

**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy**  
**Katedra zoologie**

Studijní program: Etologie a ekologie

Studijní obor: Zoologie



**Bc. Zuzana Kocourková**

**Srovnání úspěšnosti jedinců v rámci diskriminačních úloh  
s ohledem na hierarchické postavení ve skupině**

**Comparison of individual's performance in a discrimination  
tasks with respect to the hierarchy status**

Diplomová práce

**Vedoucí práce: RNDr. Eva Landová, Ph.D.**

Praha, 2016

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. 8. 2016

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji především své školitelce RNDr. Evě Landové, Ph.D., za odborné rady a připomínky poskytované během psaní této diplomové práce, Mgr. Barboře Žampachové za podnětné rady ke zpracování statistiky a Mgr. Lucii Marhounové za kontrolu textu. V neposlední řadě bych ráda poděkovala svým kolegyním Ing. Denise Kovácsově a Bc. Markétě Houškové za pomoc s trénováním holubů. Taktéž děkuji své rodině a přátelům za jimi poskytovanou podporu a zázemí.

## Abstrakt

Schopnost diskriminovat (rozlišit) stimuly je nejčastější testovanou kognitivní úlohou u holuba domácího (*Columbia livia*) v rámci zatím publikovaných prací. Dosud však nebyl dostatečně prozkoumán vliv personalitních vlastností na tuto schopnost. Tato práce se zabývá zjišťováním rozdílů v úspěšnosti jedinců mezi jednotlivými diskriminačními úlohami a analyzuje faktory včetně personality mající vliv na úspěšnost.

Byla testována skupina 72 jedinců holuba domácího ve čtyřech na sebe navazujících úlohách: 1) diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu, 2) diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu, 3) diskriminace černého a bílého víčka v kleci, 4) diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci. Kritérium úspěšnosti bylo stanoveno na 80 %. Ve Skinnerově boxu úlohu splnilo méně jedinců (6 % v první úloze, 20 % v druhé). V úlohách v kleci byl počet úspěšných jedinců vyšší (48 % ve třetí úloze, 50 % ve čtvrté). Úlohy se od sebe lišily prostředím a velikostí stimulů. Bylo zjištěno, že jedinci dokážou generalizovat pravidla diskriminace ve Skinnerově boxu, ale při výrazném zmenšení stimulů v kleci to již nezvládají.

Dále byly analyzovány různé faktory, které by mohly ovlivňovat kognitivní úspěšnost. Bylo prokázáno, že úspěšnost ovlivňuje věk v době prvního testování a celková délka testování. Vliv hierarchie na úspěšnost se v testech statisticky nepotvrdil, ale přesto bylo vypořádáno, že úspěšné samice jsou v hierarchii na vyšších příčkách. Ukázalo se, že samice mají stabilnější hierarchii než samci - meziroční korelace v hierarchii byla u samic 78%, u samců pak 45%.

V rámci testování nebyl zjištěn vliv věku, váhy a hierarchické pozice partnera na postavení zkoumaného jedince.

**Klíčová slova:** diskriminace, holub domácí, hierarchie

## **Abstract**

The ability to discriminate stimuli is the most tested cognitive task in pigeons (*Columbia livia f. domestica*) within up to now published experiments. Up to now, the influence of personality traits on discrimination has been poorly studied. This thesis looks into the differences in success between individuals and discrimination tasks, and analyzes factors including personality traits influencing the success rate.

In this experiment, the total of 72 individual pigeons were tested in four linked tasks: 1) discrimination of black and white screen in the Skinner's box, 2) discrimination of black and white circle patch in the Skinner's box, 3) discrimination of black and white lid in a cage and 4) discrimination of reduced black and white stimuli, placed on a lid, in the cage. The criterium of success was set on 80%. In the Skinner's box, the task were passed by lower number of individuals (6% in first, 20% in second) in comparison with the cage (48% in third and 50% in fourth). The tasks differed in environment and size of stimuli. It has been determined, that te tested subjects were able to generalise in the Skinner's box, with an expception when the stimuli was reduced.

While testing, all factors that might have influenced the success rate were observed. It has been proved, that the success rate was influenced by age of the individual when tested for the first time and duration of experiment. Influence of hierarchy on the success rate were not statistically proved. However, it has been observed, that successfull female individuals were on higher hierarchy levels. Also, more stable hierarchy of female individuals compared to male individuals was observed - yearly correlation in female hierarchy was 78%, male 45%.

During the experiment, influence of age, weight and hierarchy position of a mate on the dominance index of a male individual was not found.

**Keywords:** disckrimination, pigeon, hierarchy

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Literární přehled .....	2
2.1	Vymezení pojmů .....	2
2.1.1	Kategorizace .....	2
2.1.2	Diskriminace .....	2
2.2	Princip diskriminace.....	2
2.2.1	Teorie znaků .....	3
2.2.2	Teorie exempláře.....	3
2.2.3	Teorie prototypu.....	3
2.2.4	Teorie konceptu .....	4
2.2.4.1	Percepční koncept.....	4
2.2.4.2	Asociační koncept .....	4
2.2.4.3	Analogický koncept .....	5
2.2.4.4	Abstraktní koncept.....	5
2.3	Běžné metody testování diskriminace a procesu kategorizace .....	6
2.3.1	Aparatury .....	6
2.3.2	Běžný průběh experimentů .....	6
2.3.3	Schémata používaných experimentů.....	7
2.4	Shrnutí poznatků diskriminace u holuba ( <i>Columba livia</i> ).....	9
2.4.1	Vymezení kategorie dle klíčových znaků.....	9
2.4.2	Diskriminace na základě paměti .....	13
2.4.3	Přirozené kategorie.....	13
2.4.4	Vnímání abstrakce a vztahů mezi stimuly .....	14
2.4.5	Kategorizace dle detailů .....	16
2.5	Další kognitivní úlohy .....	17
2.5.1	„Object permanence“ .....	17
2.5.2	„Amodal completion“ .....	18
2.5.3	Orientace v prostoru .....	19
2.6	Hierarchie .....	21

3	Cíle práce .....	23
4	Metodika .....	25
4.1	Subjekty .....	25
4.2	Testovací aparatury .....	25
4.3	Princip pokusu .....	26
4.4	Skinnerův box .....	26
4.4.1	Novel environment test .....	26
4.4.2	Pre-trénink - Shaping .....	27
4.4.3	Diskriminace černé a bílé obrazovky (1. úloha) .....	28
4.4.4	Diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu (2. úloha) .....	29
4.5	Experimentální klec .....	31
4.5.1	Novel environment test .....	31
4.5.2	Pre-trénink odkrývání víček .....	32
4.5.3	Diskriminace černého a bílého víčka (3. úloha) .....	33
4.5.4	Diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku (4. úloha) .....	34
4.6	Testování hierarchie .....	35
4.7	Celkový přehled testovaných úloh .....	37
4.8	Metody statistického vyhodnocení .....	38
4.8.1	Generalizace .....	38
4.8.2	Míra aktivity .....	38
4.8.3	Hierarchie .....	39
4.8.4	Proximální vlivy na úspěšnost .....	39
4.8.5	Vliv sezení a individualita jedince .....	40
5	Výsledky .....	41
5.1	Počet úspěšných jedinců v jednotlivých diskriminačních úlohách .....	41
5.2	Generalizace velikosti stimulu a změny prostředí .....	42
5.2.1	Přechod z úlohy diskriminace černého a bílého víčka (3. úloha) do úlohy diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (4. úloha) .....	42
5.2.2	Přechod z úlohy diskriminace černé a bílé obrazovky (1. úloha) do úlohy diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha) .....	43
5.2.3	Přechod z úlohy diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha) do úlohy diskriminace černého a bílého víčka v kleci (3. úloha) .....	44

5.3	Míra aktivity v rozdílném prostředí .....	45
5.4	Vliv parametrů na úspěšnost v testovaných diskriminačních úlohách.....	45
5.4.1	Diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu (1. úloha) .....	45
5.4.2	Diskriminace černého a bílého víčka v kleci (3. úloha).....	47
5.4.3	Diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha) 47	
5.4.4	Diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (4. úloha) 48	
5.5	Vliv pořadí sezení a individuality jedince .....	48
5.5.1	Diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu (1. úloha) .....	49
5.5.2	Diskriminace černých a bílých víček v kleci (1. úloha).....	51
5.5.3	Diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha) 51	
5.5.4	Diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (4. úloha) 52	
5.6	Hierarchie .....	52
5.6.1	Korelace výsledků z roku 2015 a 2016 .....	53
5.6.2	Korelace dominantního indexu s výsledky ve všech diskriminačních úlohách..	56
5.6.2.1	Samci .....	56
5.6.2.2	Samice .....	56
5.7	Vlivy proximálních faktorů na dominantní index jedince .....	57
5.8	Porovnání úspěšnosti v jednotlivých diskriminačních úlohách.....	57
6	Diskuze .....	62
6.1	Generalizace stimulu a prostředí.....	62
6.2	Vliv parametrů na úspěšnost v úlohách.....	65
6.3	Vliv individua a sezení – míra učení.....	66
6.1	Hierarchie .....	67
6.2	Porovnání jednotlivých úloh.....	68
7	Závěr .....	70
8	Reference: .....	72
9	Přílohy.....	78

# 1 Úvod

Schopnost diskriminovat, tj. rozlišovat od sebe různé vjemy, se kterými se zvířata i lidé každodenně setkávají, je v jejich životě zcela zásadní kognitivní schopností. Díky ní mohou rozlišovat relevantní podněty, jako např. predátory, potravu či potencionální sexuální partnery. Pro svou důležitost byla tato schopnost zkoumána v mnoha pracích ve velikém počtu experimentů a jedním z častých testovaných druhů ptáků je v nich holub domácí (*Columbia livia f. domestica*). Výsledky většiny úloh napovídají, že holubi jsou schopni rozlišit různé typy stimulů (obrázky, 3D, zvuk) (Cerella, 1980, 1986; Dittrich *et al.*, 2010; Hienz *et al.*, 1981). Nebyly zkoumány pouze typy stimulů, které jsou schopni rozlišit, ale i způsob, jakým tyto stimuly rozlišují. Bylo zjištěno, že holubi jsou schopni kategorizace stimulů, se kterými se setkají, nejen pomocí klíčových znaků, ale také za pomoci mentální reprezentace (abstraktních konceptů). (Zentall *et al.*, 2008).

Diskriminační schopnosti holubů jsou tak poměrně probádaným problémem. Vedle těchto kognitivních schopností se později začaly zkoumat i personalitní vlastnosti jedinců a jejich vliv na život jedince. Konkrétní personalitní vlastnosti bylo důležité selektovat u zvířat chovájících se za hospodářským účelem (selekce na nízkou agresivitu). Mezi obecně zkoumané personalitní znaky u ptáků patří například postavení v hierarchii, či míra explorační (Groothuis & Carere, 2005). V současné době se vyskytuje velmi malý počet prací, které by rovinnou úspěšnosti v kognitivních úlohách dávaly do korelace s personalitními vlastnostmi. Dosavadní práce ve velké většině používaly pro experimenty subjekty, které byly odchyceny v přírodě či chovány samostatně. Vliv postavení ve skupině na úspěšnost v těchto testech tak nemohl být zkoumán. Poslední dobou se však objevují práce studující vliv personalitních znaků na úspěšnost v kognitivních úlohách i u dalších ptačích druhů, např. kura domácího (Croney, 2007).

V literární části této práce budou shrnuty provedené diskriminační úlohy u holuba domácího (*Columbia livia f. domestica*). Budou zde zmíněny také další kognitivní schopnosti holubů související s testováním diskriminace. V závěru literární části bude popsán současný stav výzkumu hierarchie u ptáků. Experimentální část se bude zabývat testováním čtyř na sebe navazujících diskriminačních úloh. Srovnávány budou proximální vlivy, včetně postavení jedinců ve skupině, s úspěšností jedince v každé z testovaných úloh.

## **2 Literární přehled**

### **2.1 Vymezení pojmů**

#### **2.1.1 Kategorizace**

Každý živočich se během svého života každodenně setkává s nejrůznějšími stimuly. Tyto stimuly můžeme zařadit do různých kategorií, například predátor, vyhledávaná potrava či sexuální partner. Schopnost zařazovat stimuly do kategorií se nazývá kategorizace (Pearce, 1994).

Předpokládá se, že kategorie se vytváří na základě dvou principů. První princip předpokládá co nejvíce efektivně vymezenou kategorii za cenu co nejnižšího úsilí jedince. Druhý princip pracuje s předpokladem, že svět je vždy logicky uspořádán do přirozených kategorií, které jsou živočichy a lidmi snadněji rozpoznávány. Rozdělení okolního světa do přirozených kategorií (člověk, strom, voda) a umělých kategorií (obraz, budova, automobil) bylo též předmětem výzkumu. (Lazareva *et al.*, 2004). V uvedené práci zařazovali holubi prezentované stimuly do jedné ze čtyř možných kategorií a následně měli diskriminovat mezi přirozenou a umělou kategorií.

#### **2.1.2 Diskriminace**

Diskriminace je schopnost živočichů chápat a rozeznávat rozdíly mezi kategoriemi. Existuje několik způsobů, jak živočichové zařazují stimuly do jednotlivých kategorií (Huber, 2001; Pearce, 1994). Dnes se předpokládá existence čtyř druhů kategorizace, lišící se svou obtížností.

### **2.2 Princip diskriminace**

Diskriminovat stimuly je možné několika způsoby. Složitost diskriminace se liší obtížností od nejjednoduššího rozlišování podle klíčových znaků po abstraktní mentální reprezentaci stimulu. Přestože holubi umějí diskriminovat podle konceptu, v případech, kdy je to možné, používají nejčastěji nejjednodušší způsob diskriminace podle klíčových znaků.

Teorie diskriminace jsou řazeny podle obtížnosti.

### **2.2.1 Teorie znaků**

Teorie znaků předpokládá, že jedinec řadí stimuly do jednotlivých kategorií podle konkrétních znaků typických pro danou kategorii. Dle této teorie subjekt diskriminuje stimuly do jednotlivých kategorií podle klíčových znaků, typických pro každou kategorii. Část znaků nemusí být v diskriminaci vůbec rozlišována (Bruner et al., 1956; Huber, 2001). Jako typickou ukázkou tohoto typu diskriminace lze jmenovat Cerellovy práce (Cerella, 1980, 1986), v rámci kterých se holubi učili poznat postavičku Charlieho Browna. Naučená schopnost přetrvala i ve chvíli, kdy autor zpřeházal části těla postavičky, neboť klíčové znaky kategorie "Charlie Brown" byly i nadále přítomné.

### **2.2.2 Teorie exempláře**

Tato teorie předpokládá, že jedinec je schopen zapamatovat si všechny exempláře patřící do vytvořené kategorie (Huber, 2001). Rozhodnutí, kam zařadit stimul, je založeno na porovnání stimulu s již známými exempláři v daných kategoriích. Teorie exempláře vyžaduje zapamatování si všech exemplářů, se kterými se jedinec během života setkal. Příkladem této teorie je práce autorů Vaughan & Greene (1984), zkoumaní jedinci se učili rozeznávat fotografie krajiny patřící náhodně do dvou arbitrárně zvolených kategorií, které neměly žádné společné znaky. Tímto bylo zamezeno použití teorie znaků. Holubi si byli schopni zapamatovat téměř všechny stimuly (320 ze 400) z daných kategorií. Tímto byla dokázána extenzivní a dlouhodobá paměť a schopnost zapamatovat si velký počet stimulů po dobu několika měsíců.

### **2.2.3 Teorie prototypu**

Tato teorie předpokládá existenci průměrného zástupce pro každou vymezenou kategorii, který je použit pro srovnání s prezentovaným stimulem (Huber, 2001; Neumann, 1977). Příkladem této teorie je úloha, ve které byl holubům prezentován trojúhelník sestavený z bodů, se kterými je náhodně a nesystematicky manipulováno. Manipulací dochází ke změně stimulu, který je subjektem stále rozpoznatelný, přestože se od naučeného stimulu mírně liší (Huber & Lenz, 1996). Subjekty v této úloze diskriminují na základě podobnosti s průměrným tvarem trojúhelníku. Absence systematickosti ve změnách brání využití či vytvoření pravidla - abstraktního konceptu. Práce, kterou provedli Cook a Smith (2006), přímo otestovala priority užití teorií (exempláře a prototypu) u holubů a člověka. Člověk i holub se nejprve naučí

zařazovat podobné stimuly dle již naučeného a pro ně známého prototypu, a to i přes jistou míru abstrakce (porovnání s průměrným stimulem). Pokud se správně naučí diskriminovat výjimky, tedy stimuly nepodobné prototypu, kategorizace následně probíhá skrze teorii exempláře (zapamatování si výjimky jako exemplář).

#### **2.2.4 Teorie konceptu**

Teorie konceptu předpokládá schopnost vytvářet abstraktní myšlenkové skupiny stimulů, tedy jejich mentální reprezentaci (Laurence & Margolis, 1999), a kombinovat je s předešlými zkušenostmi. Díky konceptu je možné zařadit neznámé stimuly do kategorií a případně na ně adekvátně reagovat. Dle shrnujících prací (Lazareva & Wasserman, 2008; Zentall *et al.*, 2008) je koncept dělen na čtyři podtypy: percepční, asociační, vztahový a analogický, které se liší svou kognitivní náročností.

##### **2.2.4.1 Percepční koncept**

Pomocí tohoto konceptu lze kategorizovat objekty a situace na základě fyzických parametrů. Tento typ konceptu je velmi podobný kategorizační teorii dle znaků či teorii prototypu, neboť obě předpokládají definovanou míru podobnosti ve specifickém znaku nebo souboru znaků uvnitř kategorie. Teorie znaků předpokládá kategorizace podle konkrétních stejných klíčových znaků pro danou kategorii (například konkrétně zahnutý zobák dravce, modré kolečko vpravo nahoře), percepční koncept předpokládá schopnost kategorizovat podle klíčových znaků (jakkoliv zahnutý zobák dravce, něco kulatého uprostřed), ty ale u všech stimulů nemusí být naprosto stejné. Důležitá je také mentální reprezentace stimulu.

##### **2.2.4.2 Asociační koncept**

Asociační koncept je utvořen na základě společných funkcí stimulů v definované kategorii a naučených asociací mezi nimi. Asociační koncept je nazývá také „nonsimilar“ a je definován na základě funkcí objektů vyskytujících se v jedné kategorii (a tudíž na základě naučených asociací), např. koncept jídlo, nářadí aj. (Zentall *et al.*, 2008). Je to kategorie definovaná na základě vztahu, který k ní subjekt zaujímá.

### 2.2.4.3 Analogický koncept

Tento druh konceptu je vytvářen propojením vzájemných vztahů a souvislostí mezi kategoriemi. Jedinci tak chápou situaci, že konkrétní židle patří do kategorie židlí a zároveň všechny židle patří do kategorie nábytek. Tento koncept pracuje s hierarchickým členěním kategorií i různými pravidly diskriminace stejných stimulů do různých kategorií, včetně vztahů uvnitř kategorie samotné, kdy jedinci dokázali rozlišit dvě kategorie navzájem, které se lišili pouze tím, že jedna obsahovala stejné prvky, druhá pak prvky rozdílné.

Příkladem tohoto typu konceptů je práce, ve které se ptáci učili rozpoznávat různé skupiny stejných objektů, které spojoval pouze fakt, že ve skupinách byly navzájem stejné či rozdílné stimuly. Jedinci byli schopni skupinu stejných objektů odlišit od skupiny obsahující navzájem různé objekty. Tento příklad lze přirovnat k principu „*same/different*“ vyššího řádu. Na rozdíl od ptáků, kteří tento úkol zvládli pouze částečně (Cook & Wasserman, 2007), vykázali primáti lepší výsledky (Fagot *et al.*, 2001).

### 2.2.4.4 Abstraktní koncept

Posledním typ konceptu je definován na základě vztahových pravidel s vyloučením kategorizace na základě jednoduchých fyzických parametrů (např. tvar, barva). Do abstraktního konceptu patří například prostorové vztahy, ve kterých jsou stimuly (objekty) umístěny různě daleko (například nad, pod, vedle, blízko). Abstraktní koncept (Lazareva & Wasserman, 2008), je utvářen z principiálních vztahů mezi členy skupiny. Příkladem je rozlišování pravidla „*same/different*“ na základě velikosti či uspořádání stimulů vůči sobě (Katz & Wright, 2006).

Výše popsané typy konceptů jsou řazeny dle stoupajících nároků na vnímání abstrakce a jsou-li testovány, jde u většiny zvířat o úlohy či série úloh se stoupající obtížností. Smith *et al.* (2011) ve svém review shrnuli velké množství studií zabývajících se kategorizací. V použitých pracích převažuje názor o neexistenci důkazu schopnosti kategorizace založené na chápání vztahových pravidel, což je typické pro člověka. Nadále shrnuje, že holubi a velmi pravděpodobně i další obratlovci jsou lepší v úlohách s vyšší schopností integrace informací (vyhodnocení více detailů v rámci jednoho stimulu najednou). Učí se kategorizovat stimuly především na základě znalostí exemplářů nebo jejich podobnosti v rámci kategorie. Tento

princip je autory považován za základní a sdílený mezi různými obratlovci. Člověk a primáti jsou považováni za výjimku, přičemž schopnost explicitního učení pravidel je zásadním kvalitativním skokem v kognitivních schopnostech (Marcus *et al.*, 1999; Smith *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 2010). Výše popsaný převažující názor však není ve shodě s výsledky některých prací, které se zabývaly mírou abstrakce a použitím určitých pravidel pro vytvoření kategorií. Ptáci jsou schopni chápat rozdíly mezi kategoriemi (Herrnstein & Loveland, 1964) a mají percepční (Poole & Landert, 1971), asociační (Herrnstein *et al.*, 1976) či abstraktní koncept (Watanabe *et al.*, 1995). Výše uvedené studie ukazují, že holubi pravidla dokáží rozpoznat a používat, avšak nepreferují je jako primáti a člověk. Přítomností a využívání konceptu u ptáků během kategorizace jsem se zabývala ve své bakalářské práci (Kocourková, 2014).

## **2.3 Běžné metody testování diskriminace a procesu kategorizace**

### **2.3.1 Aparatury**

Pro vizuální diskriminaci se běžně používá Skinnerův Box ("*Operant conditioning chamber*"). V této aparatuře je v přední části umístěn prostor pro prezentaci stimulů v podobě monitoru či průzoru (pro prezentaci reálných 3D stimulů). V přilehlém okolí presentační plochy je umístěno odpovědní tlačítko ("*response key*"). Odpovědní tlačítko může být součástí odpovědní plochy (*touch monitor*) reprezentující stimul, se kterým má subjekt interagovat. Ve spodní části boxu je krmítko, které je zpřístupněno jako odměna při správné odpovědi.

### **2.3.2 Běžný průběh experimentů**

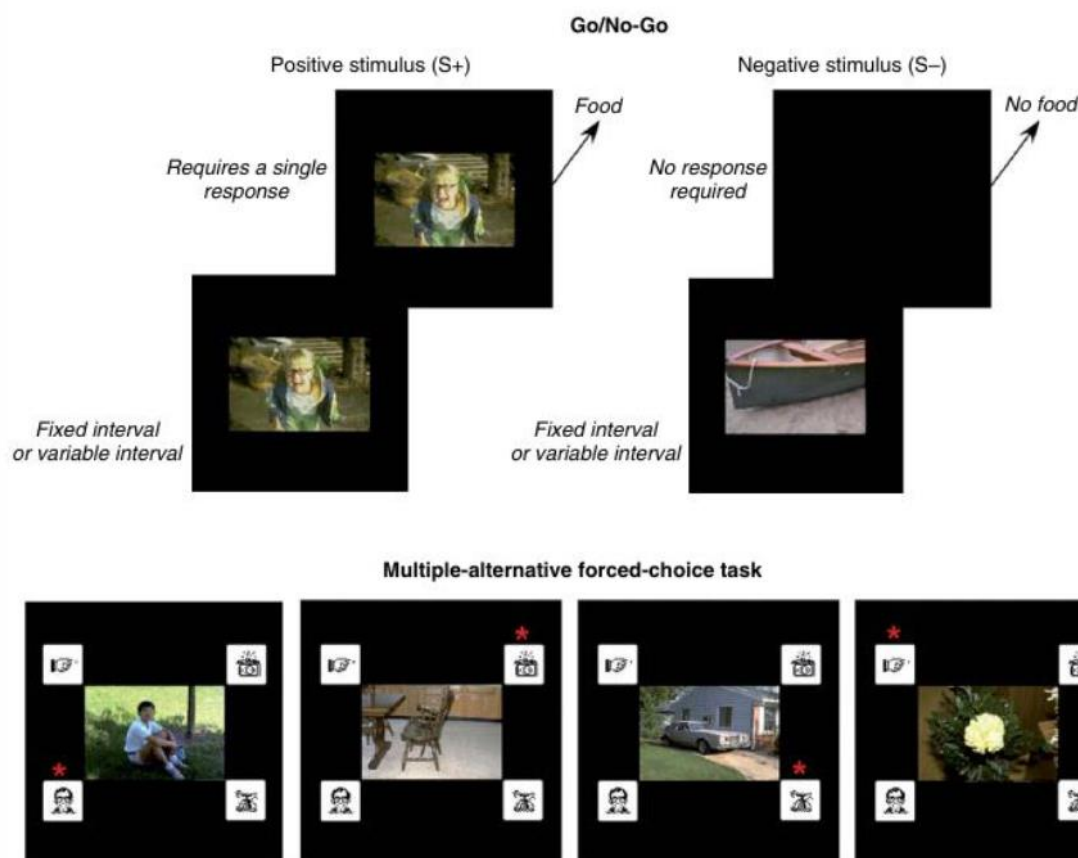
Před samotným experimentem je každý subjekt podroben pre-tréninku. Zde je subjekt učen, jak používat presentační plochu a odpovědní tlačítko a zároveň si zvyká na prostředí, ve kterém bude experiment probíhat. Subjekty jsou během pre-tréninku odměňovány za každou interakci s odpovědním tlačítkem. Po dostatečném osvojení dovednosti odpovídat, jsou subjektům prezentovány stimuly z různých kategorií. V této části jsou subjekty odměňovány pouze při správné odpovědi tj. označení pozitivního stimulu. Špatné odpovědi jsou trestány často zhasnutím osvětlení v boxu, či zvukovým signálem. Po špatné odpovědi a trestu je stimul znovu prezentován, čímž je subjekt směřován k opravě. Po dosažení předem stanoveného

kritéria úspěšnosti jsou subjektům promítnuty nové sady stimulů. Při dosažení stejné úspěšnosti diskriminace nových stimulů jako v předchozím testování, se předpokládá, že bylo dosaženo schopnosti generalizace kategorie a schopnosti zařazovat nové stimuly na základě zkušenosti s těmi předchozími. Následné fáze mohou obsahovat výrazněji upravené stimuly tak, aby byla narušena schopnost kategorizovat dle nastavených pravidel. Výsledky jsou často uváděny procentuální úspěšností, tedy pomocí poměru mezi počtem správně a všech kategorizovaných stimulů (v metodě *choice*). Dalším způsobem měření úspěšnosti (v metodě *go/no-go*) je poměr mezi počtem reakcí na dané stimuly.

### 2.3.3 Schémata používaných experimentů

K ověření správného zařazení stimulu slouží několik metod založených na operativním podmiňování. Jedním z nejpoužívanějších schémat je metoda "*successive go/no-go*" (Aust & Huber, 2001; Herrnstein & Loveland, 1964). Metoda pracuje s dvěma sadami stimulů, každá z nich reprezentuje pozitivní (odměňovanou) či negativní (neodměňovanou) kategorii. Každý stimul je prezentován samostatně. Správnou odpovědí testovaného subjektu na pozitivní stimul je klovnutí ("*reinforcement*"), které je odměněno. Negativní stimuly jsou správně rozpoznány, když subjekt určený časový interval nereaguje ("*extinction*"). Popsaný způsob odměňování vede k utlumení tendence reagovat na stimuly z negativní sady stimulů. Průběh této metody je složen ze tří částí - inertní, variabilní a sledovaná. Inertní část ("*fixed interval*") je přítomna vždy na počátku prezentace každého stimulu ("*trial*") po dobu deseti sekund. Každé klovnutí na odpovědní tlačítko během této fáze je zaznamenáno, avšak bez vlivu na výsledek prezentace stimulu. Po skončení této fáze přechází prezentace do variabilní fáze, kterou určuje náhodný časový interval z předem vymezeného časového rozpětí ("*variable interval*"). Subjektu zůstává během této fáze stimul zobrazen. Variabilní fáze zabraňuje navyknutí subjektu na fixní moment pro klovnutí. Poslední fáze je závislá na sadě prezentovaného stimulu. Při prezentaci pozitivního stimulu je vyžadováno klovnutí v určené frekvenci, zpravidla 2 klovnutí za vteřinu. Na negativní stimul není žádoucí odpověď po stanovený časový interval, po který je negativní stimul zobrazen. Prezentace jednotlivých stimulů je oddělena statickým časovým intervalem ("*inter trial interval*"). Rozdíl ve frekvenci / intenzitě klovnutí ve třetí fázi znamená, že je subjekt schopen diskriminovat mezi pozitivním a negativním stimulem. Tato metoda "*successive go/no-go*" má i svá omezení. Výsledek může být ovlivněn například faktem, že subjekt není

odměňován při správné reakci na negativní stimul. Dalším omezením je použití pouze dvou kategorií (Bhatt *et al.*, 1988). Alternativní metodou je "simultaneous go/no-go". V této metodě je v jednu chvíli prezentován pozitivní i negativní stimul zároveň. Správná reakce je klovnutí na stimul z pozitivní sady. Subjekt je odměněn za každou správnou reakci, oproti odměně však pouze v případě správné reakce na pozitivní stimul. Metodu použili například Siegel & Honig (1970).



Obrázek 1 - Nahoře: Základní schéma „go/no-go“ metody, v případě kladného stimulu (vlevo) je vyžadována reakce klovnutím, v případě negativního stimulu (vpravo) naopak reakce očekávána není. Dole: Základní schéma „multiple-alternative forced-choice“ metody, každý zobrazený stimul se řadí do jedné z nabízených kategorií. (převzato z Lazareva & Wasserman, 2008)

Alternativní metodou ke "go/no-go" je schéma nazvané "multiple-alternativeforced-choice". Princip schématu se liší v zobrazení stimulu, kolem kterého jsou umístěna odpovědní tlačítka různých barev či znaků. Každé z odpovědních tlačítek je jednou z kategorií. Subjekt tak zařazuje promítaný stimul do jedné z předdefinovaných kategorií. Pokud subjekt správně zařadí

stimul, je mu umožněn přístup k potravě. V opačném případě následuje trest formou zhasnutí světel po určený interval či zaznění zvuku. Subjekt následně provádí opravu se stejným stimulem ("*correction trial*"). Presentování stimulů je i v této metodě odděleno statickým intervalem ("*inter trial interval*"). Tato metoda byla použita například při diskriminaci čtyř kategorií zároveň. (Lazareva *et al.*, 2004). Rozdíl mezi touto metodou a metodou „*simultaneous go/no-go*“ je pouze v místě odpovědi, kdy v této metodě subjekt klove do jednoho z odpověďových tlačítek, v případě „*simultaneous go/no-go*“ pak přímo do pozitivního stimulu.

Jako stimul pro většinu pokusů sloužily 2D fotografie, kreslené obrázky či jejich pozměněné varianty, použity však byly i 3D reálné stimuly, či hologramy (Dittrich *et al.*, 2010; Stephan *et al.*, 2014)

## **2.4 Shrnutí poznatků diskriminace u holuba (*Columba livia*)**

Diskriminační úlohy lze řešit čtyřmi typy diskriminace (viz kap 2.2), každý typ diskriminace je zkoumán jiným typem stimulů, mezi které řadíme řazení stimulů do kategorií dle znaků, dle celkového vnímání stimulu, dle předešlých zkušeností, dle chápání vztahů mezi kategoriemi (hierarchie kategorií), dle schopnosti vnímání abstraktních prvků (např. různé vzdálenosti objektů) či diskriminace zapamatovaných exemplářů. Po úspěšné diskriminaci počátečních stimulů byly subjektům často prezentovány nové stimuly, se kterými neměly předchozí zkušenosti. Hodnocen byl přenos dovednosti diskriminace na nové stimuly.

### **2.4.1 Vymezení kategorie dle klíčových znaků**

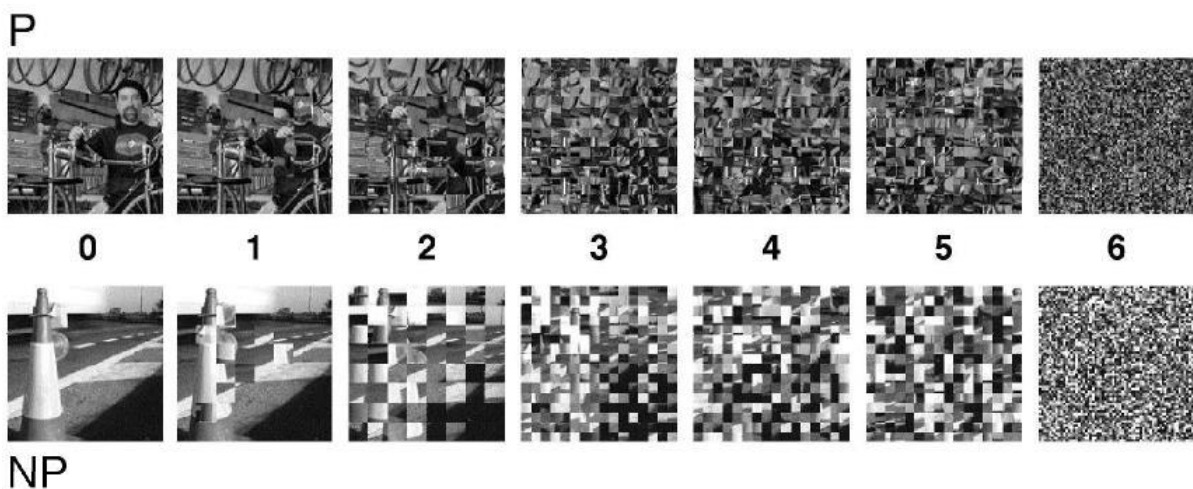
První diskriminační úloha provedená na holubech pochází z roku 1964. Jedinci měli rozlišovat mezi fotografiemi, na kterých se nacházel člověk a těmi, kde se nenacházel (Herrnstein & Loveland, 1964). Subjekty se naučily diskriminovat mezi kategoriemi u barevných i černobílých stimulů.

Na tuto prvotní práci o diskriminaci u holubů navazují později autoři Aust a Huber a pokusy dále rozšiřují. Ve svém prvním zkoumání (Aust & Huber, 2001) rozdělili experiment na tři části. V první fázi opakují experiment rozeznání člověka / ne-člověka, za použití fotografií,

který slouží jako potvrzení výsledků předchozí práce a jako pre-tréning pro následné části. V této úloze byli holubi na 90 % úspěšní.

Ve druhé fázi autoři použili fotografie z první fáze, nové fotografie, jejich kombinaci, změnu do černobílé a více úroňovou fragmentaci 1-6 (rozřezání fotografie na čím dál menší kusy dle úroňe a následné složení do náhodné mozaiky). Fragmentací bylo dosaženo vyloučení pozadí jako jednoho z parametrů, na jehož základě probíhala diskriminace a narušení celkového stimulu (obrázek 2). Ve skupině známých stimulů uspěly dva subjekty ze čtyř do 4. úroňe fragmentace, ve skupině kombinace známých a neznámých stimulů dosáhly dva subjekty úroňe 5 a dva do úroňe 6. U úplně nových stimulů uspěly tři subjekty pouze do úroňe 3. Ve skupině černobílých stimulů uspěl pouze jediný subjekt do úroňe 1. Autoři naznačují, že subjekty rozpoznávají člověka dle lokálních detailů.

Třetí fáze zkoumala vliv pozadí stimulu na diskriminaci. Subjekty byly rozděleny do pěti skupin a každé skupině byly prezentovány odlišné pozitivní stimuly (známé, pozměněné, černobílé, člověk, bez člověka). V porovnání úspěšnosti diskriminace všech skupin byla nejvíce úspěšná skupina, mající jako pozitivní stimul člověka, oproti skupině, která měla jako pozitivní stimul kategorii bez člověka. Jedinci dokázali zařadit stimul obsahující člověka do kategorie člověk i v případě, že pozadí na tomto stimulu znali z předchozích fází ze stimulu člověka neobsahujícího. Tento výsledek tak naznačuje, že holubi se neorientují dle pozadí, ale rozeznávají člověka dle vytvořené kategorie "člověk", což značí vytvoření konceptu.

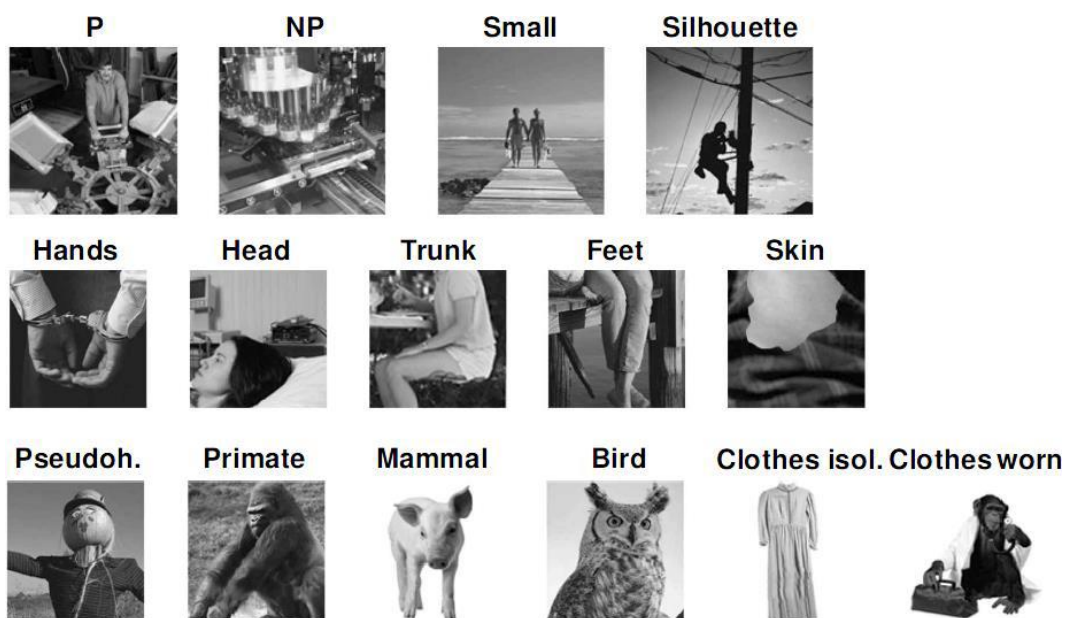


**Obrázek 2:** Ukázka stimulů, pomocí kterých se zjišťovala schopnost holubů rozpoznat člověka (P) od ne-člověka (NP) na různě fragmentovaných fotografiích. Úroveň 0 je původní fotografie, s rostoucím číslem roste míra fragmentace. (převzato z Aust & Huber, 2001)

V následném experimentu se Aust a Huber (2002) zabývají hranicemi, které určují koncept člověka. I v této práci rozdělují experiment na tři fáze (obrázek 3). V pre-tréninku byly subjekty rozděleny do dvou skupin, majících odlišnou pozitivní kategorii (člověk / ne-člověk).

V první fázi subjektům prezentovali stimuly, které vyobrazovaly buď lidské siluety, nebo člověka, který byl poměrově malý oproti zbytku fotografie. V druhé fázi byly subjektům předloženy stimuly obsahující pouze části lidského těla (ruce, nohy, ...) a v poslední třetí fázi stimuly, na kterých byli „pseudo-lidé“ (různé postavičky připomínající člověka, humanoidi, figuríny, ptáci oblečení jako člověk).

Z výsledků tohoto experimentu je patrné, že hlava, ruce a trup hrají roli při určování kategorie člověk. Naopak kůže a nohy byly zařazovány do kategorie „ne-člověk“, stejně jako lidské siluety a výrazně zmenšený člověk. V případě výsledků třetí fáze byl stimul ptáka s oblečením člověka často zařazován do kategorie člověk zároveň s figurínami. Savci a humanoidi byli naopak zařazováni spíše do kategorie ne-člověk. Zajímavým výsledkem v tomto experimentu je, že spojení oblečení a zvířete na jednom stimulu bylo řazeno do kategorie člověk i přes to, že samotné oblečení a samotná zvířata byla zařazována do kategorie ne-člověk. Zdá se, že oblečené zvíře obsahovalo dostatek klíčových znaků, dle kterých byla určena kategorie člověk.



Obrázek 3: Příklady stimulů z experimentu, který zkoumal, jaké je nutné minimum znaků k určení člověka. Použité stimuly: s člověkem (P), bez lidí (NP), malé postavy (small), siluety (silhouette), ruce (hands), hlava (head), trup (trunk), nohy (feet), kůže (skin), „pseudo-lidé“ (pseudoh.), primáti (primate), savci (mammal), ptáci (bird), samostatné oblečení (clothes isol.) a oblečená zvířata (clothes worn). (převzato z Aust & Huber, 2002)

Rozšíření předchozího experimentu proběhlo v roce 2010 (Aust & Huber, 2010). Autoři se zaměřili na diskriminaci stimulů s pozměněnou barvou, strukturou a tvarem. Po rozdělení subjektů do dvou skupin (první, jež byla trénována na stimuly samotných hlav a rukou lidí a druhá, která byla trénována na pozitivní kategorii lidských postav bez rukou a hlav) jim byly v první fázi prezentovány stimuly, kde měly kritické části člověka (ruce a hlava) změněnu barvu na odstíny černo-bílé.

Ve druhé fázi byly použity stimuly, na kterých došlo k rozrušení struktury a barvy kůže, aniž by došlo ke změně obrysu či tvaru. Poslední fáze zahrnovala stimuly s rozličnými tvary, mající strukturu a barvu lidské kůže. Změna barvy do černobílého spektra u klíčových částí člověka zde měla výrazně negativní vliv na schopnost správně diskriminovat. Změna barvy do černobílého spektra u celých stimulů tak výrazný propad v úspěšnosti diskriminace neznamenala. Zdá se, že i drobná změna pouze klíčových znaků ve stimulu může mít výrazný vliv na schopnost správně diskriminovat.

Obdobný experiment zabývající se klíčovými znaky v diskriminaci byl proveden Cookem, Drachmanem a Wrightem (2013). V něm holubi rozeznávali skupinu savců a ptáků. Jako stimuly byly použity chiméry složené z ptačích a savčích hlav kombinované se savčím či ptačím tělem. Chiméry složené z ptačí hlavy a savčího těla byly výrazně častěji zařazovány do kategorie savec. Chiméry se savčí hlavou a ptačím tělem byly naopak řazeny do kategorie pták. Ze způsobu diskriminace lze usuzovat, že se jedinci orientují spíše dle těla než hlavy. V další fázi tohoto experimentu byly jako stimuly prezentovány pootočené fotografie savců a ptáků. V této úloze nebyli holubi schopni diskriminace. Autoři uvádějí, že neschopnost diskriminace těchto stimulů může být způsobena nepřirozenou polohou, v přírodě se nevyskytující, ve které se zvířata vyobrazená na stimulech po otočení ocitla.

V úlohách, které byly vytvořeny Poolem a Landertem (1971), bylo úkolem diskriminovat nejen kategorie člověk/ bez člověka, ale i kategorie holub / ostatní ptačí druhy. Přestože ostatní ptáci jsou holubům poměrně podobní, skóre úspěšnosti v této úloze měli vyšší (0,70-0,88) než v případě rozlišování člověka (0,65). Zdá se tak, že holubi vnímají kategorii holub velice přesně a jsou schopni rozlišit holuba od jiných ptačích druhů lépe, než rozlišit člověka od neživých věcí, přestože v případě člověka/ne člověka jsou tyto rozdíly výraznější. Kategorie holub tak u nich zřejmě bude přesněji definována než kategorie člověk.

Dittrichův experiment provedený v roce 2010 zkoumal schopnost rozeznat konkrétní osoby ve 3D a následně stejné osoby na 2D fotografiích dle obličeje. Experiment byl rozdělen do dvou fází. V první části experimentu byli holubi krmeni každý den osobou, která nosila bílý plášť tak, aby zakrýval celé tělo krmiče kromě hlavy. Během této fáze byli holubi v menší frekvenci ve styku i s dalšími lidmi, majících stejný plášť jako krmič. Při testu holubi reagovali na živé lidi, nikoliv na fotografie, a dokázali velmi spolehlivě určit konkrétního krmiče. Ve druhé části byly holubům prezentovány fotografie známých krmičů a neznámých osob. V této úloze nedokázali spolehlivě určit svého krmiče. Z dvou krmičů a dvou cizích lidí zařadili jen dvě osoby do správné kategorie. Celkově je patrné, že holubi byli schopni identifikovat konkrétní osobu ve 3D, avšak v 2D prostředí již ne. Velmi pravděpodobně na základě specifických detailů, které již ve 2D nejsou schopni zaznamenat.

#### **2.4.2 Diskriminace na základě paměti**

V roce 1984 provedli Vaughan a Greene experiment, ve kterém prezentovali subjektům fotografie krajin, které byly rozřazené do dvou náhodně zvolených kategorií bez typických společných znaků. Tímto přístupem bylo zamezeno použití konceptu či diskriminace pomocí znaků. Subjekty v tomto experimentu si musely zapamatovat všechny exempláře patřící do dané kategorie. Prokázaly tím schopnost velmi dobré a dlouhodobé paměti, neboť si dokázaly podrobně zapamatovat téměř všechny stimuly, patřící do kategorií (320 ze 400 stimulů), po dobu několika měsíců.

#### **2.4.3 Přirozené kategorie**

Roku 1976 byl proveden experiment (Herrnstein *et al.*, 1976), který zkoumal přirozené kategorie u ptáků. Jako zástupce přirozených kategorií autor zvolil "strom" a "vodu". Do pozitivní kategorie "strom" zařadil barevné i černobílé fotografie různých druhů stromů či jejich částí. Kategorie negativní obsahovala fotografie objektů, které stromy připomínaly strukturou, barvou, či tvarem - květiny a malby. Pozitivní kategorie "voda" obsahovala fotografie různých vodních ploch od miniaturních (např. louže) po velké (moře a oceány). Subjekty si diskriminaci stimulů z obou pozitivních kategorií osvojily velmi rychle, což autory vedlo k domněnce, že se tyto přirozené kategorie nevytvářejí při testování, ale spíše aktivují ukázkou stimulu náležícího do této kategorie. K této domněnce přispívá i samotný výsledek pokusu s diskriminací stimulů

zobrazující vodu, neboť nebyl určen typický parametr definující tuto skupinu. I přes to byla kategorizace správná (79 %). V rámci výsledků celého experimentu autor uvedl, že holubi k pozitivní diskriminaci potřebují více než jeden typický parametr a zřejmě se orientují podle podobných znaků jako lidé. Stimuly, které se zdály problematicky zařaditelné lidem, činily potíže i holubům a naopak stimuly, které byly pro lidi jednoduše zařaditelné, byly úspěšně zařazeny i holuby. Například typický obrázek rybníka či tůně byl snadno zařazen do správné kategorie oproti zarostlé louži či kusu poničeného stromu.

#### **2.4.4 Vnímání abstrakce a vztahů mezi stimuly**

Později byl proveden experiment zabývající se vnímáním abstrakce u holubů (Watanabe *et al.*, 1995). Původně se schopnost vnímat abstraktní vztahy u ptáků nepředpokládala. Ve svém experimentu se autor zaměřil na dva konkrétní autory malířských děl - Moneta a Picassa. V pre-tréninku byli jedinci rozděleni do dvou skupin.

První skupina byla učena odpovídat na Monetovy obrazy a druhá skupina na Piccasovy obrazy (obrázek 4). Obrazy druhého autora byly vždy pro danou skupinu neodměňované. V první fázi byly prezentovány pozměněné stimuly, na které byly subjekty naučeny - změna do černobílého spektra či mírné rozostření. Subjekty svého autora rozeznaly s 90% úspěšností.

Ve druhé fázi byly opět prezentovány původní stimuly z pre-tréninkové fáze otočené o 180 stupňů. Otočení stimulu mělo zásadní dopad pro skupinu subjektů určující Moneta. Jejich úspěšnost klesla na polovinu oproti předchozí fázi. Skupina naučená na obrazy Picassa dosahovala obdobných výsledků jako v první fázi.

Ve třetí fázi byly subjekty testovány na schopnost diskriminace nových stimulů. V této fázi měli za úkol jedinci rozlišovat nové, pro ně neznámé obrazy od Moneta i Picassa, a obrazy ve stejném malířském stylu od jiných autorů. Subjekty prokázaly nejen schopnost diskriminovat nové obrazy Picassa a Moneta, ale také správně zařadily i jiné autory. Autor se domnívá, že pokles úspěšnosti v diskriminaci otočených obrazů pouze u jedné skupiny jedinců závisí pravděpodobně na detailech každého stylu. Důkladné vnímání detailů jednotlivých maleb mohlo být použito (a pravděpodobně bylo) pro diskriminaci nových stimulů v poslední fázi. Jedinci tak prokázali schopnost generalizace stimulů a přenesení naučených rozlišovacích pravidel na nové stimuly.



**Obrázek 4:** Nahoře stimuly použité v tréninku, dole příklady testových stimulů jiných malířů stejných uměleckých směrů. (převzato z Watanabe et al. 1995)

Schopnost zařazovat podobné stimuly do stejné kategorie prokázali ve svém experimentu Huber a Lenz (1996). Subjektům byl prezentován trojúhelník složený z bodů, se kterými bylo náhodně mírně pohybováno. Pohybem došlo k mírné změně stimulu, který byl subjekty stále vnímán jako původní trojúhelník, což lze pouze za předpokladu, že jedinci dokáží stimul zařadit k původnímu prototypu. Vzhledem k absenci systematické změny polohy bodů muselo dojít k vytvoření průměrného obrazce (prototypu), se kterým subjekty porovnávaly prezentovaný stimul.

Katz a Wright se ve své práci z roku 2006 věnují otázce, zda jsou holubi schopni rozlišovat skupiny stimulů, které mají společné či rozdílné vzájemné vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří barva, velikost nebo uspořádání. V testování byly stimuly v podobě jednoduchých geometrických tvarů prezentovány na dvou obrazovkách zároveň. Pozitivní kategorii tvořily ty situace, kdy oba dva stimuly byly stejného tvaru. Subjekty v této úloze dosahovaly vysoké úspěšnosti (přes 80 %), a to i po prezentaci nových stimulů. Autoři z výsledků usuzují, že holubi rozlišovali vztah mezi prezentovanými stimuly a byli schopni

vytvořit kategorii „stejně“ a „odlišné“ na základě vztahů mezi nimi, nikoliv na základě klíčových znaků prezentovaných stimulů.

#### 2.4.5 Kategorizace dle detailů

Byly také provedeny pokusy zaměřující se rozlišení lidských obličejů dle detailů (Gibson *et al.*, 2005), tato práce se zabývala schopností holubů rozlišovat jednotlivé emoce člověka a jeho pohlaví. Autoři pro tento experiment vymysleli tzv. metodu bublin, kterými část stimulu zakryli. Postupným zakrýváním se tak zjistilo, které části obličeje jsou pro holuby ke správné diskriminaci klíčové. Dva jedinci byli učeni na snímcích obličeje a až poté byli testováni na částečně zakryté stimuly. V pre-tréninku s nezměněnými fotografiemi lidských emocí byly subjekty velmi úspěšné (88 % a 78 %) a podobně úspěšné byly i v testu rozlišení pohlaví (70 % a 78 %). Následné zakrytí stimulu bublinami probíhalo v sedmi cyklech lišící se mírou zakrytí stimulu (20 až 50 bublin). V testu rozlišování emocí byly subjekty úspěšné v průměru 58 %, kdy nejvíce zakrytý stimul (50 bublin) rozpoznaly s úspěšností 65 % a nejméně zakrytý stimul (20 bublin) rozpoznaly s úspěšností 56 %. V rozlišování pohlaví bylo průměrné skóre 56 %, i zde má míra zakrytí vliv (51 % a 60 %). Z výsledků je patrné, že holubi dokáží rozlišovat emoce člověka stejně jako člověk sám (oba se zaměřují na tvar úst). V rozlišování pohlaví se holubi nejvíce zaměřují na okolí očí a brady, naopak člověk na oči a ústa. Z rozdílů v úspěšnosti se zdá, že je pro holuby jednodušší rozlišovat emoce. Tento výsledek může být zapříčiněn větší podobností stimulů v emočních kategoriích oproti stimulům v kategorii pohlaví. Důležitým závěrem této práce je potvrzení schopností holuba rozlišovat emoce a pohlaví člověka podle detailních znaků v obličeji.

Tvář člověka a jeho emoce byly tématem i dalších prací (Jitsumori & Yoshihara, 1997). I zde se zkoumal vliv klíčových znaků na diskriminaci emocí, v tomto případě štěstí a smutek. Pět subjektů bylo nejprve naučeno diskriminovat nezměněné snímky obličejů do kategorie štěstí a smutek. Subjekty dosáhly úspěšnosti 80 % v průměru po 80 sezeních, tuto dlouhou dobu autoři vysvětlují nutností naučit se vizuálně podobné tváře lišící se pouze detaily. Po naučení diskriminace nebyl pro stimuly problém diskriminovat i nové stimuly. V další fázi pak byly stimuly upravovány (úplné odstranění či otočení kritických částí lidského obličeje). Cílem bylo zjistit, které části obličeje jsou pro úspěšnou diskriminaci klíčové. Každý subjekt se ale zaměřil na jinou část obličeje. Jeden se zaměřil na horní polovinu tváře, jak je tomu i u primátů a

člověka. Tři subjekty se zaměřovaly především na spodní polovinu tváře. Poslední subjekt nebyl částečně zakryté stimuly schopen diskriminovat.

V druhé fázi tohoto experimentu byly subjektům prezentovány stimuly, na kterých byly převrácené kritické části - oči, obočí a ústa. Při prezentaci pozměněných stimulů rozlišovaly všechny subjekty spodní polovinu tváře a tři ze čtyř použitých subjektů diskriminovaly se stejnou úspěšností jako v pre-tréninku. I tento výzkum pak potvrdil schopnost holubů rozlišovat emoce dle jemných detailů.

Diskriminací lidských obličejů se zabýval i další autor (Troje *et al.*, 1999). Jeho práce zkoumala vliv textury a tvaru obličeje na úspěšnou diskriminaci pohlaví. Celkem bylo testováno 24 jedinců, kteří byli rozděleni do tří skupin. První skupina byla testována na fotografie ženských a mužských obličejů. Druhá skupina byla testována na fotografie s pozměněnou texturou obličejů a třetí skupina pak byla testována na fotografie s upraveným tvarem všech obličejů do stejného oválu. Pre-trénink na tyto stimuly činil problém pouze skupině, která byla učena na stimuly s pozměněnou strukturou. Diskriminace nových stimulů dopadla opět nejhůře pro skupinu s texturně pozměněnými stimuly. Z tohoto výsledku je patrné, že textura obličeje je velmi důležitý klíčový znak, který holubi pro diskriminaci používají nejvíce. Skupiny jedinců, které byly naučeny na stimuly s nezměněnou texturou, rozlišovaly stimuly dle intenzity barvy textury (světlejší ženy, tmavší muži). Skupina, která byla naučena na snímky s pozměněnou texturou a mohla tak diskriminovat pouze na základě tvaru, rozlišovala snímky podle velikosti obličejů.

Nejdůležitějším poznatkem tohoto experimentu je potvrzení schopnosti diskriminovat ženské a mužské tváře dle textury, částečně pak i dle tvaru.

## **2.5 Další kognitivní úlohy**

### **2.5.1 „Object permanence“**

„Object permanence“ je kognitivní schopnost umožňující vnímat, že daný předmět nepřestává existovat v případě, že ho daný jedinec nevidí (Piaget, 1954, 1976).

Holub (*Columba livia*) byl na tuto úlohu také testován (Krachun & Plowright, 2007). V tomto pokusu měli holubi přijít k potravě, na kterou během celé cesty viděli. Cesta k potravě však vedla skrz bludiště s průzory. Postupně byla část průzorů odebírána a holubi tak potravu

viděli jen část cesty. Pokud jedinec neztratil vizuální kontakt s potravou, dokázal najít nejkratší cestu bludištěm. Při delší ztrátě vizuálního kontaktu s potravou nedokázali holubi bludištěm projít stejně efektivně jako v případě výhledu na potravu.

Na základě tohoto pokusu můžeme říci, že schopnost chápat existenci objektů i mimo zorné pole je u holubů značně omezena.

Podobných výsledků dosahuje také hrdlička chechtavá (*Streptopelia risoria*) ze stejné čeledi měkkozobých (Dumas & Wilkie, 1995), naopak výrazně lepších výsledků dosahují papoušci (Pepperberg *et al.*, 1997).

### 2.5.2 „Amodal completion“

„Amodal completion“ je schopnost vnímat objekty jako celek i v případě jejich částečného zakrytí. Jedním z experimentů, který se zabíral touto schopností, provedli autoři Nagasaka, Lazareva a Wasserman (Nagasaka *et al.*, 2007). V rámci úlohy prezentovali holubům tři druhy stimulů: celý holub, holub částečně zakryt bílým sloupcem a holub zakrytý sloupcem připomínající část "kmene" stromu. Subjekty během úlohy řadily stimuly holubů zakrytých kmenem stromu spíše do kategorie "*completed*", tedy k běžným stimulům celých holubů. Přiřazení těchto stimulů k celým holubům ukazuje schopnost vnímat holuby za přirozenou překážkou jako neporušené, celistvé, což značí uplatnění schopnosti „*amodal completion*“. Stimuly zobrazující holuby zakryté bílým pruhem byly subjekty řazeny do skupiny "*incompleted*", tedy neúplných. Holubi se také dokázali naučit doplňovat tvar do částečně rozrušeného stimulu, aby tvořil celek (Nagasaka & Wasserman, 2008). Tato schopnost byla pozorována nejen v laboratorních podmínkách u holubů, ale i sýkor (*Paridae*). Divocí jedinci se v přírodě vyhýbali pouze kompletním stimulům dravců (Tvardíková & Fuchs, 2010). Přestože existují i další práce potvrzující schopnost „*amodal completion*“ (Forkman & Vallortigara, 1999; Forkman, 1998; Lea, Slater, & Ryan, 1996;), zároveň existují i práce, které tuto schopnost nepotvrdily (Fujita, 2001; Sekuler, Lee, & Shettleworth, 1996; Ushitani & Fujita, 2005).

### 2.5.3 Orientace v prostoru

K orientaci v rozsáhlém prostoru se holubi mohou řídit podle vrozeného magnetického kompasu (Wiltschko & Wiltschko, 2005), naučeného slunečního kompasu (Wiltschko & Wiltschko, 2003) či olfaktorickou navigací (Mehlhorn & Rahnkämper, 2009). Kognitivní složka se v navigaci projevuje spíše při lokální orientaci v blízkém okolí domácího místa (Lipp et al. 2004). Tento způsob navigace je založen na poznání lokálních bodů a zapamatování si vztahů mezi nimi (Vyssotski *et al.*, 2009). U holubů byla pozorována orientace podle silnic, podél nichž letí nejkratší cestou domů. Zdá se, že orientaci podle bodů v krajině využívají spíše samotně letící jedinci. Hejno jako celek je rychlejší a přesnější, a body se neřídí tak důsledně jako jednotlivci (Dell'Araccia *et al.*, 2008). Navigace v hejnu je tak zavislá zřejmě i na dalších parametrech. Holub se před odletem z domovského místa s krajinou seznamuje, tato znalost blízkého okolí domova mu pak napomáhá v přesnějším návratu (Biro *et al.*, 2002). Také studie Gagliardo *et al.* (2007) potvrdila, že znalost orientačních bodů v okolí domova je důležitá. Ptáci s možností průzkumu okolí domova se vraceli snadněji než ptáci bez této možnosti.

Tabulka 1: Shrnující tabulka všech zmíněných experimentů a zhodnocení míry zvládnutí holuby.

Práce	Typ úlohy	Míra zvládnutí
Aust a Huber, 2001	Rozlišení dvou naučených kategorií od sebe	Ano
Lazareva, 2007	Rozlišení čtyř naučených kategorií od sebe	Ano
Loveland 1964	Celé černobílé stimuly	Ano
Aust & Huber, 2010	Černobílé pouze kritické části stimulu	Ne
Troje et al., 1999	Změna tvaru	Ano
Troje et al., 1999	Změna textury	Ne
Aust a Huber, 2001	Rozdrobení obrazu	Částečně
Aust & Huber, 2002	Zobrazení pouze části klíčových znaků	Částečně
Hernstein 1974	Rozlišování přirozených kategorií	Ano

Práce	Typ úlohy	Míra zvládnutí
Huber & Lenz, 1996	Mírná změna vzdálenosti (podobnost)	Ano
Aust & Huber, 2002	Výrazně zmenšený klíčový znak ve stimulu	Ne
Katz, 2006	Dva stejné obrazce vs dva různé	Ano
Jistsumori & Yoshihara, 1997	Otočení klíčových znaků	Ano
Cook, Wright, & Drachman, 2013	Otočení celkového stimulu	Ne
Vaughan, 1984	Rozlišení naučených kategorií nesdílející společné znaky (paměť)	Ano
Jistsumori & Yoshihara, 1997	Rozlišení drobných rozdílů (emoce v obličejí)	Ano
Dittrich, 2010	Rozlišení konkrétní osoby ve 3D	Ano
Ditrich, 2010	Rozlišení konkrétní osoby ve 2D	Ne
Watanabe et al., 1995	Rozlišení stimulů podle "celkové dojmu"	Ano
Nagasaka et al., 2007	„ <i>Amodal competition</i> “	Ano
C. Krachun, 2007	„ <i>Object permanence</i> “	Spíše ne

Holubi jsou ve většině diskriminačních úloh úspěšní, většinou se však pracuje s malým počtem jedinců, konkrétně bylo v experimentech testováno například 5 jedinců (Jistsumori & Yoshihara, 1997), 2 jedinci (Gibson *et al.*, 200), 7 jedinců (Troje *et al.*, 1999) a 6 jedinců (Aust & Huber, 2002). Je možné, že tito úspěšní jedinci již byli vyselektováni z větší skupiny.

Ve většině prací se ostatně píše, že někteří jedinci byli z pokusu vyřazeni kvůli malé úspěšnosti. Holubi tak mají velice dobré diskriminační schopnosti v rámci několika výjimečných jedinců, ovšem na základě těchto prací nemůžeme dané úlohy vztáhnout na celou průměrnou holubí populaci.

## 2.6 Hierarchie

Postavení jedince ve skupině je důležitou součástí v životě ptáků, neboť určuje jeho schopnost udržet své teritorium či zvýšit čas, který může věnovat krmení.

Existence hierarchie byla poprvé popsána v roce 1935 (Noble, 1939) u kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*). U holubů se předpokládá lineární hierarchie, což potvrzuje ve svém experimentu Robichaud (Robichaud *et al.*, 1996). Autor použil 20 samců, kteří spolu ve dvojicích interagovali. Z behaviorálních projevů - vyšší ukázka dominance vůči druhému jedinci - byl určen dominantnější jedinec. Všech 20 jedinců interagovalo se všemi. Postavení ve skupině bylo určeno dle celkového počtu vítězství. Rozložení dominantních indexů jedinců bylo lineární. Autor také uvedl, že postavení partnerského páru má velký vliv na celou řadu činností, především udržení teritoria a výši času, po kterou se pár může krmit. Jedinci v páru vůči sobě nejsou agresivní a navzájem si nebrání v krmení. V případě krmení vždy jeden z partnerů hlídá okolí a nepustí ke krmítku další jedince.

Robichaud v uvedené práci zkoumal, zda má postavení v hierarchii vliv na čas a preferenci krmiva. Zároveň vyslovil domněnku o možném vlivu postavení partnerů na tyto parametry. Svě testování rozdělil do dvou fází.

V první fázi byli jedinci holuba domácího (*Columba livia*) naučeni na preferenci jednoho ze dvou druhů krmiva (hrášek a kukuřice). Následně při společném krmení partnerů nebyla pozorována změna v preferenci ani v čase během kterého se krmili.

Ve druhém experimentu byli ke krmítku připuštěni dva jedinci, dominantnější a méně dominantní. Jedinci byli voleni tak, aby preferovali stejný typ potravy.

Z výsledku vyplývá, že méně dominantní jedinci se krmili méně a jejich preference krmiva se krátkodobě i dlouhodobě měnila na opačnou od té, která byla preferována dominantnějším jedincem.

V roce 2011 bylo provedeno pozorování (Chao-Chieh Chen *et al.*, 2011) dominantního chování mezi jedinci různých ptačích druhů včetně holubů.

Důležitým výsledkem této práce je nepotvrzení korelace mezi postavením ve skupině a fyzickou podobou jedince (velikost a hmotnost). U teritoriálních ptačích druhů, například sýkory koňadry (*Parus major*), byl pozorován vliv postavení ve skupině na míru explorační, kdy dominantnější jedinci rychleji prozkoumávali okolí. (Dingemanse & Goede, 2004). U neteritoriálních druhů sýkor se pak lišila míra explorační a postavení ve skupině vzhledem

k věku. Mladší dominantnější jedinci explorovali pomaleji než ti níže postavení. U dospělých jedinců explorovali rychleji naopak ti dominantnější. Korelace míry explorační a postavení ve skupině se zkoumala i u zebřičky pestré (*Taeniopygia guttata*), kde proaktivní jedinci byli též dominantnější. Kognitivní schopnosti, konkrétně diskriminační učení, bylo korelováno s postavením ve skupině u kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*) (Croney *et al.*, 2007), u něhož se vliv postavení ve skupině na úspěšnost v diskriminačních testech nepotvrdil.

### 3 Cíle práce

- I. Prvním cílem mé práce je zjistit výkon v jednodušších diskriminačních úlohách (rozlišování černého a bílého stimulu) v celé chovné skupině holubů a selektovat nejúspěšnější jedince, kteří budou zařazeni do náročnějších kognitivních testů.
  
- II. Druhým cílem mé práce je zjistit rozdíly v úspěšnosti mezi jednotlivými diskriminačními úlohami, kde musí jedinci generalizovat naučenou znalost mezi různě podobnými typy stimulů, nebo jsou testováni v různých prostředích. V těchto diskriminačních úlohách tedy dochází ke změnám, které mohou být pro různé jedince různě obtížné. Změny jsou rozděleny do dvou částí:
  - a) Zjistit rozdíl v úspěšnosti operantního tréninku v principiálně stejné diskriminační úloze testované v různých prostředích (dotykový monitor ve Skinnerově boxu a odkrývání víček v kleci). Naší hypotézou je, že úlohy v prostředí v kleci (odkrývání víček) budou mít celkově vyšší úspěšnost než úlohy testované ve Skinnerově boxu. Nutnost odkrytí překážky pro získání potravy se nám zdá jednodušší a častější, než operantní podmiňování ve Skinnerově boxu.
  - b) Zjistit rozdíly mezi úspěšností při změně velikosti stimulů v principiálně stejné úloze ve stejném prostředí. Naší hypotézou je, že úspěšní jedinci v první úloze budou stejně úspěšní i ve druhé úloze se zmenšenými stimuly, protože holubi mají schopnost aplikovat stejná pravidla diskriminace na nové stimuly.
  
- III. Třetím cílem mé práce je zjistit rozdíly v úspěšnosti v jednotlivých variantách základní diskriminační úlohy (viz bod II) a analyzovat všechny faktory, které by mohly kognitivní úspěšnost ovlivňovat. Jde o faktory dané individualitou jedince

(např. váha, věk pohlaví) a také o faktory sociální (souvislost s celkovou hierarchickou organizací skupiny). Analýza faktorů je rozdělena následovně do tří částí:

- a) Zjistit vliv proximálních faktorů (pohlaví, věku, váhy, předchozí zkušenosti) na kognitivní úspěšnost. Naší hypotézou je výrazný vliv předchozích zkušeností na úspěšnost v nových úlohách a zároveň vyšší úspěšnost u mladších jedinců, díky lepší schopnosti učení a snadnějšímu zvykání si v mladším věku na průběh experimentů.
- b) Zjistit na čem závisí postavení jedince ve skupině. Jedná se o věk, váhu a postavení hnízdního partnera testovaného jedince.
- c) Zjistit souvislost mezi dominantním postavením ve skupině a úspěšností v diskriminační úloze. Testovány byly dvě alternativní hypotézy. První hypotéza říká, že dominantnější jedinci budou v diskriminačních testech nejúspěšnější, protože jim jejich postavení ve skupině umožňuje nejčastější přístup k novým stimulům. Takové chování předpokládá i více příležitostí k učení v různých kontextech, což by mohlo pozitivně korelovat s úspěšností v diskriminačních testech. Druhá hypotéza říká, že nejdominantnější jedinci nebudou zároveň nejúspěšnější v kognitivních testech, protože jim k udržení nejdominantnější pozice stačí agresivita. U několika druhů ptáků bylo prokázáno (Guillette *et al.*, 2010), že pomalejší jedinci jsou v řadě testů učení a paměti přesnější, pokud nepůsobí neofobie a úloha není závislá na reakční rychlosti. Vzájemná souvislost ani polarita mezi kognitivními schopnostmi a dominantním postavením tedy není jasná a bude hlavním předmětem této práce.

## 4 Metodika

### 4.1 Subjekty

V těchto pokusech byl trénovaným druhem holub domácí (*Columba livia f. domestica*) plemeno King. Průběžně bylo testováno 72 jedinců (35 samců a 37 samic). Byla testována celá výzkumná skupina obsahující mladé několikaměsíční jedince, kteří nebyli nikdy testováni na žádnou úlohu, tak i mnohaleté (až 9leté) jedince, mající za sebou předchozí zkušenosti s testováním jiných kognitivních úloh. Všichni mladší jedinci byli potomci těch starších – celá chovná skupina pochází z 30 prvních pořízených jedinců. Váha jedinců ve skupině se pohybovala od 500 do 1000 gramů. Průměrná váha testovaných jedinců byla 793g. Holubi byli chováni společně ve venkovní voliére, takže měli volný přístup k hnízdicím místům a zcela přirozeně zde tak vytvářeli hnízdní páry, včetně přirozené reprodukce potomků. Vytváření hnízdních párů a utváření celkové hierarchie ve skupině tak bylo zcela přirozené. Holubi měli celý den přístup k pitné vodě a gritu. Každý den byli jednou denně krmeni směsí pšenice, hrachu, kukuřice, slunečnice a vitamínů. Den před testováním byli vždy ponecháni bez potravy, aby se zvýšila jejich ochota spolupracovat.

### 4.2 Testovací aparatury

Jedinci byli testováni v dvou různých aparaturách, představujících různý typ prostředí a řešení úlohy.

První testované prostředí byl Skinnerův box o rozměrech 37x57x41cm. Tento box tvořily čtyři stěny, na jejichž bočních stěnách byly umístěny krmné otvory. Z přední strany byl umístěn dotykový monitor, na němž se promítaly stimuly. Jedinec byl v boxu uzavřen poloprůhledným zrcadlem a nebyl tak rušen okolím a experimentátor mohl zároveň vidět celý prostor boxu. Nad boxem byl umístěn automatický dávkovač krmiva, při nejasné odpovědi však musel být jedinec odměněn ručně. Stimuly na monitor byly vytvořeny v programu Eclipse popř. Power pointu. Princip pokusů v tomto prostředí fungoval tak, že při klovnutí na monitor na pozitivní stimul byl jedinec automaticky odměněn do jednoho z krmných otvorů. Pokusy byly snímány kamerou umístěnou před poloprůhledným zrcadlem.

Druhé prostředí bylo vytvořeno v testovací kleci o rozměrech 87x61x130 cm. Klec měla

plné dno pokryté pilinami a dvě celodřevěné stěny, další dvě stěny pak tvořilo pletivo. Jedna stěna byla opatřena dvířky, kterými se jedinec vkládal dovnitř. Při testování byly dvě průhledné stěny zakryty bílou látkou, aby jedinec nebyl rušen okolím. Celý pokus byl snímán shora kamerou. Před jedince se umístily keramické bílé misky (mohou být zakryté víčkem) a úkolem subjektu bylo k miskám dojít (a popřípadě je odkrýt) a dostat se k potravě uvnitř misek. Při každé změně testovacích misek byl jedinec oddělen kartonovou zástěnou, aby neviděl experimentátora a změnu polohy odměny.

Obě aparatury byly osvětleny zářivkami imitující denní světlo, včetně UV složky, a zbytek místnosti byl při probíhajícím pokusu zatemněn.

### **4.3 Princip pokusu**

Jedinci byli testováni ve čtyřech na sebe navazujících diskriminačních úlohách. Rozdílnost úloh spočívala ve změně testovacího prostředí a ve změně velikosti stimulů v rámci stejného prostředí. Nejprve byli všichni jedinci testováni ve Skinnerově boxu a poté v kleci. V rámci stejného prostředí byl stimul postupně zmenšován.

### **4.4 Skinnerův box**

#### **4.4.1 Novel environment test**

Všichni jedinci byli nejprve seznámeni s testovací aparaturou. Nejprve byl jedinec vložen do Skinnerova boxu v situaci, kdy byl dotykový monitor vypnutý (obrázek 5). Do obou krmných otvorů byla umístěna potrava. Principem tohoto úvodního testu bylo, aby se jedinec seznámil s testovací aparaturou a objevil odměňovací místa, kde může získat potravu. Byl měřen čas, během kterého jedinec objevil potravu v obou odměňovacích místech. Maximální doba pokusu byla 30 minut. Pokud jedinec do této doby obě krmná místa neobjevil, byl pokus ukončen a jedinec byl znovu testován později. Všichni jedinci byli testováni, dokud neobjevili potravu v obou krmných otvorech. Bylo pořizováno video (pro budoucí analýzu personálních znaků). Tímto testem prošli úspěšně všichni jedinci, ale doba objevení krmných míst se pohybovala od několika sekund do desítek minut. Část jedinců musela být testována opakovaně. To může značit vysokou míru neofobie.



**Obrázek 5:** Testování subjektu v „novel environment“ testu ve Skinnerově boxu. Cílem jedince je objevit potravu v krmítkách po stranách boxu.

#### **4.4.2 Pre-trénink - Shaping**

Shaping – odměňování za přiblížení se k dotykovému monitoru a následné klovnutí do libovolného místa na obrazovce (tj. odměňování za dílčí kroky) byl prováděn během testování první diskriminační úlohy (rozlišení černé a bílé obrazovky) u všech jedinců bez předchozích zkušeností s testováním v tomto prostředí.

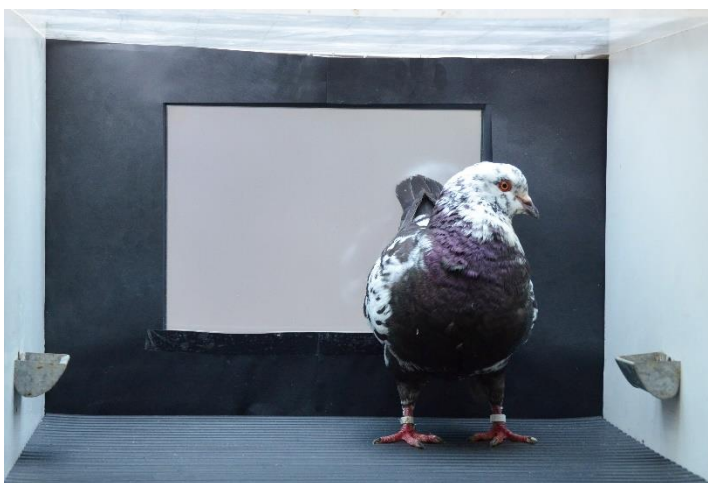
#### 4.4.3 Diskriminace černé a bílé obrazovky (1. úloha)

V experimentech je jedinec nejprve testován v pre-tréninku na jednoduchou úlohu, která má za cíl pochopení principu odměn a způsobu správných odpovědí. Většinou jsou prezentovány stimuly, jejichž rozlišení se považuje za nejjednodušší. V případě diskriminace ve Skinnerově boxu bylo v několika pracích použito nejprve rozlišení černé/bílé obrazovky, kterou prošli všichni jedinci, následně pak byli testováni na složitější diskriminační úlohy. Rozlišování černých a bílých stimulů jako pre-trénink byl použit u holubů (Štorchová, 2010), papoušků šedých (*Psittacus erithacus*) (Suková *et al.*, 2013), čeledi *Corvidae* (Smirnova *et al.*, 2000), ale třeba i primátů (Schrier *et al.*, 1963). Z důvodu častého používání této úlohy jako pre-tréninku jsme se i my rozhodli touto úlohou začít.

Všichni jedinci byli nejprve testováni v této jednoduché diskriminační úloze (obrázek 6) rozlišení černé a bílé obrazovky. Stejnou úlohu testovala již dříve Zuzana Štorchová (Štorchová, 2010), která použila maximálně 100 bílých a 100 černých stimulů v rámci jednoho sezení. Postupem času se však osvědčilo testovat spíše častěji ale při kratší délce jednoho sezení. Proto bylo jedno sezení zkráceno na 60 bílých a 60 černých stimulů, později pak bylo zkráceno ještě víc na 30 bílých a 30 černých stimulů za jedno sezení.

Na dotykovém monitoru se pravidelně střídaly dva stimuly – celé bílá obrazovka a celá černá obrazovka. Bílá obrazovka byla pozitivní odměňovaný stimul (S+), při klovnutí kamkoliv na ni byl jedinec odměněn náhodně do jednoho ze dvou krmítek. Černá obrazovka (S-) byla negativní neodměňovaný stimul a jedinec nebyl při klovnutí odměněn. Oba stimuly se pravidelně střídaly S+ trval 10 sekund, S- pak 5 sekund. V případě správné odpovědi (klovnutí na S+) byl jedinec odměněn a byl mu ihned promítnut S- stimul, čímž se délka S+ stimulu z běžně zobrazených 10 sekund mohla zkrátit. Při klovnutí na S- byl stimul ponechán vždy celých 5 sekund. Každý ze stimulů se během celého jednoho sezení objevil nejprve 60x později pak 30x ( $60 \cdot 5s + 60 \cdot 10s = 900s = 15\text{minut}$ ,  $30 \cdot 5s + 30 \cdot 10s = 450s = 7,5\text{min}$ ). Počet správných odpovědí byl pak přepočítán na stejný počet zobrazených stimulů u všech jedinců. Každý jedinec absolvoval minimálně 12 sezení. Kritéria pro úspěšné dokončení úlohy byla stanovena 80% úspěšností v osmi po sobě jdoucích aktivních sezeních. Hranice aktivity byla stanovena na minimálně 7 odpovědí (aktivní reakce na 7 stimulů) za jedno sezení. Aktivní jedinci s nízkou úspěšností byli testováni déle. Z každého sezení byl pořízen kontrolní videozáznam a zároveň

byla prezentace navržena tak, aby zaznamenávala jednotlivé odpovědi na stimuly, dle kterých byl pak pokus vyhodnocován.

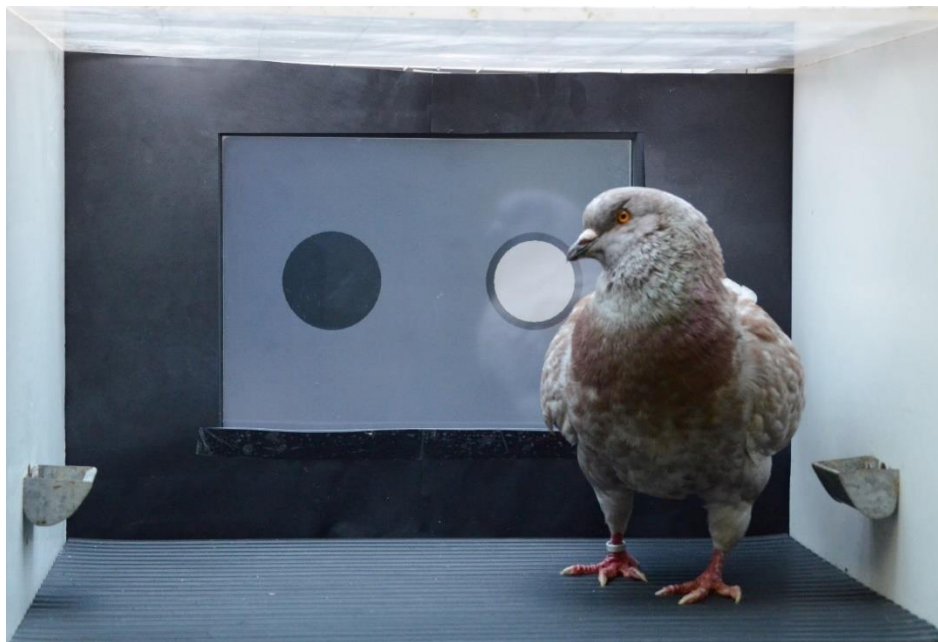


Obrázek 6: Testování subjektu v úloze diskriminace černé a bílé obrazovky. Na snímku je právě zobrazen S+ stimul.

#### 4.4.4 Diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu (2. úloha)

V této úloze byli testováni pouze jedinci, kteří prošli úspěšně diskriminací černé a bílé obrazovky nebo diskriminací černého a bílého víčka v kleci. Princip pokusu byl částečně převzat z předchozí úlohy. Jednalo se též o maximálně 7,5 minuty dlouhé sezení. Na dotykovém monitoru se náhodně střídaly dva snímky. Mezi dvěma odpověďovými snímky pak byla vždy 5 sekund trvající mezera, kterou tvořil celočerný snímek bez správné odpovědi. Odpověďový snímek obsahoval šedé pozadí a dva stejně velké kruhy umístěné vedle sebe (obrázek 7). Jeden kruh byl celý černý (S-), druhý pak bílý s černým okrajem (S+). Za správnou odpověď bylo považováno klovnutí do bílého kruhu. Pozice kruhů se mezi sebou náhodně střídaly, bílý kruh tak mohl být vpravo či vlevo od černého kruhu. Stimul s kruhy trval maximálně 10 sekund (při odpovědi byl ukončen), černý snímek trval vždy 5 sekund bez ohledu na odpověď. V případě libovolné odpovědi na odpověďový stimul s kruhy byl ihned zobrazen černý snímek, různá míra odpovědi jedince tak způsobila rozdílnou délku jednoho sezení. V této úloze prošel každý jedinec 12 sezeními. Kritérium úspěšnosti bylo stanoveno stejně jako v předchozí úloze dosažením 80% úspěšnosti v osmi po sobě následujících aktivních sezeních. Hranice aktivity byla stanovena opět na 7 odpovědí (aktivní reakce na 7 stimulů) za jedno sezení. I zde by byli

jedinci s malou úspěšností testování déle. Všichni aktivní jedinci však dosáhli úspěšnosti do 12ti sezení. Z každého sezení byl pořízen kontrolní videozáznam a zároveň byla prezentace navržena tak, aby zaznamenávala jednotlivá klovnutí, dle kterých byl pak pokus vyhodnocován.



**Obrázek 7: Testování subjektu v úloze diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu.**

## 4.5 Experimentální klec

### 4.5.1 Novel environment test

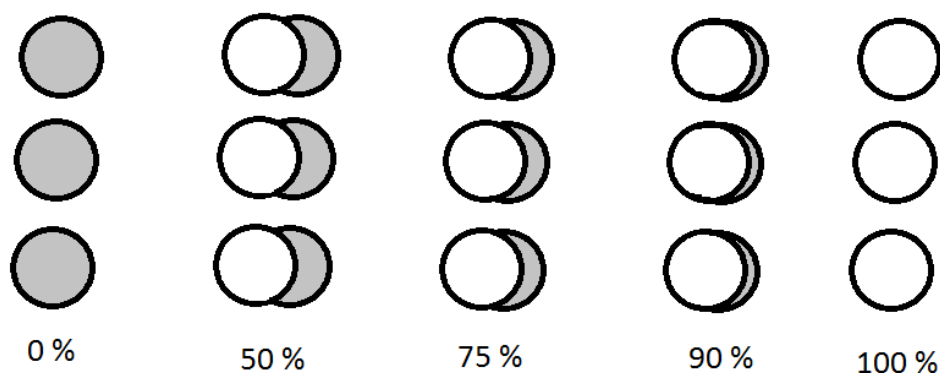
Všichni jedinci byli nejprve seznámeni s testovacím prostředím. Jedinec byl nejprve vložen do klece, kde byly v prostoru umístěny 3 plně odkryté keramické misky s potravou (obrázek 8). Misky byly umístěny tak, aby tvořily v prostoru rovnoramenný trojúhelník. Cílem tohoto testu bylo seznámení s prostředím a objevení potravy v miskách. Úkolem jedince bylo přestat se těchto nových objektů (misek) bát a pochopit, že se v nich vyskytuje potrava. Byl měřen čas, během kterého jedinec úkol splní. Maximální doba pokusu byla 30 minut. Pokud jedinec do této doby všechny misky neobjevil, byl pokus ukončen a jedinec byl znovu testován později, dokud neobjevil potravu ve všech miskách. Bylo pořizováno video (pro pozdější analýzu personálních znaků).



Obrázek 8: Testování subjektu v „novel environment“ testu v kleci. Cílem testu je objevení potravy ve všech třech miskách.

#### 4.5.2 Pre-trénink odkrývání víček

Trénování v této úloze byli všichni jedinci, kteří byli dále testováni v kleci. Celý pre-trénink se skládal z 5 sezení (každé v jiný den) (obrázek 9). Každé sezení se skládalo z 6 po sobě následujících pokusů. V jednom pokusu byly před subjekt v kleci umístěny 3 bílé keramické misky vedle sebe u kratší stěny (obrázek 10). V rámci jednoho sezení trval první pokus maximálně 10 minut, následujících 5 pokusů pak trvalo každý maximálně 5 minut. Celé jedno sezení tak trvalo maximálně 35 minut. V případě objevení potravy ve všech třech miskách byl pokus předčasně ukončen a jedinci byl předložen další následující pokus sestávající se ze stejné sady tří misek. Během manipulace se stimuly byl jedinec oddělen od misek kartonovou zástěnou. V rámci jednoho sezení byly všechny pokusy stejné. Úkolem jedince bylo dostat se k potravě v misce. Jako odměna bylo použito jedno zrnko hrachu do každé ze tří misek. Každé sezení se lišilo specifickou mírou zakrytí misky. V prvním sezení byly misky plně otevřené a úkol subjektu byl pouze k nim dojít a objevit potravu. Ve druhém sezení bylo na misky umístěno bílé víčko tak, aby byla miska napůl zakrytá a napůl otevřená. Úkolem subjektu bylo víčko odsunout a dostat se tak k odměně. Ve třetím sezení byla miska zakryta ze 75 % víčkem. Ve čtvrtém sezení byla miska zakryta již z 90 % víčkem a v posledním konečném sezení byla miska víčkem plně zakryta. Každé sezení se považovalo za úspěšně splněné v případě, že subjekt objevil potravu v minimálně polovině všech misek v daném sezení, tj. 9 objevených misek z 18 možných. Kritériem pro postup do další tréninkové úlohy bylo, aby jedinec úspěšně splnil třetí, čtvrté nebo páté sezení – tj. dokázal odkrýt misku zakrytou minimálně ze 75 % víčkem.



Obrázek 9: Schéma postupného zakrývání misky. Pre-trénink se skládal z 5 sezení. V každém sezení je miska postupně více zakrývána.



Obrázek 10: Testování subjektu v pre-tréninku odkrývání víček. Na snímku je zobrazeno druhé sezení, kdy jsou misky zakryty víčkem z 50%. Cílem je dostat se k potravě pod víčky.

#### 4.5.3 Diskriminace černého a bílého víčka (3. úloha)

V této úloze byli testováni pouze jedinci, kteří úspěšně dokončili pre-trénink v odkrývání víček. Před jedince v kleci byly umístěny vedle sebe dvě keramické misky u kratší strany klece (obrázek 11), které byly zakryty víčky (procentuální zakrytí misky víčkem odpovídalo poslednímu splněnému sezení v pre-tréninku, tj. mohli se testovat jedinci s 75%, 90% či 100% zakrytou miskou). Jedno víčko bylo černé a druhé bílé, jejich pozice byly střídány dle stanoveného schématu (příloha 1), který byl pro všechny jedince stejný. Pod bílým víčkem byla odměna (S+), pod černým víčkem (S-) odměna nebyla. Každý jedinec prošel minimálně 12 sezeními, každé sezení obsahovalo 10 pokusů. Hranice aktivity byla stanovena na 6 provedených voleb (odkrytí misky) z 10 možných. Každý pokus trval maximálně 2 minuty, celé sezení tak mohlo trvat maximálně 20 minut. Při pasivitě jedince byla víčka po uplynutí 2 minut vyměněna dle schématu. V případě odkrytí libovolného víčka byl jedinci ihned předložen další pokus (v případě aktivity jedince se tak celé sezení mohlo výrazně zkrátit). Během manipulace s víčky byl jedinec oddělen od misek kartonovou zástěnou. Každé sezení bylo

natočeno na video, aktivita a odpovědi jedinců byly během pokusu zaznamenávány do sešitu a následně vyhodnoceny. Hranice požadované úspěšnosti byla stanovena na 80 % v 8 po sobě následujících aktivních sezeních.

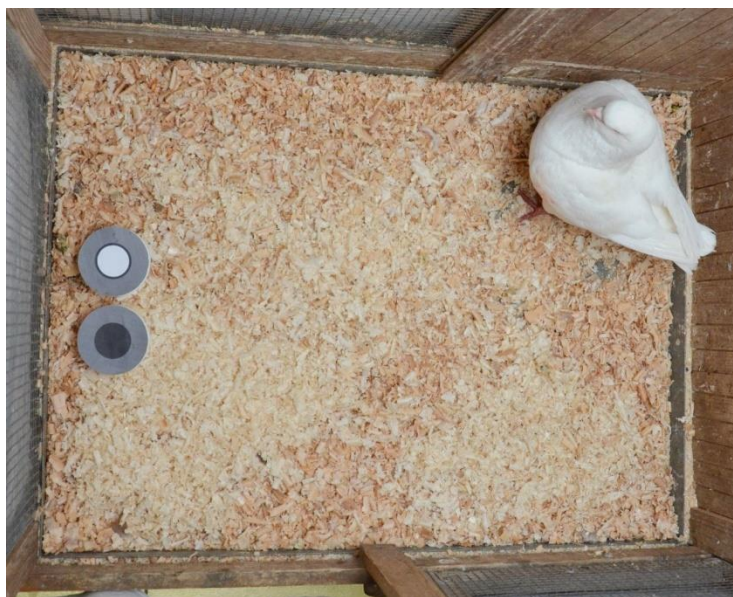


**Obrázek 11: Testování subjektu v úloze diskriminace černého a bílého víčka.**

#### **4.5.4 Diskriminace redukováného černého a bílého stimulu na víčku (4. úloha)**

Do této fáze postupují pouze jedinci, kteří úspěšně dokončili diskriminační úlohu rozlišení černého a bílého víčka. Před jedince v kleci byly umístěny vedle sebe dvě keramické misky u kratší strany klece (obrázek 12), misky byly zakryty víčky (stejnou měrou pro každého jedince jako byl testován v předchozí úloze). Obě víčka byla šedá, na jednom byl pak černý kruh (S-), na druhém byl bílý kruh (S+), ohraničený černou linkou. Jejich pozice byly střídány dle schématu (příloha 1) z předchozí úlohy. Každý jedinec prošel minimálně 12 sezeními, každé sezení obsahovalo 10 pokusů. Hranice aktivity byla stanovena na 6 provedených voleb (odkrytých víček) z 10 možných. Každý trial trval maximálně 2 minuty, celé sezení tak mohlo trvat maximálně 20 minut. Při pasivitě jedince byla víčka po uplynutí 2 minut vyměněna dle schématu. V případě odkrytí víček byl jedinci ihned předložen další pokus (v případě aktivity

jedince se tak celé sezení mohlo výrazně zkrátit). Během manipulace s víčky byl jedinec oddělen od misek kartonovou zástěnou. Každé sezení bylo natočeno na video, aktivita a odpovědi jedinců byly během pokusu zaznamenávány do sešitu a následně vyhodnoceny. Hranice požadované úspěšnosti byla stanovena na 70 % v 8 po sobě následujících aktivních sezeních. Kritérium bylo sníženo z důvodu zvýšené obtížnosti úlohy.



Obrázek 12: Testování subjektu v úloze diskriminace redukováného černého a bílého stimulu na víčku.

#### 4.6 Testování hierarchie

U všech testovaných jedinců v diskriminačních úlohách byla testována hierarchie 1x ročně v zimním období tj. v období na přelomu roku 2014 a 2015 a poté na přelomu roku 2015 a 2016. Hierarchie byla testována zvláště mezi samicemi a mezi samci. Byly vyvolány umělé interakce mezi dvěma jedinci stejného pohlaví tak, aby se vždy daný jedinec setkal se všemi ostatními ve skupině. Do testovací klece byli vloženi v náhodném pořadí dva jedinci (obrázek 13). V případě, že nedošlo k žádné zřetelné interakci během prvních několika minut, ze které by bylo patrné vysledovat postavení jedinců vůči sobě, byla doprostřed klece vložena miska s potravou. Následně byly pozorovány interakce ohledně potravního chování a s ní spojené dominační projevy. V některých případech nebylo zřejmé, který jedinec je dominantnější.

V takové situaci byla miska zpravidla po dvou minutách přesunuta do rohu klece, tak aby se k ní mohl dostat pouze jeden z testovaných jedinců. Ve snaze uspokojit své potravní chování obvykle docházelo k interakcím za účelem přednostního přístupu k potravě. Interakce jedinců byla natáčena. Při pozorování byl kladen důraz na postoj těla, vzájemné útoky a pozice jedinců vůči sobě. Pokud u jedince převažovaly dominantní prvky chování, nebo nakonec získal přístup k misce s potravou byl hodnocen jako vítěz interakce. V tomto uspořádání pokusu nevznikly žádné nerozřešené situace, kdy by nešlo rozhodnout o vítězi interakce. V případě dominantnějšího jedince tj. vítěze je do tabulky interakcí zapsáno číslo „1“, v případě submisivnějšího jedince číslo „0“. Tyto tabulky jsou součástí přílohy (příloha 2, příloha 3, příloha 4, příloha 5). Na základě těchto interakcí je pak vypočítán dominantní index. V tomto testování byl použit Goss-Custard index (Bayly *et al.*, 2006), ten je stanoven poměrem vyhraných interakcí s celkovým počtem interakcí:

$$DI = \frac{T \text{ (počet výher)}}{W \text{ (počet interakcí)}}$$



Obrázek 13: Testování dvou jedinců v dominantním testu. Zde je zachycena interakce dvou samců.

Možná linearita hierarchie byla počítána Landaovým indexem linearity, který nabývá hodnot 0 až 1 (Landau, 1951). Hodnota 0 značí rovnost mezi všemi jedinci ve skupině, naopak hodnota 1 znamená lineární hierarchii ve skupině. Vzorec pro výpočet indexu je:

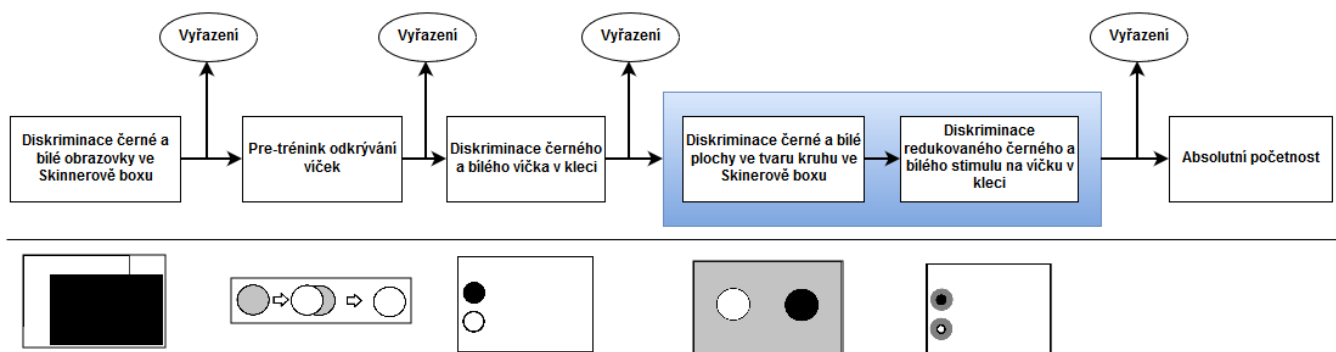
$$h = \frac{12}{n^3 - n} * \sum_{a=1}^n (v_a - \frac{1}{2}(n - 1))^2, \text{ kde:}$$

n ... počet jedinců ve skupině;

$v_a$  ... počet zvířat, nad nimiž jedinec „a“ dominuje.

#### 4.7 Celkový přehled testovaných úloh

Všichni jedinci začali být testováni ve Skinnerově boxu. Nejprve prošli všichni jedinci novel environment testem, poté byli všichni testováni v diskriminaci černé a bílé obrazovky, testování této úlohy trvalo od 26. 3. 2014 do 10. 12. 2015. Jedinci, kteří úspěšně dokončili tuto úlohu, byli dále testováni na diskriminaci černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (jednalo se pouze o 3 jedince). Ostatní jedinci, kteří diskriminační úlohu v boxu úspěšně nedokončili, byli testováni na diskriminaci bílého a černého víčka v kleci (včetně pre-tréninku odkrývání víček), tato úloha trvala od 1. 7. 2015 do 25. 6. 2016. Jedinci, kteří úspěšně dokončili tuto úlohu, pak byli testováni na diskriminaci černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (v období 10. 8. 2015 – 26. 6. 2016) a zároveň na diskriminaci redukováného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (v období 5. 10. 2015 – 27. 6. 2016) (obrázek 14). Během zimy v letech 2014-2015 byla testována první hierarchie, během zimy 2015-2016 pak druhá hierarchie. Hranice požadované úspěšnosti byla stanovena na 80% na základě zkušenosti z předchozích testování (Štorchová, 2010) a údajích z literatury (Spetch and Wilkie 1994, Kelly and Spetch 2004, Toda and Watanabe 2008) v 8 po sobě jdoucích aktivních sezeních. U



Obrázek 14: Schéma postupného testování úloh za sebou. V dolní části obrázku jsou zobrazeny stimuly daných úloh.

diskriminační úlohy rozlišení černého a bílého redukováného stimulu v kleci byla hranice úspěšnosti snížena na 70 % (Straub & Terrace, 1981), protože zde jedinci dosahovali výrazně nižší úspěšnosti.

V každé úloze mohly nastat tři situace dokončení úlohy. Buď byl jedinec neaktivní a po 12 sezeních byl vyřazen, nebo byl jedinec aktivní a úlohu plnil velmi brzy nad 80 % nebo byl jedinec aktivní, ale odpovídal náhodně. Každý námi testovaný aktivní jedinec nakonec dosáhl požadovaného kritéria. Ve všech testovaných úlohách byl jako odměňovaný pozitivní stimul určen bílou barvou.

## **4.8 Metody statistického vyhodnocení**

Data byla zpracována ve dvou programech: *Statistica 10* (StatSoft Inc.) a *R* (R Development Core Team 2010). Všechny grafy byly vytvořeny v programu *Excel 2016* (Microsoft Corporation).

### **4.8.1 Generalizace**

Při výpočtech generalizace stimulů byl korelován počet odpovědí v posledním aktivním sezení jedné úlohy s počtem odpovědí v prvním aktivním sezení úlohy následující. Počet odpovědí byl přepočten na stejný počet zobrazených stimulů v daném sezení pro obě porovnávaná sezení. U úspěšnějších jedinců v náročnějších úlohách pak byla jako špatná odpověď označena i neaktivní odpověď. U každého jedince se porovnával počet špatných + správných v první úloze vs. počet správných + špatných odpovědí v druhé úloze. Porovnání se vypočítalo ze čtyřpolní tabulky.

### **4.8.2 Míra aktivity**

Při porovnání míry aktivity v jednotlivých prostředích byl porovnáván součet procentuální aktivity posledních 5 sezení jedné úlohy se součtem procentuálně aktivity v prvních 5 sezeních úlohy následující. Za aktivní sezení je považováno sezení s minimálně 7 odpověďmi (aktivní reakce na 7 stimulů), každé sezení tak tvoří 20 % celkové aktivity, a podle počtu aktivních sezení se tak navyšuje celková procentuální aktivita. Jedno aktivní sezení z celkových pěti sezení tak tvoří celkem 20% aktivitu, stejným způsobem je počítáno i prvních 5 sezení z následující úlohy.

### 4.8.3 Hierarchie

Pro výpočet vlivu faktorů na dominantní index se počítalo se třemi proměnnými. Byl použit model GLS pro normální rozdělení. Tři proměnné vyjadřující započítané vlivy byly: věk v době testování, váha v době testování a dominantní index hnízdního partnera. Věk v době testování dominantního indexu byl vyjádřen celým číslem ve dnech a byl počítán od data narození do data začátku testování hierarchie. Váha v době testování hierarchie je vyjádřena v gramech a je brána ze stejného měsíce jako začátek testování hierarchie. Hodnota dominantního indexu jedince, se kterým je daný jedinec v páru, je vyjádřena stejně počítaným dominantním indexem hnízdního partnera ze stejného roku. Za partnerství se považovalo společné obývání hnízdního prostoru v období testování hierarchie (přes zimu).

Korelace dominantního indexu s počty správných odpovědí v jednotlivých úlohách byla počítána pro každý rok zvlášť, tj. nejprve pro rok 2015, poté pro rok 2016. Počet správných odpovědí v každé úloze byl přepočítán na 120 zobrazených stimulů u všech úloh tak, že je nejprve vydělen počet zobrazených stimulů počtem správně zodpovězených stimulů a pak vynásoben 120.

### 4.8.4 Proximální vlivy na úspěšnost

Při výpočtu proximálních vlivů na úspěšnost jedince v diskriminační úloze byla data počítána ze shrnujících tabulek (příloha 10, 11, 12, 13). Všechna sezení jedince v dané úloze jsou sloučena na jeden řádek, každý jedinec má tak v tabulce jeden řádek. Data byla počítána modelem GLM (F test) pro Poissonovo rozdělení. Všechny vlivy se počítaly k počtu správných odpovědí v dané úloze. V rámci jedné úlohy je vždy počet správných odpovědí přepočítán na stejný počet zobrazených stimulů pro všechny jedince. Tato proměnná je vypočítána vydělením počtu správných odpovědí počtem všech zobrazených pozitivních stimulů a poté vynásobena stejným číslem pro všechny jedince. Počty zobrazených stimulů se lišily v závislosti na délce testování každého jedince. Jako vysvětlující proměnné byly stanoveny délka testování úlohy, věk jedince v době prvního testování, pohlaví, dominantní index, věk v době prvního testování v dané úloze a počet správných odpovědí v předchozí úloze. Délka testování úlohy byla vypočtena rozdílem dní mezi testováním prvního sezení dané úlohy a posledním sezením dané

úlohy pro každého jedince zvlášť. V této proměnné jsou zahrnuty mezery mezi jednotlivými sezeními. V případě dat z roku 2008 u několika jedinců je část mezi roky 2015 a 2008 vynechána. Počítá se tak pouze s běžnými mezerami během testování (v rámci několika dní). Věk jedince v době prvního testování je počítán rozdílem data narození a data testování v jakémkoliv první úloze – zpravidla je to novel environment test (tj. věk v dnech při testování NE testu). Pohlaví je určeno písmenem M/F, dominantní index je vypočten pro každý rok zvlášť podílem počtu výher a všech interakcí. Věk v době prvního testování této úlohy je určen rozdílem mezi datem narození a datem testování 1. sezení v dané úloze ve dnech. Počet odpovědí z předchozí úlohy je přepočten počtem správných odpovědí na stejný počet zobrazovaných stimulů pro všechny jedince.

#### **4.8.5 Vliv sezení a individualita jedince**

V těchto výpočtech se měřil vliv sezení a individuality jedince na počet správných odpovědí v daném sezení. Data jdou počítána z kompletních údajů, seřazených dle sezení. Vliv byl počítán GLM modelem (Chí test) pro Poissonovo rozdělení. Sezení zde bylo vyjádřeno číselným faktorem vyjadřující pořadí sezení pro každého jedince zvlášť. Individualita jedince zde byla vyjádřena jménem jedince – název je tvořen F/M dle pohlaví + číslo kroužku daného jedince.

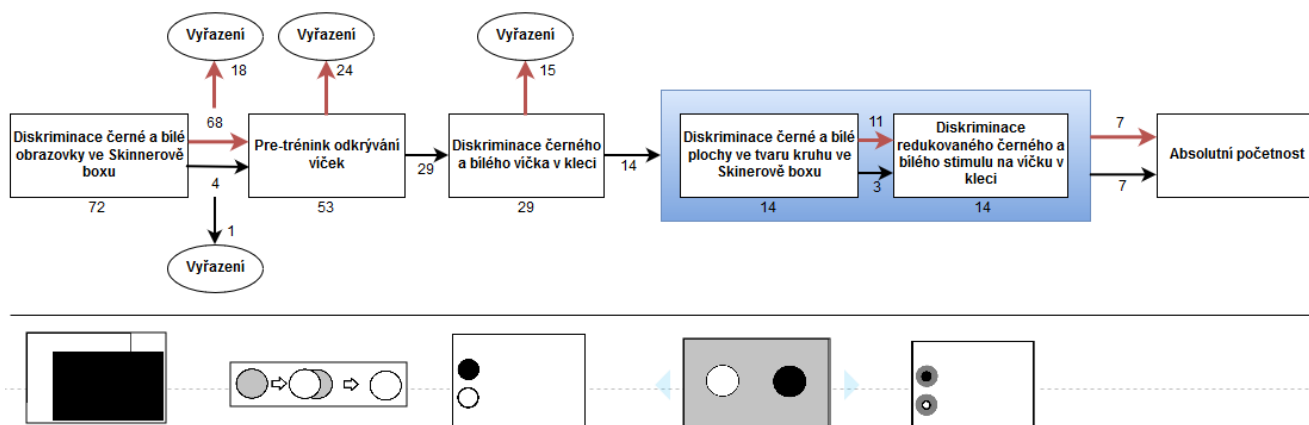
## 5 Výsledky

### 5.1 Počet úspěšných jedinců v jednotlivých diskriminačních úlohách

V první diskriminační úloze rozlišování černé a bílé obrazovky bylo testováno 72 jedinců, z toho 67 jedinců úlohu dokončilo a 5 uhynulo v průběhu testování. Kritérium pro úspěšný postup (80% úspěšnost v osmi za sebou následujících aktivních sezeních) splnili 4 jedinci (F3985, F3995, F3134, F3224). Všichni testovaní jedinci byli, bez ohledu na splnění kritérií, dále trénováni na odkrývání víček a hledání potravy v kleci. V tomto pre-tréninku bylo trénováno 53 jedinců. Zbylých 14 jedinců (do počtu 67) bylo vyřazeno z pokusu z důvodu redukce počtu jedinců v chovné skupině či jejich špatného zdravotního stavu. Z testovaných 53 jedinců splnilo kritéria pro postup 29 jedinců. Neúspěšných 24 jedinců bylo z pokusu vyřazeno, protože schopnost naučit se odkrývat víčka misek byla pro další testy klíčová a tito jedinci víčka v pre-tréninku neodkrývali.

Úspěšných 29 jedinců postoupilo do úlohy diskriminace černého a bílého víčka v kleci. V této úloze splnilo kritéria pro úspěšný postup 14 jedinců (M3222, M1626, F0491, M2945, M0481, M3831, F1668, F0380, F2338, M0534, M1631, F3995, F3985, F3224). Tři jedinci splnili úspěšně obě tyto úlohy. Samice F3134, která splnila úspěšně první diskriminační úlohu, bohužel dále nebyla testována, protože uhynula. Podmínkou pro postup do následujících dvou úloh bylo splnění diskriminační úlohy černá a bílá obrazovka ve Skinnerově boxu nebo diskriminační úlohy rozlišení černého a bílého víčka v kleci. Ze 14 úspěšných jedinců jich 11 úspěšně dokončilo úlohu diskriminace černého a bílého víčka v kleci a 3 dokončili úspěšně obě testované úlohy. Těchto 14 jedinců postoupilo na následující dvě úlohy. Nejprve byli všichni jedinci testováni na úlohu diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu. Dle našich kritérií tuto úlohu úspěšně splnili 3 jedinci (F3224, M3222, F3985). Poté bylo všech 14 jedinců testováno na úlohu diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci. Tuto úlohu úspěšně splnilo 7 jedinců (M3222, F3985, F0491, M1631, M2945, M1626, F0380). Celkově pak obě tyto úlohy úspěšně splnili 2 jedinci (M3222, F3985), pouze úlohu v kleci splnilo 5 jedinců (F0491, M1631, M2945, M1626, F0380) a pouze úlohu ve Skinnerově boxu splnila 1 samice F3224. Z původních 72 jedinců tak úspěšně prošlo těmito úlohami 8 jedinců což je 11% testované populace (obrázek 15). Těchto 8 jedinců bylo dále testováno na

absolutní početnost, která je součástí navazující diplomové práce (Kováčsová, 2016).



Obrázek 15: Schéma testování úloh za sebou. Černé šipky zobrazují počty jedinců, kteří úspěšně prošli danou úlohou. Červené šipky zobrazují počty jedinců, kteří byli v úloze testování, ale úspěšně ji neprošli a byli vyřazeni.

## 5.2 Generalizace velikosti stimulu a změny prostředí

### 5.2.1 Přechod z úlohy diskriminace černého a bílého víčka (3. úloha) do úlohy diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (4. úloha)

Protože 14 jedinců splnilo úspěšně úlohu diskriminace černého a bílého víčka v kleci, ale z těchto jedinců další úlohu diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci splnilo pouze 7 jedinců, zajímalo nás zhoršení při přechodu mezi těmito úlohami. Úlohy se lišily velikostí stimulu na víčku. V první úloze byly stimuly přes celé víčko, v druhé úloze pak byly zmenšeny na střed víčka. Byla porovnávána procentuální úspěšnost posledního sezení první úlohy s úspěšností v prvním sezení druhé úlohy (příloha 6). Byl použit párový t-test pro závislé proměnné a hranice signifikance stanovena na  $p=0,05$ .

Procentuální úspěšnost byla v první úloze 96 %, v druhé úloze pak pouze 58 %. Jedinci se tak novou úlohu museli znovu učit. Rozdíl vyšel průkazně ( $N=14$ ,  $t=6,23$ ,  $p<0,001$ ).

## 5.2.2 Přechod z úlohy diskriminace černé a bílé obrazovky (1. úloha) do úlohy diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha)

Míra generalizace stimulů byla zjišťována v přechodu mezi úlohou diskriminace černé a bílé obrazovky a úlohou diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu. Tyto úlohy byly ve stejném prostředí a lišily se ve změně velikosti odpověďových stimulů. Zatímco v první úloze bylo za správnou odpověď považováno klovnutí kamkoliv na bílou obrazovku, tak v druhé úloze bylo za správnou odpověď považováno pouze klovnutí do bílého kruhu. Odměňovaný stimul tak byl výrazně zmenšen. Obě tyto úlohy úspěšně dokončily pouze 3 samice. Zde byla porovnávána čtyřpolní kontingenční tabulka (příloha 7). Porovnávány byly počty správných a počty špatných odpovědí v posledním aktivním sezení první úlohy s počty správných a špatných odpovědí v prvním aktivním sezení druhé úlohy. Hranice signifikance byla stanovena na  $p=0,05$ . Samice F3224 a F3985 byly počítány Chí testem, samice F3995 nemohla být Chí testem počítána, protože její odpovědi byly blízké nule, proto byla tato samice počítána F testem (tabulka 2). U Chí testu je  $p>0,05$  známkou shodných výsledků respektive neprůkazné změny. Výsledky samic F3224 a F3985 jsou neprůkazně různé, tj. stejné. V případě F testu u samice F3995 naopak výsledek  $p<0,05$  značí průkazný rozdíl. Tato samice se v druhé úloze zhoršila. Dva jedinci ze tří se průkazně neliší v rozdílných úlohách, protože novou úlohu zvládají se stejnou úspěšností jako tu předchozí, můžeme tu předpokládat určitou míru generalizace stimulů.

**Tabulka 2:** V levé tabulce je výsledek Chí testu pro dvě úspěšné samice. V pravé části je pak výsledek F testu pro samici F3995. Medián dominantního indexu u samic je 0,42. Nejnižší hodnota je pak 0,05 a nejvyšší 0,89. Všechny samice jsou v první čtvrtině dominantních jedinců.

subjekt	Chí	p	DI
F3224	1.63	0.201	0.895
F3985	0.89	0.345	0.790

subjekt	F	p	DI
F3995	0.38	0	0.790

### 5.2.3 Přejchod z úlohy diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha) do úlohy diskriminace černého a bílého víčka v kleci (3. úloha)

Míra generalizace nového prostředí byla zjišťována v přechodu mezi úlohami diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu do úlohy diskriminace černého a bílého víčka v kleci. Rozdíl v těchto úlohách spočíval ve změně prostředí. Zatímco velikost stimulů byla stejná, změnil se princip odpovědi; v první úloze měl jedinec klovnot na monitor, v druhé pak musel víčko odkrýt. Obě tyto úlohy úspěšně zvládli jen 3 jedinci (2 samice a 1 samec). Zde byla porovnáována data ze čtyřpolní kontingenční tabulky - počet správných a počet špatných odpovědí v posledním aktivním sezení první úlohy s počtem správných a špatných odpovědí v prvním aktivním sezení druhé úlohy (příloha 8). Jako špatné odpovědi zde byly započítány i neaktivní odpovědi, protože tito jedinci bývali obvykle aktivní, a to, že neodpovídali, značilo spíše, že nevěděli jak odpovědět. Hranice signifikance byla stanovena na  $p=0,05$ . Jedinci F3985 a M3222 byli počítáni F testem, protože část jejich odpovědí se blížila nule. Samice F3224 byla počítána Chí testem (tabulka 3). Chí test pro samici F3224 vyšel signifikantně. Výsledky této samice se tak mezi sebou lišily. Samice se spíše zlepšovala. U jedinců F3985 a M3222 vyšlo  $p>0,05$  což značí, že test F vyšel nesignifikantně, takže zde není průkazná změna. Výsledky těchto dvou jedinců jsou tak v obou úlohách stejné. Dva jedinci ze tří se průkazně neliší v úspěšnosti ve dvou rozdílných úlohách. Protože novou úlohu zvládají s podobnou úspěšností jako tu předchozí, můžeme tu předpokládat určitou míru generalizaci stimulů a aplikování pravidel z minulé úlohy na tu následující.

**Tabulka 3:** V levé tabulce je výsledek Chí testu pro samici F3224. V pravé části je pak výsledek F testu pro samici F3995 a samce M3222. Medián dominantního indexu u samic je 0,42 u samců 0,52. Nejnížší hodnota DI u samic je 0,05 a nejvyšší 0,89 u samců je nejnižší 0 a nejvyšší 0,92. Obě samice jsou v první čtvrtině dominantních jedinců, samec je pak v hierarchii uprostřed.

subjekt	Chí	p	DI
F3224	0.167	0.002	0.895

subjekt	F	p	DI
F3985	0.009	0.353	0.790
M3222	0.053	0.119	0.520

### **5.3 Míra aktivity v rozdílném prostředí**

Nové prostředí může přinášet změnu aktivity testovaných jedinců. Byla porovnávána procentuální aktivita posledních 5ti sezení v úloze diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu s aktivitou prvních 5ti sezení v úloze diskriminace černého a bílého víčka (příloha 9) v kleci u jedinců, kteří prošli oběma úlohami (N=29 z toho 15 samců a 14 samic). Byl použit párový t-test pro závislé proměnné a hranice signifikance stanovena na  $p=0,05$ .

Průměrná procentuální míra aktivity byla v úloze v kleci 41 %, v úloze ve Skinnerově boxu pak pouze 8 %. Jedinci tak byli aktivnější v úloze v kleci, což by mohlo značit, že prostředí v této úloze pro ně bylo motivovanější. Rozdíl vyšel průkazně (N=29,  $t=-4,066$ ,  $p<0,001$ ).

### **5.4 Vliv parametrů na úspěšnost v testovaných diskriminačních úlohách**

Zajímá nás vliv parametrů na úspěšnost v jednotlivých úlohách. Vliv těchto parametrů se počítal ze shrnujících tabulek (viz níže), v nichž byla souhrnně vyjádřena celková úspěšnost jednoho jedince ve všech sezeních dané úlohy na jednom řádku (příloha 10, příloha 11, příloha 12, příloha 13). K výpočtům byl použit model glm (test = F) pro quassipoissonovo rozdělení dat. Jako vysvětlovanou proměnnou byl zvolen počet správných odpovědí (přepočteno na stejný počet zobrazených stimulů v dané úloze pro všechny jedince). Čím byl vyšší počet správných odpovědí, tím vyšší úspěšnost jedince v dané úloze. Hranice průkaznosti pro všechny úlohy byla stanovena na  $p<0,05$ . Jako vysvětlující proměnné byly testovány délka testování úlohy, věk jedince v době prvního testování, pohlaví, dominantní index, věk v době prvního testování v dané úloze a počet odpovědí v předchozí úloze.

#### **5.4.1 Diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu (1. úloha)**

Výsledky pro všechny jedince (N=72 z toho 37 samců a 35 samic) absolvujících tuto úlohu jsou signifikantní pro dvě proměnné. Tuto úlohu úspěšně splnily 4 samice (tabulka 4). Průkazný vliv vyšel u délky testování ( $Df=1$ ,  $Dev=2864,5$ ,  $F=9,24$ ,  $p=0,003$ ). Vliv vyšel pozitivním směrem, tj. čím déle se jedinec testoval, tím byl úspěšnější. Signifikantní vliv vykazuje i proměnná věk v době prvního testování ( $Df=1$ ,  $Dev=1823,2$ ,  $F=15,1$ ,  $p<0,001$ ). Zde vyšel vliv negativním směrem, tj. čím mladší jedinec byl v době prvního testování, tím úspěšnější pak byl v této úloze.

Vliv pohlaví, dominantního indexu a věku v době prvního testování této úlohy nebyl signifikantní.

**Tabulka 4:** V tabulce jsou zobrazeny čtyři samice, které splnili kritéria úspěšné diskriminace v úloze rozlišení černé a bílé obrazovky. V levém sloupci je název samic, v pravém pak jejich dominantní index. Medián dominantního indexu u samic je 0,42 u samců 0,52. Nejnížší hodnota DI u samic je 0,05 a nejvyšší 0,89. Obě samice jsou v první čtvrtině dominantních jedinců.

subjekt	DI
F3224	0.895
F3985	0.790
F3995	0.790
F3134	0.770

### 5.4.2 Diskriminace černého a bílého víčka v kleci (3. úloha)

Výsledky pro všechny jedince (N=29 z toho 15 samců a 14 samic) absolvující tuto úlohu byly signifikantní pouze pro jednu proměnnou. Signifikantní vliv má proměnná délka testování dané úlohy ( $Df=1$ ,  $Dev=930,69$ ,  $F=12,67$ ,  $p=0,002$ ). Vliv zde vyšel v negativním směru, což znamená, že čím kratší doba testování úlohy byla, tím úspěšnější byl daný jedinec. Celkem tuto úlohu splnilo 14 jedinců (tabulka 5).

**Tabulka 5:** V tabulce jsou zobrazeni všichni jedinci, kteří splnili kritéria pro úspěšnou diskriminaci černého a bílého víčka v kleci. V prvním sloupci je název jedinců, v druhém pak jejich dominantní index. Medián dominantních indexů je 0,48 pro samice a 0,5 pro samce. Nejvyšší hodnoty dominantního indexu jsou 0,95, nejnižší pak 0 u samic a u samců 0,91 a 0,08. Kromě dvou jedinců se všichni úspěšní jedinci vyskytují v první polovině hierarchie.

subjekt	DI
M3831	0.920
M0534	0.833
F0380	0.808
M1626	0.800
M1631	0.792
F3985	0.790
F3224	0.704
F2338	0.630
F3995	0.630
M2945	0.560
F0491	0.526
M3222	0.520
F1668	0.444
M0481	0.240

### 5.4.3 Diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha)

Výsledky pro všechny jedince (N=14, z toho 7 samců a 7 samic) absolvující tuto úlohu byly signifikantní pro všechny sledované proměnné. Výsledky pro dané proměnné jsou ( $Df=1$ ,  $Dev=1218,8$ ,  $F=5,9431 \times 10^{12}$ ,  $p<0,001$ ) pro délku testování, ( $Df=1$ ,  $Dev=876,93$ ,  $F=3.2327 \times 10^{12}$ ,  $p<0,001$ ) pro věk v době prvního testování, ( $Df=1$ ,  $Dev=129,52$ ,  $F=7.0680 \times 10^{12}$ ,  $p<0,001$ ) pro počet správných odpovědí z úlohy diskriminace černé a bílé obrazovky, ( $Df=1$ ,  $Dev=0,00$ ,  $F=1.2248 \times 10^{12}$ ,  $p<0,001$ ) pro pohlaví, ( $Df=1$ ,  $Dev=0,00$ ,  $F=84,9$ ,  $p<0,001$ ) pro dominantní index,

( $Df=1$ ,  $Dev=0,00$ ,  $F=195$ ,  $p<0,001$ ) pro věk v době prvního testování této úlohy a ( $Df=1$ ,  $Dev=0,00$ ,  $F=23$ ,  $p=0,002$ ) pro vzájemnou interakci pohlaví a dominantního indexu. Pozitivní vliv vyšel v délce testování, tj. čím delší doba testování, tím úspěšnější, dále úspěšnost v předchozí úloze, tj. čím více správných odpovědí v úloze diskriminace černé a bílé obrazovky, tím více správných odpovědí i v této úloze, a čím vyšší věk v době tohoto testování, tím více správných odpovědí. Vliv pohlaví vyšel ve prospěch samců. Negativní vliv vyšel ve věku prvního testování, tj. čím nižší věk, tím více správných odpovědí v této úloze. Tuto úlohu úspěšně dokončili 3 jedinci (tabulka 6).

**Tabulka 6:** V tabulce jsou zobrazeni tři jedinci, kteří splnili kritéria úspěšné diskriminace v úloze rozlišení černé a bílé plochy ve tvaru kruhu. V levém sloupci je název jedinců, v pravém pak jejich dominantní index. Medián dominantního indexu u samic je 0,42 u samců 0,52. Nejnižší hodnota DI u samic je 0,05 a nejvyšší 0,89. Obě samice jsou v první čtvrtině dominantních jedinců. Samec se nachází uprostřed hierarchie.

subjekt	DI
F3224	0.895
F3985	0.790
M3222	0.520

#### **5.4.4 Diskriminace redukováného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (4. úloha)**

Výsledky pro všechny jedince ( $N=14$ , z toho 7 samců a 7 samic) absolvující tuto úlohu nebyly signifikantní pro žádnou sledovanou proměnnou.

#### **5.5 Vliv pořadí sezení a individuality jedince**

Zjišťovali jsme vliv jednotlivých sezení (obvykle bylo jedno sezení provedeno za jeden den) pro každou úlohu. Signifikantní vliv pořadí sezení by mohl naznačovat schopnost postupného učení úlohy, popřípadě pořadí sezení, kdy se daný jedinec úlohu naučil. Vliv sezení byl počítán z podrobně vyjádřených dat, kdy na jednom řádku byla celková úspěšnost jedince v jednom sezení (60 bílých stimulů ve Skinnerově boxu za jedno sezení a 10 stimulů v kleci za jedno sezení v jednom dni). Byl použit model GLM (test Chí kvadrát) pro Poissonovo rozdělení. Jako vysvětlovanou proměnnou byl zvolen počet správných odpovědí (přepočten na stejný počet

zobrazených stimulů pro každou úlohu zvlášť). Jako vysvětlující proměnou byla určena pouze pořadí sezení zapsána jako fixní faktor a individualita jedince. Hranice průkaznosti byla stanovena na  $p=0,05$ .

### 5.5.1 Diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu (1. úloha)

Výsledky pro všechny jedince ( $N=72$  z toho 37 samců a 35 samic) absolvující tuto úlohu byly signifikantní pro obě sledované proměnné. Vliv individuality jedince byl signifikantní při ( $Df=71$ ,  $Dev= 3642,4$ ,  $p<0,001$ ) a vliv pořadí sezení ( $Df=32$ ,  $Dev=3209$ ,  $p<0,001$ ). Mezi průkazně lepší jedince vyšlo 11 jedinců (8 samic a 3 samci). Vliv vyšel pozitivně, takže těchto 11 jedinců bylo prokazatelně lepších než sledovaný první jedinec, který patřil mezi horší jedince, jež se úlohu nenaučili. Všechny samice, které úlohu úspěšně dokončily, zde byly signifikantně úspěšnější než sledovaný jedinec. Vliv jednotlivých sezení byl také signifikantní. Konkrétně se jednalo o sezení 20, 21, 23, 25, 27, 28 a 29. Vliv byl negativní, znamená to, že se jedinci v posledních sezeních převážně zhoršovali. (V této úloze měla většina jedinců do 20 sezení, sezení 20-30 mělo pouze 7 jedinců, kteří byli na stejnou úlohu testováni i v roce 2008, v roce 2015 tak byli testováni znovu a jejich ochota pracovat se převážně snížila, proto vyšel negativní výsledek).

Abychom ověřili teorii, že se jedinci v této úloze neučili a spíše se postupně zhoršovali, byla použita na stejná data Spearmanova korelace.

V tabulce 7 jsou červeně znázorněny hodnoty, které signifikantně vyšly pro  $p=0,05$ , vliv učení vyšel signifikantně pro 11 jedinců (6 samic a 5 samců). Žlutě jsou pak vyznačeny 4 samice, které úlohu úspěšně dokončily dle kritérií. Z tabulky je patrné, že se signifikantně zlepšovali pouze dva jedinci F3985 a M1672. Zbýlých 9 jedinců se signifikantně zhoršovalo.

**Tabulka 7:** V prvním sloupci je název jedince, v druhém pak hodnota Spearmanova koeficientu a ve třetím sloupci je dominantní index jedince. Červené hodnoty jsou signifikantně průkazné. Žlutě jsou vyznačeny samice, které splnili kritéria úspěšné diskriminace. Tabulka je rozdělena do dvou částí, kdy v levé části jsou samice, v pravé pak samci.

subjekt	Spearman k.	DI
F0214	-0.293344	0.556
F0216	-0.370038	0.407
F0380	-0.004342	0.808
F0381	0.121578	0.368
F0382	-0.240873	0.211
F0385	0.036827	0.100

subjekt	Spearman k.	DI
M0215	-0.025645	0.500
M0383	0.521430	0.150
M0386	-0.500295	0.720
M0488	-0.356172	0.391
M0490	-0.411014	0.440
M0531	-0.447511	0.600

subjekt	Spearman k.	DI
F0482	-0.048198	0.421
F0491	0.112488	0.526
F0494	-0.501263	0.579
F0887	-0.458370	0.263
F1632	-0.672237	0.421
F1633	-0.362759	0.000
F1661	-0.679511	0.110
F1662	0.265764	0.080
F1666	-0.464296	0.846
F1668	0.504356	0.444
F1676	-0.407502	0.192
F3134	0.033747	0.770
F3221	-0.634335	0.053
F3224	-0.317111	0.895
F3234	-0.305699	0.263
F3985	0.388578	0.790
F3995	-0.516459	0.790
F4120	-0.339414	0.737

subjekt	Spearman k.	DI
M0532	-0.723322	0.200
M0533	-0.094895	0.050
M0534	-0.066632	0.833
M0541	-0.150920	0.160
M0542	0.474015	0.440
M0543	-0.404467	0.680
M0546	-0.294594	0.400
M0548	-0.480384	0.400
M1624	0.046691	0.400
M1626	-0.118098	0.800
M1628	0.051853	0.770
M1629	-0.123718	0.560
M1630	-0.046761	0.090
M1663	-0.506370	0.130
M1670	-0.311081	0.654
M1672	0.575124	0.421
M2945	-0.479814	0.560
M3222	-0.409960	0.520
M3251	-0.421230	0.520
M3831	-0.656690	0.920

V této úloze byl vliv pořadí sezení počítán ještě modelem geeglm (test=Chí) pro Poissonovo rozdělení dat. Jako vysvětlovaná proměnná zde byl zvolen opět počet správných odpovědí (přepočítaný na stejný počet zobrazených 30 stimulů) v jednom sezení. Jako vysvětlující proměnné byly zvoleny délka testování, pořadí sezení, věk v době testování, pohlaví, dominantní index a věk v době prvního testování. Tento model byl použit pouze v této úloze, protože zde bylo testováno nejvíce jedinců. Signifikantní vliv byl pro věk v době prvního testování ( $Df=1$ ,  $p<0,001$ ) v negativním směru tj. čím nižší věk prvního testování, tím vyšší úspěšnost. Pohlaví vychází ve prospěch samic ( $Df=1$ ,  $p<0,001$ ). Dominantní index vychází signifikantně ve prospěch dominantnějších jedinců ( $Df=1$ ,  $p=0,005$ ). Věk v době testování vychází ve prospěch mladších jedinců ( $Df=1$ ,  $p=0,008$ ).

### **5.5.2 Diskriminace černých a bílých víček v kleci (1. úloha)**

Výsledky pro všechny jedince (N=29 z toho 15 samců a 14 samic) absolvujících tuto úlohu byly signifikantní pouze pro míru individuality. Vliv individuality jedince byl (Df=28, Dev=535,97,  $p<0,001$ ). Vliv sezení pak nebyl signifikantní (Df=26, Dev=501,82,  $p=0,13$ ). Oproti prvnímu jedinci, který patřil mezi horší jedince, kteří tuto úlohu úspěšně nedokončili, se signifikantně lišilo 18 jedinců (8 samic a 10 samců). Z toho 7 samic a 8 samců bylo signifikantně úspěšnějších než sledovaný jedinec, a 1 samice a 2 samci signifikantně horší než sledovaný jedinec. Mezi signifikantně úspěšnějšími jedinci byli všichni, kteří úlohu úspěšně dokončili.

### **5.5.3 Diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu (2. úloha)**

Výsledky pro všechny jedince (N=14, z toho 7 samců a 7 samic) absolvující tuto úlohu byly signifikantní pro obě sledované proměnné. Vliv individuality jedince byl signifikantní (Df=13, Dev=162,91,  $p<0,001$ ) a vliv pořadí sezení byl také signifikantní (Df=11, Dev=88,83,  $p<0,001$ ). Vliv individuality jedince sice vyšel signifikantně jako celek, ale již nevyšel signifikantně pro konkrétního jedince. Vliv sezení vyšel průkazně pro 2, 3, 5, 10 a 12 sezení (oproti prvnímu sezení). Zatímco 2 a 3 sezení byla signifikantně horší než první sezení, pak 5, 10 a 12 sezení byla signifikantně lepší než první sezení. Tento výsledek by mohl značit postupné učení úlohy.

Pro ověření teorie, že se jedinci v této úloze učili a zjištění, kteří z konkrétních jedinců se učili, byla použita na stejná data Spearmanova korelace. Korelovalo se pořadí sezení s počtem správných odpovědí v daném sezení. Byla použita pouze data 3 aktivních jedinců.

V tabulce 8 jsou červeně znázorněny hodnoty, které signifikantně vyšly pro  $p=0,05$ , vliv učení vyšel signifikantně pouze pro jednu samici. Tato samice se signifikantně zlepšovala.

**Tabulka 8:** V prvním sloupci je název jedince, v druhém pak hodnota Spearmanova koeficientu a ve třetím sloupci je dominantní index jedince. Červené hodnoty jsou signifikantně průkazné. Medián dominantního indexu je pro samice 0,42, pro samce pak 0,52. Obě samice jsou tam v první čtvrtině hierarchie, samec je pak uprostřed hierarchie.

subjekt	Spearman k.	DI
M3222	0.403511	0.520
F3224	0.501757	0.895
F3985	0.809879	0.790

#### 5.5.4 Diskriminace redukováného černého a bílého stimulu na víčku v kleci (4. úloha)

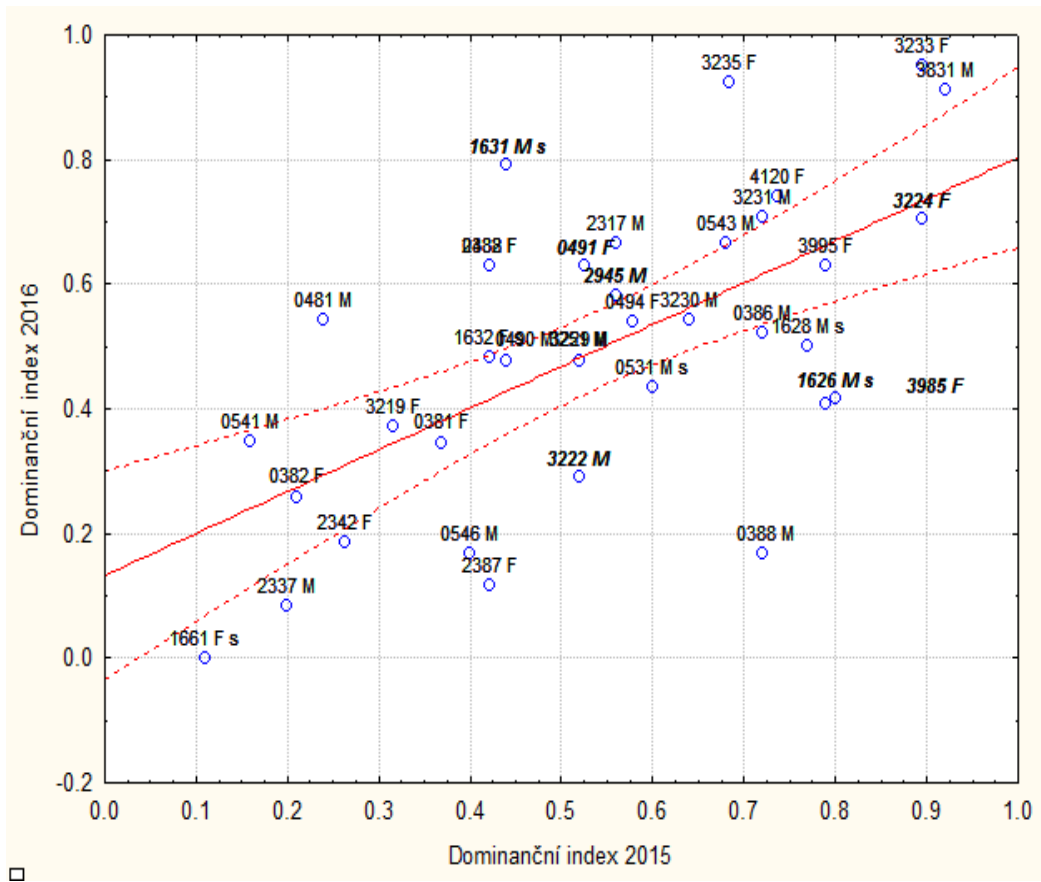
Výsledky pro všechny jedince (N=14, z toho 7 samců a 7 samic) absolvujících tuto úlohu byly signifikantní pouze pro míru individuality daného jedince (Df=13, Dev=324,08, p<0,001), vliv sezení nebyl signifikantní (Df=35, Dev=290,64, p=0,54). Vliv individuality jedince vyšel pro 6 jedinců (4 samice a 2 samci). Vliv individuality se měřil k samici F0380, která úlohou prošla dle kritérií. Jedinci, kteří vyšli signifikantně rozdílně, byli horší než ona. Naopak jedinci, kteří se od této samice signifikantně nelišili, byli ti úspěšní a úlohu úspěšně dokončili.

## 5.6 Hierarchie

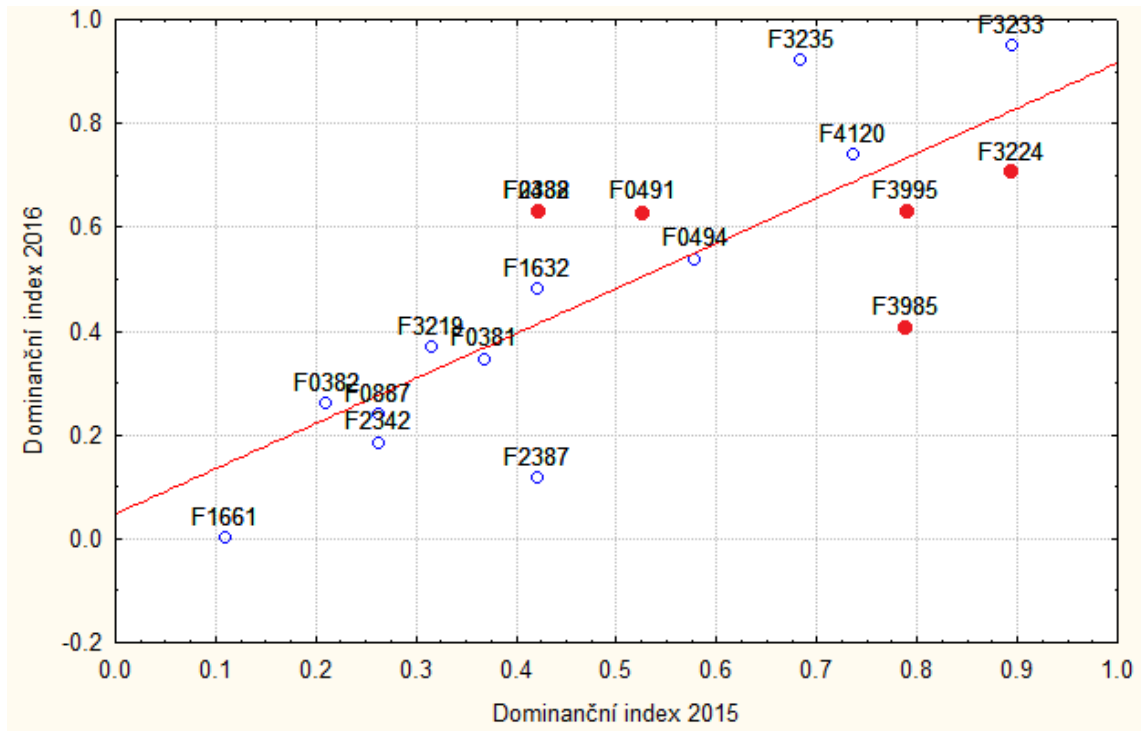
Po dokončení všech interakcí byl pro každého jedince zvlášť vypočten dominantní index (příloha 14). Ten byl vypočten podílem počtu výher s počtem všem interakcí. Hodnota dominantního indexu nabývá rozmezí 0-1. Všichni jedinci byli pak sestupně seřazeni a tím byla vytvořena pravděpodobná hierarchie ve skupině pro každé pohlaví zvlášť. Hierarchie se testovala v roce 2015 a v roce 2016. Linearita byla počítána Landaovým indexem linearity (vzorec je součástí metodiky). Linearita v roce 2015 byla pro samce 0,55 a pro samice 0.62. V následujícím roce byla vypočtena linearita pro samce 0,45 a samice 0,59.

### 5.6.1 Korelace výsledků z roku 2015 a 2016

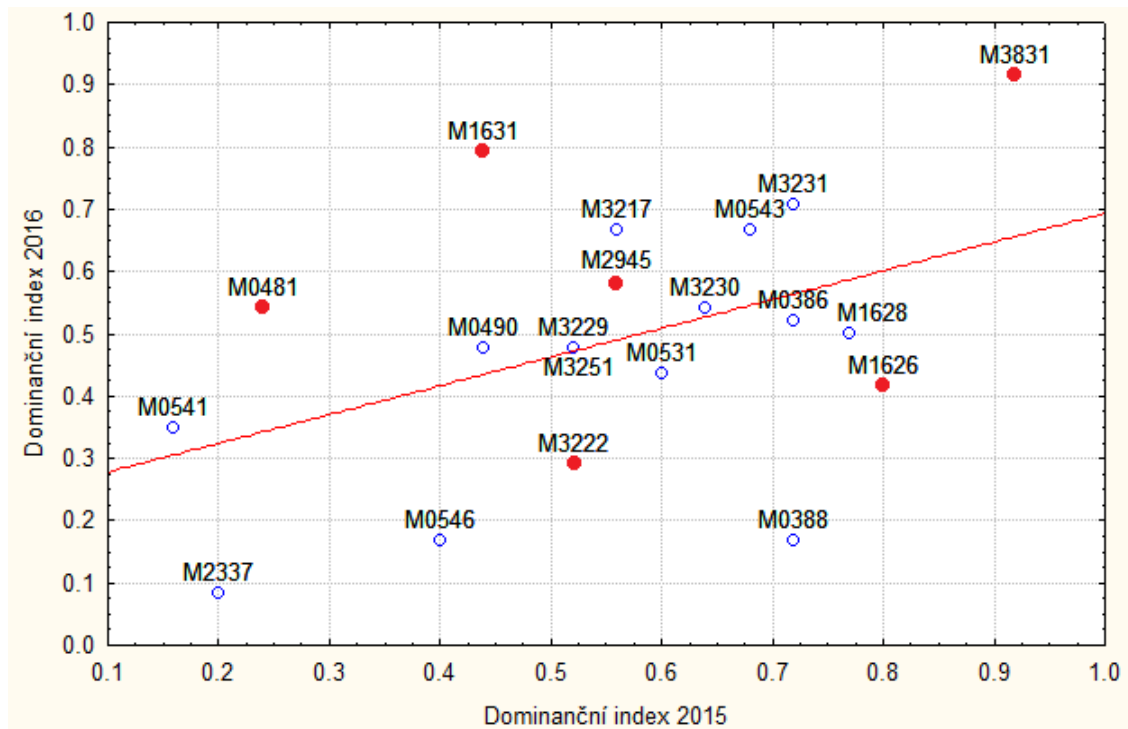
Kognitivní úlohy byly testovány v průběhu tří let (2014 – 2016). Z tohoto důvodu část jedinců byla testována na postavení v hierarchii pouze v jednom roce. Část jedinců byla testována v roce 2015 na kognitivní úlohy i hierarchii, ovšem poté byli vyřazeni, a proto již nebyli testováni v hierarchii v roce 2016. Část jedinců se narodila v roce 2015 a byla tak testována na stejné kognitivní úlohy a hierarchii až v roce 2016. Z tohoto důvodu nebylo možné u stejné úlohy použít pro všechny jedince dominantní index ze stejného roku, ale u každého jedince byl použit index z doby, kdy byl jedinec testován. Z důvodu nekompletnosti dominantních indexů u všech zvířat pro dva roky jsme výsledky hierarchií z obou let korelovali u těch jedinců, kteří byli testováni oba dva roky ( $n=38$  z toho 20 samců a 18 samic). Dominantní index z roku 2015 a dominantní index z roku 2016 pro všechny jedince (graf 1) spolu koreluje ( $r=0,63$ ,  $p<0,001$ ); díky tomuto poznatku jsme dominantní indexy ve výpočtech sloučili tak, aby každý jedinec měl určený dominantní index, popřípadě, u těch co jej mají z obou let, byl vybrán ten, co byl změřen ve stejném roce, co byl jedinec testován. Poté byla korelace indexů z obou let vypočtena zvlášť pro samce a samice. Korelace dominantního indexu z roku 2015 a 2016 u samic (graf 2) spolu koreluje silněji ( $r=0,79$ ,  $p<0,001$ ), korelace u samců (graf 3) také signifikantně koreluje ( $r=0,45$ ,  $p=0,049$ ), ale méně než u samic.



□ Graf 1: Korelace dominantního indexu z roku 2015 a 2016 u všech jedinců ( $r=0,63$ ,  $p<0,001$ ). Tučně vyznačeni jsou úspěšní jedinci



Graf 2: Korelace dominantních indexů z roku 2015 a 2016 u samic. Data spolu korelují ( $r=0,79$ ,  $p<0,001$ ). Červeně jsou vyznačeny samice, které byly testovány na všechny čtyři úlohy a dosahovaly nejlepších výsledků.



Graf 3: Korelace dominantních indexů z roku 2015 a 2016 u samců. Data spolu korelují ( $r=0,45$ ,  $p<0,05$ ). Červeně jsou vyznačeni samci, kteří byli testováni na všechny čtyři úlohy a dosahovali nejlepších výsledků.

## 5.6.2 Korelace dominantního indexu s výsledky ve všech diskriminačních úlohách

### 5.6.2.1 Samci

U všech sedmi samců, kteří prošli všemi čtyřmi diskriminačními úlohami, byl korelován dominantní index z obou let s počty správných odpovědí v každé úloze (přepočtené na 120 zobrazených stimulů) (příloha 15). Signifikantní korelace se ukázala pouze mezi dominantním indexem z roku 2016 a úlohou diskriminace redukováných černých a bílých stimulů na víčku v kleci, kterou všichni jedinci absolvovali jako poslední (tabulka 9).

**Tabulka 9:** Výpočet korelace dominantního indexu s počty správných odpovědí v každé úloze (počítané pro 7 samců). Červeně je vyznačena signifikantní hodnota. Velikost dominantního indexu koreluje pouze s výsledky v poslední úloze.

	Černá/bílá obrazovka v boxu	Zmenšené kruhové stimuly v boxu	Černé/bílé víčko v kleci	Redukované stimuly na víčku v kleci
<b>Dominantní index 2015</b>	0.144150	0.000000	-0.500000	0.357143
<b>Dominantní index 2016</b>	0.216225	-0.612372	-0.500000	<b>-0.857143</b>

### 5.6.2.2 Samice

U všech sedmi samic, které prošly všemi čtyřmi diskriminačními úlohami, byl korelován dominantní index z obou let s počty správných odpovědí v každé úloze (přepočtené na 120 zobrazených stimulů) (příloha 16). Signifikantní korelace zde není pro žádnou úlohu patrná (tabulka 10).

**Tabulka 10:** Výpočet korelace dominantního indexu s počty správných odpovědí v každé úloze (počítané pro 7 samic). Žádné hodnoty spolu nekorelují. Zdá se, že u samic nemá dominantní index na počet správných odpovědí vliv.

	Černá/bílá obrazovka v boxu	Zmenšené kruhové stimuly v boxu	Černé/bílé víčko v kleci	Redukované stimuly na víčku v kleci
<b>Dominantní index 2015</b>	0.660495	0.680414	0.145479	-0.145479
<b>Dominantní index 2016</b>	-0.500000	-0.277350	-0.185312	-0.037062

## 5.7 Vlivy proximálních faktorů na dominantní index jedince

Dále nás zajímaly faktory, které by mohly mít na postavení ve skupině vliv. Vliv byl počítán modelem GLS (ANOVA) pro normální rozdělení dat (příloha 17). Vysvětlovaná proměnná byla sloučený dominantní index, vysvětlující proměnné pak věk v době testování dominantního indexu, váha v době testování dominantního indexu a hodnota dominantního indexu jedince s nímž je testovaný subjekt v hnízdním páru. Výsledky byly počítány pouze pro testované jedince, kteří měli hnízdního partnera. Nejprve byl vypočítán vliv na dominantní index pro všechny jedince, pak pouze pro samce a nakonec pouze pro samice. Výsledky počítané ze všech spárovaných jedinců (N=41) nebyly signifikantní (F=2,09, p=0,16) pro vliv dominantního indexu hnízdního partnera, (F=0,37, p=0,55) pro hmotnost a (F=1,1, p=0,3) ani pro věk. Hranice průkaznosti byla stanovena na p=0,05. Žádná proměnná není nižší než 0,05, proto zde není žádný průkazný vliv těchto faktorů. Stejně proměnné počítané pouze pro samce (N=19) nebyly signifikantní (F=0,9, p=0,36) pro dominantní index partnera, (F=0,66, p=0,43) pro hmotnost a (F=0,007, p=0,93) pro věk. Ani zde není žádný průkazný vliv při stejné hranici průkaznosti p=0,05. Nakonec byly výsledky počítány pouze pro samice (N=22). Zde výsledky nebyly signifikantní (F=0,02, p=0,16) pro dominantní index partnera, (F=0,02, p=0,88) pro hmotnost a (F=0,81, p=0,38) pro věk. Ani zde žádná z proměnných nesplnila hranici signifikance. Výsledky nepotvrdily vliv těchto proměnných při malém počtu zkoumaných jedinců.

## 5.8 Porovnání úspěšnosti v jednotlivých diskriminačních úlohách

Celkem 14 jedinců (7 samců a 7 samic) prošlo všemi čtyřmi diskriminačními úlohami. Z grafů všech 14 jedinců bylo vybráno typických 5 situací, které nastaly. Graf je opticky rozdělen do 4 částí, v první části je diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu, v druhé části je diskriminace černého a bílého stimulu ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu, ve třetí části je diskriminace černého a bílého víčka v kleci a v poslední čtvrté části je diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci. Samice F3985 a F3224 prošly úlohami v tomto pořadí, ostatní jedinci pak v pořadí první, třetí, druhý a čtvrtý sloupec. Graf byl srovnán podle stejných prostředí a stupňující se obtížnosti.

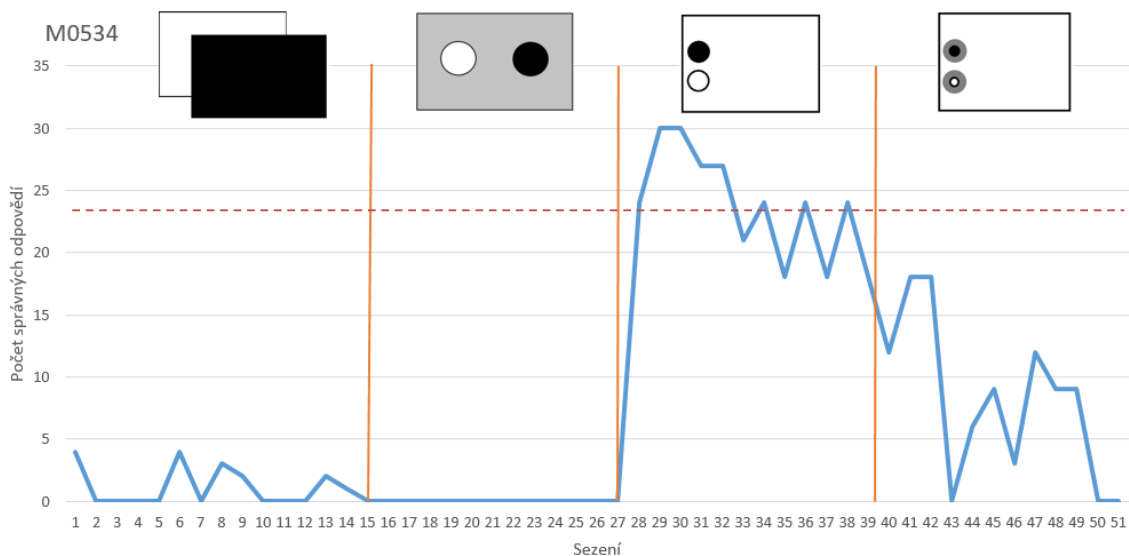
První situace (graf 4) nastala u jedince M0534 (DI=0.833), F1668 (DI=0.444) a M3831 (DI= 0.920). Tito jedinci byli neaktivní v úlohách ve Skinnerově boxu. V první úloze v kleci dosahovali nejlepších výsledků, ale v druhé úloze v kleci jejich úspěšnost začala klesat. Poslední úlohu tak již úspěšně nedokončili.

Druhá situace (graf 5) nastala u jedince M2945 (DI=0.560) a F2338 (DI=0.630). Tito jedinci byli v úlohách ve Skinnerově boxu neaktivní (pouze z počátku trochu pracovali) a v úlohách v kleci dosahovali podobných výsledků. Přejít mezi úlohami v kleci se u nich obešel bez výrazné změny úspěšnosti, přestože jednotlivá sezení měla mezi sebou výrazné výkyvy. Výkyvy naznačují nejen různou míru správných odpovědí, ale také různou míru aktivity v každém sezení.

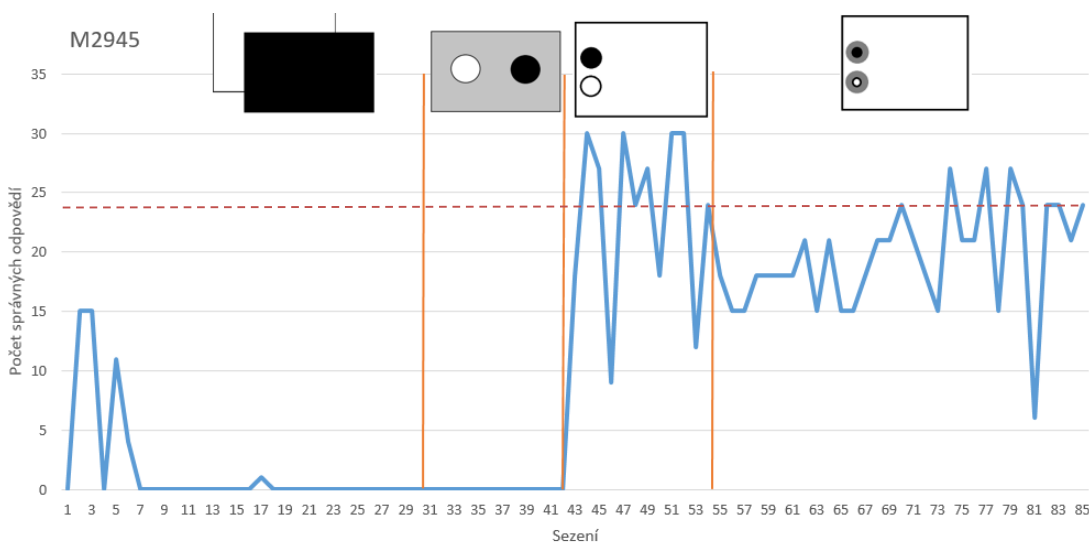
Třetí situace (graf 6) nastala u jedinců M3222 (DI=0.520), M1626 (DI=0.800), F0380 (DI=0.808), M0481 (DI=0.240) a M1631 (DI=0.792). Tito jedinci byli v první úloze ve Skinnerově boxu neaktivní. V druhé úloze ve Skinnerově boxu byl aktivní pouze samec M3222. Samec se tuto úlohu naučil, ale dosahoval velikých výkyvů v aktivitě. V první úloze v kleci dosahovali všichni jedinci velmi dobrých výsledků a v druhé úloze v kleci dosahovali dobrých výsledků. Na začátku testování této úlohy měli však propad v úspěšnosti, ale postupem sezení se dostali na stejnou úspěšnost jako na konci první úlohy v kleci.

Čtvrtá situace (graf 7) nastala u jedinců F3985 (DI=0.790), F3224 (DI=0.704) a F0491 (DI=0.526). Tito jedinci měli po celou dobu testování podobné množství správných odpovědí. Při přechodu na novou úlohu se u nich sice objevilo snížení počtu správných odpovědí, ale toto snížení se u nich objevovalo i během testování jedné úlohy. Nakonec dosáhli stejné úspěšnosti ve všech úlohách.

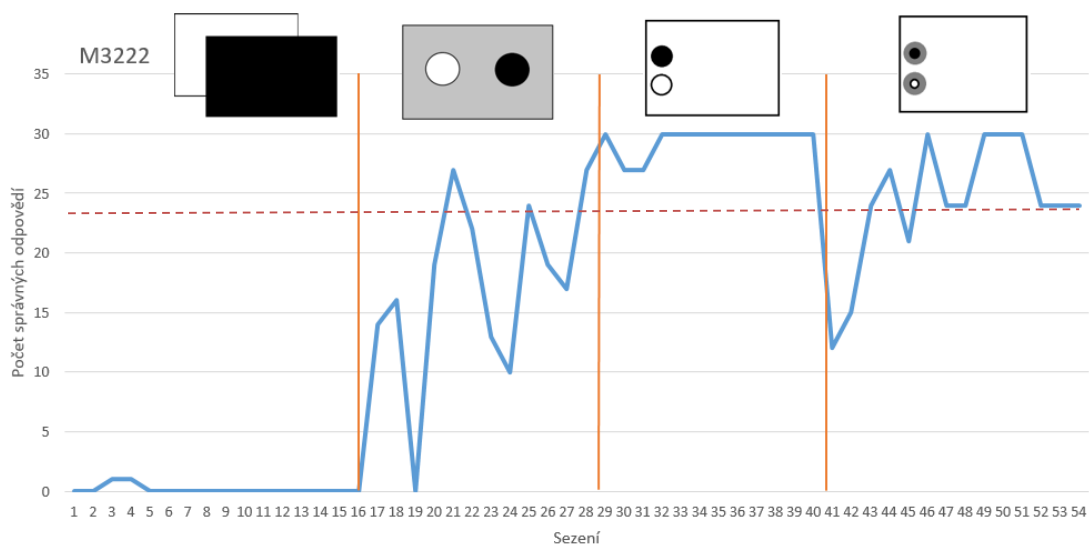
Pátá poslední situace (graf 8) nastala u samice F3995 (DI=0.630). Tato samice začala první úlohu ve Skinnerově boxu velice úspěšně, ale postupem času se její aktivita snížila na nulu. V druhé úloze ve Skinnerově boxu již byla zcela neaktivní. V první úloze v kleci opět začala být aktivní s velikou úspěšností, ale v druhé úloze v kleci se opět její aktivita snížila na nulu.



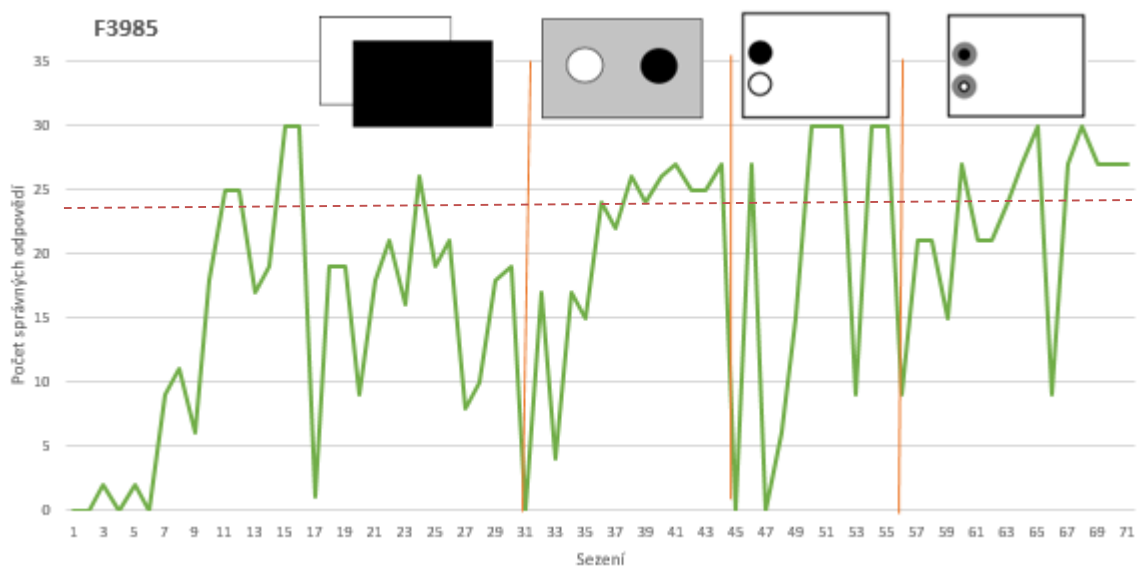
**Graf 4:** V grafu jsou zobrazené správné odpovědi přepočtené na 30 zobrazených stimulů. Úlohy jsou seřazeny dle prostředí. Oranžové čáry dělí jednotlivé úlohy od sebe. Červenou čárkovanou čarou je zobrazeno kritérium 80 %. Nad grafem jsou zobrazeny testované stimuly.



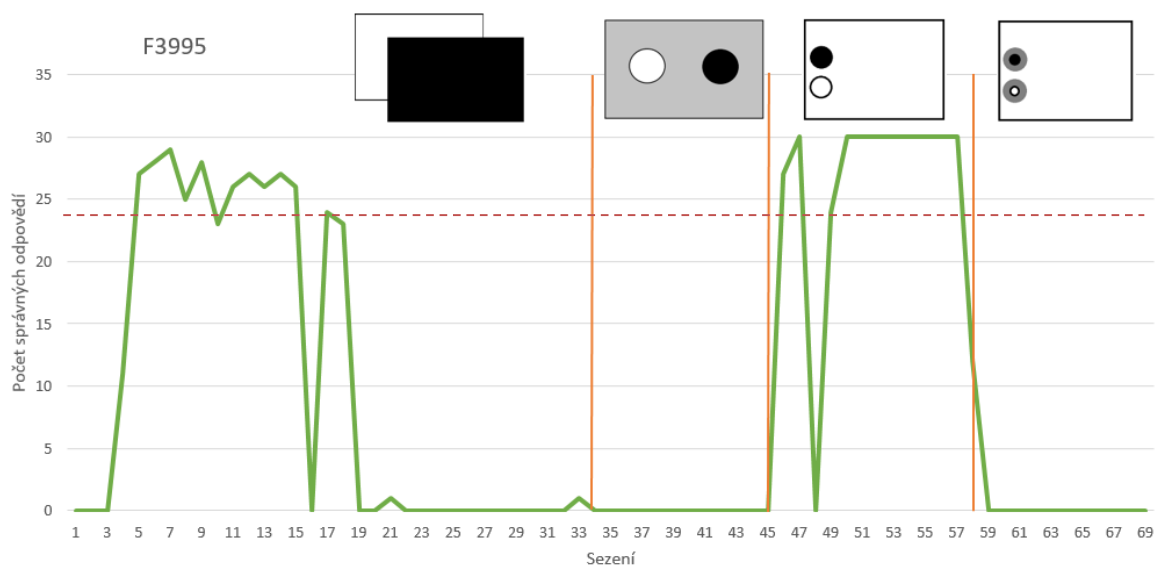
**Graf 5:** V grafu jsou zobrazené správné odpovědi přepočtené na 30 zobrazených stimulů. Úlohy jsou seřazeny dle prostředí. Oranžové čáry dělí jednotlivé úlohy od sebe. Červenou čárkovanou čarou je zobrazeno kritérium 80 %. Nad grafem jsou zobrazeny testované stimuly.



**Graf 6:** V grafu jsou zobrazené správné odpovědi přepočtené na 30 zobrazených stimulů. Úlohy jsou seřazeny dle prostředí. Oranžové čáry dělí jednotlivé úlohy od sebe. Červenou čárkovanou čarou je zobrazeno kritérium 80 %. Nad grafem jsou zobrazeny testované stimuly.



**Graf 7:** V grafu jsou zobrazené správné odpovědi přepočtené na 30 zobrazených stimulů. Úlohy jsou seřazeny dle prostředí. Oranžové čáry dělí jednotlivé úlohy od sebe. Červenou čárkovanou čarou je zobrazeno kritérium 80 %. Nad grafem jsou zobrazeny testované stimuly.



**Graf 8:** V grafu jsou zobrazené správné odpovědi přepočtené na 30 zobrazených stimulů. Úlohy jsou seřazeny dle prostředí. Oranžové čáry dělí jednotlivé úlohy od sebe. Červenou čárkovanou čarou je zobrazeno kritérium 80 %. Nad grafem jsou zobrazeny testované stimuly.

## 6 Diskuze

Existuje řada prací zkoumající diskriminační schopnosti holubů (Lazareva *et al.*, 2004, Aust & Huber, 2001). Autoři prací se nejčastěji zabývali otázkou, na základě jakých parametrů jsou holubi schopni diskriminovat. Dle literatury (Suková *et al.*, 2013) a předchozích zkušeností byla v našem experimentu zvolena nejjednodušší diskriminační úloha, kde se holubi učili metodou operantního podmiňování rozlišení černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu. I v práci Štorchové (Štorchová, 2010) se potvrdilo, že jedinci úspěšní v této úloze, používané jako pre-trénink pro pozdější složitější prostorové úlohy, vykazovali dobré výsledky i v následujících úlohách. Na základě ohromné schopnosti holubů diskriminovat mimořádné detaily reportované v literatuře (Gibson *et al.*, 2005) jsem předpokládala, že jednoduchou diskriminací černé/bílé obrazovky úspěšně zvládne většina jedinců. Důvodem úspěšné diskriminace menším počtem jedinců, než jsem očekávala, mohla být nedostatečná motivace některých jedinců úlohu aktivně řešit. První úlohu dokončili pouze čtyři jedinci. Avšak ani v dosavadní literatuře nejsou počty testovaných jedinců příliš vysoké (např. Aust & Huber, 2002) a mnohdy autoři neuvádějí, kolik jedinců bylo celkem trénováno na samotnou práci ve Skinnerově boxu. Většina provedených diskriminačních prací dokládá mimořádnou schopnost diskriminace u holubů, potvrzenou jen na několika jedincích např. 5 (Jistsumori & Yoshihara, 1997). Žádná práce se nezabývá komplexním testováním diskriminace na větším počtu jedinců reflektujícím distribuci různé míry kognitivních schopností v přirozené populaci, nebo větší chovné skupině. Jedinci testovaní v této práci, kteří úspěšně diskriminovali černou a bílou obrazovku, úspěšně diskriminovali i úlohy se zmenšenými stimuly včetně změny prostředí. Předpokládám, že pokud by byli podobně trénováni, naučili by se tyto nejlepší jedinci i složitější diskriminační úlohy, obdobné těm v literatuře.

### 6.1 Generalizace stimulu a prostředí

První úlohu (diskriminace černé a bílé obrazovky) ve Skinnerově boxu úspěšně dokončili 4 jedinci z testovaných 72, kdežto první úlohu v kleci (diskriminace černého a bílého víčka) úspěšně dokončilo 14 jedinců z 29. Téměř všechny diskriminační úlohy zkoumané u holubů se prováděly ve Skinnerově boxu. Prostředí v kleci se u holubů testovalo minimálně (Olthof & Roberts, 2000). Přestože se holubi běžně testují ve Skinnerově boxu, v tomto

experimentu pracovali lépe v principiálně podobné úloze v kleci, kde byla odměna umístěna přímo pod diskriminovaným odměňovaným stimulem. Lepších výsledků v kleci dosahovaly i sýkory koňadry (*Parus major*) v diplomové práci Nácara (Nácar, 2012). Zatímco v kleci jedinec při odkrytí víčka získal odměnu ukrytou pod víčkem hned, v boxu musel po klovnutí na obrazovku odejít k nejbližšímu krmítku pro odměnu. Navíc, první úloze v kleci předcházelo pre-trénink odkrývání misek, kde byla polovina jedinců vyřazena z důvodů naprosté neaktivity. První úloze ve Skinnerově boxu vyřazování jedinců nepředcházelo (pre-trénink ve Skinnerově boxu byl specifický). Špatně vedený pre-trénink ve Skinnerově boxu může částečně zdůvodňovat slabší úspěšnost (špatný shaping, rozložení složitého chování na jednotlivé kroky a postupné přibližování se správnému odměňovanému chování, zde klovnutí do dotykového monitoru). Testování všech jedinců, včetně neaktivních, je asi nejspíše zodpovědné za celkovou nižší aktivitu v této úloze (9 % ve Skinnerově boxu) oproti obdobné diskriminační úloze v kleci (41 %). Osobně se domnívám, že i požadovaná činnost (odkrývání víček) a získávání potravy ze země je pro holuby přirozenější, než spojit si požadované chování vůči stimulu (klovnutí do monitoru) s následným získáním potravy na jiném místě.

Při přechodu z druhé úlohy (diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu) do třetí úlohy (diskriminace černého a bílého víčka v kleci) byl zachován stejný vzhled stimulů při současné změně prostředí a způsobu odměny. Jedinci, kteří úspěšně prošli úlohou ve Skinnerově boxu, pracovali se stejnou úspěšností i v kleci již od prvního sezení. Holubi tak aplikovali pravidla diskriminace z úlohy ve Skinnerově boxu na úlohu v kleci. Schopnost generalizace prostředí se v našich pokusech potvrdila, neboť 2 jedinci pracující ve Skinnerově boxu dosahovali 100% úspěšnosti i v kleci již od prvního sezení, třetí jedinec se mírně zhoršil a klesl ze 100 % na 90 %.

Velkou vědeckou pozornost vzbudila práce Watanabe a kol. (1995), kde holubi dokázali diskriminovat obrazy různých malířských stylů (např. impresionismus od kubismu) a aplikovat tato naučená pravidla diskriminace na malby dalších pro ně neznámých autorů (generalizovali a rozlišovali i pro ně nové stimuly). Existuje i několik dalších studií, ukazujících, že holubi dobře zvládají přechod na nové stimuly se stejnými pravidly diskriminace (Bhatt *et al.*, 1988, Bovet & Vauclair, 2000). Zároveň bylo zjištěno, že po změně metody z postupného prezentování stimulů (sukcesivní prezentace stimulů) na souběžné prezentování stimulů

(simultánní způsob prezentace) mají obvykle holubi lepší výsledky právě při simultánním způsobu prezentování stimulů (Wasserman & Zentall, 2006). Proto jsme předpokládali, že jedinci úspěšní v první úloze v experimentální kleci či ve Skinnerově boxu budou úspěšní i v následujících úlohách testovaných ve stejném prostředí, ovšem se zmenšenými stimuly.

Na základě výše uvedené literatury jsme se rozhodli v úlohách ve Skinnerově boxu změnit design a zmenšit stimuly. Diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu designovaná sukcesivně (první testovaná úloha) se jedinci naučili průměrně po 6-12 sezeních (Štorchová, 2010). Navazující úlohu diskriminace černého a bílého kruhu designována simultánně (druhá úloha) zvládli jedinci už od 1. sezení, tedy bez postupného učení. Zdá se, že generalizovali pravidla z první úlohy a aplikovali je na druhou úlohu i při změně designu a velikosti stimulu. Schopnost generalizace zmenšeného stimulu při změně designu se v našich pokusech potvrdila. Pokud se podíváme na několik málo jedinců testovaných v prostředí Skinnerova boxu, kde došlo ke zmenšení stimulu z celé obrazovky na malé bílé kolečko, vidíme, že nenastala výrazná změna v úspěšnosti. Dva jedinci (F3985, F3224) si udrželi 100% úspěšnost v obou úlohách, přestože samice F3985 ze začátku klovala i těsně vedle bílého kolečka a postupem času se její odpověď zpřesnila. Jeden testovaný jedinec přestal být v následující úloze aktivní a poklesl z 94% úspěšnosti v první úloze na 0 % v úloze druhé. Je to možná i tím, že tato samice byla v podobné úloze již testována (lišila se pozice kolečka na monitoru) v předchozí práci Štorchové (2010). Bohužel, jedinců kteří uspěli v první úloze ve Skinnerově boxu bylo málo, a proto by bylo dobré tento fakt (generalizace různých metodik) prověřit ještě v budoucnu, ovšem s opačným pořadím úloh.

Změna v úspěšnosti nastala mezi úlohami v kleci, kdy byl bílý pozitivní stimul výrazně zmenšen do tvaru kruhu umístěného uprostřed víčka. Průměrná úspěšnost na konci první úlohy v kleci byla 96 %, průměrná úspěšnost na začátku druhé úlohy pak 58 %. I jedinci, kteří doposud procházeli mezi úlohami bez viditelného snížení úspěšnosti, zde ve výkonu značně poklesli. Z téměř 100% úspěšnosti se jejich úspěch snížil na téměř 50% hranici náhody. Zdá se, že při přechodu mezi těmito úlohami nedokázali jedinci stimuly generalizovat tak úspěšně, jako v případě změny prostředí nebo změny designu pokusu. Stimuly se však postupně dokázali naučit. Část testovaných jedinců však již nebyla diskriminace schopna (ztráta motivace, ztráta aktivity) a ostatním se výrazně prodloužil čas potřebný k naučení diskriminace až na 36 sezení.

Problém mohl být v přílišném zmenšení stimulu, např. ve studii od Austa a Hubera (2002) se ukázalo, že při přílišném zmenšení stimulu už je jedinci nedokážou rozlišit, ovšem při postupném zmenšování klíčových znaků to nějakou dobu zvládají (Aust & Huber, 2001; Pisacreta *et al.*, 1984). Přestože stimuly vypadají na první pohled podobně, bílá plocha je zde zmenšená, a je možné, že jedinci vnímají celý stimul jako celek, tudíž pro ně bílé kolečko ohraničené černou mohlo být matoucí, neboť se zde setkává bílá barva (označující pozitivní stimul) s černou barvou (označující negativní stimul).

## 6.2 Vliv parametrů na úspěšnost v úlohách

Ve třech ze čtyř testovaných úloh byl signifikantní vliv délky testování. V první úloze ve Skinnerově boxu se s delší dobou testování výkon snižoval, což by mohlo být způsobeno postupným poklesem ochoty spolupracovat v kognitivně náročnějším designu. Naopak v první úloze v kleci byla kratší doba testování znamením lepších výsledků. To odpovídá možné generalizaci stimulů z předchozí úlohy, která je v diskriminačních úlohách u holubů často pozorována (Bhatt *et al.*, 1988, Bovet & Vauclair, 2000).

Ve dvou ze čtyř úloh vyšel průkazný vliv věku v době prvního testování. Nejdříve mohli jít ptáci do testování od prvního měsíce věku, většina z nich šla okolo tří měsíců věku, ale někteří jedinci byli z důvodu souběhu testování velkého množství jedinců testování později, někteří poprvé až v jednom roce. Tato variabilita ve věku prvního testování patrně vedla k efektu vyšší úspěšnosti u jedinců, kteří byli testování v ranějším věku – předpokládáme, že jedinci si v mladším věku snáze osvojili proceduru testování a vykazovali následně nižší míru neofobie. U mláďat jsme pozorovali při brzkém handlingu nižší míru strachu při odchytu.

Výrazné změny ve výsledcích nastaly u druhé úlohy (diskriminace zmenšených stimulů) ve Skinnerově boxu a v kleci. Zatímco v boxu vyšel signifikantně vliv všech proměnných, v kleci nevyšel žádný signifikantní vliv. Výrazný rozdíl výsledků může být způsoben velmi malým vzorkem testovaných jedinců, individuální kognitivní strategie jsou pak více patrné a nelze spolehlivě detekovat vliv systematických proměnných. V druhé úloze ve Skinnerově boxu pracovali aktivně pouze tři jedinci, v kleci pak 7 jedinců. Nesignifikantní vliv sledovaných parametrů (váha, věk, délka testování, dominantní index) v nejtěžší úloze diskriminace redukováného stimulu v kleci je zapříčiněn tím, že tuto úlohu úspěšně dokončilo 7 jedinců

napříč všemi sledovanými vlastnostmi. Úloha byla nejtěžší z důvodu výrazného zmenšení stimulu a také proto, že ve všech předchozích úlohách byli jedinci odměněni vždy za klovnutí na bílou barvu, která byla na celém stimulu. V této úloze byl bílý stimul na víčku jen ve středu a okraj víčka byl šedý – tato neznámá barva je mohla mást. Vyskytují se zde mladí i starší jedinci, věk v době prvního testování u nich byl různý. Vyskytují se zde dominantními i méně dominantními jedinci. Dá se říci, že 7 jedinců, kteří prošli touto úlohou úspěšně, tvoří zcela náhodný vzorek z populace vzhledem ke sledovaným znakům. Jednalo se o 3 samice a 4 samce, dominantní index u těchto jedinců se pohyboval v rozmezí 0,52 - 0,8 pro obě pohlaví (tabulka 5).

### **6.3 Vliv individua a sezení – míra učení**

Vliv individua byl průkazný ve všech úlohách. V obou úlohách ve Skinnerově boxu pak i vliv počtu sezení. Výsledky ukázaly, že ve Skinnerově boxu se holubi patrně učili po stejném počtu sezení. To by odpovídalo výsledkům ze Skinnerova boxu ve studii od Štorchové (2010), kde se všichni úspěšní jedinci naučili úlohu v boxu v rozmezí 6-12 sezení. Naopak při testování v kleci nebyl vliv konkrétních sezení prokázán. Neexistuje zde nějaké typické sezení, kdy by většina jedinců začala úlohu chápat. Někteří jedinci úlohu pochopili rychleji, jiní pomaleji, ale každý jedinec za jinak dlouhý počet sezení. Nejlepším jedincům stačilo pro splnění kritérií 8 sezení, těm nejpomalejším pak 36 sezení.

U několika starších jedinců (M2945, F3995) docházelo v průběhu testování první úlohy (diskriminace černé a bílé obrazovky) k postupnému snižování úspěšnosti. Tento jev je pravděpodobně spojen se snižujícím se zájmem o tuto úlohu u starších jedinců, kteří již byli předtím testováni ve Skinnerově boxu. Je tedy možné, že ztratili ochotu řešit úlohy podobného typu. Tuto teorii potvrzuje i fakt, že část z těchto starších neaktivních zvířat v boxu později začala pracovat v kleci (M2945, F3995, M3831).

Signifikantně vyšel i vliv sezení, kdy průkazně druhé a třetí sezení dopadlo hůře než první. Domnívám se, že je to tím, že dvě úspěšné samice měly na začátku testování problém s aktivitou a v druhém a třetím sezení měly aktivitu značně sníženou. Třetí subjekt, samec, byl aktivní po celou dobu testování. Páté, desáté a dvanácté sezení vyšlo lépe než první a nejspíše tedy odráží pochopení řešené úlohy. To by mohlo souviset s tím, že v dalších sezeních už si byli jedinci

úlohou jisti, byli aktivní a odpovídali vždy správně.

## 6.1 Hierarchie

Ukázalo se, že pozice jednotlivých jedinců ve skupině se může v rámci jednotlivých let měnit. Největší vliv na změnu hierarchie má příchod nových jedinců do skupiny (Noble, 1939). Do naší skupiny přibývali pouze narození mladí jedinci, výrazné změny v pozici jedince tak byly zapříčiněny zejména změnou zdravotního stavu. Mezi lety 2015 a 2016 pozice samic korelovaly ze 78 % a pozice samců z 45 %. Méně stabilní hierarchie samců může být způsobena vyšší kompeticí a snahou bojovat o hnízdní místa a o samice zároveň. Samice mají hierarchii stabilnější, protože mají tendenci pouze bránit hnízdní místo.

Zaměřili jsme se na fyzické znaky, protože je smysluplné předpokládat vliv velikosti na pozici v hierarchii. Můžeme předpokládat, že větší jedinci jsou i silnější a úspěšnější v sociálních interakcích (Kurvers, *et al.*, 2009) a budou mít tedy vyšší hierarchické postavení. V této práci byl vliv velikosti těla na dominanci potvrzen u hus.

Vliv hmotnosti, věku či postavení hnízdního partnera na postavení testovaného jedince se v naší práci nepotvrdil. Tyto výsledky jsou v souladu s literaturou, např. ve studii od Chao-Chien Chen *et al.* (2011) se u holubů neprokázal vliv hmotnosti a velikosti těla na jejich dominantní index. V jiné studii se ukázalo, že pravděpodobně ani postavení hnízdního partnera nemělo na dominantní index jedince vliv (Robichaudet *et al.*, 1996). Vliv věku na dominantní index jedince byl demonstrován ve studii zabývající se druhy z čeledi *Paridae*, ovšem pouze u teritoriálních druhů (Dingemanse & de Goede, 2004).

V naší práci nebyla nalezena souvislost mezi dominantním indexem a úspěšností v kognitivních úlohách. Ke stejným výsledkům dospěla i studie testující tuto hypotézu u kuřat (Croney *et al.*, 2007). Všechny úspěšné samice však patřily do nejvyšší čtvrtiny hierarchického žebříčku. V naší poslední testované úloze vyšel signifikantně vliv dominantního indexu pouze u samců, a to v úloze diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci, ale výsledky byly získané na základě malého vzorku jedinců (pouze sedm testovaných samců). Dominantní indexy u čtyř testovaných samců (M0534, M1626, M1631, M3831) se pohybovaly od 0,79 do 0,92. Tito jedinci se nacházejí v první čtvrtině populace. Dva jedinci (M2945, M3222) mají dominantní index 0,52 a 0,56, nacházejí se tak v polovině populace. Poslední

testovaný jedinec (M0481) se výrazně odlišoval a měl hodnotu pouze 0,24 a je v nejnižší čtvrtině. Dominanční index u samců se v celé populaci se nacházel v rozmezí od 0 do 0,92.

V práci od Robichaud et al., (1996) se ukázalo, že dominantnější jedinci mají často favorizovanou potravu – to je jeden z možných důvodů, proč nejdominantnější jedinci nemají vyšší úspěšnost v diskriminaci (k oblíbené potravě se v dostatečné míře dostanou již při krmení, a nemají tak motivaci získávat tuto oblíbenou potravu při tréninku). Naši jedinci jsou totiž běžně krmeni malým množstvím hrachu (preferovaná potrava u většiny jedinců), který představuje také odměnu v diskriminační úloze. Je možné, že následně nemají dostatečnou motivaci pracovat v úlohách, naopak mírně níže postavení samci spolupracují. Celkově však byla většina úspěšnějších zvířat v našem pokusu v první vrchní polovině dominantního žebříčku. Podrobně byl testován vliv dominantního indexu pouze u těch jedinců, kteří byli v úlohách úspěšní. O většině dalších jedinců s minimální kognitivní schopností ve vztahu k dominantnímu indexu nemůžeme nic tvrdit.

## 6.2 Porovnání jednotlivých úloh

Celkem 14 jedinců prošlo všemi čtyřmi úlohami. Z vykreslených celkových grafů všech těchto jedinců lze vyzkoušet několik individuálních i systemaických trendů v míře odpovědí, které se mezi nimi objevovaly.

První trend, objevující se u tří testovaných jedinců, bylo postupné snižování úspěšnosti a aktivity v poslední úloze (diskriminace redukováných stimulů, obrázek 12) v kleci. Tato úloha byla nejobtížnější i pro nejúspěšnější jedince. Je tak možné, že byla pro holuby příliš náročná, a proto přestali být aktivní. Je možné, že jedinci, kteří neporozumí úloze hned na začátku, ztrácejí zájem v úloze reagovat (graf 4). To je zřejmě důvodem postupného poklesu aktivity v poslední úloze. Postupný pokles aktivity v náročnějších úlohách se potvrdil i v navazujících testech absolutní početnosti (Kováčsová, 2016).

Druhý trend se objevil u dvou jedinců (graf 5). Ti byli v prvních dvou úlohách v boxu (diskriminace černé a bílé obrazovky, diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu, obrázek 6 a 7) neaktivní, ale jejich úspěšnost v úlohách v kleci byla vyrovnaná,

ač nepříliš vysoká, a přechod mezi těmito úlohami se obešel bez výrazného výkyvu. Ne vždy však málo správných odpovědí může znamenat procentuální snížení úspěšnosti, může to také značit pouze snížení aktivity.

Třetí trend v kolísání úspěšnosti byl pozorován u pěti holubů (graf 6). Tito jedinci byli značně úspěšní v první úloze v kleci (diskriminace černého a bílého víčka), ovšem při přechodu do druhé úlohy (zmenšení stimulů) došlo k propadu úspěšnosti, která se pak postupně opět zvyšovala. Druhá úloha v kleci byla pro holuby obtížnější a museli se ji znovu naučit, zároveň to však vypovídá o tom, že se jedincům nedařilo mezi těmito úlohami přenést pravidla pro odpověď na novou úlohu.

Čtvrtý trend nastal u tří samic (graf 7). Tyto samice měly po celou dobu testování podobné výsledky. Při přechodu na novou úlohu se u nich sice objevilo snížení úspěšnosti, ale toto snížení se objevovalo i během testování daných úloh. Je možné, že tato situace se objevuje u nejlepších jedinců, protože samice F3985 a F3224 zvládly již první dvě úlohy ve Skinnerově boxu úspěšně (diskriminace černé a bílé obrazovky, diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu) a úspěšně pokračovaly i v kleci (diskriminace černého a bílého víčka, diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu). Během testování kolísala spíše míra ochoty spolupracovat než počet chybných odpovědí.

Poslední situace nastala u samice F3995 (graf 8). V této situaci samice úspěšně pracovala na začátku první úlohy v boxu (diskriminace černé a bílé obrazovky) a v první úloze v kleci (diskriminace černého a bílého víčka). V druhé úloze (diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu v boxu) a čtvrté úloze (diskriminace redukovaného černého a bílé stimulu v kleci) byla neaktivní. Je možné, že její neaktivita souvisela s tím, že nechápala úlohu, proto nechtěla reagovat. Lze i hovorově říci, že samici začátek testování bavil a jednoduché úlohy jí šly. Naopak v dalším testování těžších úloh už nebyla aktivní, nejspíše proto, že ji nebavilo řešit úlohu s velkým procentem neúspěšných voleb. Její změna aktivity mezi úlohami byla velmi radikální, což se u žádného jiného ptáka neukázalo. Tato samice přestala pracovat stejně jako jiní jedinci (M0534, M3831, F1668), avšak pokles její aktivity byl mnohem radikálnější.

## 7 Závěr

Tato práce pojednává o individuálních diskriminačních schopnostech holubů domácích i o systematických trendech, které výkonnost holubů v diskriminačních testech ovlivňují. V teoretické části jsem shrnula výsledky dosud provedených diskriminačních úloh u holubů, s důrazem na další kognitivní schopnosti s diskriminací související. Nakonec jsem shrnula výzkum hierarchie u ptáků a její možný vliv jako proximálního faktoru na individuální míru kognitivních schopností.

V experimentální části své práce jsem testovala skupinu jedinců (původně 72 jedinců) holuba domácího (*Columba livia*) ve čtyřech na sebe navazujících úlohách 1) diskriminace černé a bílé obrazovky ve Skinnerově boxu, 2) diskriminace černé a bílé plochy ve tvaru kruhu ve Skinnerově boxu, 3) diskriminace černého a bílého víčka v kleci 4) diskriminace redukovaného černého a bílého stimulu na víčku v kleci. Úlohy se od sebe lišily prostředím (Skinnerův box, klec) a velikostí stimulů (postupné zmenšení). Zkoumala jsem vliv hierarchie a dalších proximálních znaků na úspěšnost v daných úlohách.

Ze 72 testovaných jedinců ve všech variantách diskriminační úlohy uspělo podle arbitrárních kritérií (80% úspěšnost) pouze 8 jedinců, kteří byli dále testováni v navazujících kognitivních úlohách absolutní početnosti (Kováčsová, 2016). Potvrdilo se, že jedinci, kteří úspěšně dokončili jednodušší úlohu, pracovali úspěšně i v dalších úlohách, jednoduchá diskriminace černého a bílého stimulu je tak ideálním pre-tréninkem pro další úlohy.

Jedinci jsou schopni generalizace stimulů při změně prostředí. Výrazně vyšší však byl počet úspěšných jedinců v kleci (14 z 29 jedinců v první úloze, 7 z 14 jedinců v druhé úloze) oproti úlohám ve Skinnerově boxu (4 ze 72 jedinců v první úloze, 3 z 14 jedinců v druhé úloze). Prostředí v kleci je tak pro ně více motivující. Jedinci jsou schopni generalizace zmenšených stimulů do pouze jisté míry. Ve čtvrté úloze s nejvíce změněnými stimuly již jedinci nebyli schopni generalizovat obecné pravidlo diskriminace předchozích úloh (bílá je vždy odměňovaná) a danou úlohu se tak museli naučit znovu.

Vliv hierarchie na úspěšnost v testech se nepotvrdil. Ukázalo se však, že samice mají stabilnější hierarchii než samci a úspěšné samice jsou v hierarchii na vyšších příčkách.

Konkrétní parametr, který má vliv na dominantní index, se nenašel. Testovány byly věk, váha a dominantní index partnera.

Z proximálních parametrů majících vliv na kognitivní úspěšnost v testech se potvrdil vliv věku v době prvního testování jedince a vliv celkové doby testování. Tento poznatek bude použit při dalším testování, kdy se všichni jedinci začnou testovat v co nejmenším možném věku.

Vzhledem k tomu, že v současné době existuje málo prací srovnávajících kognitivní úspěšnost s osobními znaky u ptáků, bylo by v budoucnu možné se dále věnovat srovnávání úspěšnosti v diskriminačních úlohách s dalšími osobními vlastnostmi, jako míra neofobie či reaktivita.

## 8 Reference:

- Aust, U., & Huber, L. (2001).** The role of item- and category-specific information in the discrimination of people versus nonpeople images by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 29(2), 107–119.
- Aust, U., & Huber, L. (2002).** Target-defining features in a “people-present/people-absent” discrimination task by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 30(2), 165–76.
- Aust, U., & Huber, L. (2010).** The role of skin-related information in pigeons’ categorization and recognition of humans in pictures. *Vision Research*, 50(19), 1941–8.
- Bayly, K. L., Evans, Ch. S. & Taylor, A. (2006).** Measuring social structure: A comparison of eight dominance indices. *Behavioural Processes* 73. 1 – 12.
- Bhatt, R. S., Wasserman, E. A., Reynolds, W. F., & Knauss, K. S. (1988).** Conceptual behavior in pigeons: Categorization of both familiar and novel examples from four classes of natural and artificial stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 14(3), 219–234.
- Biro, D., Guilford, T., Dell’Omo, G., Lipp, H.P. (2002).** How the viewing of familiar landscapes prior to release allows pigeons to home faster: evidence from GPS tracking. *J. Exp. Biol.*, 205, 3833–3844.
- Bovet, D., & Vauclair, J. (2000).** Picture recognition in animals and humans. *Behavioural Brain Research*, 109(2), 143–165.
- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956).** *A Study of Thinking*. New York: Wiley.
- Cerella, J. (1980).** The pigeon’s analysis of pictures. *Pattern Recognition*, 12(1), 1–6.
- Cerella, J. (1986).** Pigeons and perceptrons. *Pattern Recognition*, 19(6), 431–438.
- Cook, R. G., & Smith, J. D. (2006).** Stages of abstraction and exemplar memorization in pigeon category learning. *Psychological Science*, 17(12), 1059–67.
- Cook, R. G., & Wasserman, E. A. (2007).** Learning and transfer of relational matching-to-sample by pigeons. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(6), 1107–1114.
- Cook, R. G., Wright, A. a, & Drachman, E. E. (2013).** Categorization of birds, mammals, and chimeras by pigeons. *Behavioural Processes*, 93, 98–110.
- Crone, C. C., Prince-Kelly, N., & Meller, C. L. (2007).** A note on social dominance and learning ability in the domestic chicken (*Gallus gallus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 105(1), 254–258.
- Dell’Ariceia, G., Dell’Omo, G., Wolfer, D.P., Lipp H.P. (2008).** Flock flying improves pigeons’ homing: GPS track analysis of individual flyers versus small groups. *Anim. Behav.*, 76 (4), 1165–1172.

- Dingemans, N. J., & de Goede, P. (2004).** The relation between dominance and exploratory behavior is context-dependent in wild great tits. *Behavioral Ecology*, 15(6), 1023-1030.
- Dittrich, L., Adam, R., Unver, E., & Güntürkün, O. (2010).** Pigeons identify individual humans but show no sign of recognizing them in photographs. *Behavioural Processes*, 83(1), 82–9.
- Dumas, C., & Wilkie, D. M. (1995).** Object permanence in ring doves (*Streptopelia risoria*). *Journal of Comparative Psychology*, 109(2), 142.
- Fagot, J., Wasserman, E. A., & Young, M. E. (2001).** Discriminating the relation between relations: The role of entropy in abstract conceptualization by baboons (*Papio papio*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 27(4), 316–328.
- Forkman, B. (1998).** Hens use occlusion to judge depth in a two-dimensional picture. *Perception*, 27(7), 861–867.
- Forkman, B., & Vallortigara, G. (1999).** Minimization of modal contours: an essential cross-species strategy in disambiguating relative depth. *Animal Cognition*, 2(4), 181–185.
- Fujita, K. (2001).** Perceptual completion in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) and pigeons (*Columba livia*). *Percept Psychophys*, 63, 115–125.
- Gagliardo, A., Ioale, P., Savini, M., Lipp, H.P., Dell’Omo, G. (2007).** Finding home: the final step of the pigeons’ homing process studied with a GPS data logger. *J. Exp. Biol.*, 210, 1132–1138.
- Gibson, B. M., Wasserman, E. A., Gosselin, F., & Schyns, P. G. (2005).** Applying bubbles to localize features that control pigeons’ visual discrimination behavior. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 31(3), 376–382.
- Groothuis, T. G., & Carere, C. (2005).** Avian personalities: characterization and epigenesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(1), 137-150.
- Guillette, L. M., Reddon, A. R., Hoeschele, M., & Sturdy, C. B. (2010).** Sometimes slower is better: slow-exploring birds are more sensitive to changes in a vocal discrimination task. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, rspb20101669.
- Herrnstein, R., & Loveland, D. (1964).** Complex visual concept in the pigeon. *Science*, (October), 1–3.
- Herrnstein, R., Loveland, D., & Cable, C. (1976).** Natural concepts in pigeons. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2(4), 285–302.
- Hienz, R. D., Sachs, M. B., & Sinnott, J. M. (1981).** Discrimination of steady-state vowels by blackbirds and pigeons. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 70(3), 699-706.
- Huber, L. (2001).** Visual Categorization in Pigeons. Retrieved from <http://pigeon.psy.tufts.edu/avc/huber/default.htm>
- Huber, L., & Lenz, R. (1996).** Categorisation of prototypical stimulus classes by pigeons. *The*

Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49B(2), 111–133.

**Chen, C. C., Wu, H. Y., Liu, T. T., & Shieh, B. S. (2011).** Dominance Rank and Interference Competition in Foraging among Six Species of Birds in a Park in Kaohsiung City, Taiwan. *臺灣林業科學*, 26(3), 255-266.

**Jitsumori, M., & Yoshihara, M. (1997).** Categorical discrimination of human facial expressions by pigeons: A test of the linear feature model. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50B(3), 253–268.

**Katz, J. S., & Wright, A. A. (2006).** Same/different abstract-concept learning by pigeons. *Journal of Experimental Psychology. Animal Behavior Processes*, 32(1), 80–86.

**Kelly, D.M., Spetch, M.L. (2004).** Reorientation in a two-dimensional environment: II. Do pigeons (*Columba livia*) encode the featural and geometric properties of a two dimensional schematic of a room? *J. Comp. Psychol.*, 118, 384–395.

**Kocourková, Z. (2014),** Koncept člověka v procesu kategorizace u ptáků, Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 40.

**Kováčková, D. (2016),** Vzájemný vztah výkonnosti v principiálně různých kognitivních testech: diskriminační učení vs. numerické schopnosti a vliv sociálního postavení ve skupině, Diplomová práce, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 111.

**Krachun, C., & Plowright, C. M. S. (2007).** When pigeons in motion lose sight of their food: behaviour on visible displacement tasks revisited. *Canadian journal of zoology*, 85(5), 644-652.

**Kurvers, R. H., Eijkelenkamp, B., van Oers, K., van Lith, B., van Wieren, S. E., Ydenberg, R. C., & Prins, H. H. (2009).** Personality differences explain leadership in barnacle geese. *Animal Behaviour*, 78(2), 447-453.

**Landau, H. G. (1951).** On dominance relations and the structure of animals societies: I. effect of inherent characteristics. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 13. 1 – 19.

**Laurence, S., & Margolis, E. (1999).** Concepts and Cognitive Science. In S. Laurence & E. Margolis (Eds.), *Concepts: Core Readings*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

**Lazareva, O. F., & Wasserman, E. A. (2008).** Categories and concepts in animals. In R. Menzel (Ed.), *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 197–226). Oxford: Elsevier.

**Lazareva, O. F., Freiburger, K. L., & Wasserman, E. A. (2004).** Pigeons concurrently categorize photographs at both basic and superordinate levels. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(6), 1111–1117.

**Lea, S. E. G., Slater, A. M., & Ryan, C. M. E. (1996).** Comparison of object unity in chicks: a comparison with the human infant. *Infant Behavior & Development*, 19(4), 501–504.

**Lipp, H.P., Vyssotski, A.L., Wolfer, D.P., Renaudineau, S., Savini, M., Tröster, G., Dell’Omo, G. (2004).** Pigeon homing along highways and exits. *Curr. Biol.*, 14, 1239–1249.

- Marcus, G. F., Vijayan, S., Bandi Rao, S., & Vishton, P. M. (1999).** Rule learning in 7-month-old infants. *Science*, 283, 77–80.
- Mehlhorn, J., Rehkämper G. (2009).** Neurobiology of the homing pigeon—a review. *Naturwissenschaften*, 96, 1011–1025.
- Nagasaka, Y., & Wasserman, E. A. (2008).** Amodal completion of moving objects by pigeons. *Perception*, 37(4), 557–570.
- Nácar, D. (2012),** Sýkora koňadra (*Parus major*) jako modelový druh v prostorově kognitivních úlohách, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, 65
- Nagasaka, Y., Lazareva, O. F., & Wasserman, E. A. (2007).** Prior experience affects amodal completion in pigeons. *Perception & psychophysics*, 69(4), 596-605.
- Neumann, P. G. (1977).** Visual prototype formation with discontinuous representation of dimensions of variability. *Memory & Cognition*, 5(2), 187–197.
- Noble, G. K. (1939).** The role of dominance in the social life of birds. *The Auk*, 56(3), 263-273.
- Olthof, A., & Roberts, W. A. (2000).** Summation of symbols by pigeons (*Columba livia*): The importance of number and mass of reward items. *Journal of Comparative Psychology*, 114(2), 158.
- Pearce, J. (1994).** Similarity and Discrimination: A Selective Review and a Connectionist Model. *Psychological Review*, 101(4), 587–607.
- Pepperberg, I. M., Willner, M. R., & Gravitz, L. B. (1997).** Development of Piagetian object permanence in grey parrot (*Psittacus erithacus*). *Journal of Comparative Psychology*, 111(1), 63
- Piaget, J. (1954).** The development of time concepts in the child. In *Proceedings of the annual meeting of the American Psychopathological Association* (p. 34).
- Piaget, J. (1976).** Piaget's theory. In *Piaget and his school* (pp. 11-23). Springer Berlin Heidelberg.
- Pisacreta, R., Potter, C., & Lefave, P. (1984).** Matching of varying-size form stimuli in the pigeon. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 22(6), 591-593.
- Poole, J., & Landert, D. G. (1971).** The pigeon's concept of pigeon. *Psychonomic Science*, 25(3), 157–158.
- Robichaud, D., Lefebvre, L., & Robidoux, L. (1996).** Dominance affects resource partitioning in pigeons, but pair bonds do not. *Canadian journal of zoology*, 74(5), 833-840.
- Sekuler, A. B., Lee, J. A. J., & Shettleworth, S. J. (1996).** Pigeons do not complete partly occluded figures. *Perception*, 25(9), 1109–1120.
- Schrier, A. M., Stollnitz, F., & Green, K. F. (1963).** Titration of spatial SR separation in discrimination by monkeys (*Macaca mullata*). *Journal of comparative and physiological psychology*, 56(5), 848.

- Smirnova, A. A., Lazareva, O. F., & Zorina, Z. A. (2000).** Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning. *Journal of the experimental analysis of behavior*, 73(2), 163-176.
- Smith, J. D., Ashby, F. G., Berg, M. E., Murphy, M. S., Spiering, B., Cook, R. G., & Grace, R. C. (2011).** Pigeons' categorization may be exclusively nonanalytic. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(2), 414–21.
- Smith, J. D., Beran, M. J., Crossley, M. J., Boomer, J., & Ashby, F. G. (2010).** Implicit and explicit category learning by macaques (*Macaca mulatta*) and humans (*Homo sapiens*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 36, 54–65.
- Spetch, M.L., Wilkie, D.M. (1994).** Pigeons' use of landmarks presented in digitized images. *Learn. Motiv.*, 25, 245–275.
- Straub, R. O. & Terrace, H. S. (1981).** Generalization of serial learning in the pigeon. *Animal Learning & Behavior* 9 (4). 454-468.
- Suková, K., Uchytlová, M., & Lindová, J. (2013).** Abstract concept formation in African grey parrots (*Psittacus erithacus*) on the basis of a low number of cues. *Behavioural processes*, 96, 36-41.
- Štorchová, Z. (2010),** Kognitivní funkce ptáků, založené na abstraktních zrakových stimulech, Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 74.
- Toda, K., Watanabe, S. (2008).** Discrimination of moving images of self by pigeons (*Columba livia*). *Anim. Cogn.*, 11(4), 699-705.
- Troje, N. F., Huber, L., Loidolt, M., Aust, U., & Fieder, M. (1999).** Categorical learning in pigeons: The role of texture and shape in complex static stimuli. *Vision Research*, 39(2), 353–366.
- Tvardíková, K., & Fuchs, R. (2010).** Tits use amodal completion in predator recognition: a field experiment. *Animal Cognition*, 13(4), 609–615.
- Ushitani, T., & Fujita, K. (2005).** Pigeons do not perceptually complete partly occluded photos of food: An ecological approach to the “pigeon problem.” *Behavioural Processes*, 69(1), 67–78.
- Vaughan, W., & Greene, S. L. (1984).** Pigeon visual memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 10(2), 256–271.
- Vyssotski, A.L., Dell’Omo, G., Dell’Ariccia, G., Abramchuk, A.N., Serkov A.N., Latanov, A.V., Loizzo, A., Wolfer, D.P., Lipp, H.P. (2009).** EEG responses to visual landmarks in flying pigeons. *Curr. Biol.*, 19, 1159-1166.
- Wasserman, E. A., & Zentall, T. R. (2006).** *Comparative cognition: Experimental explorations of animal intelligence*. Oxford University Press, USA.
- Watanabe, S., Sakamoto, J., & Wakita, M. (1995).** Pigeons' discrimination of paintings by Monet and Picasso. *Journal of the Experimental ...*, 63(2), 165–174.
- Wiltschko, R., Wiltschko, W. (2003).** Avian navigation: from historical to modern concepts. *Anim.*

Behav., 65, 257–272.

**Wiltschko, W., Wiltschko, R. (2005).** Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *J. Comp. Physiol. A*, 191, 675–693.

**Zentall, T. R., Wasserman, E. a., Lazareva, O. F., Thompson, R. K. R., & Rattermann, M. J. (2008).** Concept Learning in Animals. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 3, 13–45.