen elképzelhető, hogy azok a gazdák, akik tudomást szereztek a kutatásról, és motiváltak is voltak arra, hogy kétszer másfél órát (ez

a teljes teszt sorozat ideje; a „problémamegoldás” rész ebből kb. 10 perc volt) benn töltsenek a laborban, eleve azok voltak, akik több időt fordítanak a kutyájukra. Korábbi kutatásokból tudjuk, hogy a gazdagabb környezet és az élethosszon át tartó kiképzés jótékony hatással van az öregedő kutyák kognitív képességeire.

A kutyák teljesítményét befolyásolhatta a motiváltságuk: a gazdákat megkértük, hogy ne etessék meg őket közvetlenül a teszt előtt, ettől függetlenül egyedenként különbözhetett, mennyire voltak motiváltak a jutalomfalat megszerzésére. A kutyák teljesítményét feltehetően nem befolyásolta a fizikai állapotuk: egy mozgásterapeuta megvizsgálta az idős kutyákat, a kísérletvezető letesztelte a látásukat és hallásukat és minden olyan egyedet kizártunk a vizsgálatból, melynek súlyos érzék- vagy mozgásszervi károsodása volt. A vizsgálat külön alkalommal, a teszt előtt történt meg, mert egyes kutyákat stresszelhet egy ilyen procedúra, és nem szerettük volna, ha a teszt eredményeit ez befolyásolja.

6.3 Konklúzió

A viselkedési gátlást öreg kutyákban vizsgálták már érintőképernyős tesztek, A-nem-B tesztek, és megkerüléssel (V-alakú kerítéses) feladatokban is. Cilinder-tesztben azonban mi mértük fel ezt először. Ugyanazt találtuk, mint a korábbi kutatások: az idős kutyákban a viselkedési gátlás valóban kevésbé volt hatékony. De ellentétben a korábbi tesztekkel, a cilinder-teszt kis eszközigényű és néhány percen belül elvégezhető beltéren is, ezért öregedésvizsgálatokhoz továbbra is javasoljuk a használatát.

7. Összefoglalás

Kutatásunk során arra voltunk kíváncsiak, kimutatható-e különbség fiatal és idős kutyák (N=120) kognitív képességeiben egy olyan problémamegoldásra alapuló teszt során, melyhez nincsen szükség előtréningre. Egészséges családi kutyákat vizsgáltunk, gazdáik önkéntes alapon jelentkeztek be hozzánk. A teszt során a kutyáknak lehetőségük volt megszerezni egy jutalomfalatot, ha megtalálták az apparátus bejáratát, melynek helyzete a teszt során háromszor változott.

A feladat megoldásához szükséges idővel kapcsolatban megállapítottuk, hogy (1) az idős kutyák lassabban oldották meg a feladatot, mint a fiatalok, (2) mind az idős, mind a fiatal kutyák lassabban oldották meg a feladatot, amikor ismeretlen volt számukra az apparátus helyzete (annak elforgatását követően), és gyorsabban, amikor ismert volt számukra az apparátus helyzete (tanulási hatás).

A feladatmegoldás helyességével kapcsolatban megállapítottuk, hogy (1) a fiatal kutyák többször oldották meg hibátlanul a feladatot (hatékonyabb viselkedési gátlás), valamint, hogy (2) az apparátus elforgatása előtt mind a fiatal, mind az idős kutyák többször oldották meg hibátlanul a feladatot mint utána (perszeverációs hiba).

A cylinder-teszt összességében alkalmasnak bizonyult egészséges, idős és fiatal családi kutyák viselkedési gátlásában jelentkező különbségek kimutatására. További kutatások témája lehet, hogy alkalmas-e a cylinder-teszt az egészségesen öregedő és neurodegeneratív betegségben szenvedő kutyák közötti különbség kimutatására, valamint, hogy a teszt során mért helyességi pontszámok és latenciák alapján következtethetünk-e az alanyok idegrendszerének egészségügyi állapotára, kognitív képességeinek épségére.

8. Angol nyelvű összefoglaló (Summary)

8.1 Aging and Cognition: The Assessment of Inhibitory Control In Young and Old Family Dogs In a Detour Task

The cognition of mammalian species declines with age. Executive functions, in particular, seem to be susceptible. One important component of executive functions is inhibitory control, a cognitive function that allows the inhibition of impulsive, prepotent behaviour in favour of a more adaptive alternative behaviour, playing a significant role in the individual's ability to adapt to the environment. Our study focuses on measuring inhibitory control in healthy family dogs. The most common tasks used for the assessment of inhibitory control in family dogs are variations of A-not-B tasks, and detour tasks (V-shaped fence tasks and cylinder tasks). Cylinder tasks have proven useful in measuring the difference of inhibitory control of dogs and other canines. The aim of this study was to find out whether a type of cylinder task can detect age-related changes in performance related to inhibitory control in healthy family dogs.

We tested 42 young (Mean = 54.3, range: 31 - 81 months) and 78 old (M = 124.9, range: 93 – 174 months) family dogs of various breeds, balanced for sex. The dogs witnessed an experimenter hiding a treat in a box and then had the opportunity to obtain the treat. In the first 3 training trials, we used an opaque box, while later this was replaced by a transparent box of the same size for a further 7 test trials. After the third test trial, we rotated the transparent box by 180 degrees, resulting in its opening looking in the opposite direction and allowing for the measurement of perseveration error. We measured the latency required to

obtain the treat (in seconds), the number of correct test trials (in scores), and the number of mistakes made during the trials.

In accordance with our expectations, the dogs were quickly able to understand the task, obtaining the treat easily both during training and test trials. Measures with Cox-regression showed that age had a significant effect on the latency required to obtain the treat ($Z = -2.60$; $p = 0.003$). Wilcoxon rank sum tests showed that young dogs had a higher number of correct trials ($W = 1254$; $p = 0.015$), but not a lower number of mistakes ($W = 1190$; $p > 0.05$). Wilcoxon rank sum tests also found a difference between the number of mistakes made before the rotation of our apparatus, and the number of mistakes after the rotation, as well as the number of correct obtainments before and after the rotation, both in case of young and old family dogs. However, no difference was found between young and old dogs after the rotation in relation to correct obtainments ($W = 1859$; $p < 0.05$) or to the number of mistakes ($W = 1198$; $p > 0.05$).

There was a difference between young and old family dogs in regards to the latency required to obtain the treat and the number of correct obtainments, showing that the motor inhibition of young dogs was overall more efficient. This result is in line with earlier results (Tapp et al., 2003b; Wallis, 2016). Both young and old family dogs needed more time to reach the treat after we changed the position of our apparatus, and both groups made more mistakes as a result, showing that both groups were prone to perseveration error. We could not find a difference between young and old family dogs related to perseveration error, even though previous studies have proven a link between this cognitive function and the effects of aging (Tapp et al., 2003a; Wallis, 2016). Similar to earlier results, we found a difference in the performance of the dogs across the two aspects of inhibitory control measured (Osthaus et al., 2010): motor inhibition and perseveration error.

9. Köszönetnyilvánítás

A tesztek elvégzését az ERC 680040 számú pályázat támogatta. Munkámhoz nyújtott segítséget és támogatást mindenekelőtt szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Kubinyi Enikőnek, és konzulensemnek, Dr. Kis Jánosnak. Hálásan köszönöm továbbá az adatgyűjtésben nyújtott segítséget Bognár Zsófiának, Szabó Dórának, Hemző Viviennek, Stiegmann Biankának, Deés Alexandrának, és Egerer Annának. Nagyon köszönöm Bognár Zsófia és Kőszegi Hanna statisztikával kapcsolatos tanácsait.

10. Irodalomjegyzék

- Adams, B., Chan, A., Callahan, H., & Milgram, N. W. (2000). The canine as a model of human cognitive aging: Recent developments. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 24(5), 675–692. [https://doi.org/10.1016/S0278-5846\(00\)00101-9](https://doi.org/10.1016/S0278-5846(00)00101-9)
- Amici, F., Call, J., & Aureli, F. (2009). Variation in withholding of information in three monkey species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1671), 3311–3318. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0759>
- Anderson, W. P., Reid, C. M., & Jennings, G. L. (1992). Pet ownership and risk factors for cardiovascular disease. *The Medical Journal of Australia*, 157(5), 298–301. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1435469>
- Andics, A., Gácsi, M., Faragó, T., Kis, A., & Miklósi, Á. (2014). Voice-sensitive regions in the dog and human brain are revealed by comparative fMRI. *Current Biology*, 24(5), 574–578. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.058>
- Austad, S. N. (2009). Is there a role for new invertebrate models for aging research? *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 64(2), 192–194. <https://doi.org/10.1093/gerona/gln059>
- Baranyiová, E., Holub, A., Tyrlik, M., Janáčková, B., & Ernstová, M. (2004). Behavioural differences of dogs of various ages in Czech households. *Acta Veterinaria Brno*, 73(2), 229–233. <https://doi.org/10.2754/avb200473020229>
- Bartke, A., Chandrashekar, V., Dominici, F., Turyn, D., Kinney, B., Steger, R., & Kopchick, J. J. (2003). Insulin-like growth factor 1 (IGF-1) and aging: Controversies and new insights. In *BioGerontology* (Vol. 4, Issue 1, pp. 1–8). <https://doi.org/10.1023/A:1022448532248>
- Berns, G. S., Brooks, A. M., & Spivak, M. (2015). Scent of the familiar: An fMRI study of canine brain responses to familiar and unfamiliar human and dog odors. *Behavioural Processes*, 110, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.02.011>
- Blair, C., & Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and Psychopathology*, 20(3), 899–911. <https://doi.org/10.1017/S0954579408000436>
- Brandt, A., & Vilcinskas, A. (2013). The Fruit Fly *Drosophila melanogaster* as a Model for Aging Research. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 135, 63–77. https://doi.org/10.1007/10_2013_193
- Braun, E. J., & Sweazea, K. L. (2008). Glucose regulation in birds. In *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology* (Vol. 151, Issue 1, pp. 1–9). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2008.05.007>
- Bray, E. E., MacLean, E. L., & Hare, B. A. (2014). Context specificity of inhibitory control in dogs. *Animal Cognition*, 17(1), 15–31. <https://doi.org/10.1007/s10071-013-0633-z>
- Bronikowski, A., & Flatt, T. (2010). Aging and its demographic measurement. *Nature Education Knowledge*, 3(October), 3–9.
- Brosseau, J., Potvin, M. J., & Rouleau, I. (2007). Aging affects motor skill learning when the task requires inhibitory control. *Developmental Neuropsychology*, 32(1), 597–613. <https://doi.org/10.1080/87565640701361120>

- Brucks, D., Marshall-Pescini, S., Wallis, L. J., Huber, L., & Range, F. (2017). Measures of dogs' inhibitory control abilities do not correlate across tasks. *Frontiers in Psychology*, 8(MAY), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00849>
- Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). *Executive Function*. <https://doi.org/10.1093/OXFORDHB/9780199958450.013.0025>
- Chao, L. L., & Knight, R. T. (1997). Prefrontal deficits in attention and inhibitory control with aging. *Cerebral Cortex*, 7(1), 63–69. <https://doi.org/10.1093/cercor/7.1.63>
- Chapagain, D., Virányi, Z., Wallis, L. J., Huber, L., Serra, J., & Range, F. (2017). Aging of attentiveness in border collies and other pet dog breeds: The protective benefits of lifelong training. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9(APR), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00100>
- Charlesworth, B. (2000). Fisher, Medawar, Hamilton and the evolution of aging. *Genetics*, 156(3), 927–931.
- Chaudhary, M. K., & Rizvi, S. I. (2019). Invertebrate and vertebrate models in aging research. *Biomedical Papers*, 163(2), 114–121. <https://doi.org/10.5507/bp.2019.003>
- Chen, X., Errangi, B., Li, L., Glasser, M. F., Westlye, L. T., Fjell, A. M., Walhovd, K. B., Hu, X., Herndon, J. G., Preuss, T. M., & Rilling, J. K. (2013). Brain aging in humans, chimpanzees (pan troglodytes), and rhesus macaques (macaca mulatta): Magnetic resonance imaging studies of macro- and microstructural changes. *Neurobiology of Aging*, 34(10), 2248–2260. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2013.03.028>
- Colle, M. A., Hauw, J. J., Crespeau, F., Uchihara, T., Akiyama, H., Checler, F., Pageat, P., & Duyckaerts, C. (2000). Vascular and parenchymal A β deposition in the aging dog: Correlation with behavior. *Neurobiology of Aging*, 21(5), 695–704. [https://doi.org/10.1016/S0197-4580\(00\)00113-5](https://doi.org/10.1016/S0197-4580(00)00113-5)
- Colman, R. J., Anderson, R. M., Johnson, S. C., Kastman, E. K., Kosmatka, K. J., Beasley, T. M., Allison, D. B., Cruzen, C., Simmons, H. A., Kemnitz, J. W., & Weindruch, R. (2009). Caloric restriction delays disease onset and mortality in rhesus monkeys. *Science*, 325(5937), 201–204. <https://doi.org/10.1126/science.1173635>
- Comfort, A. (1961). The Life Span of Animals. In *Scientific American* (Vol. 205, pp. 108–119). Scientific American, a division of Nature America, Inc. <https://doi.org/10.2307/24937041>
- Cotman, C. W., & Head, E. (2008). The canine (dog) model of human aging and disease: Dietary, environmental and immunotherapy approaches. In *Journal of Alzheimer's Disease* (Vol. 15, Issue 4, pp. 685–707). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/JAD-2008-15413>
- Cragg, L., & Chevalier, N. (2012). The processes underlying flexibility in childhood. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(2), 209–232. <https://doi.org/10.1080/17470210903204618>
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. *Handbook of Clinical Neurology*, 163, 197–219. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2>
- Cummings, B. J., Head, E., Afagh, A. J., Milgram, N. W., & Cotman, C. W. (1996). β -Amyloid accumulation correlates with cognitive dysfunction in the aged canine. *Neurobiology of Learning and Memory*, 66(1), 11–23. <https://doi.org/10.1006/nlme.1996.0039>
- Cummings, B. J., Head, E., Ruehl, W., Milgram, N. W., & Cotman, C. W. (1996). The canine as an animal model of human aging and dementia. *Neurobiology of Aging*, 17(2), 259–268. [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(95\)02060-8](https://doi.org/10.1016/0197-4580(95)02060-8)

- De Magalhães, J. P. (2013). How ageing processes influence cancer. In *Nature Reviews Cancer* (Vol. 13, Issue 5, pp. 357–365). <https://doi.org/10.1038/nrc3497>
- Denham, H. D. C., Bradshaw, J. W. S., & Rooney, N. J. (2014). Repetitive behaviour in kennelled domestic dog: Stereotypical or not? *Physiology and Behavior*, 128, 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.01.007>
- Depczynski, M., & Bellwood, D. R. (2005). Shortest recorded vertebrate lifespan found in a coral reef fish *Martial Depczynski* and. *Current Biology*, 15(8), 288–289.
- Diamond, A., Carlson, S. M., & Beck, D. M. (2005). Preschool Children's Performance in Task Switching on the Dimensional Change Card Sort Task: Separating the Dimensions Aids the Ability to Switch PERCEIVING RELATIONS BETWEEN SEPARATED OBJECTS AND SEPARATING FEATURES OF A SINGLE OBJECT. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 689–729.
- Dilks, D. D., Cook, P., Weiller, S. K., Berns, H. P., Spivak, M., & Berns, G. S. (2015). Awake fMRI reveals a specialized region in dog temporal cortex for face processing. *PeerJ*, 2015(8), 1–13. <https://doi.org/10.7717/peerj.1115>
- Durantón, C., Rödel, H. G., Bedossa, T., & Belkhir, S. (2015). Brief report: Inverse sex effects on performance of domestic dogs (*Canis Familiaris*) in a repeated problem-solving task. *Journal of Comparative Psychology*, 129(1), 84–87. <https://doi.org/10.1037/a0037825>
- Dywan, J., & Murphy, W. E. (1996). Aging and inhibitory control in text comprehension. *Psychology and Aging*, 11(2), 199–206. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.11.2.199>
- Eberling, J. L., Roberts, J. A., De Manincor, D. J., Brennan, K. M., Hanrahan, S. M., Vanbrocklin, H. F., Roos, M. S., & Jagust, W. J. (1995). PET studies of cerebral glucose metabolism in conscious rhesus macaques. *Neurobiology of Aging*, 16(5), 825–832. [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(95\)00085-S](https://doi.org/10.1016/0197-4580(95)00085-S)
- Edrey, Y. H., Hanes, M., Pinto, M., Mele, J., & Buffenstein, R. (2011). Successful Aging and Sustained Good Health in the Naked Mole Rat: A Long-Lived Mammalian Model for Biogerontology and Biomedical Research. *ILAR Journal*, 52(1), 41–53. <https://doi.org/10.1093/ilar.52.1.41>
- Fabian, D. K. (2014). *The Evolution of Aging The Evolution of Aging Aging is an Evolutionary Paradox*. May 2011.
- Fagnani, J., Barrera, G., Carballo, F., & Bentosela, M. (2016). Is previous experience important for inhibitory control? A comparison between shelter and pet dogs in A-not-B and cylinder tasks. *Animal Cognition*, 19(6), 1165–1172. <https://doi.org/10.1007/s10071-016-1024-z>
- Frolkis, V. V., & Muradian, K. K. (1991). *Lifespan prolongation*. CRC Press.
- Galis, F., Van Der Sluijs, I., Van Dooren, T. J. M., Metz, J. A. J., & Nussbaumer, M. (2007). Do large dogs die young? *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 308B(2), 119–126. <https://doi.org/10.1002/jez.b.21116>
- Gilmore, K. M., & Greer, K. A. (2015). Why is the dog an ideal model for aging research? *Experimental Gerontology*, 71, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2015.08.008>
- Golini, L., Colangeli, R., Tranquillo, V., & Mariscoli, M. (2009). Association between neurologic and cognitive dysfunction signs in a sample of aging dogs. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 4(1), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2008.09.033>
- Greer, K. A., Canterberry, S. C., & Murphy, K. E. (2007). Statistical analysis regarding the effects of

- height and weight on life span of the domestic dog. *Research in Veterinary Science*, 82(2), 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2006.06.005>
- Greer, K. A., Hughes, L. M., & Masternak, M. M. (2011). Connecting serum IGF-1, body size, and age in the domestic dog. *Age*, 33(3), 475–483. <https://doi.org/10.1007/s11357-010-9182-4>
- Gunasekaran, U., & Gannon, M. (2011). Type 2 diabetes and the aging pancreatic beta cell. *Aging*, 3(6), 565–575. <https://doi.org/10.18632/aging.100350>
- Ham, S. A., & Epping, J. (2006). Dog walking and physical activity in the United States. *Preventing Chronic Disease*, 3(2), 1–7.
- Hamilton, W. D. (1966). The moulding of senescence by natural selection. *Journal of Theoretical Biology*, 12, 12–45.
- Head, E. (2001). Brain aging in dogs: parallels with human brain aging and Alzheimer's disease. *Veterinary Therapeutics : Research in Applied Veterinary Medicine*, 2(3), 247–260.
- Head, E., Callahan, H., Muggenburg, B. A., Cotman, C. W., & Milgram, N. W. (1998). Visual-discrimination learning ability and β -amyloid accumulation in the dog. *Neurobiology of Aging*, 19(5), 415–425. [https://doi.org/10.1016/S0197-4580\(98\)00084-0](https://doi.org/10.1016/S0197-4580(98)00084-0)
- Head, Elizabeth. (2013). A canine model of human aging and Alzheimer's disease. In *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease* (Vol. 1832, Issue 9, pp. 1384–1389). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2013.03.016>
- Herrald, M. M., Tomaka, J., & Medina, A. Y. (2002). Pet ownership predicts adherence to cardiovascular rehabilitation. *Journal of Applied Social Psychology*, 32(6), 1107–1123. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2002.tb01428.x>
- Hickey, A. J. R., Jüllig, M., Aitken, J., Loomes, K., Hauber, M. E., & Phillips, A. R. J. (2012). Birds and longevity: Does flight driven aerobicity provide an oxidative sink? In *Ageing Research Reviews* (Vol. 11, Issue 2, pp. 242–253). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2011.12.002>
- Hoffmann, A. O. M., Lee, A. H., Wertenaue, F., Ricken, R., Jansen, J. J., Gallinat, J., & Lang, U. E. (2009). Dog-assisted intervention significantly reduces anxiety in hospitalized patients with major depression. *European Journal of Integrative Medicine*, 1(3), 145–148. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2009.08.002>
- Holmes, D. J., Thomson, S. L., Wu, J., & Ottinger, M. A. (2003). Reproductive aging in female birds. *Experimental Gerontology*, 38(7), 751–756. [https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(03\)00103-7](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(03)00103-7)
- Hou, Y., Dan, X., Babbar, M., Wei, Y., Hasselbalch, S. G., Croteau, D. L., & Bohr, V. A. (2019). Ageing as a risk factor for neurodegenerative disease. In *Nature Reviews Neurology* (Vol. 15, Issue 10, pp. 565–581). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41582-019-0244-7>
- Hubrecht, R. C., Serpell, J. A., & Poole, T. B. (1992). Correlates of pen size and housing conditions on the behaviour of kennelled dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 34(4), 365–383. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(05\)80096-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(05)80096-6)
- Hughes, K. A., & Reynolds, R. M. (2005). Evolutionary and Mechanistic Theories of Aging. *Annual Review of Entomology*, 50(1), 421–445. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130409>
- Hung, A. (2011). Damage-Based Theories of Aging and Future Treatment Schemes. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2(1), 1–4. <http://www.ijser.org>
- Ishizawa, K. T., Kumano, H., Sato, A., Sakura, H., & Iwamoto, Y. (2010). Decreased response inhibition in middle-aged male patients with type 2 diabetes. *BioPsychoSocial Medicine*, 4, 1–10.

<https://doi.org/10.1186/1751-0759-4-1>

- Karathia, H., Vilaprinyo, E., Sorribas, A., & Alves, R. (2011). *Saccharomyces cerevisiae* as a model organism: A comparative study. *PLoS ONE*, *6*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016015>
- Keane, M., Semeiks, J., Webb, A. E., Li, Y. I., Quesada, V., Craig, T., Madsen, L. B., van Dam, S., Brawand, D., Marques, P. I., Michalak, P., Kang, L., Bhak, J., Yim, H. S., Grishin, N. V., Nielsen, N. H., Heide-Jørgensen, M. P., Oziolor, E. M., Matson, C. W., ... deMagalhães, J. P. (2015). Insights into the evolution of longevity from the bowhead whale genome. *Cell Reports*, *10*(1), 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2014.12.008>
- Kirkwood, T. B. (1992). Comparative life spans of species: why do species have the life spans they do? *The American Journal of Clinical Nutrition*, *55*(6 Suppl), 1191S-1195S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/55.6.1191Sa>
- Klass, M., & Hirsh, D. (1976). Non-ageing developmental variant of *Caenorhabditis elegans*. *Nature*, *260*(5551), 523–525. <https://doi.org/10.1038/260523a0>
- Langbein, J. (2018). Motor self-regulation in goats (*Capra aegagrus hircus*) in a detour-reaching task. *PeerJ*, *2018*(7), e5139. <https://doi.org/10.7717/peerj.5139>
- Lapierre, L. R., & Hansen, M. (2012). Lessons from *C. elegans*: Signaling pathways for longevity. In *Trends in Endocrinology and Metabolism* (Vol. 23, Issue 12, pp. 637–644). Elsevier Current Trends. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2012.07.007>
- Laurent, J. M., Young, J. H., Kachroo, A. H., & Marcotte, E. M. (2016). Efforts to make and apply humanized yeast. *Briefings in Functional Genomics*, *15*(2), 155–163. <https://doi.org/10.1093/bfgp/elv041>
- Lepilina, A., Coon, A. N., Kikuchi, K., Holdway, J. E., Roberts, R. W., Burns, C. G., & Poss, K. D. (2006). A Dynamic Epicardial Injury Response Supports Progenitor Cell Activity during Zebrafish Heart Regeneration. *Cell*, *127*(3), 607–619. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.08.052>
- London, E. D., Ohata, M., Takei, H., French, A. W., & Rapoport, S. I. (1983). Regional cerebral metabolic rate for glucose in beagle dogs of different ages. *Neurobiology of Aging*, *4*(2), 121–126. [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(83\)90035-0](https://doi.org/10.1016/0197-4580(83)90035-0)
- Longo, V. D., & Fabrizio, P. (2015). Chronological aging in *Saccharomyces cerevisiae*. *Sub-Cellular Biochemistry*, *57*, 101–121. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2561-4_5
- MacLean, E. L., Hare, B., Nun, C. L., Adress, E., Amic, F., Anderson, R. C., Aureli, F., Baker, J. M., Bania, A. E., Barnard, A. M., Boogert, N. J., Brannon, E. M., Bray, E. E., Bray, J., Brent, L. J. N., Burkart, J. M., Call, J., Cantlo, J. F., Chek, L. G., ... Zhao, Y. (2014). The evolution of self-control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(20). <https://doi.org/10.1073/pnas.1323533111>
- Magalhães, J. P. de, & Toussaint, O. (2002). The evolution of mammalian aging. *Experimental Gerontology*, *37*(6), 769–775. [https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(02\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(02)00008-6)
- Marshall-Pescini, S., Virányi, Z., & Range, F. (2015). The effect of domestication on inhibitory control: Wolves and dogs compared. *PLoS ONE*, *10*(2), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118469>
- Mattison, J. A., Roth, G. S., Mark Beasley, T., Tilmont, E. M., Handy, A. M., Herbert, R. L., Longo, D. L., Allison, D. B., Young, J. E., Bryant, M., Barnard, D., Ward, W. F., Qi, W., Ingram, D. K., & De Cabo, R. (2012). Impact of caloric restriction on health and survival in rhesus monkeys from the NIA study. *Nature*, *489*(7415), 318–321. <https://doi.org/10.1038/nature11432>

- McHugh, D., & Gil, J. (2018). Senescence and aging: Causes, consequences, and therapeutic avenues. *Journal of Cell Biology*, 217(1), 65–77. <https://doi.org/10.1083/jcb.201708092>
- Medawar, P. B. (1946). Old age and natural death. *Modern Quarterly*, 1, 30–56.
- Medawar, P. B. (1952). *An Unsolved Problem of Biology*. H. K. Lewis & Co.
- Miklósi, Á. (2009). *Dog behaviour, evolution and cognition*. Oxford University Press.
- Milgram, N. W., Head, E., Weiner, E., & Thomas, E. (1994). Cognitive functions and aging in the dog: Acquisition of nonspatial visual tasks. *Behavioral Neuroscience*, 108(1), 57–68. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.108.1.57>
- Mitchell, S. J., Scheibye-Knudsen, M., Longo, D. L., & de Cabo, R. (2015). Animal Models of Aging Research: Implications for Human Aging and Age-Related Diseases. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3(1), 283–303. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110829>
- Mongillo, P., Araujo, J. A., Pitteri, E., Carnier, P., Adamelli, S., Regolin, L., & Marinelli, L. (2013). Spatial reversal learning is impaired by age in pet dogs. *Age*, 35(6), 2273–2282. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9524-0>
- Mongillo, P., Scandurra, A., D’Aniello, B., & Marinelli, L. (2017). Effect of sex and gonadectomy on dogs’ spatial performance. *Applied Animal Behaviour Science*, 191, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.01.017>
- Mubanga, M., Byberg, L., Egenvall, A., Ingelsson, E., & Fall, T. (2019). Dog ownership and survival after a major cardiovascular event: A register-based prospective study. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 12(10), 1–9. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.118.005342>
- Müller, C. A., Riemer, S., Virányi, Z., Huber, L., & Range, F. (2016). Inhibitory control, but not prolonged object-related experience appears to affect physical problem-solving performance of pet dogs. *PLoS ONE*, 11(2), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147753>
- Murthy, M., & Ram, J. L. (2015). Invertebrates as model organisms for research on aging biology. *Invertebrate Reproduction and Development*, 59, 1–4. <https://doi.org/10.1080/07924259.2014.970002>
- Niccoli, T., & Partridge, L. (2012). Ageing as a risk factor for disease. *Current Biology*, 22(17), R741–R752. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.07.024>
- Nielsen, J., Hedeholm, R. B., Heinemeier, J., Bushnell, P. G., Christiansen, J. S., Olsen, J., Ramsey, C. B., Brill, R. W., Simon, M., Steffensen, K. F., & Steffensen, J. F. (2016). Eye lens radiocarbon reveals centuries of longevity in the Greenland shark (*Somniosus microcephalus*). *Science*, 353(6300), 702–704. <https://doi.org/10.1126/science.aaf1703>
- North, B. J., & Sinclair, D. A. (2012). The intersection between aging and cardiovascular disease. *Circulation Research*, 110(8), 1097–1108. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.111.246876>
- Ocorr, K., Akasaka, T., & Bodmer, R. (2007). Age-related cardiac disease model of *Drosophila*. *Mechanisms of Ageing and Development*, 128(1), 112–116. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2006.11.023>
- Osthaus, B., Marlow, D., & Ducat, P. (2010). Minding the gap: spatial perseveration error in dogs. *Animal Cognition*, 13(6), 881–885. <https://doi.org/10.1007/s10071-010-0331-z>
- Overall, K. L. (2000). Natural animal models of human psychiatric conditions: Assessment of mechanism and validity. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*,

24(5), 727–776. [https://doi.org/10.1016/S0278-5846\(00\)00104-4](https://doi.org/10.1016/S0278-5846(00)00104-4)

- Péter, A., Gergely, A., Topál, J., Miklósi, Á., & Pongrácz, P. (2015). A simple but powerful test of perseverative search in dogs and toddlers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(5), 940–951. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.970206>
- Pietrzak, R. H., Cohen, H., & Snyder, P. J. (2007). Spatial learning efficiency and error monitoring in normal aging: An investigation using a novel hidden maze learning test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(2), 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.01.018>
- Pongrácz, P., Miklósi, Á., Kubinyi, E., Gurobi, K., Topál, J., & Csányi, V. (2001). Social learning in dogs: The effect of a human demonstrator on the performance of dogs in a detour task. *Animal Behaviour*, 62(6), 1109–1117. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1866>
- Pongrácz, P., Miklósi, Á., Kubinyi, E., Topal, J., & Csányi, V. (2003). Interaction between individual experience and social learning in dogs. *Animal Behaviour*, 65(3), 595–603. <https://doi.org/10.1006/anbe.2003.2079>
- Pongrácz, P., Miklósi, Á., Timár-Geng, K., & Csányi, V. (2003). Preference for Copying Unambiguous Demonstrations in Dogs (*Canis familiaris*). *Journal of Comparative Psychology*, 117(3), 337–343. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.117.3.337>
- Pongrácz, P., Miklósi, Á., Vida, V., & Csányi, V. (2005). The pet dogs ability for learning from a human demonstrator in a detour task is independent from the breed and age. *Applied Animal Behaviour Science*, 90(3–4), 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.08.004>
- Reiter, L. T., Potocki, L., Chien, S., Gribskov, M., & Bier, E. (2001). A systematic analysis of human disease-associated gene sequences in *Drosophila melanogaster*. *Genome Research*, 11(6), 1114–1125. <https://doi.org/10.1101/gr.169101>
- Rofina, J. E., Van Ederen, A. M., Toussaint, M. J. M., Secrève, M., Van Der Spek, A., Van Der Meer, I., Van Eerdenburg, F. J. C. M., & Gruys, E. (2006). Cognitive disturbances in old dogs suffering from the canine counterpart of Alzheimer's disease. *Brain Research*, 1069(1), 216–226. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.021>
- Rose, M. R., Flatt, T., Graves, J. L., Greer, L. F., Martinez, D. E., Matos, M., Mueller, L. D., Shmookler Reis, R. J., & Shahrestani, P. (2012). What is aging? *Frontiers in Genetics*, 3(JUL). <https://doi.org/10.3389/fgene.2012.00134>
- Rose, M. R., Rauser, C. L., Benford, G., Matos, M., & Mueller, L. D. (2007). Hamilton's forces of natural selection after forty years. *Evolution*, 61(6), 1265–1276. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00120.x>
- Serpell, J. (1991). Beneficial effects of pet ownership on some aspects of human health and behaviour. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 84(12), 717–720. <https://doi.org/10.1177/014107689108401208>
- Siwak-Tapp, C. T., Head, E., Muggenburg, B. A., Milgram, N. W., & Cotman, C. W. (2008). Region specific neuron loss in the aged canine hippocampus is reduced by enrichment. *Neurobiology of Aging*, 29(1), 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2006.09.018>
- Skoumalova, A., Rofina, J., Schwippelova, Z., Gruys, E., & Wilhelm, J. (2003). The role of free radicals in canine counterpart of senile dementia of the Alzheimer type. *Experimental Gerontology*, 38(6), 711–719. [https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(03\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(03)00071-8)
- Smith, B. P., & Litchfield, C. A. (2010). How well do dingoes, *Canis dingo*, perform on the detour task? *Animal Behaviour*, 80(1), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.04.017>

- Sohal, R. S., & Weindruch, R. (1996). Oxidative stress, caloric restriction, and aging. *Science*, 273(5271), 59–63. <https://doi.org/10.1126/science.273.5271.59>
- Studzinski, C. M., Christie, L. A., Araujo, J. A., Burnham, W. M. I., Head, E., Cotman, C. W., & Milgram, N. W. (2006). Visuospatial function in the beagle dog: An early marker of cognitive decline in a model of human aging and dementia. *Neurobiology of Learning and Memory*, 86(2), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2006.02.005>
- Sutter, N. B., Bustamante, C. D., Chase, K., Gray, M. M., Zhao, K., Zhu, L., Padhukasahasram, B., Karlins, E., Davis, S., Jones, P. G., Quignon, P., Johnson, G. S., Parker, H. G., Fretwell, N., Mosher, D. S., Lawler, D. F., Satyaraj, E., Nordborg, M., Lark, K. G., ... Ostrander, E. A. (2007). A single IGF1 allele is a major determinant of small size in dogs. *Science*, 316(5821), 112–115. <https://doi.org/10.1126/science.1137045>
- Sweeney, J. A., Rosano, C., Berman, R. A., & Luna, B. (2001). Inhibitory control of attention declines more than working memory during normal aging. *Neurobiology of Aging*, 22(1), 39–47. [https://doi.org/10.1016/S0197-4580\(00\)00175-5](https://doi.org/10.1016/S0197-4580(00)00175-5)
- Tapp, P. D., Siwak, C. T., Estrada, J., Head, E., Muggenburg, B. A., Cotman, C. W., & Milgram, N. W. (2003a). Size and reversal learning in the beagle dog as a measure of executive function and inhibitory control in aging. *Learning and Memory*, 10(1), 64–73. <https://doi.org/10.1101/lm.54403>
- Tapp, P. D., Siwak, C. T., Estrada, J., Head, E., Muggenburg, B. A., Cotman, C. W., & Milgram, N. W. (2003b). Size and reversal learning in the beagle dog as a measure of executive function and inhibitory control in aging. *Learning and Memory*, 10(1), 64–73. <https://doi.org/10.1101/lm.54403>
- Tapp, P. D., Siwak, C. T., Gao, F. Q., Chiou, J. Y., Black, S. E., Head, E., Muggenburg, B. A., Cotman, C. W., Milgram, N. W., & Su, M. Y. (2004). Frontal lobe volume, function, and β -amyloid pathology in a canine model of aging. *Journal of Neuroscience*, 24(38), 8205–8213. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1339-04.2004>
- The Mind of the Dog: By F. J. J. Buytendijk. (George Allen & Unwin, London, 1935. Pp. 215.).* (n.d.). Retrieved March 23, 2020, from <http://www.pep-web.org/document.php?id=ijp.019.0265a>
- Thierry, B. (2007). Unity in diversity: Lessons from macaque societies. *Evolutionary Anthropology*, 16(6), 224–238. <https://doi.org/10.1002/evan.20147>
- Topál, J., Miklósi, Á., & Csányi, V. (1997). Dog-human relationship affects problem solving behavior in the dog. *Anthrozoos*, 10(4), 214–224. <https://doi.org/10.2752/089279397787000987>
- Turcsán, B., Tátrai, K., Petró, E., Topál, J., Balogh, L., & Harvey, N. D. (2020). *Comparison of Behavior and Genetic Structure in Populations of Family and Kennel Beagles*. 7(April), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00183>
- Van Heemst, D., Beekman, M., Mooijaart, S. P., Heijmans, B. T., Brandt, B. W., Zwaan, B. J., Slagboom, P. E., & Westendorp, R. G. J. (2005). Reduced insulin/IGF-1 signalling and human longevity. *Aging Cell*, 4(2), 79–85. <https://doi.org/10.1111/j.1474-9728.2005.00148.x>
- Wallis, L. (2016). *DISSERTATION / DOCTORAL THESIS*.
- Warnes, C. (2015). Changes in behaviour in elderly cats and dogs, part 1: causes and diagnosis. *The Veterinary Nurse*, 6(9), 534–541. <https://doi.org/10.12968/vetn.2015.6.9.534>
- Williams, G. C. (1957). Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence. *Evolution*, 11, 398–411.

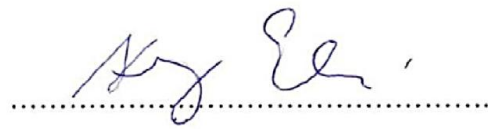
Wisniewski, H. M., Wegiel, J., Morys, J., Bancher, C., Soltysiak, Z., & Kim, K. S. (1990). *Aged dogs: an animal model to study beta-protein amyloidogenesis* (pp. 151–168). Springer, Vienna.
https://doi.org/10.1007/978-3-7091-3396-5_15

Zelazo, Philip David|Blair, Clancy B.|Willoughby, M. T. (2016). Executive Function: Implications for Education. NCER 2017-2000. *National Center for Education Research*.
<https://eric.ed.gov/?id=ED570880><https://eric.ed.gov/?q=gender+differences+distraction&pg=2&id=ED570880>

Konzulensi ellenjegyzés

Alulírott, Kubinyi Enikő igazolom, hogy Marosi Sarolta Öregedés és kogníció: idős és fiatal családi kutyák viselkedési gátlásának felmérése egy megkerüléssel tesztben című szakdolgozatát ismerem, azt védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2020. 04. 24.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kubinyi Enikő', is written above a horizontal dotted line.

ELTE Etológia Tanszék

Konzulensi ellenjegyzés

Alulírott, Kis János igazolom, hogy Marosi Sarolta című szakdolgozatát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2020. 04. 23.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kis János', is centered on the page. The signature is fluid and cursive.

ÁTE Biológia Intézet, Ökológiai Tanszék

HuVetA
ELHELYEZÉSI MEGÁLLAPODÁS ÉS SZERZŐI JOGI NYILATKOZAT*

Név: Marosi Sarolta

Elérhetőség (e-mail cím): marosisarolta96@gmail.com

A feltöltendő mű címe: Öregedés és kogníció: idős és fiatal családi kutyák viselkedési gátlásának felmérése egy megkerüléssel tesztben

A mű megjelenési adatai:

Az átadott fájlok száma: 1

Jelen megállapodás elfogadásával a szerző, illetve a szerzői jogok tulajdonosa nem kizárólagos jogot biztosít a HuVetA számára, hogy archiválja (a tartalom megváltoztatása nélkül, a megőrzés és a hozzáférhetőség biztosításának érdekében) és másolásvédtől PDF formára konvertálja és szolgáltatassa a fenti dokumentumot (beleértve annak kivonatát is).

Beleegyezik, hogy a HuVetA egynél több (csak a HuVetA adminisztrátorai számára hozzáférhető) másolatot tároljon az Ön által átadott dokumentumból kizárólag biztonsági, visszaállítási és megőrzési célból.

Kijelenti, hogy az átadott dokumentum az Ön műve, és/vagy jogosult biztosítani a megállapodásban foglalt rendelkezéseket arra vonatkozóan. Kijelenti továbbá, hogy a mű eredeti és leg-jobb tudomása szerint nem sérti vele senki más szerzői jogát. Amennyiben a mű tartalmaz olyan anyagot, melyre nézve nem Ön birtokolja a szerzői jogokat, fel kell tüntetnie, hogy korlátlan engedélyt kapott a szerzői jog tulajdonosától arra, hogy engedélyezhesse a jelen megállapodásban szereplő jogokat, és a harmadik személy által birtokolt anyagrész mellett egyértelműen fel van tüntetve az eredeti szerző neve a művön belül.

A szerzői jogok tulajdonosa a hozzáférés körét az alábbiakban határozza meg (**egyetlen, a megfelelő négyzetben elhelyezett x jellel**):

- engedélyezi, hogy a HuVetA-ban -ban tárolt művek korlátlanul hozzáférhetővé váljanak a világhálón,
- az Állatorvostudományi Egyetem belső hálózatára (IP címekre) korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- a Könyvtárban található, dedikált elérést biztosító számítógépre korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- csak a dokumentum bibliográfiai adatainak és tartalmi kivonatának feltöltéséhez járul hozzá (korlátlan hozzáféréssel), 24

Kérjük, nyilatkozzon a négyzetben elhelyezett jellel a helyben használatról is:



Engedélyezem a dokumentum(ok) nyomtatott változatának helyben olvasását a könyv-tárban.

Amennyiben a feltöltés alapját olyan mű képezi, melyet valamely cég vagy szervezet támogatót illetve szponzorált, kijelenti, hogy jogosult egyetérteni jelen megállapodással a műre vonatkozóan.

A HuVetA üzemeltetői a szerző, illetve a jogokat gyakorló személyek és szervezetek irányában nem vállalnak semmilyen felelősséget annak jogi orvoslására, ha valamely felhasználó a HuVetA-ban engedéllyel elhelyezett anyaggal törvénytörő módon visszaélne.

Budapest, 2020. 04.24.

Marosi Sarolta

aláírás
szerző/a szerzői jog tulajdonosa

A HuVetAMagyar Állatorvos-tudományi Archívum – Hungarian Veterinary Archive az Állatorvostudományi Egyetem Hutýra Ferenc Könyvtár, Levéltár és Múzeum által működtetett egyetemi és szakterületi online adattár, melynek célja, hogy a magyar állatorvos-tudomány és -történet dokumentumait, tudásvagyonát elektronikus formában összegyűjtse, rendszerezze, megőrizze, kereshetővé és hozzáférhetővé tegye, szolgáltassa, a hatályos jogi szabályozások figyelembe vételével.

A HuVetA a korszerű informatikai lehetőségek felhasználásával biztosítja a könnyű, (internetes keresőgépekkel is működő) kereshetőséget és lehetőség szerint a teljes szöveg azonnali elérését. Célja ezek révén

- a magyar állatorvos-tudomány hazai és nemzetközi ismertségének növelése;
- a magyar állatorvosok publikációira történő hivatkozások számának, és ezen keresztül a hazai állatorvosi folyóiratok impakt faktorának növelése;
- az Állatorvostudományi Egyetem és az együttműködő partnerek tudásvagyonának koncentrált megjelenítése révén az intézmények és a hazai állatorvos-tudomány tekintélyének és versenyképességének növelése;
- a szakmai kapcsolatok és együttműködés elősegítése,
- a nyílt hozzáférés támogatása.