Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie

Centrum pro výzkum chování psů

Schopnost psů vycvičených k detekci EGDN generalizovat tento pach a detekovat PGDN

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Rindošová

Vedoucí práce: Ing. Ludvík Pinc, Ph.D.

2015/2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Schopnost psů vycvičených k detekci EGDN generalizovat tento pach a detekovat PGDN“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne: ……

……

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Ludvíku Pincovi, Ph.D. za jeho příkladné vedení při tvorbě mé bakalářské práce, hlavně jeho trpělivost, cenné rady a zkušenosti s výcvikem psů. Dále bych chtěla poděkovat celé mojí rodině za trpělivost a zázemí, které mi dodávala po celou dobu.

Obsah

Obsah 4
Souhrn 5
Summary 6
1 Úvod 7
2 Literární rešerše 9
2.1 Anatomie čichového ústrojí 9
2.2 Teorie vnímání pachu 10
2.2.1 Vibrační teorie 11
2.2.2 Prostorová teorie 11
2.2.3 Teorie tvaru funkčních skupin 11
2.3 Generalizace pachu 12
2.4 Terorismus 13
2.4.1 Výbušniny jako nástroj teroru 15
2.5 Výbušniny 17
2.5.1 Nitrosloučeniny 17
2.5.2 EGDN 19
2.5.3 PGDN 19
2.6 Detekce výbušnin 20
3 Materiál a metody 21
3.1 Výcvik 21
3.2 Podmínky při experimentu 24
3.3 Průběh experimentu 26
4 Výsledky 27
4.1 Vyhodnocení 27
5 Diskuze 28
6 Závěr 29
7 Seznam literatury 30
7.1 Internetové zdroje 33

Souhrn

Čich psa je předmětem neustálého zkoumání a stále není plně objasněno mnoho aspektů jeho fungování. Tento výzkum měl za cíl ověřit schopnost psů generalizovat pach naučené látky na látku se stejnou funkční skupinou, v tomto případě u výbušnin EGDN a PGDN. Vycházelo se z hypotézy, že pes vycvičený k detekci EGDN bude schopen detekovat PGDN bez předchozího kontaktu. K detekci výbušnin se psi používají už několik desetiletí a stali se důležitou součástí armádních policejních sborů po celém světě. Pomáhají chránit obyvatelstvo nejen před nebezpečnými látkami, ale i před vzrůstajícím nebezpečím terorismu. Pro výzkum byly vybrány dvě feny plemene curly coated retriever z autorčina domácího prostředí, u kterých bylo jisté, že se s cílovými látkami nikdy nesetkaly. Důležitá byla tedy instruktáž a patřičný výcvik. V literární rešerši jsou zpracovány materiály týkající se anatomie a funkce čichového ústrojí psa, teorie čichu a rozpoznání pachu, výbušniny a jejich použití. Po zvládnutí základního výcviku pro detekci EGDN bylo přikročeno k experimentu. Probíhal v Centru pro výzkum chování psů České zemědělské univerzity v místnosti určené pro pachové práce. Byl proveden formou slepého testu, kdy vzorky obou cílových látek byly umisťovány bez vědomí psovoda do plechových nádob seřazených v řadě po šesti. Každá z fen procházela řadu desetkrát.

Při vyhodnocení výsledků byla pravděpodobnost menší než 0,01 byla považována za významně odlišnou od náhody – což se potvrdilo ($P < 0,01$). Feny byly schopny rozlišit pach cílových látek (EGDN a PGDN) mezi klamnými pachy.

Při statistickém porovnání úspěšnosti detekce podle typu cílové látky (EGDN, PGDN) se neprokázal statisticky významný rozdíl.

Klíčová slova: pes, detekce, čichové ústrojí, EGDN, PGDN

Summary

The dog sense of smell is still being researched, many aspects of its function are not fully understood. This research was conducted to verify ability of dogs to generalize learned odour to material with the same function group, in this case explosives EGDN and PGDN. The hypothesis was that a dog trained to detect EGDN will be able to detect PGDN without prior contact. Dogs have been used to detect explosives for several decades and they became an important part of army and police forces around the world. They help to protect population not only against dangerous substance, but also help to fight the growing threat of terrorism. For this research two bitches of curly coated retriever breed were chosen from authors home environment, which for sure had no prior contact with target samples. Instructions and propper training were essential. The thesis contains processed materials about function and anatomy of dog olfactory system, theories of olfaction and odour recognition, as well as explosives and their use. After finishing the basic training, the experiment was executed. It took place in the Canine behavior research centre, Czech University of Life Sciences, in the room assigned for olfaction work. It took the form of blind test, the test samples were placed in sniffer tins without the dog handlers knowledge in a row of six cans. Each of the bitches went through ten rows.

Probability less than 0,01 was considered significantly above the chance – which was confirmed ($P<0.01$). Bitches were able to detect scent of target substances (EGDN and PGDN) from among the decoys.

In statistical comparison of successful detection between EGDN and PGDN there was not statistically significant difference.

Key words: dog, detection, olfactory system, EGDN, PGDN

1 Úvod

Čich patří, stejně jako chuť, mezi smysly chemické, má za úkol zachytit a rozlišit chemické látky - odoranty – z okolního prostředí. Mezi různými živočichy jsou značné rozdíly v kvalitě čichu, dělí se podle toho na anosmatické, mikrosmatické a makrosmatické. Ačkoliv člověk a většina primátů patří mezi organismy mikrosmatické, jsou schopni rozlišit poměrně velké množství pachů. Pes jako organizmus makrosmatický detekuje v mnohem větším rozsahu. I člověk však teoreticky dokáže zachytit stejné druhy chemikálií jako psi, nebo hlodavci, je zde však několik zásadních rozdílů:

1. Plocha psího olfaktorického epitelu je až 20x větší a navíc má větší počet a hustotu olfaktorických neuronů než člověk.

2. Mozkové struktury zapojené do olfaktorických funkcí, jako například čichový kyj, jsou větší.
3. Počet funkčních OR genů je vyšší, stejně jako počet genových subrodin je vyšší, což zřejmě umožňuje jemnější rozlišení pachů (Rouquier et Giorgi, 2007), (Quignon et al, 2003).

Lidé si kvalit psího čichu všimli už velmi dávno a začali ho využívat. Jedním z míst, kde mohlo dojít k rané domestikaci psa, byla oblast dnešního Švýcarska, kde v jeskyni Kesslerloch v roce 1875 paleontolog Rütimeyer nalezl lebeční kost, která by se svým stářím datovaným na více než 12000 let řadila k nejstarším nálezům tohoto druhu (Napierala et al., 2012). Mezi další místa, kde byly nalezeny psí ostatky vysokého stáří patří poušť Mojave, kde společní parazité dokládají společné soužití psů a lidí (Fugassa et al., 2011). Postupně se psi začali používat na rozmanité účely – hlídali stáda zvířat, chránili obydlí, pomáhali při hledání pachatele, ale už během první světové války se začaly schopnosti psího čichu používat např. k hledání zraněných vojáků. Během 2. sv. války se jejich využití rozšířilo i na vyhledávání min (Fjellanger et al., 2002). Až do dnešní doby se vyvinulo mnoho odvětví, kde jsou pro nás psi nepostradatelní, neboť stále neumíme efektivně nahradit to, co dělá psy tak užitečnými a to je jejich nos. Od doby, kdy byli domestikováni z vlků před více než 15000 lety, podstoupili rozsáhlé šlechtění a výběr, ústící do více než 400 plemen, z nichž některá jsou určena speciálně pro lov a v jejichž případě hraje čich ústřední roli (Serpell, 1995).

2 Cíl práce

Cílem této práce bylo zjistit, zda psi vycvičení na detekci jedné látky, budou schopni detekovat látku velmi podobného chemického strukturního vzorce, aniž by měli předtím možnost se s touto látkou setkat.

Hypotéza zní: „Psi, kteří budou vycvičeni na detekci EGDN budou schopni generalizovat tento pach a detekovat PGDN bez předchozího nácviku.“

3 Literární rešerše

3.1 Anatomie čichového ústrojí

Nosní dutina psa je rozdělena nosní přepážkou na dvě symetrické dutiny, z nichž každá se skládá ze tří hlavních oblastí – nosní předsíň, respiratorní a olfaktorická. Předsíň je nejpřednější část nosní dutiny, kaudálním směrem se rozkládá čichové bludiště, obě poloviny nosní dutiny jsou rozděleny třemi nosními skořepami – konchy – do čtyř průduchů. Ventrální koncha, nebo také maxilloturbinále, se kaudálně rozvětvuje a je připojena k mediální části horní čelisti. Předsíň a respiratorní část jsou zodpovědné za ohřev či ochlazení, zvlhčení a filtraci vdechovaného vzduchu. Funkčně jsou to hlavně maxilloturbinále, které poskytují velkou plochu pro výměnu tepla a vlhkosti, klikatá cesta skrze větvící se maxilloturbinále také čistí vdechovaný vzduch od pevných částic (Craven et al., 2007). Dorsální a mediální konchy jsou základem endoturbinálií. Nosní dutinu dělí od lebeční dutiny řešetná ploténka, jejímiž mnoha otvory prochází svazky nervových vláken (Najbrt et al., 1980).

Nosní dutina je vystlaná čtyřmi druhy epitelu – dlaždicovým, přechodným, respiratorním a olfaktorickým. Dýchací sliznice v nosní dutině je tvořena víceřadým dlaždicovým nerohovatějícím epitelem, kdežto čichový epitel je víceřadý cylindrický a vyskytují se v něm tři typy buněk. Jedná se o bazální buňky, z nichž se epitel obnovuje, dále to jsou receptorové buňky a podpůrné buňky, které mají na povrchu mikroklky a produkují hlen. Pod epitelem je vrstva řídkého vaziva, kde jsou uloženy Bowmanovy žlázy, prochází epitelem a produkují řídký sekret, podílí se také na tvorbě hlenu. Jsou zde také uloženy svazky axonů (fila olfactoria) a velké množství krevních cév (Eis et al., 2006).

Čichová se od dýchací sliznice odlišuje na první pohled, má barvu žlutou, nebo hnědou, kdežto dýchací červeno/oranžovou.

Čichová sliznice je rozdělena do několika oblastí, které spolu spolupracují. Jedná se o hlavní olfaktorický epitel, vomeronasální orgán, septální orgán a Gruenbergerovo ganglium. Tyto čtyři struktury byly nalezeny u myší, ale při zkoumání čichového ústrojí psa nebyly nalezeny žádné struktury, které by odpovídaly septálnímu orgánu a Gruenbergovu gangliu, pravděpodobně došlo k regresi, nebo involuci (Barrios et al., 2014).

U psů je vomeronasální orgán (VNO) párová struktura, symetricky uložená po obou stranách čichové kosti. Skládá se z vomeronasálního duktu, obklopeného měkkou tkání, která obsahuje značné množství žláz, cév a nervů. Tyto elementy jsou obaleny nekompletní chrupavčitou vrstvičkou, která je zvnějšku pokryta mukózou (Salazar et al., 2013). Senzorické neurony VNO detekují chemické signály, které vyvolávající změny v loveckém, sociálním a sexuálním chování. Tyto senzorické neurony jsou receptory vedlejšího olfaktorického systému, který se liší od hlavního olfaktorického systému svou anatomií, stavbou a funkcí.

Rozpoznání odorantů obstarávají skupiny olfaktorických senzorických neuronů (OSN). V olfaktorické sliznici jsou umístěny neurony, které jsou bipolární, a jejich dendrit je zakončen dendritickým knoflíkem. Na konci dendritů se nacházejí smyslové buňky, jejichž řasinky vyčnívají do prostoru, který je neustále omýván sekretem z bowmanových buněk. Tekuté prostředí umožňuje lepší export pachových molekul k buňkám. Buňky čichového epitelu se neustále obnovují a tak je předcházeno anosmii následkem infekce (Reece, 1998). V jejich membráně se nacházejí olfaktorické receptory, které jsou tvořeny polypeptidickým řetězcem, který sedmkrát prostupuje plazmatickou membránou. Zde dochází k navázání ligandu a aktivaci G proteinu (Gαolf), který dále aktivuje typ 3 adenylát cyklázu, tedy enzym, který katalyzuje produkci cyklického adenosyn monofosfátu (cAMP) z ATP (adenosintrifosfát). Zvýšené množství cAMP otvírá iontový kanál CNG (cyclic nucleotide-gated), což vede k přílivu iontů sodíku a vápníku a následně k depolarizaci neuronu (DeMaria et Ngay, 2010). Vyvolaný vzruch je z neuronu veden neuritem do čichového kyje. Čichový kyj je podlouhlý, oválný útvar, který obsahuje mitrální a chomáčkové buňky, které se svými dendrity napojují na neurity čichových buněk. Synapse spolu s interneurony vytváří olfaktorické glomeruly. Signál poté pokračuje neurity do dalších čichových oblastí (Shipley et Ennis, 1996).

3.2 Teorie vnímání pachu

O způsobu vnímání pachu různých chemických látek vzniklo mnoho teorií, z nichž ovšem zatím žádná nedokáže plně vysvětlit pach jednotlivých molekul. Shoda však panuje v některých požadavcích na vlastnosti látky, aby vůbec nějaký zápach měla - materiál musí být rozpustný v tucích a ve vodě (i jen v malé míře), musí být dostatečně těkavý a musí být ve vzduchu v okolí receptoru obsažen v jisté minimální koncentraci (Klopping, 1971). Také molekulová hmotnost odorantu musí být menší než 300 daltonů, větší molekuly jsou bez zápachu (Turin et al., 2003).

3.2.1 Vibrační teorie

S touto teorií přišel Dyson (1938), má základ ve spektroskopické analýze a předpokládá, že každý odorant má specifickou vibraci, která se předá při kontaktu s receptorem a určuje kvalitu pachu. Tedy látky se shodným pachem by měly sdílet i některé vibrační frekvence. Tuto neprokázanou teorii se pokusil přepracovat Wright (1954), nedokázal však najít jasnou spojitost mezi pozorovanými spektroskopickými frekvencemi a kvalitou pachu. Tato teorie je i nadále předmětem výzkumu, bylo například prokázáno, že molekuly stejné struktury, ale s jinou frekvencí (čistý acetofenon a jeho deuterovaný analog acetofenon-d8), mají různý zápach (Turin, 1996). Přijatelnost této teorie zpochybňuje nedávný výzkum citlivosti lidského receptoru OR5AN1 a myšího receptoru MOR244-3 na rozmanité izotopomery, kde nebyla prokázána jasná spojitost (Block et al. 2015). Tuto práci ovšem rozporuje Turin et al. (2015) a uvádí nedostatky a opominutí, které zpochybňují její hodnověrnost.

3.2.2 Prostorová teorie

Při zkoumání struktury a interakcí mezi proteinovými receptory a ligandy naznačil už v roce 1946 Pauling (1946) vztah mezi kvalitou pachu a molekulárním tvarem látky. Tedy že každá molekula má určitý tvar, který přesně zapadá do prostoru olfaktorického receptoru s odpovídajícím tvarem, jako pomyslný zámek a klíč (Moncrieff, 1949). Tuto teorii dále rozvinul Amoore (1963), který srovnal podobnosti mezi velikostí a tvarem molekul různých chemikálií a jejich pachem. Stanovil sedm základních vůní – éterická, kafrová, pižmová, květinová, mátová, štiplavá a hnilobná. Zjistil však, že ačkoliv například vůně éterická, kafrová a pižmová závisí primárně na velikosti molekuly, vůně květinová, nebo mátová jsou závislé na struktuře a tvaru. Zbývající pachy závisí především na elektronovém uspořádání molekuly - štiplavá vůně se přiřazuje silně elektrofilním molekulám, zatímco hnilobná molekulám nukleofilním.

3.2.3 Teorie tvaru funkčních skupin

Již od 20. let 19. století probíhala vědecká diskuze o vlivu funkčních skupin na kvalitu pachu. Bylo zjištěno, že přítomnost určité funkční skupiny často určuje zápach látky. Jako nejlepší příklad se uvádí thiol – SH, který předává jakékoliv molekule, bez ohledu na její tvar, typický pach shnilých vajec, nebo česneku (Zarzo, 2007). Jiné skupiny předávají každá svůj specifický zápach, například nitroskupina – NO_2 – produkuje sladce éterický pach. Výsledný pach ovlivňuje také přítomnost více funkčních skupin a jejich pozice v molekule (Klopping,

1971). Na základě těchto poznatků dále teorii rozvinul Beets (1957), který došel k závěru, že zápach látky je určován dvěma faktory – jedním je forma, rozměr a celkový tvar molekuly a druhým funkční skupina, nebo skupiny. Funkční skupina určuje prostorovou orientaci molekuly k receptoru a tím ovlivňuje výsledný zápach.

3.3 Generalizace pachu

Během výzkumu schopnosti krys rozlišovat pach cílové látky a generalizovat tento pach i na směs s jinou látkou se prokázalo, že krysy nejenže jsou schopné generalizace pachu cílové látky ve směsi s jinou látkou, ale i obráceně, tedy že po nácviku se směsí byly schopné generalizace na samotnou cílovou látku. Bylo také pozorováno, že míra generalizace se liší v závislosti na použitých látkách (Linster et Smith, 1999).

U člověka se prokázala dobrá schopnost rozlišení jednotlivých složek, jeho schopnost určení těchto složek ve směsích je však omezená. Dokáže dostatečně spolehlivě rozlišit pouze směsi dvou složek, u vícesložkových směsí úspěšnost prudce klesá. Také se ukázalo, že při určování složitějších směsí hrají u člověka velkou roli chuťové receptory, jelikož účastníci pokusu nejčastěji ve směsích určovali látky stimulující chuť (Marshall, 2006).

Psi trénovaní na detekci vícesložkových látek se zpravidla orientují podle pachu nejvýraznějších složek, z kterých si utvoří pachovou signaturu dané látky. Ta nemusí být pro každého psa stejná, vždy je však kombinací stejných nejvýraznějších složek.

Při výcviku psů pro vyhledávání výbušnin jsou používány vzorky jednotlivých výbušnin, u kterých bývá psem zpravidla detekována složka, která má největší tenzi par. Výzkum zaměřený na určení dominantních pachových chemikálií ve výbušninách ukazuje, že jednotlivé skupiny výbušnin mají společné charakteristické rysy pachu (Harper et al., 2005). Z tohoto výzkumu také vyplývá, že by psi nemuseli být trénováni na každou jednotlivou výbušnou směs, pokud jsou schopni rozlišit jejich společnou pachovou signaturu, například psi trénovaní na detekci určitých druhů bezdýmého střelného prachu by nemuseli trénovat i na Tetratol a TNT, jelikož také obsahují dostatek aktivní pachové chemikálie, kterou je 2,4-DNT.

Při pokusech prováděných s čistým chlorečnanem draselným a jeho výbušnými složemi se také ukázalo, že většina psů trénovaných pouze na detekci čisté látky nebyla schopna spolehlivě generalizovat tento pach na její složе, výsledky se ovšem významně zlepšily po tréninku s kontejnerem, který obsahoval oddělené jednotlivé složky obsažené ve směsi (Lazarowski et Dorman, 2014).

Během výzkumů na skupině patnácti labradorských retrieverů (Lazarowski et al., 2015) mimo jiné vyplynuly velké rozdíly mezi schopnostmi jednotlivých psů. Během pokusu s čistým dusičnanem amonným jako cílovou látkou, jeho obdobou v podobě hnojiva a směsí cílové látky se zeminou z Iráku, střídané se směsí s práškovým hliníkem, byli tři psi schopni generalizovat v každé fázi nad úrovní náhody, zatímco dva psi nebyli schopni generalizovat pach u žádné ze směsí.

3.4 Terorismus

Terorismus lze definovat jako plánované, promyšlené a politicky motivované násilí, zaměřené proti nezúčastněným osobám, sloužící k dosažení vytčených cílů. V USA byla na počátku 80. let vydána legislativní definice: „Terorismus je propočítané použití násilí nebo hrozby násilím, obvykle zaměřené proti nezúčastněným osobám, s cílem vyvolat strach, jehož prostřednictvím jsou dosahovány politické, náboženské nebo ideologické cíle. Terorismus zahrnuje i kriminální zločiny, jež jsou ve své podstatě symbolické a jsou cestou k dosažení jiných cílů, než na které je kriminální čin zaměřen.“ (MV ČR).

Má velmi dlouhou historii, která se datuje už od vražd tyranů ve starověkém Římě, akce židovských zélótů v Palestině, či islámských hašašínů během křížových výprav. Mezi terorizmus by se daly zařadit i činy středověké křesťanské Inkvizice (Chaliand et Blin,2007).

V novodobé historii už terorizmus začal nabývat mezinárodních rozměrů. Dochází k rozvoji nacionalismu a politicky motivovaných činů. Vznikaly nyní přímo teroristické skupiny, které se snažily dosahovat svých cílů útoky na ozbrojené a bezpečnostní složky, objekty, nebo přímo na civilisty. Mezi nejznámější patřila např. skupina Černá ruka, mající na svědomí atentát na Ferdinanda D'Este v Sarajevu. Tato skupina byla vytvořena Srbskou tajnou službou a vedená přímo jejím šéfem, Dragutinem Dimitrijevicem. Černá ruka vyslala tři muže

vyzbrojené bombami a revolvery. Samotný čin spáchal tehdy devatenáctiletý Gavrilo Princip (Simkin, 1997).

V poválečných letech dochází k dalšímu nárůstu terorizmu a objevují se další formy, například žhářství a braní rukojmích. Přibývá zejména ozbrojených útoků, bombových útoků a únosů. Mnoho teroristických skupin bylo podporováno státy, rozmohl se i revoluční terorizmus a partyzánský boj, a to i ve městech. Vedle levicových skupin začaly vznikat také skupiny pravicové (např. Ve Španělsku a Itálii) a mnohé skupiny začaly operovat na mezinárodní úrovni, tedy už se neomezovaly na území státu, ve kterém vznikly. Tragickým příkladem byly Olympijské hry v Mnichově, kde palestinská teroristická skupina Černé září zajala 11 izraelských sportovců a požadovala propuštění svých 234 kolegů a bezpečný odlet do Káhiry. Po nezdařeném zásahu policie a armády bylo pět teroristů zabito a tři zajati, z rukojmích však nepřežil nikdo. V reakci na tuto událost začaly vznikat speciální jednotky pro boj s terorizmem, také mezinárodní organizace a agentury. USA na Nixonův popud vytvořily Výbor pro boj s terorizmem. Počátkem 80. let se začínají rozmáhat sebevražedné útoky, které se vyznačují ochotou útočníků k sebeobětování a většinou velkým ničivým účinkem díky použití velkého množství výbušnin. První takové útoky se objevily v Libanonu v podobě nárazů nákladních automobilů naložených výbušninami. Takové útoky nepoužívali jen islámští fundamentalisté, ale např. i kurdští separatisté, nebo Tamilští tygři na Sri Lance (Foltin et Řehák, 2006).

Další vývoj terorizmu sleduje už nastoupené tendence a po konci studené války místo ideologického terorizmu zaujímá spíše terorizmus náboženský a nacionalistický. Mezi nejznámější případy náboženského terorizmu patří útok nervovým plynem sarin, který měla na svědomí náboženská sekta Óm šinrikjó. Tato sekta, založená v roce 1984 Japoncem Asaharou Šokó, měla na svém vrcholu až 10000 členů v několika zemích, nejvíce v Japonsku a Rusku (Vasiljevová, 1998). Vůdce sekty byl v roce 2004 odsouzen k trestu smrti nejen za útok na tokijské metro, ale i za dalších 12 teroristických útoků.

Teroristické skupiny jsou financovány zpravidla ze dvou hlavních zdrojů - svými sympatizanty a zisky z nezákonné činnosti, jako praní peněz nebo pašování a prodej drog (Lloyd, 1996).

Mezi nejznámější teroristické skupiny v dnešní době patří Al-Káida, která vznikla koncem 80.let pod vedením Usámy bin Ládina. Původně měla čelit ruským vojákům během války v

Afgánistánu, po stažení ruských vojsk se přeorientovala na boj proti islámským režimům, které jejich vůdci považovali za zkorumpované a proti cizí přítomnosti v islámských zemích. Tato organizace zakládala výcvikové tábory a vycvičila desetitisíce bojovníků z celého světa. Je zodpovědná za mnoho teroristických útoků, např. útoky na americké ambasády v Nairobi a v Dar es Salaam v Tanzánii (1998), útok na americkou válečnou loď USS Cole (2000) a jsou jí přisuzovány i útoky v Americe z 11. září 2001 (Britannica, 2014).

3.4.1 Výbušniny jako nástroj teroru

Mezi mnoha prostředky používanými teroristy jsou výbušniny na předním místě, více než polovina útoků zaznamenaných v letech 1968-2004 byla spáchána pomocí bomb (Bogen et Jones, 2006). Pro účely terorismu je to ideální zbraň, jelikož poskytuje velkou ničivou sílu i v poměrně malém množství a umožňuje všestranné použití, malá bomba se snadno ukryje téměř kdekoliv, dá se navíc odpalovat i dálkově nebo časovým spínačem. Základní suroviny na výrobu výbušniny jsou poměrně snadno dostupné a se znalostí postupu dokáže jednoduchou bombu sestrojit prakticky kdokoliv. Na níže uvedeném grafu je patrný prudký nárůst bombových útoků na přelomu tisíciletí, který je možno přisoudit i rozvoji a šíření informačních technologií, zejména internetu, kde lze návod na výrobu bomby snadno najít. Dostupnost základních surovin a náročnost přípravy jsou zřejmě hlavní faktory ovlivňující volbu výbušniny.

Nejčastější přísadou podomácku vyráběných výbušnin je dusičnan amonný, obsažený ve velkém množství například v hnojivech. Může být smíchán s dalšími přísadami, jako jsou např. hliníkový prášek, práškový cukr, nitrobenzen, nebo nafta ke zvýšení výbušné síly. Vzhledem k tomu, že pro dosažení velkého účinku je také potřeba poměrně velké množství surovin, používají se takové nálože většinou v autech, ať už nastražené, nebo odpalované při nárazu během sebevražedného útoku (Morgenstern, SSI), (dhs.gov).

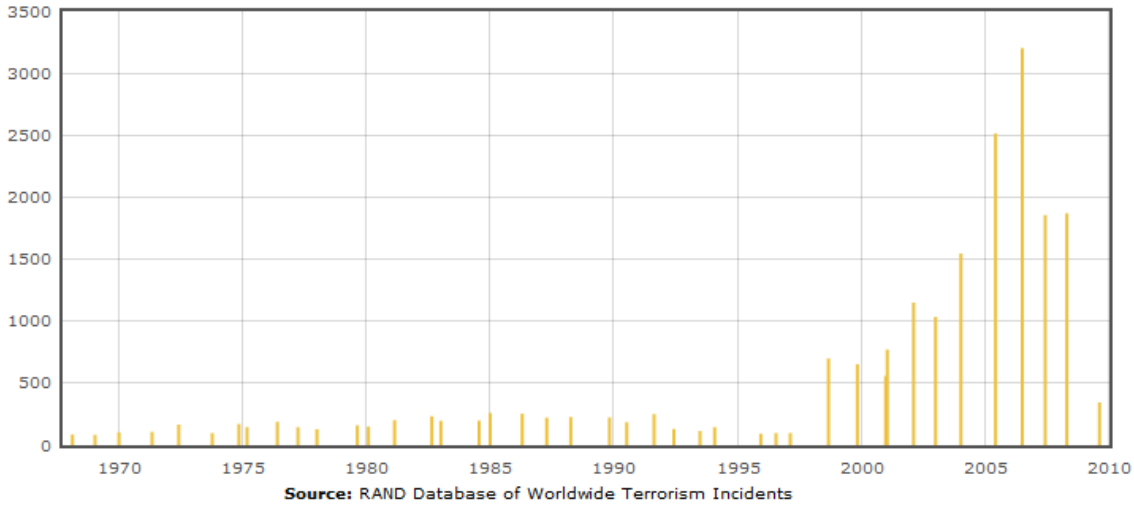
K dalším často používaným látkám patří směs močoviny a kyseliny dusičné, kde jsou jednotlivé složky také snadno dostupné, ale při přípravě už je třeba dbát opatrnosti, jelikož se směs při reakci silně zahřívá.

Hojně používané jsou také peroxidy acetonu, které se vyrábí ze směsi peroxidu a acetonu s použitím kyseliny, tedy opět z lehce dostupných látek. Ačkoliv výroba je poměrně snadná,

výsledný produkt je značně nestálý, je citlivý na náraz a změnu teploty, může i samovolně explodovat vlivem horka, snadno exploduje při i jen přiblížení k plameni, má sklon k sublimaci a rychle se rozkládá. Pro tyto své vlastnosti se používá často jako rozbuška k iniciaci hlavní nálože, díky své účinnosti ale i jako samostatná nálož, má totiž větší výbušnou sílu než TNT (nctc.gov).

Pro domácí výrobu připadá v úvahu i pentrit (pentaerythrittetranitrát), vyráběný reakcí alkoholu pentaerythritolu s kyselinou dusičnou. Je znám případ z r.2001, kdy se pentrit pokusil neúspěšně použít terorista Richard Reid. Ten si podle svých slov výbušninu sám vyrobil podle návodu z internetu a ze zakoupených surovin.

Teroristé samozřejmě používají i průmyslově vyráběné výbušniny jako dynamit, C4, nebo Semtex, nemluvě o vojenském arzenálu granátů, bomb, min a raket, takové výbušniny jsou ovšem dostupné jen pro větší, dobře organizované a financované skupiny.



Obrázek 1 Celkový počet bombových útoků 1968 - 2010. Online dostupné z www.rand.org

3.5 Výbušniny

Výbušninami se nazývají takové látky, které jsou schopné chemického výbuchu na základě vnějšího impulzu. Tyto látky se dělí na čtyři základní skupiny:

1) střeliviny - používané především k udělení pohybu střely v hlavni, či pohybu raket, hlavním typem výbušné přeměny je explozivní hoření, uvolňující plyny o vysokém tlaku a teplotě

2) pyrotechnické složе - použití v pyrotechnice, mechanické směsi hořlavin a okysličovadel s příměsí dalších látek k dosažení požadovaného technického efektu

3) třaskaviny - pro jejich velkou citlivost na jednoduché počáteční impulzy jako je mechanický tlak, plamen, žár, nebo elektrická jiskra, se používají především jako tzv. primární výbušniny k vyvolání detonace sekundární výbušniny (trhaviny), výbuchové hoření u nich rychle přechází k detonaci

4) trhaviny - použití při rozpojování (trhání) pevných materiálů, hlavním typem výbušné přeměny je detonace, které se dosahuje silným podnětem, zpravidla iniciací rozbuškou, vzhledem k tomu, že trhaviny mají většinou nízkou citlivost k vnějším impulsům

Podle složení se dále trhaviny dělí na individuální chemické sloučeniny a vícesložkové, neboli směsné trhaviny.

U individuálních sloučenin rozeznáváme dále skupiny:

- anorganické (dusičnan amonný, chloristan amonný)
- organické – převážně nitrosloučeniny, složené z atomů uhlíku, vodíku, kyslíku a vodíku
    - soli kyseliny dusičné mají také vlastnosti trhavin (Janíček et Drahovzal, 2001).

3.5.1 Nitrosloučeniny

Výbušniny, kterým je společná nitroskupina -NO_2 se dále rozdělují podle vazby této skupiny v molekule na:

- nitrolátky (skupina C-NO_2) – alifatické a aromatické
- dusičné estery (skupina C-O-NO_2)
- nitraminy (skupina N-NO_2)
- sloučeniny se skupinou -NO_2 s více vazbami, tetryl (tři), DYNA (dvě nitrátové a jedna nitroskupina)

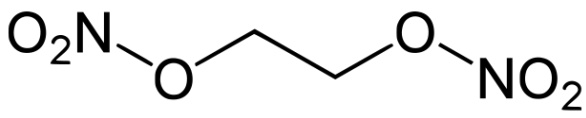
Příklady výbušnin k uvedeným kategoriím jsou uvedené v tabulce 1.

kategorie sloučeniny	příklad sloučeniny	symbol
alifatické nitrosloučeniny	nitromethan	
	hydrazin	
aromatické nitrosloučeniny (C-NO_2)	nitrobenzen	NB
	nitrotoluen	NT
	dinitrobenzen	DNB
	dinitrotoluen	DNT
	amino-dinitrotoluen	A-DNT
	trinitrobenzen	TNB
	2,4,6-trinitrotoluen	TNT
	2,4-dinitrotoluen	DNT
	kyselina pikrová	
dusičné estery (C-O-NO_2)	metylnitrát	
	nitroglycerin	NG
	ethylenglykoldinitrát	EGDN
	diethylenglykoldinitrát	DEGDN
	nitropentaglycerin	MTN
	Pentaerythritol – tetranitrát	PETN
	nitrocelulóza	
	nitrocelulóza a nitroglycerin	
	nitrocelulóza, nitroglycerin a nitroguanidin	
nitroaminy(C-N-NO_2)	Metylamin nitrát	
	Tetranitro-N-methyanilin	Tetryl
	Trinitro-triazacylohexan	RDX
	Tetranitro-tetrazacylooktan	HMX
soli kyselin (NH_4^+)	nitrát amonný	
	chlorečnan amonný	
	nitrát draselný	
primární výbušniny	azid olovnatý	
	fulminát rtuťnatý	
	tetramino nitrát	
	hexamethylentriperoxidiamin	HMTD
	triaceton triperoxid	TATP

Tabulka 1 Přehled kategorií s příklady jednotlivých výbušnin (Furton, Myers 2001)

3.5.2 EGDN

Sumární vzorec: $C_2H_4N_2O_6$



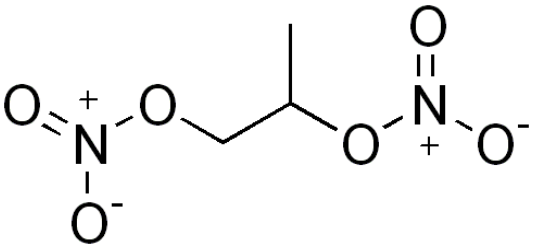
Ethylenglykol dinitrát patří k nejjednodušším výbušninám. Jeho výroba je podobná výrobě nitroglycerinu, je však výkonnější a je méně citlivý k mechanickým podnětům.

Připravuje se esterifikací ethylenglykolu za pomoci směsi kyseliny dusičné a sírové. Esterifikace probíhá za mechanického míchání při teplotě 10-12 °C. Výroba je také bezpečnější, vzhledem k nízké teplotě tuhnutí nitroglykolu lze použít nižší reakční teploty. Nevýhodou je vyšší těkavost a vyšší rozpustnost ve vodě, což snižuje výtěžek. Výsledný produkt je nažloutlá olejovitá kapalina s příjemnou vůní, v čistém stavu bezbarvá a těkavá.

V minulosti se EGDN používal jako náhražka nitroglycerinu, v dnešní době se běžně používá ve směsi s nitroglycerinem na výrobu trhací želatiny a působí jako nemrznoucí složka v dynamitu, u kterého nesnižuje účinnost. Dynamity s jeho obsahem detonují snadněji, než pouze s nitroglycerinem (Fedoroff, 1974).

3.5.3 PGDN

Sumární vzorec: $C_3H_6N_2O_6$



Dinitrát propylenglykolu není tak známý, jedná se také o ester kyseliny dusičné. Je to čirá olejovitá kapalina, těkavější než nitroglycerin, ale méně než nitroglykol. I když je slabší než nitroglycerin nebo nitroglykol, jedná se stále o silnou výbušninu, je však méně citlivý k mechanickým podnětům. Vyrábí se esterifikací propylenglykolu směsí kyseliny dusičné a sírové. I nízká koncentrace par ve vzduchu může vést k bolestem hlavy do 4 hodin po

expozici. Používá se zejména jako základní složka pohonných hmot pro torpéda, dříve se používal i jako náhrada nitroglycerinu, nebo ve směsi s nitroglykolem (Kaye, 1978).

3.6 Detekce výbušnin

S rostoucím počtem teroristických útoků pomocí výbušnin rostla také potřeba bezpečnostních složek je včas detekovat. Psi se díky svému skvěle vyvinutému čichu začali k tomuto účelu používat už během druhé světové války (Furton et Myers, 2001) a postupně se jejich využití rozšířilo od hledání min i na nevybuchlou munici a nástražné výbušné systémy (IED), které by mohly představovat ohrožení civilistů nebo vojáků (Lazarowski et Dorman, 2014). Psi jsou trénováni na detekci jednotlivých druhů výbušnin podle jejich hlavních složek, vzhledem k tomu že se v běžně používaných výbušninách obvykle jedná o směsi více látek. Některé výbušniny jsou ovšem hůře detekovatelné vzhledem k nízké tenzi par jejich hlavních složek, nebo slabé odezvě této látky na olfaktorických receptorech. Proto se na mezinárodním sjezdu v Montrealu v roce 1991 zástupci jednotlivých zemí a výrobců výbušnin dohodli na používání přídavných látek, které detekci takových výbušnin usnadní (UN.org). Příkladem může být tuzemský Semtex, který se poté začal vyrábět s příměsí DMDNB (2,3-dimethyl-2,3-dinitrobutane), na který je psí čich velmi citlivý (MZV ČR). Bylo také prokázáno, že zrak nehraje při detekci výbušnin významnou roli a psi se řídí převážně čichem, vzhledem k tomu, že výsledky testovací skupiny nebyly ovlivněny ztíženou viditelností ani sníženou úrovní osvětlení (Gazit et Terkel, 2002).

4 Materiál a metody

Výzkum byl prováděn s dvěma fenami curly coated retrievera, starší Leana Gypsy´s Soul „Lara“ a mladší Minette Springcurl „Mira“. Lara je 9letá fena, se složenými loveckými zkouškami, Working testy a v období honů je lovecky používána. Miře byly tři roky, má složeny zkoušky OVVR a s loveckými zkouškami začíná. Feny jsou socializované, mají dobrý kontakt s psovodem a ochotu k práci. Na detekci výbušnin dosud nebyly cvičené.

Výcvik byl prováděn samostatně, na základě instrukcí zadaných při návštěvě Centra pro výzkum chování psů, které je součástí České zemědělské univerzity v Praze 9 Suchdole, kde bylo předvedeno, jakým směrem se ubírat. Výsledné testování pak taktéž probíhalo v Centru pro výzkum chování psů.

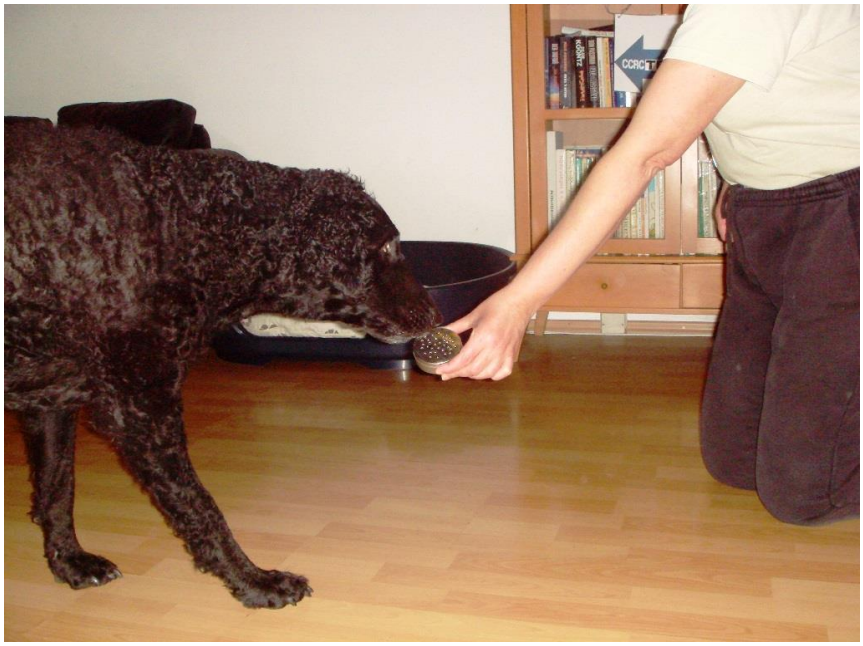
4.1 Výcvik

Výcvik probíhal ve třech fázích. Prvním krokem byl nácvik na cílovou látku ve snifferu, což je plechová kulatá nádobka o rozměrech 6,5 x 2cm s perforovaným víčkem.

Obrázek 2 Sniffer. (foto autorky)

Cílové látky pro nácvik i pro ztotožnění (EGDN a PGDN) byly připraveny v Ústavu energetických materiálů Univerzity Pardubice, Fakulta chemicko – technologická jako slabý vodný roztok v poměru 1:100. Jednalo se tedy o nevýbušné vzorky.

Do snifferu bylo vloženo malé množství cílové látky, v tomto případě EGDN. Nádoby byly pravidelně vyměňovány za nové, aby se zabránilo kumulaci pachů a minimalizovala se možnost, že pes bude označovat určitý sniffer a ne cílovou látku. V této fázi výcviku byly feny metodou pozitivní motivace vedeny k práci se snifferem, cílem bylo nejdříve asociovat zájem o sniffer s odměnou. Při prvním kontaktu byl fenám ukázán a po projevení zájmu okamžitě následovala odměna. Během krátké doby se feny naučily reagovat na sniffer přičichnutím ve spojení s odměnou. Poté s ním bylo před fenami pohybováno, s cílem vyvolat aktivní zájem a jeho následování. Tím bylo postupně dosaženo spojení sniffer = odměna.



Obrázek 3 Lara při nácviku na sniffer. (foto autorky)

V druhé fázi byl sniffer přesunut do vyšší plechovky o rozměrech 10x18 cm. Z plechovek byla postavena řada vždy minimálně po pěti, sniffer s cílovou látkou byl umístěn pokaždé náhodně a ve zbytku plechovek byly umístěny prázdné sniffery. S fenami se poté procházela celá řada a při projevení viditelně zvýšeného zájmu u správné plechovky (zastaví se, hrabe tlapou, snaží se dostat ke snifferu čenichem) byly odměněny. Postupně pak byly feny vedeny k pasivnímu způsobu označování. Ve třetí fázi byly do prázdných snifferů přidány klamné vzorky, aby se feny naučily rozeznat cílovou látku v řadě různých pachů.

Obrázek 4 Mira značí správné uložení. (foto autorky)

Klamné vzorky pro použití v domácích podmínkách:

Sůl hrubomletá: potravina, výrobce Country life, složení NaCl

Cukr krystal: potravina, výrobce: 1. Cukerní společnost Praha, s.r.o.

Kakao: potravina, výrobce: František Bačík.

Skořice: potravina, výrobce: Organic India.

Káva: potravina, výrobce: Illy Espreso.

Kurkuma: potravina, výrobce: Ecce Vita – Dr. Frej.

Acylpyrin: lék, výrobce: Herbacos Recordatti s.r.o.

Guarana: potravina, výrobce: Life food

Badyán: potravina, výrobce: Profikoření

Obrázek 5 Místnost na pachovou práci Centra pro výzkum chování psů s připravenu pachovou řadou. (foto autorky)

4.2 Podmínky při experimentu

Základní nácvik probíhal v domácích podmínkách, aby si feny rychleji osvojily práci se sniffery a vyhledávání cílového pachu. Bylo tak možné výcviku věnovat dostatek času. Ověření v kontrolovaných podmínkách probíhalo v Centru pro výzkum chování psů.Experiment zde probíhal v místnosti, která je pro pachové práce přímo určena. Jedná se o vykachlíkovanou místnost cca 10x4m. Teplota v místnosti byla 22,3°C a vlhkost 42,2%.

Vzorky byly rozmístěny v řadě do šesti plechovek v kovových držácích, které zabraňují převržení plechovky. Sniffery se vzorky byly vkládány na dno plechovek, vždy 5 klamných vzorků a jeden cílový. Cílový vzorek byl umisťován bez vědomí psovoda, jeho umístění bylo v každé řadě náhodně měněno, přičemž polovina řad obsahovala nácvikový vzorek EGDN

a druhá polovina vzorek ke ztotožnění, tedy PGDN. Složení a rozmístění klamných vzorků bylo také obměňováno, takže žádná řada neobsahovala stejnou sadu vzorků.

Klamné vzorky:

Od firmy Agros Organics:

Beta – Ionone 96 % Synthetic

N – Undecane 99 %

Geraniol 99%

D (+) – Carvone, 98% natural

2,4 Dimethylthiazol, 98%

Od firmy Alfa Aesar:

Dextrin, precipitated by alcohol

Potassium nitrite, 97%

Sodium sulfite, anhydrous, 98%

Zinc peroxide, 50%

Potassium L – tartrate hemihydrate, 99%

4.3 Průběh experimentu

Experiment probíhal v Centru pro výzkum chování psů České zemědělské univerzity v Praze Suchdole v místnosti speciálně určené pro pachové práce. Do místnosti byla přivedena vždy jedna fena, psovodka se otočila zády, aby neviděla ukládání pachových vzorků a nemohla tak ovlivnit průběh experimentu. Fena poté procházela pachovou řadu. Při správném značení EGDN byla odměněna pamlskem, při správném označení PGDN následovala slovní pochvala. Každý z cílových pachů byl umístěn pětkrát a zcela náhodně. Stejně tak se měnily i klamné pachy. Každá fena šla deset řad, pětkrát bylo uloženo EGDN a pětkrát PGDN. Řady s oběma cílovými pachy byly střídány nepravidelně, aby feny nemohly odhadnout, kdy budou odměněny a kdy ne. Průběh a výsledky experimentu viz tabulka č. 2.

5 Výsledky

Mira označila cílovou látku pokaždé, Lara dvakrát chybovala v řadách s EGDN.
V žádném z případů nedošlo k falešnému značení klamného pachu.

fena	**MIRA**		**LARA**	
řada / látka	EGDN	PGDN	EGDN	PGDN
1		+		+
2	+			+
3	+		+	
4		+	-	
5	+			+
6		+	+	
7	+		+	
8	+			+
9		+		+
10		+	-	
Celkem / značení	**5/5**	**5/5**	**5/3**	**5/5**

Tabulka 2 Výsledky značení v pořadí, ve kterém feny detekovaly cílovou substanci. Značení „+“, fena přešla bez značení „-„. Ani v jednom případě nedošlo k označení klamného pachu.

5.1 Vyhodnocení

Pro vyloučení náhodného označení byl použit následující výpočet: počet možných značení se rovná celkovému počtu plechovek v řadě a pravděpodobnost, že pes označí náhodou správný pach, je 1 / X , kde X je počet plechovek + 1 (protože pach byl v řadě přítomen).
Pravděpodobnost nesprávného značení je (X - 1) / X : zbývající počet plechovek.
K výpočtu použita tzv. Bernoulli pravděpodobnost (Rosner, 2006) a program Exact Binomial Probability Calculator (Lowry, 2013).
Pravděpodobnost menší než 0,01 byla považována za významně odlišné od náhody – což se potvrdilo (P menší než 0,01). Psi byli schopni detekovat pach cílové látky (EGDN a PGDN) mezi klamnými pachy.

Pro statistické zhodnocení experimentu byl použit Fisherův test v programu SAS 9.4. (2015). Byla porovnávána rozdílnost v úspěšnosti značení podle typu cílové látky (EGDN, PGDN). Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

6 Diskuze

Experiment měl za cíl ověřit, zda psi cvičení na detekci jednoho druhu výbušniny – v tomto případě EGDN - jsou schopni její pach generalizovat při kontaktu s jinou, podobnou výbušninou - PGDN.

Z výsledků je patrné, že feny byly schopné rozlišit pach obou cílových látek vysoko nad hranicí náhody a označovaly látku ke ztotožnění hned při prvním kontaktu a bezchybně. Pouze Lara značila dvakrát chybně v řadách s nacvičeným vzorkem EGDN, což ovšem celkový výsledek znatelně neovlivnilo. Lze těžko soudit, zda byla v případě těchto dvou látek pachová signatura natolik podobná, že přímo umožnila ztotožnění, nebo byly feny schopny využít své inteligence k rozpoznání a označení podobného pachu mezi klamnými vzorky s výrazně odlišným pachem. Ze studované literatury vyplývá, že psi v podobných pokusech nedosahují přesvědčivých výsledků (Lazarowski et Dorman, 2014), jsou také popsány značné rozdíly v čichových schopnostech u jednotlivých psů stejného plemene (Lazarowski et al., 2015). Cílové látky mají shodnou funkční skupinu NO_2, u které se uvádí charakteristický sladce éterický zápach a podle teorie funkčních skupin by tedy látky sdílející tuto skupinu měly mít i podobný zápach (Klopping, 1971), (Beets,1957). I pachová signatura pro detekci těchto dvou výbušnin by vzhledem k jejich společné aktivní pachové skupině měla být velmi podobná (Harper et al., 2005). Volba cílových látek jistě hraje roli, ovšem čichové schopnosti jednotlivých psů mají na výsledky takových experimentů také zásadní vliv. Je možné, že i když plemeno curly coated retriever není primárně určeno na detekční práce, může být díky svým vrozeným vlastnostem loveckého plemene, inteligenci a ochotě k práci, pro podobné pokusy vhodné a bylo by zajímavé pokus zopakovat s početnější skupinou uvedeného plemene. Toto plemeno není příliš rozšířené a není tedy běžně užíváno pro výzkumné práce, ve studované odborné literatuře nebylo zmiňováno v souvislosti s vyhledáváním výbušnin, ani s diskriminačními experimenty. Kvalita jeho čichových schopností tedy zatím nebyla nijak objektivně vyhodnocena a je zde mnoho prostoru pro další výzkum, vzhledem k tomu, že z výsledků testovací skupiny pouhých dvou psů není možné vyvozovat obecné závěry. Z výsledků je ovšem jasné, že tyto dvě feny, Mira a Lara, byly schopné naučit se diskriminaci cílové látky EGDN mezi klamnými vzorky a na základě tohoto tréninku spolehlivě detekovaly i ztotožňovanou látku PGDN.

7 Závěr

Experiment měl za cíl ověřit hypotézu, zda psi cvičení na detekci jednoho druhu výbušniny – v tomto případě EGDN - jsou schopni její pach generalizovat při kontaktu s jinou, podobnou výbušninou – PGDN – a detekovat ji bez předchozího nácviku. Tato hypotéza se potvrdila, ovšem pouze pro tyto konkrétní feny. Nelze proto obecně tvrdit, že psi jsou schopni generalizovat pach EGDN na PGDN natolik spolehlivě, aby toho mohlo být využito právě například pro detekci výbušnin. Zde zůstává stále nejspolehlivější metodou nácvik přímo s jednotlivými výbušninami a v podmínkách odpovídajících reálnému nasazení, kde zkušenosti a výcvik s jednotlivými výbušninami hrají hlavní roli. Je však jasné, že v této oblasti je stále velký prostor pro další výzkum, obzvláště u plemene curly coated retriever. Bylo by zajímavé porovnat úroveň těchto schopností u jednotlivých psů a plemen v závislosti na výsledcích behaviorálních testů a určení míry inteligence, schopnosti učení a paměti. Pro praktické účely rozhodně není generalizace pachů při detekci výbušnin dostatečně spolehlivá, při výcviku psů pro tyto účely je zřejmě stále nejlepší metodou používat přímo vzorky jednotlivých výbušnin. Práce na experimentu mi umožnila získat cenné zkušenosti při výcviku psů pro detekci výbušnin a rozšířit si poznatky v oblasti psychologie psů. Umožnila mi také lépe poznat schopnosti obou fen a věřím, že i pro ně byla tato zkušenost zajímavá a užitečná.

8 Seznam literatury

Amoore, J. E. 1963. Stereochemical theory of olfaction. Nature. 198. p. 271– 272.

Barrios, A. W., Sánchez-Quinteiro, P., Salazar, I. 2014. Dog and mouse: toward a balanced view of the mammalian olfactory system. Frontiers in Neuroanatomy. 8. 106.

Beets, M. G. J. 1957. Structure and odour. In Molecular Structure and Organoleptic Quality. S.C.I. Monograph No. 1. Society of Chemical Industry. London. 54– 90.

Block E., Jang, S., Matsunami H., Sekharan, S., Dethier, B., Ertem, M.Z., Gundala, S., Pan Y., Li, S., Li, Z., Lodge, S.N., Ozbil, M., Jiang, H., Penalba, S.F., Batista, V.S., Zhuang, H. 2015 Implausibility of the vibrational theory of olfaction. Proceedings of the National Academy of Sciences. 112**.** 21.

Bogen, K. T., Jones, E. D. 2006. Risks of Mortality and Morbidity from Worldwide Terrorism: 1968–2004. Risk Analysis. 26. 45–59.

Chaliand G., Blin A. 2007. The history of terrorism, From Antiquity to al Qaeda. University of California Press. p. 2-3. ISBN: 9780520247093.

Craven, B. A., Neuberger, T., Paterson, E. G., Webb, A. G., Josephason, E. M., Morrison, E. E., Settles, G. S. 2007. Reconstruction and Morphometric Analysis of the Nasal Airway of the Dog (Canis familiaris) and Implications Regarding Olfactory Airflow. The Anatomical Record. 290. (11). p. 1325-1340.

DeMaria, S., Ngai, J. 2010. The cell biology of smell. *The* Journal of Cell Biology. 191. *p.* 443-452.

Dyson, G. M. 1938. The scientific basis of odour. Chemistry &Industry. 57. p. 647– 651.

Fedoroff, B. T., Sheffield, O. E. 1974. Encyclopedia of Explosives and Related Items. Vol. 6. Picatinny Arsenal. New Jersey. p. E259-E278.

Foltin F., Řehák, D. 2006. Historický vývoj terorismu. Obrana a Strategie 1/2006.

Fjellanger, R., Andersen, E. K., McLean, Ian. G. 2002. A Training Program for Filter-Search Mine Detection Dogs. International Journal of Comparative Psychology. 15. (4).

Fugassa, M.H., Reinhard, K.J., Johnson, K.L., Gardner, S.L., Vieria, M., Araújo, A. 2011. Parasitism of Prehistoric Humans and Companion Animals from Antelope Cave, Mojave County, Northwest Arizona. Journal of Parasitology. p. 862-867

Furton, K.G., Myers, L.J. 2001. The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives. Talanta 54. p. 487-500.

Gazit, I., Terkel, J. 2003. Domination of olfaction over vision inexplosives detection by dogs. Applied Animal Behaviour Science. 82. p. 65–73

Harper, R. J., Almirall, J. R., Furton, K. G. 2005. Identification of Dominant Odor Chemicals Emanating From Explosives for Use in Developing Optimal Training Aid Combinations and Mimics for Canine Detection. Talanta. vol. 67. p. 313-27.

Janíček M., Drahovzal P. 2001. Pyrotechnik v boji proti terorismu. Deus. ISBN 80-86215-17-2.

Kaye, S. M. 1978. Encyclopedia of Explosives and Related Items. Vol. 8. Picatinny Arsenal. New Jersey. p. 398-399.

Klopping, H. L. 1971. Olfactory theories and the odors of small molecules. Journal of Agricultural & Food Chemistry 19. p. 999–1004.

Lazarowski, L., Dorman, D. C. 2014. Explosives detection by military working dogs: Olfactory generalization from components to mixtures. Applied Animal Behaviour Science.Volume 151. p. 84–93.

Lazarowski, L., Foster, M. L., Gruen, M. E., Sherman, B. L., Fish, R. E., Milgram, N. W., Dorman, D. C. 2015. Olfactory discrimination and generalization of ammonium nitrate and structurally related odorants in Labrador retrievers. Animal cognition. 18. (6). p. 1255-1265.

Linster, C., Smith, B. H. 1999. Generalization between odor mixtures and their components in the rat. Physiology and Behavior. 66. (4). p. 701-707.

Lloyd A.J.L. Lord of Berwick. 1996. Inquiry into Legislation against Terrorism. Volume One. Stationery Office. 81.

Marshall, K., Laing, D. G., Jinks, A. L., Hutchinson, I. 2006. The capacity of humans to identify components in complex odor–taste mixtures. Chemical Senses. 31. p. 539–545.

Moncrieff, R. W. 1949. A new theory of odour. Perfumery Essential Oil Record 40. p. 279–285.

Najbrt, R., Červený, Č., Kaman, J., Mikyska, E., Štarha, O., Štěrba, O. 1980. Veterinární anatomie 1. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. s. 458

Napierala, H., Uerpmann, H.P. 2012. A 'new' palaeolithic dog from central Europe. International Journal of Osteoarchaeology. 22. p. 127–137.

Pauling L. 1946. Molecular Architecture and Biological Reactions. *Chemical and Engineering News.* 24. (10). p. 1375–1377

Quignon, P., Kirkness, E., Cadieu, E., Touleimat, N., Guyon, R., Renier, C., Hitte, C., André, C., Fraser, C., Galibert, F. 2003. Comparison of the canine and human olfactory receptor gene repertoires. Genome Biology. 4. (12).

Reece, W. O. 1998. Fyziologie domácích zvířat. Grada. 51. ISBN: 80-7169-547-5.

Rosner, B. 2006. Fundamentals of Biostatistics. Belmont. 7. ed. CA. Thomson – Books/Cole. p. 868. ISBN: 10-0-538-73349-7.

Rouquier, S., Giorgi, D., Gaillard, I. 2007. Olfactory Receptors. eLS.

Salazar, I., Cifuentes, J. M., Sánchez-Quinteiro, P. 2013. Morphological and Immunohistochemical Features of the Vomeronasal System in Dogs. Anatomical Record. 296. p. 146–155.

SAS Institute Inc. 2015. SAS® 9.4 In-Database Products: User's Guide, Fifth Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Serpell, J. 1995. The domectic dog, its Evolution, behaviour and interactions with people. Cambridge University Press. 268.

Shipley, M.T., Ennis, M. 1996. Functional organisation of olfactory system. Journal of neurobiology. 30. (1). p. 123-176.

Turin, L., Yoshii, F. 2003. Structure – odor relations: A modern perspective. in Handbook of olfaction and gustation. ed. Doty, R. L. John Wiley & Sons.

Turin, L. 1996. A spectroscopic mechanism for primary olfactory reception. Chemical Senses 21. p. 773–791.

Turin, L., Gane, S., Georganakis, D., Maniati, K., Skoulakis, E.M.C. 2015. Plausability of the Vibrational theory of olfaction. Proceedings of the National Academy of Sciences. 112. (25)

Vasiljevová Z. 1998. Co se skrývá za učením pravdy aum?. Dingir 4/1998. p. 16-19

Wright, R. H. 1954. Odour and chemical constitution. Nature 173. 831.

Zarzo, M. 2007. The Sense of Smell: Molecular Basis of Odorant Recognition. Biological Reviews. 82. p. 455-479.

8.1 Internetové zdroje

Britannica. 2014. [online] [cit. 14. Února 2015] Dostupné z <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/734613/al-Qaeda>

dhs.gov. [online] [cit. 14. Února 2015] Dostupné z <http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/prep_ied_fact_sheet.pdf>

Eis. Jelínek. Špaček. 2006. Histopatologický atlas. [online] [cit. 2. Února 2015] Dostupné z http://old.lf3.cuni.cz/histologie/atlas/index.htm

Lowry, R. 2013. Appendix to Chapter 5: Exact to Biominal Propability Calculator. [online]. [cit. 4. Dubna 2014]. Dostupné z http://www.vassarstats.net/textbook/ch5apx.html

Morgenstern,SSI. [online] [cit. 14. Února 2014] Dostupné z <http://www.nationalhomelandsecurityknowledgebase.com/Research/International_Articles/Bomb_Basics.html>

MV ČR. [online] [cit. 14. Února 2015] Dostupné z <http://www.mvcr.cz/clanek/definice-pojmu-terorismus.aspx>

MZV ČR. 6/2003 Sb.m.s.Sdělení Ministerstva zahraničních věcí o sjednání Úmluvy o značkování plastických trhavin pro účely detekce. [online] [cit. 8. Dubna 2014] Dostupné z <http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/SbMezSmluv/006003/SMS006003_------_.php>

nctc.gov. [online] [cit. 14. Února 2015] Dostupné z <http://www.nctc.gov/site/technical/common_explosives.html>

Obrázek 1. [online] [cit. 14. Února 2015] Dostupné z <http://www.rand.org/>

Simkin, J. 1997. Assassination of Franz Ferdinand. [online] [cit. 14. Února 2015] <http://spartacus-educational.com/FWWassassination.htm>

Un.org. 1991. Convention on the marking of plastic explosives for the purpose of detection. Montreal. [online] [cit. 8. Dubna 2014] Dostupné z <http://www.un.org/en/sc/ctc/docs/conventions/Conv10.pdf>